ذخیره‌گیری خسارت در بیمه‌های غیرزندگی

مدرس:
دکتر فاطمه عطاطلب

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

- ذخیره‌گیری خسارت و کفایت آن
- پس‌آزمون و انتخاب الگوی مناسب ذخیره‌گیری

ذخیره خسارت چیست؟

- صنعت بیمه برخلاف سایر صنایع، محصولات را نمی‌فروشد بلکه وعده می‌دهد.

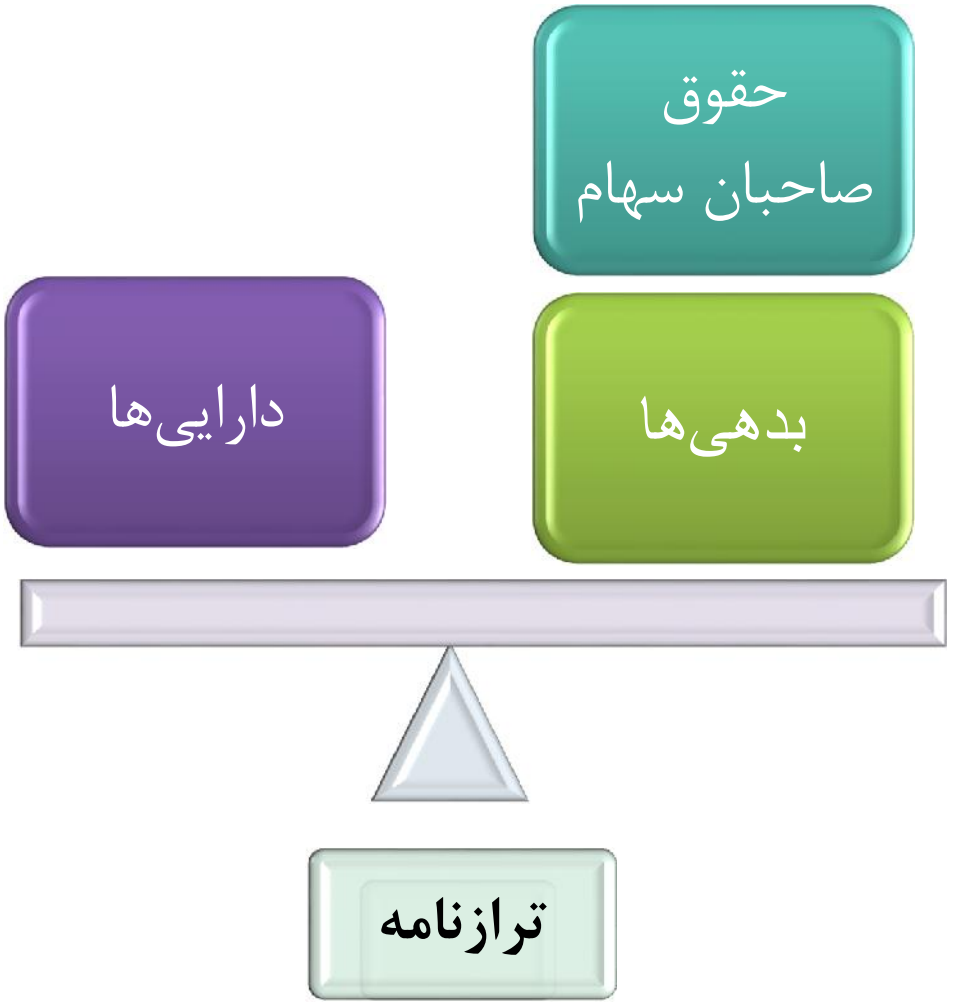
- اکثر بیمه‌نامه‌ها برای یک دوره ۱۲ ماهه اجرا می‌شوند ولی فرایند پرداخت خسارت می‌تواند سال‌ها یا دهه‌ها طول بکشد. بنابراین تاریخ تحویل محصول (ارائه خدمات) برای بیمه‌گذاران مشخص نیست.

- شرکت‌های بیمه غیرزندگی موظفند برای پرداخت خسارت به بیمه‌گذاران خود برای خسارت‌هایی که تحت شرایط بیمه‌نامه تحت پوشش هستند و پرداخت آنها به سال (های) آتی موکول شده است ذخیره نگه دارند.

علل شکل گیری ذخایر معوق

- میزان خسارت پرداختی برای بیمه‌گر مشخص شده ولی هنوز پرداخت نشده است.
- میزان خسارت هنوز اعلام نشده است.
- میزان خسارت اعلام شده ولی هنوز حکم نهایی صادر نشده است.

جنبه‌های حسابداری ذخایر خسارت



جنبه‌های حسابداری ذخایر خسارت

بارش باران بهاری باعث آبگرفتگی در ایستگاه مترو خیابان آزادی تهران در فروردین سال ۹۱ شده بود. کل خسارت مترو در آن زمان ۸۰ میلیارد ریال برآورد شده بود که بنا به دلایلی پرداخت نشد. میزان خسارت مترو پس از دو سال با احتساب بدهی‌های معوق و طولانی شدن زمان بازپرداخت به مبلغ ۵۰۰ میلیارد ریال افزایش یافت که در دولت یازدهم اقدامات لازم برای پرداخت آن انجام شد.

- بنابراین، جای تعجب نیست که بزرگ‌ترین اقلام در سمت بدهی‌های ترازنامه بیمه‌گر، اغلب ذخیره یا ذخایر برای پرداخت‌های خسارت آتی است.

اهمیت ذخیره‌گیری

- ذخایر خسارت از عناصر بسیار مهم در ترازنامه شرکت‌های بیمه هستند. شرکت‌های بیمه باید برای ایفای تعهدات خسارت‌هایی که در دوره‌های گذشته اتفاق افتاده‌اند سرمایه کافی نگهدارند. کم‌برآورد کردن ذخایر سبب می‌شود که شرکت بیمه نتواند از عهده ایفای تعهدات خود برآید و بیش‌برآورد آن نیز سبب می‌شود که به صورت غیر لازم سرمایه اضافی نگه داشته شود.

- خطاهای برآورد شده کوچک می‌تواند سود شرکت را تبدیل به زیان کند و خطاهای بزرگ می‌تواند منجر به عدم توانگری بیمه‌گر شود لذا پیشگویی خسارات معوق و ذخیره مناسب برای پرداخت چنین ادعاهایی نقش مهمی در توانایی مالی و استمرار کسب‌وکار شرکت‌های بیمه‌ای دارد. بنابراین پیشگویی درست ذخایر یکی از وظایف مهم بیم‌سنج‌ها محسوب می‌شود.

مهم‌ترین آسیب‌های ذخیره‌گیری

۱- عدم درک صحیح از اهمیت ذخایر فنی و تأثیر آن بر توانگری مالی شرکت‌های بیمه توسط مدیران و کارشناسان مربوطه

۲- نگاه ابزاری به ذخایر فنی به منظور دستکاری در میزان سود و زیان شرکت

۳- کمبود نیروی انسانی متخصص

۴- عدم دسترسی به پایگاه داده مناسب در شرکت‌های بیمه (ثبت ناقص، ناهمگن بودن داده‌ها و ...)

چرخه حیات یک ذخیره خسارت

وقوع حادثه
۱۴۰۰/۰۷/۰۸

اعلام خسارت
۱۴۰۰/۰۷/۱۱

ثبت خسارت در سیستم بر اساس مستندات دریافتی
۱۴۰۰/۰۸/۰۱

پرداخت خسارت
۱۴۰۱/۰۸/۲۵

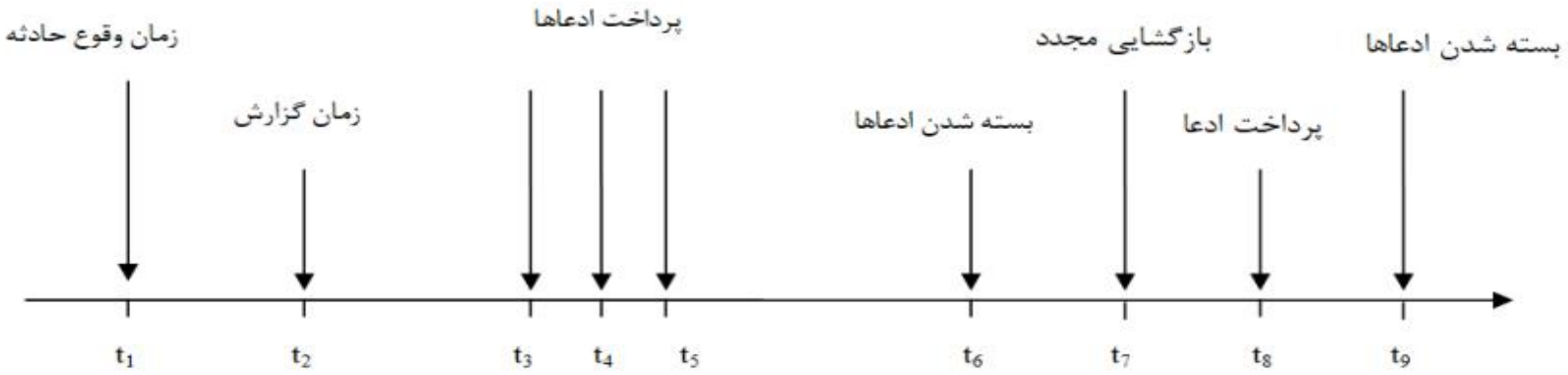
قطعی شدن مبلغ خسارت
۱۴۰۱/۰۸/۱۸

برآورد ذخیره خسارت
۱۴۰۱/۰۱/۰۱

بسته شدن پرونده خسارت
۱۴۰۱/۰۹/۰۲

دسته‌بندی ادعای خسارت

- گزارش شده و پرداخت شده
- گزارش شده اما پرداخت نشده (RBNS)
- اتفاق افتاده اما گزارش نشده (IBNR)



رویکرد ذخیره گیری

- **رویکرد قطعی:** الگوریتم نردبان زنجیری، الگوریتم برن هوتر فرگوسن.
- در رویکرد قطعی نمی‌توان خطای پیش‌بینی را برآورد کرد.

- **رویکرد تصادفی:** نردبان زنجیری بدون توزیع مک، کیپ کود، گوگول و ...
- رویکرد تصادفی را از منظر خطای پیشگویی به دو دسته پویا و ایستا تقسیم می‌کنند.
- فرمول‌های برآورد خطای پیش‌بینی مک عدم قطعیت مقادیر پیشگویی پایین مثلث خسارت را در نظر می‌گیرد. این رویکرد به عنوان دیدگاه ایستا در نظر گرفته می‌شود زیرا کلیه ادعاها را بر اساس اطلاعات فعلی در نظر می‌گیرد.
- در دیدگاه پویا بررسی می‌شود که چگونه پیشگویی در طول زمان با افزایش اطلاعات تغییر می‌کند. این نگرش به شیوه‌ای مشابه عدم اطمینان مک انجام می‌شود.

دیدگاه ایستا

- در ادبیات ذخیره‌گیری کلاسیک، معمولاً عدم اطمینان کل در توسعه خسارت‌ها تا زمانی که خسارت‌ها به طور کامل تصفیه شوند، بررسی می‌شوند. مطالعه میانگین مربع خطای پیش‌بینی شرطی خسارت نهایی، یک دیدگاه بلندمدت است و در آن کل مثلث خسارت در نظر گرفته می‌شود. در روش نردبان زنجیری بدون توزیع معرفی شده توسط مک ۱۹۹۳، عدم اطمینان کل از مثلث کامل یک دیدگاه بلندمدت است. این دیدگاه کلاسیک در ذخیره‌گیری خسارت برای توانگر ماندن شرکت بیمه در بلندمدت بسیار حائز اهمیت است و تقریباً همه روش‌های ذخیره‌گیری خسارت تصادفی که تاکنون معرفی شده‌اند بر همین دید بلند مدت تمرکز کرده‌اند.

دیدگاه پویا

- اگر رفتار کوتاه‌مدت مناسب نباشد، شرکت در بلندمدت توانگری مالی خود را از دست خواهد داد.
- دید کوتاه‌مدت با تصمیمات مدیریتی مرتبط است مانند فعالیت‌هایی که به طور ادواری انجام می‌شوند. بیشتر فعالیت‌های شرکت‌های بیمه مانند بستن صورتهای مالی، قیمت‌گذاری محصولات بیمه‌ای، تعدیل حق‌بیمه و غیره معمولاً بر مبنای سالانه انجام می‌شود.
- از طریق گزارشات و صورت‌های مالی سالانه، عملکرد کوتاه‌مدت شرکت برای مقررات‌گذاران، مشتریان، سرمایه‌گذاران، مؤسسات رتبه‌بندی، بازار سهام و غیره حائز اهمیت است. در نهایت این امر بر توانگری مالی و اعتبار شرکت در بازار بیمه اثرگذار است.

ادبیات پیشین

استفاده از مدل‌های تجمعی	(رنشاو و ورال، ۱۹۹۸) (انگلند و ورال، ۲۰۰۲)، (وتریچ و مرز، ۲۰۰۸)
استفاده از مدل‌های خرد	(آریاس، ۱۹۸۹)، (نوربرگ، ۱۹۹۳)، (نوربرگ، ۱۹۹۹)، (هستراپ و آریاس، ۱۹۹۶)، (وتریچ، ۲۰۰۳)، (بوچر و دیواُو، ۲۰۱۱)، (اسمیت و جورجنس، ۲۰۰۲)، (گیگانت و همکاران، ۲۰۱۶)، (ژائو و همکاران، ۲۰۰۹)، (ژائو و ژو، ۲۰۱۰)، (آنتونیو و پلات، ۲۰۱۴)، (بادسک و همکاران، ۲۰۱۶)، (آوانزی و همکاران، ۲۰۱۶)، (ورال و وتریچ، ۲۰۱۶)، (سروکوئر و همکاران، ۲۰۱۸)، (وربلن و همکاران، ۲۰۱۸)، (هیابو و همکاران، ۲۰۱۶)، (دنویت و تروفین، ۲۰۱۸)، (بادسک و همکاران، ۲۰۱۹)، (نویانتی و همکاران، ۲۰۱۹)، (دوال و پیجیون، ۲۰۱۹)
استفاده از مدل‌های ترکیبی	(مارتینز-میراندا و همکاران، ۲۰۱۲)، (مارتینز-میراندا و همکاران، ۲۰۱۳)، (مارتینز-میراندا و همکاران، ۲۰۱۵)، (ورال و همکاران، ۲۰۱۰)، (مرگراف و همکاران، ۲۰۱۸)
استفاده از رویکرد پویا	(روهر، ۲۰۱۶)، (مرز و وتریچ، ۲۰۰۷)، (مرز و وتریچ، ۲۰۰۸)، (وتریچ و همکاران، ۲۰۰۹)، (السون و لائوزنینگکس، ۲۰۰۹)، (سالزمن و وتریچ، ۲۰۱۲)، (سالوز و گیسلر، ۲۰۱۴)

مثلث توسعه خسارت

یکی از راه‌های طبقه‌بندی داده‌ها استفاده از مثلث توسعه خسارت است که نشان‌دهنده تعداد/مقدار خسارات پرداختی است. نمایش معمول داده‌ها بر حسب سال حادثه و سال توسعه است که در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود این جدول به صورت مثلثی است که به آن مثلث توسعه خسارت می‌گویند. از نماد i برای نمایش سال‌های حادثه استفاده می‌شود. برای هر سال حادثه، تأخیرهای توسعه پرداخت خسارت را با نماد j نشان می‌دهیم و $j = 0, \ldots, J ; J < I$.

جدول۱. مثلث توسعه خسارت

Accident year i	Development years j								
	0	1	2	3	4	...	j	...	J
0									
1									
⋮									
$I+1-J$	Observations of r.v. $C_{i,j}, X_{i,j}$ $(i+j \le I)$								
⋮									
i									
⋮									
$I-2$						Predicted $C_{i,j}, X_{i,j}$ $(i+j>I)$			
$I-1$									
I									

نردبان زنجیری کلاسیک

- ساده‌ترین روش محاسبه ذخیره خسارت استفاده از روش نردبان زنجیری است اما این روش فقط تخمین نقطه‌ای از ذخایر برای اهداف حسابداری است.
- با رشد و توسعه شرکت‌های بیمه و ورود سرمایه‌گذاران و سهامداران به این صنعت، محاسبه دقیق و عادلانه سود و زیان پرتفو برای هر سال مالی الزامی به نظر می‌رسد. از این‌رو تخمین نقطه‌ای ذخایر برای تحلیل‌گر بیم‌سنج یا هر کاربر اطلاعات دیگر برای درک نوسانات احتمالی در ذخایر و تأثیر آن در صورت سود و زیان شرکت بیمه کافی نیست.

فرضیات مدل ۱ (نردبان زنجیری کلاسیک)

- $C_{i,j}$ در سال‌های حادثه i مستقل از هم هستند.
- عوامل توسعه (تأخیر) $f_0, \dots, f_{J-1} > 0$ برای تمام $0 \le i \le I$ و $0 \le j \le J$ به گونه‌ای که

$$E[C_{i,j}|C_{i,0}, \dots, C_{i,j-1}] = E[C_{i,j}|C_{i,j-1}] = f_{j-1}C_{i,j-1}$$

وتریچ و مرز (۲۰۰۸) نشان دادند اگر D_I مجموعه همه داده‌های مشاهده شده تا زمان I باشد. بر اساس فرضیات مدل (۱) پیشگویی مقادیر $C_{i,j}$ برای i+j>I از رابطه

$$\hat{C}_{i,j}^{CL} = E(C_{i,j}|D_I) = C_{i,I-i} \prod_{k=I-i}^{j-1} \hat{f}_k$$

روش نردبان زنجیری

Cumulative claims loss settlements		Development year							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Claims occurrence year	2005	1232	2178	2698	3420	3736	3901	3949	3963
	2006	1469	2670	3378	4223	4684	4919	4975	
	2007	1652	3068	4027	4981	5586	5873		
	2008	1831	3465	4589	5676	6401			
	2009	2074	3993	5323	6563				
	2010	2434	4697	6358					
	2011	2810	4918						
	2012	3072							
CLM estimator for claims loss settlement factor			1,8508	1,3140	1,2422	1,1151	1,0491	1,0118	1,0035

3736+4684+5586+6401 = 20407

3420+4223+4981+5676 = 18300

20407/18300 = 1,1151

Figure: Source: Weindorfer (2012)

مزایا و معایب نردبان زنجیری

مزایا:

- سادگی و جذابیت شهودی
- انجام محاسبه بر اساس مثلث خسارت (واقع شده، پرداخت شده)

معایب:

- یک الگوریتم بدون مدل آماری
- ناپایدار بودن برآوردها
- عدم جداسازی ادعاهای IBNR و RBNS از هم

سایر روش‌های پایه ذخیره‌گیری

- برن هوتر فرگوسن
- ضریب خسارت مورد انتظار

روش برن هوتر فرگوسن

روش نردبان زنجیری بسیار ناپایدار است، به‌گونه‌ای که با کوچکترین تغییر در مقادیر مثلث تأخیر، نتایج به طرز چشم‌گیری تغییر پیدا می‌کند. برای رفع این مشکل محققین استفاده از مدل برن‌هوترفرگوسن را توصیه کرده‌اند.

- فرض‌های روش برن‌هوترفرگوسن:

۱. $C_{i,j}$ در سال‌های حادثه i مستقل از هم هستند.

۲. پارامترهای اکیداً مثبت $\mu_0, \cdots, \mu_I$ و $\beta_0, \cdots, \beta_J$ وجود دارند، به طوری که $\beta_J = 1$ و

$$E(C_{i,j+k}|\mathcal{D}_I) = C_{i,j} + (\beta_{j+k} - \beta_j)\mu_i \qquad \text{و} \qquad E(C_{i,0}|\mathcal{D}_I) = \beta_0 \mu_i$$

که در آن ضرایب $\beta_0, \cdots, \beta_J$ نشان‌دهنده الگوی توسعه خسارت هستند. μ_i ضرایب عامل سال‌های تقویمی هستند که با استفاده از اطلاعات کمکی به دست می‌آیند. $\mathcal{D}_I$ مجموعه مشاهده‌های در دسترس تا زمان I است. (وتریچ و مِرز، ۲۰۰۸)

روش برن هوتر فرگوسن

تحت فرض‌های مدل برن‌هوترفرگوسن

$$E(C_{i,J}|\mathcal{D}_I) = \mu_i\beta_J = \mu_i \qquad \text{و} \qquad E(C_{i,j}|\mathcal{D}_I) = \beta_j\mu_i$$

است. با این استدلال می‌توان ضرایب $\beta_0, \cdots, \beta_J$ مدل برن‌هوترفرگوسن را با استفاده از مدل نردبان زنجیری به صورت $\beta_j^{CL} = \prod_{k=j}^{J-1} f_k^{-1}$ به دست آورد. بنابراین با فرض معلوم بودن برآوردگرهای عامل سال‌های تقویمی $\mu_1, \cdots, \mu_I$ پیشگویی خسارت‌های تجمعی معوق تحت مدل برن‌هوترفرگوسن برابر

$$\hat{C}_{i,j}^{BF} = C_{i,I-i} + (\hat{\beta}_j^{CL} - \hat{\beta}_{I-i}^{CL}\hat{\mu}_i \qquad , j = I - i + 1, \cdots, J - 1$$
$$\hat{C}_{i,J}^{BF} = C_{i,I-i} + (1 - \hat{\beta}_{I-i}^{CL})\hat{\mu}_i$$

خواهد بود. در این معادله $\hat{\beta}_j^{CL} = \prod_{k=j}^{J-1} \hat{f}_k^{-1}$ و $\hat{f}_k$ عامل توسعه نردبان زنجیری است.

روش ضریب خسارت مورد انتظار

- روش ضریب خسارت مورد انتظار زمانی استفاده می‌شود که بیمه‌گر فاقد داده‌های مربوط به وقوع خسارت‌های گذشته باشد مانند:
- ارائه محصولات جدید
- تغییرات اساسی در رشته بیمه‌ای
- کمبودن تعداد سال‌های حادثه برای رشته‌های دُم‌بلند

روش‌های تصادفی ذخیره‌گیری

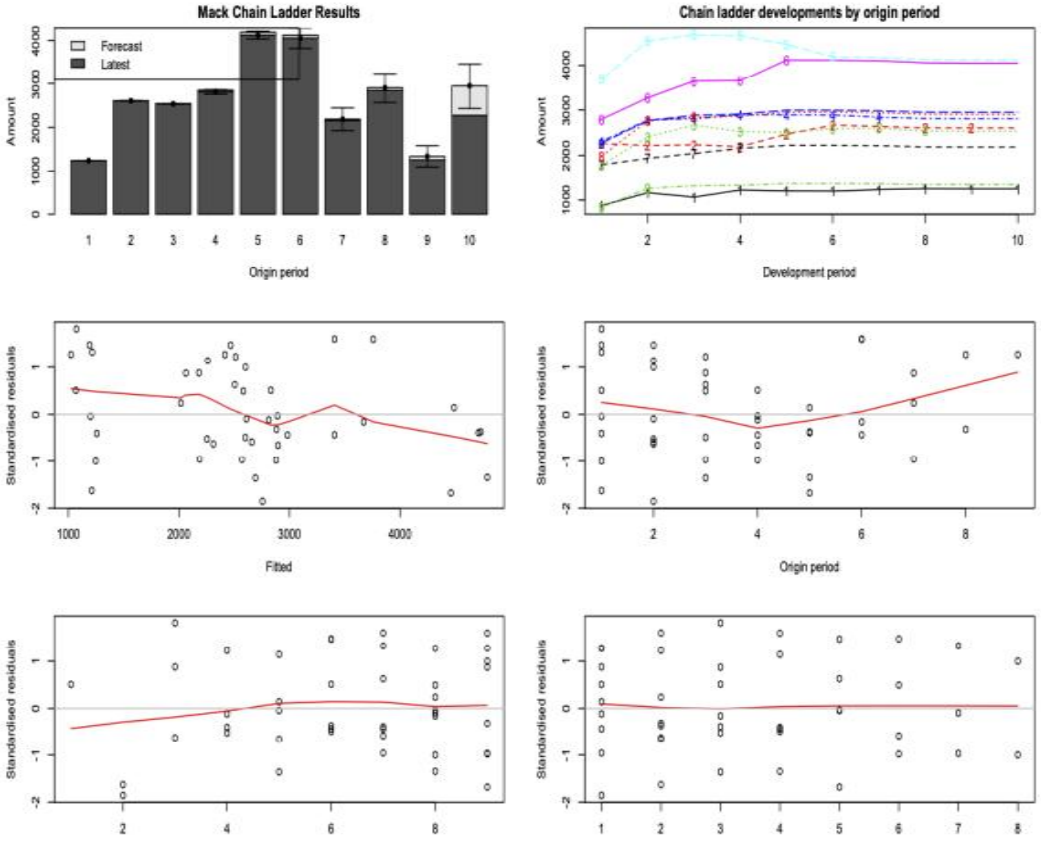
فرضیات مدل نردبان زنجیری مک

- خسارت‌های تجمعی $(C_{i,j})_{0\le j\le J}$ در سال‌های حادثه مختلف $0 \le i \le I$ مستقل از هم هستند.
- $(C_{i,j})_{j\ge 0}$ فرایند مارکف هستند و ثابت‌های $f_j > 0$ و $\sigma_j > 0$ وجود دارد به‌گونه‌ای که برای تمام $0 \le i \le I$ و $0 \le j \le J$ داریم:

$$E\left(C_{i,j}\middle|C_{i,j-1}\right) = f_{j-1}C_{i,j-1}$$
$$Var\left(C_{i,j}\middle|\, C_{i,j-1}\right) = \sigma_{j-1}^2 C_{i,j-1}$$

نردبان زنجیری مک

- برای بررسی این که فرض مک معتبر است، نمودارهای باقیمانده را بررسی کنید، هیچ روندی در هیچ یک از آنها مشاهده نمی‌کنیم.



اهمیت توجه به وجود روند در داده‌ها

- هنگام ذخیره‌گیری، ما در تلاش هستیم تا هزینه مورد انتظار آتی ادعاها را پیش‌بینی کنیم.
- این ادعاها تابع ویژگی‌های محیطی نامشخصی هستند که ممکن است در داده‌های تاریخی که ما برای پارامترسازی مفروضات پیش‌بینی استفاده می‌کنیم وجود داشته باشد یا نباشد.
- علاوه بر این، این ویژگی‌های محیطی ممکن است در دوره‌های زمانی مختلف مشاهده شوند و ممکن است پیوسته باشند یا به صورت انفجاری رخ دهند.
- اگر این روندها مشاهده شوند یا انتظار می‌رود ظاهر شوند، منطقی است که مفروضات کلیدی را تعدیل کنیم تا اطمینان حاصل شود که تجربه ادعاهای پیش‌بینی شده این روندها را در بر می‌گیرد.
- اگر روندها در مفروضات کلیدی پیش‌بینی گنجانده نشوند، ممکن است پیش‌بینی‌ها تا حد تحقق انتظارات روند کم یا بیش از حد بیان شوند.

اهمیت توجه به وجود روند در داده‌ها

مفروضات زیر معمولاً در ذخیره‌گیری متداول هستند:

- عوامل نردبان زنجیری (پرداخت شده، واقع شده، ...)
- ضریب خسارت
- فراوانی
- شدت
- تورم
- بازیافت‌های غیراتکایی
- تغییر نرخ

در قیمت‌گذاری، بسیاری از این مفروضات به‌عنوان یک امر طبیعی مورد توجه قرار می‌گیرند.

- استانداردهای حرفه‌ای معمولاً نیازمند در نظر گرفتن روندها هستند، به عنوان مثال CAS ASOP شماره ۴۳ برآورد ادعای پرداخت نشده اموال و حوادث، مؤسسه اکچوئری استرالیا PS 300 ارزیابی ادعاهای GI.

اهمیت توجه به وجود روند در داده‌ها

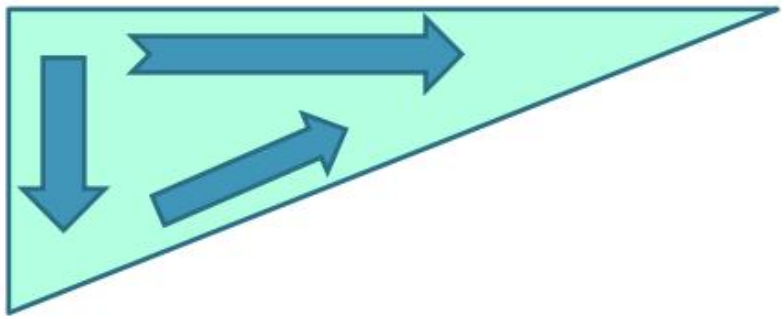
- با توجه به اهمیت ذخیره در ترازنامه و سود و زیان، روند مفروضات ذخیره تأثیر مالی کلیدی دارد.
- روند تجربه خوب یا بد، افزایش یا کاهش ذخایر آتی را به همراه خواهد داشت و در نتیجه نتایج سود یا زیان را به دنبال خواهد داشت.
- مفروضات ذخیره‌گیری حوزه‌ای از کار بیم‌سنجی است که در آن تجربه، قضاوت و تأثیرات شغلی بیم‌سنج رویکرد مطلوب آنها را مشخص می‌کند.
- ما فلسفه ذخیره را به عنوان مجموعه‌ای از پیش‌داوری‌ها یا پیش‌داوری‌های اکتشافی از پیش تعیین شده تعریف می‌کنیم که یک بیم‌سنج ذخیره‌گیری هنگام برآورد ذخیره یا حل مشکلات مربوط به ذخیره از آنها استفاده می‌کند.
- یک حوزه کلیدی قضاوت که توسط فلسفه ذخیره یک بیم‌سنج مشخص می‌شود، سرعت متفاوتی است که در آن به تجربه خوب و بد پاسخ داده می‌شود.
- آیا روند تجربه بد و عدم روند تجربه خوب (یا برعکس) را در بر می‌گیرد؟
- چه چیزی می‌تواند برای توجیه این تصمیم استفاده شود؟
- این تصمیم چگونه به مخاطبان غیربیم‌سنج منتقل می‌شود؟

اهمیت توجه به وجود روند در داده‌ها

- این جالب است که در نظر بگیریم که آیا فلسفه به سمت روند باید بر اساس عملکرد بیم‌سنج متفاوت باشد؟
- مفروضات قیمت‌گذاری بیشتر تحت تأثیر محیط رقابتی است. عدم وجود روند می‌تواند منجر به قیمت‌گذاری غیررقابتی شود. در نتیجه، منطقی است که فلسفه نسبت به مفروضات روند قیمت‌گذاری باید با مفروضات ذخیره متفاوت باشد.
- سطح معقولی از روند مفروضات رایج ذخیره‌گیری را می‌توان مطابق با بهترین برآورد ذخیره در نظر گرفت که توسط استانداردهای حرفه‌ای متعدد نیز پشتیبانی می‌شود.

رویکرد عملی اندازه‌گیری روند

- یک مشکل کلیدی در اندازه‌گیری روند، تمایز بین سیگنال‌ها و نویز است.



- در مورد مثلث‌سازی‌ها، روندها را می‌توان در سال‌های تقویمی، توسعه و حادثه/صدور اندازه‌گیری کرد.
- گروه‌های سال حادثه و سال صدور برای تشخیص سیگنال و نویز بهتر هستند. شناسایی منبع یک روند آسان‌تر است زیرا تاریخ‌های ادعا و شروع بیمه‌نامه را می‌توان به روشی قابل قبول‌تر دسته‌بندی کرد.
- تغییر گروه زمانی: اغلب در رشته‌های دُم‌بلند، زمانی که بازه‌های زمانی کوتاه‌تر هستند (سه ماه یکبار)، روندها چندان مشهود نخواهد بود. یک تجزیه و تحلیل مفید، استفاده از دوره‌های زمانی طولانی‌تر است.

رویکرد عملی اندازه‌گیری روند

- حذف ادعاهای رویداد فاجعه‌آمیز: ادعاهای رویداد (مانند طوفان‌ها) می‌توانند اندازه‌گیری روندها را مخدوش کنند و بهتر است از تجزیه و تحلیل حذف شوند.

- تعدیل تورم داده‌های تاریخی با استفاده از یک شاخص مناسب در اندازه‌گیری روند بسیار سودمند است.

روش نردبان زنجیری دوگانه

- در این روش از دو مثلث مبلغ و تعداد خسارت پرداختی استفاده می‌شود.

Payment data

i \ j	1	2	3	4	5	6	7
1	2200	1500	1000	650	300	150	100
2	1900	1400	900	550	250	145	
3	2300	1700	1200	750	400		
4	3000	1800	950	500			
5	2700	1500	1000				
6	3400	2200					
7	2500						

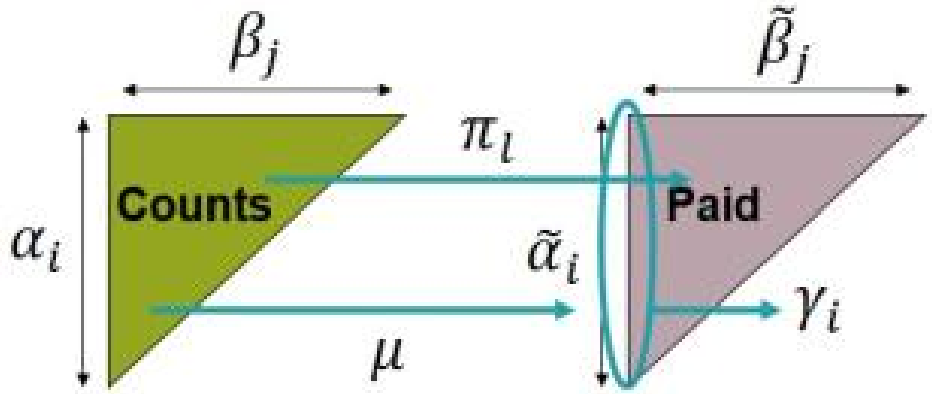
Counts data

i \ j	1	2	3	4	5	6	7
1	230	100	40	10	3	2	1
2	200	110	35	5	2	1	
3	210	85	25	7	2		
4	270	130	50	20			
5	240	100	45				
6	285	135					
7	240						

داده‌ها در مدل نردبان زنجیری دوگانه

- **Aggregated payments:** $X_{\mathcal{I}} = \{X_{ij} : (i,j) \in \mathcal{I}\}$, with X_{ij} being the total payments from claims incurred in year i and paid with j periods delay from year i.

- **Aggregated incurred counts:** $N_{\mathcal{I}} = \{N_{ik} : (i,k) \in \mathcal{I}\}$, with N_{ik} being the total number of claims of insurance incurred in year i which have been reported with k periods delay from year i.



محاسبه ذخیره بر اساس نردبان زنجیری دوگانه

M1 The counts:

- N_{ij} random variables with mean having multiplicative parametrization $E[N_{ij}] = \alpha_i \beta_j$
- identification $\sum_{j=0}^{m-1} \beta_j = 1$

M2 The RBNS delay:

- mean of RBNS delay variables is $E[N_{ijl}^{paid} | N_m] = N_{ij} \widetilde{\pi}_l$, for each $(i,j) \in I, l = 0, ..., m-1$.

M3 The payments:

- Conditional on the number of payments, the mean of the individual payments size is given by $E[Y_{ijl}^{(k)} | N_{ijl}^{paid}] = \widetilde{\mu}_l \gamma_i$.

$$\widehat{X}_{ij}^{rbns} = \sum_{l=i-m+j}^{j} \widehat{\alpha}_i \widehat{\beta}_{j-l} \widehat{\pi}_l \widehat{\mu} \widehat{\gamma}_i.$$

$$\widehat{X}_{ij}^{ibnr} = \sum_{l=0}^{i-m+j-1} \widehat{\alpha}_i \widehat{\beta}_{j-l} \widehat{\pi}_l \widehat{\mu} \widehat{\gamma}_i.$$

$$\Rightarrow \quad \widehat{X}_{ij} = \widehat{X}_{ij}^{rbns} + \widehat{X}_{ij}^{ibnr}.$$

نردبان زنجیری دوگانه

- روش نردبان زنجیری ۲ بار برای برآورد پارامترها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- نتیجه ذخیره خسارت مشابه روش نردبان زنجیری است ولی نردبان زنجیری دوگانه اطلاعات بیشتری را در اختیار مخاطب قرار می‌دهد.

میانگین مربع خطای پیشگویی شرطی

- در ذخیره‌گیری خسارت، معیار متداول برای سنجش عدم اطمینان، میانگین مربع خطای پیشگویی شرطی است.

- می‌خواهیم تغییرپذیری ذخایر را برآورد کنیم که از الزامات مقررات توانگری II است.

$$msep_{C_{i,J}|D_I}(\hat{C}^{\mathrm{I}}_{\mathrm{i,J}}) = Var(C_{i,J}|D_I) + (E(C_{i,J}|D_I) - \hat{C}^{\mathrm{I}}_{\mathrm{i,J}})^2$$

میانگین مربع خطای پیشگویی شرطی

- در ادبیات ذخیره‌گیری کلاسیک، معمولاً عدم اطمینان کل در توسعه خسارت‌ها تا زمانی که خسارت‌ها به طور کامل تسویه شوند، بررسی می‌شوند. مطالعه میانگین مربع خطای پیش‌بینی شرطی خسارت نهایی، یک دیدگاه بلندمدت است و در آن کل مثلث خسارت در نظر گرفته می‌شود. در روش نردبان زنجیری بدون توزیع معرفی شده توسط مک ۱۹۹۳، عدم اطمینان کل از مثلث کامل یک دیدگاه بلندمدت است. این دیدگاه کلاسیک در ذخیره‌گیری خسارت برای توانگر ماندنِ شرکت بیمه در بلندمدت بسیار حائز اهمیت است و تقریباً همه روش‌های ذخیره‌گیری خسارت تصادفی که تاکنون معرفی شده‌اند بر همین دید بلندمدت تمرکز کرده‌اند. دیدگاه مهم دیگر دیدگاه کوتاه‌مدت است.

اهمیت دید کوتاه‌مدت

- اگر رفتار کوتاه‌مدت مناسب نباشد، شرکت در بلندمدت توانگری مالی خود را از دست خواهد داد.
- دید کوتاه‌مدت با تصمیمات مدیریتی مرتبط است مانند فعالیت‌هایی که به طور ادواری انجام می‌شوند. بیشتر فعالیت‌های شرکت‌های بیمه مانند بستن صورتهای مالی، قیمت‌گذاری محصولات بیمه‌ای، تعدیل حق‌بیمه و غیره معمولاً بر مبنای سالانه انجام می‌شود.
- از طریق گزارشات و صورت‌های مالی سالانه، عملکرد کوتاه‌مدت شرکت برای مقررات‌گذاران، مشتریان، سرمایه‌گذاران، مؤسسات رتبه‌بندی، بازار سهام و غیره حائز اهمیت است. در نهایت این امر بر توانگری مالی و اعتبار شرکت در بازار بیمه اثرگذار است.

نتیجه توسعه خسارت

- در چارچوب مقررات توانگری II، ضروری است بیمه‌گران بتوانند عدم اطمینان مربوط به بهترین برآورد را در دو سال متوالی اندازه بگیرند.

$$D_I = \{C_{i,j} : i + j \le I \, , i \le I\}$$

$$D_{I+1} = \{C_{i,j} : i + j \le I + 1 \, , i \le I\}$$

$$E(C_{i,J}|D_I) = C_{i,I-i} \prod_{j=I-i}^{J-1} f_j \quad \text{و} \quad E(C_{i,J}|D_{I+1}) = C_{i,I-i+1} \prod_{j=I-i+1}^{J-1} f_j$$

نتیجه توسعه خسارت

- برای بهبود پیشگویی‌ها و بررسی ذخایر در فرایندی پویا که برای برنامه‌ریزی و استانداردهای مالی شرکت‌های بیمه مناسب است از اطلاعات $E(C_{i,j}|D_{I+1})$ در پیشگویی‌ها استفاده می‌شود. پیشگویی ذخیره خسارت معوق می‌تواند بر اساس اطلاعات مختلفی باشد. فرض کنیم در زمان I اطلاعات D_I را داریم و خسارت نهایی کل را بر اساس اطلاعات موجود در زمان I پیشگویی می‌کنیم و در زمان I+1 خسارت نهایی کل را با اطلاعات به روزرسانی شده در دسترس در زمان I+1 پیشگویی می‌کنیم. نتیجه توسعه خسارت در زمان I+1 برای سال مالی (I,I+1] بر اساس اختلاف بین این دو پیشگویی برای خسارت نهایی کل محاسبه می‌شود. این نتیجه (سود/زیان) اثر مستقیمی بر محاسبات توانگری (بر مبنای مقررات جدید) دارد. با توجه به این که به دنبال بهترین برآورد ذخیره هستیم، نتیجه توسعه خسارت در سال‌های مورد بررسی باید حول صفر نوسان داشته باشد. $E(CDR_i(I+1)|D_I) = 0$

$$CDR_i(I+1) = E(R_i^I|D_I) - \left(X_{i,I-i+1} + E(R_i^{I+1}|D_{I+1})\right) = E(C_{i,j}|D_I) - E(C_{i,j}|D_{I+1})$$

پس آزمون

پس از بررسی مبنای نظری مدل، تنها راه به دست آوردن بینش در خصوص کیفیت مدل، پس‌آزمون کردن نتایج است که ببینیم نتایج مدل پیشگویی چقدر به واقعیت نزدیک است. برای این منظور می‌توان از تکنیک‌های پس‌آزمون برای بررسی کیفیت ذخیره خسارت پیشگویی شده استفاده کرد. مقاله‌های کمی در حوزه پس‌آزمون روی روش‌های ذخیره‌گیری وجود دارد. گابریلی و وتریچ (۲۰۱۹) از پس‌آزمون بر روش نردبان زنجیری استفاده کردند. برای اجرای روش پس‌آزمون، آنها در ابتدا با استفاده از ماشین شبیه‌سازی سابقه خسارت‌های انفرادی، داده‌های ساختگی تولید کردند. همچنین آنها از مولد سناریوی تصادفی بر روی داده‌های واقعی بیمه حوادث استفاده کردند. این امر موجب می‌شود تا مثلث‌های تأخیر را بتوان به طور دلخواه شبیه‌سازی کرد. سپس با استفاده از این مثلث شبیه‌سازی شده عملکرد روش ذخیره‌گیری نردبان زنجیری را آزمودند.

بر اساس وتریچ و مِرز (۲۰۱۵) یک روش برای پس‌آزمون کردن نتیجه پیشگویی محاسبه نسبت تفاضل مقدار پیشگویی و واقعی به مقدار واقعی است. این نسبت نشان می‌دهد که مقدار پیشگویی چقدر نسبت به مقدار واقعی بیش‌برآورد یا کم‌برآورد دارد. بدیهی است که روش با خطای کمتر مطلوب‌تر است.

مثال کاربردی

- در جدول زیر نحوه توسعه مبلغ خسارت طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ برای یک شرکت بیمه آورده شده است. بخش پایین مثل مقادیری است که قرار است پیشگویی شوند.

نمونه‌ای مبلغ خسارت‌های پرداختی در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ (ارقام به میلیون ریال)

سال حادثه	سال تأخیر				
	۰	۱	۲	۳	۴
۱	۱۰،۳۸۲	۱۸،۲۱۳	۹،۴۳۰	۵،۳۱۴	۲،۵۴۹
۲	۲۲،۳۵۶	۵۴،۶۹۳	۳۰،۱۸۱	۶،۳۱۹	
۳	۳۵،۴۷۵	۶۲،۳۸۱	۱۸،۰۸۵		
۴	۵۸،۲۰۵	۸۱،۶۵۰			
۵	۸۰،۳۵۷				

- برآورد عامل توسعه روش نردبان زنجیری:

برآورد عامل توسعه روش CL تصادفی

سال توسعه	۰	۱	۲	۳
عامل توسعه f	۲/۷۱۶۰۲۹	۱/۲۸۳۵۱	۱/۰۸۰۰۸۷	۱/۰۵۸۸۱۵

مثال کاربردی

میزان عدم اطمینان ذخیره و عدم اطمینان نتیجه توسعه خسارت در ستون‌های سوم و چهارم جدول شده است.
در ستون آخر جدول نسبت جذر میانگینهای مربع خطای پیشگویی شرطی نتیجه توسعه خسارت به ذخیره کل با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$\frac{\sqrt{MSEP_{CDR_i(I+1)|\mathcal{D}_t}(0)}}{\sqrt{\hat{MSEP}_{R_I|\mathcal{D}_t}(\hat{R}_I)}}$$

که در آن $\hat{R}_I$ نشان‌دهنده مقدار ذخیره کل پیشگویی است. رابطه فوق نشان می‌دهد چه نسبتی از جذر عدم اطمینان کل مربوط به سال مالی $I+1$ است. این نسبت برای روش نردبان‌زنجیری تصادفی **۸۹%** است. دلیل این مقدار بالا این است که اطلاعات قطر $I+1$ در مثلث تأخیر حاوی بخش بسیار زیادی از اطلاعات در مورد ریسک‌های مثلث تأخیر است. پیشگویی مبلغ ذخیره‌خسارت برای سال مالی آتی (قطر $I+1$ مثلث تأخیر) برابر **۱۹۳۵۱۰** میلیون ریال است که تقریباً **۵۹%** کل ذخیره خسارت است. این بدین معنی است که سرعت تسویه خسارت در شرکت بیمه مورد بررسی نسبتاً بالاست و عدم اطمینان مثلث تأخیر به سرعت کاهش می‌یابد.
نرم‌افزار R انجام شده است.

پیشگویی ذخیره خسارت، *MSEP* و *CDR* به روش *CL* تصادفی

سال حادثه	ذخیره	$^{1/2}$MSEP Total	$^{1/2}$MSEP CDR	$^{1/2}$MSEP CDR/Total
۱	۰	۰	۰	۰
۲	۶,۶۷۸	۳,۷۹۷/۵۷۸	۳,۷۹۷/۵۷۸	۱
۳	۱۶,۶۵۱	۷,۷۴۲/۳۹۵	۷,۲۱۴/۱۷۰	۰/۹۳
۴	۶۵,۴۳۱	۲۰,۳۸۲/۹۳۵	۱۸,۳۸۴/۶۸۶	۰/۹۰
۵	۲۴۰,۰۰۴	۴۹,۹۲۶/۶۳۳	۴۳,۵۲۹/۸۵۹	۰/۸۷
کل	۳۲۸,۷۶۴	۶۲,۹۴۰/۷۸	۵۶,۰۸۱/۷۵	۰/۸۹

فاصله اطمینان پیشگویی

برای محاسبه فاصله اطمینان برای پیشگویی انجام‌شده در سطح ۹۵٪ از فرمول زیر استفاده می‌شود که در آن $\hat{R}_I$ نماد کل ذخیره محاسبه شده است:

$$\hat{R}_I \pm ۱/۹۶ \sqrt{\hat{MSEP}_{R_I|\mathcal{D}_t}(\hat{R}_I)}$$

فاصله اطمینان پیشگویی مبلغ خسارت‌های آتی (ارقام به میلیون ریال)

روش ذخیره‌گیری	فاصله اطمینان
CL	$۳۲۸۷۶۳ \pm ۱/۹۶ \times ۶۲۹۴۰/۷۸ = (۲۰۵۳۹۹, ۴۵۲۱۲۷)$

انتخاب مناسب‌ترین روش ذخیره‌گیری

یک راهکار جهت انتخاب مناسب‌ترین روش ذخیره‌گیری استفاده از روش زیر است:

1. اطلاعات سال‌های ۱۳۹۰تا ۱۳۹۸ را در نظر می‌گیریم. چون رویکرد ۵ ساله برای محاسبه ذخایر مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا اطلاعات را به صورت ۵ ساله تنظیم می‌کنیم. هر بار اطلاعات یک جدول پنج ساله را در نظر گرفته و مبلغ خسارت‌های پایین مثلث را پیشگویی می‌کنیم؛
2. در صورت موجود بودن مقدار واقعی برای مثلث پایینی، توان دوم نسبت مقادیر واقعی بر مقادیر پیشگویی شده منهای یک را محاسبه می‌کنیم. مقدار محاسبه شده را MSEPنامگذاری می‌کنیم؛
3. در انتها متوسط تمامی MSEPهای محاسبه شده را به‌دست می‌آوریم؛
4. هر روشی که معیار MSEP آن کوچکتر باشد، مناسب‌ترین روش برای محاسبه ذخیره خسارت خواهد بود.

مثال کاربردی

- یک روش جایگزین نردبان زنجیری، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) است (وتریچ و مرز، ۲۰۰۸) باتوجه به این‌که ذخیره محاسبه شده به روش GLM در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۴ مبلغ ۳۲۸۷۶۳ میلیون ریال است که با نتیجه حاصل از روش نردبان‌زنجیری یکسان است لذا جهت انتخاب مناسب‌ترین روش ذخیره‌گیری از مدل GLMجهت مقایسه استفاده می‌کنیم. هدف این است که نشان دهیم حتی اگر ذخیره خسارت دو روش برابر باشند، به چه روشی می‌توان مناسب‌ترین روش را انتخاب کرد. برای جزئیات بیشتر در مورد روش خطی تعمیم‌یافته به (وتریچ و مرز، ۲۰۰۸) مراجعه شود. نتایج حاصل از محاسبه در جداول زیر ارائه شده است.

دوره	CL	GLM
۱۳۹۴-۱۳۹۰	۸۶۲۰۰۳۴۰۶۳۹	۸۶۲۰۰۳۷۳۴۱۳
۱۳۹۵-۱۳۹۱	۲۱۸۲۱۹۰۰۰۰۰۰	۲۱۸۲۱۹۰۰۰۰۰۰
۱۳۹۶-۱۳۹۲	۶۵۸۳۳۰۶۴۲۸۸	۶۵۸۳۳۰۷۱۲۳۵
۱۳۹۷-۱۳۹۳	۱۱۸۵۷۷۰۱۹۴۴	۱۱۹۷۷۱۵۱۵۳
۱۳۹۸-۱۳۹۴	۴۷۰۹۶۱۳۹۳	۴۷۰۹۵۶۰۱۷
ارزیابی کلی دوره زمانی	۳۸۲۵۸۱۰۶۸۲۶۵	۳۷۱۹۲۱۱۱۵۸۱۷

توصیه

- نمی‌توان یک روش ثابت و واحد را برای تمامی شرکت‌های بیمه توصیه نمود. این وظیفه بیم‌سنج شرکت بیمه است که مناسب‌ترین روش را برای شرکت خود به نهاد ناظر معرفی کند.
- خوب یا بد بودن یک روش دقیقاً به الگوی پرداخت خسارت آن بستگی دارد و این نکته‌ای است که باید مورد توجه نهاد ناظر و صنعت بیمه قرار گیرد.
- پیشنهاد می‌شود شرکت‌های بیمه از مدل‌های تصادفی برای پیشگویی ذخایر خسارت استفاده کنند تا بتوانند خطای مدل مورد استفاده را محاسبه نمایند.
- در مدل‌های تصادفی ذخیره‌گیری هرچه جزئیات بیشتری در مدل وارد شود نتیجه پیشگویی دقیق‌تر خواهد بود.

منابع

- Antonio, K., Plat, H.J., 2014, Micro level stochastic loss reserving for general insurance. Scandinavian Actuarial Journal, 649-669.
- Gabrielli, A., Wuthrich, M.V., 2018, Back-testing the chain-ladder method, Annals of actuarial Science, 1-26.
- Martines Miranda, M., Nielsen, J.P., Verral, R., 2012, Double chain ladder, Astin Bulletin, 42(1), 59-76.
- Verral, R., Nielsen, J.R., Jessen, A.H., 2010, prediction of RBNS and IBNR claims using claim amounts and claim counts, Astin Bull., 40, 871-887.
- Verral, R., Wuthrich, M.V., 2016, understanding reporting delay in general insurance, Risks, 4(3), https://doi.org/10.3390/risks4030025.
- Wuthrich, M.V., Merz, M., 2008, stochastic claims reserving method in insurance, John Wiley & Sons.

با سپاس از شما