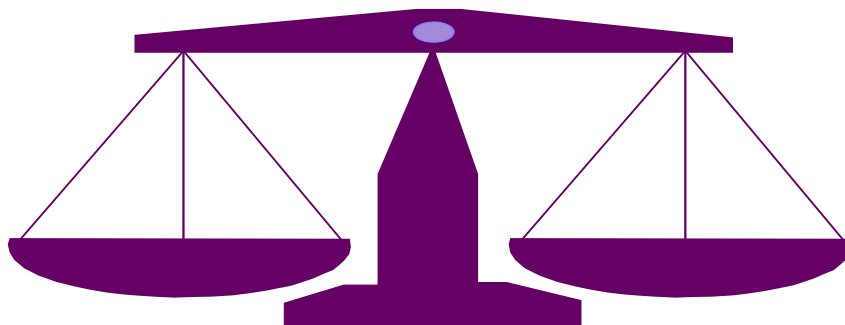


Introduzione alla matematica delle assicurazioni contro i danni con particolare riguardo alla formazione della riserva sinistri: concetti, origini e sviluppo dei modelli

1. Premessa

Le imprese di assicurazione sono caratterizzate dall'inversione del ciclo produttivo, dalla lunghezza dei processi liquidativi e dell'investimento dei fondi. Ciò è da ricondursi all'attività tipicamente svolta: assicurarsi contro un determinato evento significa proteggersi o difendere il patrimonio dagli effetti negativi causati dal medesimo evento. La funzione e la finalità dell'assicuratore sono rintracciabili proprio nell'offerta di garanzie patrimoniali per gli assicurati, tramite prestazioni di carattere futuro ed eventuale. In generale dunque, la solvibilità consiste nella disponibilità di mezzi finanziari sufficienti a soddisfare gli impegni presenti e futuri nei confronti degli assicurati su un orizzonte temporale di riferimento. Ciò avviene con un prestabilito livello di fiducia, corrispondente alla probabilità del percentile della distribuzione della variabile aleatoria "valore complessivo del danno", assunto come target di sicurezza. La possibilità di sopravvivenza economica è esaminabile principalmente secondo due prospettive. La prima si sofferma sull'esposizione complessiva dell'impresa alle fonti di rischio (di natura tecnica o finanziaria). La seconda guarda invece alla disponibilità di un capitale di sicurezza, che possa essere sufficiente a fronteggiare perdite inattese e da superare possibili crisi. Fondamentale è porre l'attenzione su come l'inversione del ciclo produttivo, per cui i ricavi (i premi) precedono i costi (i risarcimenti), comporti maggiori elementi di rischiosità rispetto alle imprese industriali. In proposito, le compagnie al fine di far fronte ai futuri esborsi derivanti dai sinistri ovvero dai costi di gestione, costituiscono le cosiddette riserve tecniche.

Sono proprio le riserve tecniche la prima misura presa per salvaguardare la solvibilità delle imprese di assicurazione, ben prima del margine di sicurezza: un costante controllo ed una valutazione il più possibile corretta delle riserve sono senza dubbio di primaria importanza. Il tutto al fine del soddisfacimento dell'equazione generale della tariffazione:



Future Premiums = Future Losses + Future Expenses + Underwriting Profit and Contingency Provision

Pertanto i premi emessi dovranno far fronte ai risarcimenti, alle spese ed a fondi di liquidità per sfasamenti sui flussi di cassa attesi. Ciò che rimane costituisce il profitto dell'impresa.

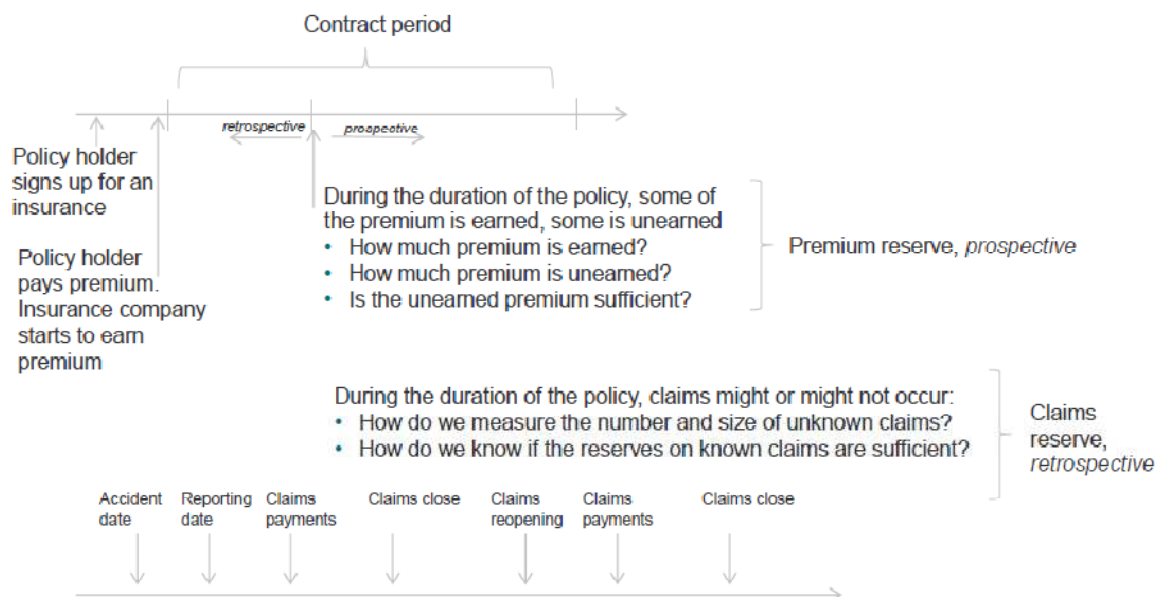
Le riserve tecniche - attraverso gli attivi a copertura delle stesse - rappresentano pertanto gli accantonamenti che una compagnia di assicurazioni detiene per fronteggiare gli obblighi tecnici nei confronti dei propri assicurati, per quanto ragionevolmente prevedibili. Nell'ambito delle assicurazioni contro i danni, la normativa distingue tra riserva premi e riserva sinistri in base alla finalità di detti accantonamenti.

La costituzione della riserva premi risponde all'esigenza di una corretta gestione del premio incassato dall'assicuratore; la sua valutazione, possibile ad ogni istante di vita di un generico contratto, normalmente si basa su ipotesi di distribuzione uniforme delle spese, di accadimento dei sinistri e dei risarcimenti. La legislazione italiana ammette un metodo contratto per contratto, denominato *pro rata temporis*, o, in alternativa e sotto alcune condizioni, un metodo forfettario.

Diversamente la costituzione della riserva sinistri è necessaria per il processo di liquidazione dei sinistri che si articola, data una generazione di sinistri, per più di un esercizio. Il Codice delle Assicurazioni specifica che la riserva sinistri deve essere sufficiente alla copertura sia dei sinistri accaduti nell'esercizio di riferimento o in quelli precedenti e ancora non chiusi, sia delle spese di liquidazione. Dall'accadimento del sinistro fino alla sua chiusura, ossia il momento che determina la fine degli impegni della compagnia nei suoi confronti, si susseguono infatti fasi distinte, che possono coprire lassi di tempo più o meno estesi, in ragione del ramo, delle caratteristiche della compagnia, della velocità di liquidazione, delle condizioni contrattuali, nonché della nascita di contenziosi.

Prima di trattare le riserve sinistri (*lossreserving*) è opportuno svolgere una digressione sulle modalità di calcolo dei premi medi o personalizzati che i contraenti devono corrispondere alle imprese, ovvero sul processo definito *pricing* assicurativo che per decenni ha costituito il nucleo della matematica delle assicurazioni danni mentre, i modelli di riservazione erano trattati come argomento d'appendice. Negli ultimi quindici anni la produzione in questo campo in termini di letteratura attuariale è stata invece molto intensa. La qualità delle stime di riserva influenza infatti la qualità dei premi calcolati in quanto ne rappresentano un input; una tariffazione adeguata può a sua volta implicare stime successive con meno fluttuazioni: pertanto si può creare un circolo virtuoso tra le due grandezze. Il tutto, parafrasando Umberto Eco, nello spirito della necessità di ricostruzione storica di una disciplina per non inventare "l'acqua calda", per comprenderne gli stadi evolutivi e al fine di non ripetere gli errori del passato sprecando intelligenza. L'interconnessione temporale è ben spiegata dal seguente schema sinottico - selezionato dalle lezioni dell'attuario norvegese Haavardsson - in cui il periodo di validità del contratto implica la copertura dei sinistri avvenuti nel medesimo periodo.

Fig. 1 – Il periodo di copertura dei sinistri



2. Breve trattazione sul *pricing* assicurativo

2.1. Aspetti principali

La società attuale teme l'evento incerto per il quale tutti i cambiamenti sono considerati rischi. Numerosi studi, in particolare sul principio di precauzione, mostrano che gli individui vogliono vivere in una società sicura; questa sensazione nei confronti dell'incertezza e della paura porta le persone a mostrare un'attenzione speciale ai vantaggi della sicurezza.

In una civiltà più consapevole del rischio la richiesta di assicurazione cresce, ricevendo in risposta la garanzia della sicurezza finanziaria contro possibili perdite. Lo sviluppo dell'assicurazione è legato alla necessità pressante di proteggere l'uomo e il suo patrimonio contro i rischi che deve affrontare. Il ruolo principale dell'assicurazione è fornire mezzi per il trasferimento (totale o parziale) dell'impatto economico derivante da questi eventi incerti, a fronte del pagamento di un premio certo.

La natura probabilistica dei rischi e la loro quantificazione hanno portato all'edificazione della scienza attuariale, che si basa sulla teoria della probabilità e sulla statistica. Quindi, il compito della valutazione del rischio è affidato principalmente agli attuari che hanno sviluppato nel tempo vari modelli attraverso i quali cercano di stabilire un collegamento tra il verificarsi dei rischi e la necessità di sapere come si manifestano frequenza e costo dei sinistri). La modellizzazione econometrica viene utilizzata per descrivere questa connessione, per determinare la probabilità degli eventi, per valutare il loro impatto economico sulla compagnia di assicurazione e per determinare i premi assicurativi che riflettano la gravità dei rischi.

La necessità di applicare diversi premi o tariffe a seconda del grado di rischio origina, oltre che da caratteristiche oggettivamente rilevabili, dalla presenza di eterogeneità all'interno del portafoglio assicurativo, che implica anche la comparsa di informazioni asimmetriche.

Ciò significa che l'effetto dell'applicazione dello stesso premio per l'intero portafoglio comporta l'acquisizione di rischi avversi (ad un prezzo inferiore rispetto al loro prezzo reale) e, al contrario,

scoraggia l'assicurazione dei rischi medi. Questo scenario può produrre un effetto a spirale, il che significa che l'assicuratore può mantenere un numero sproporzionato di rischi "cattivi" nel portafoglio e, di conseguenza, deve aumentare continuamente il premio assicurativo. Tale risultato di non esistenza di un unico premio di equilibrio in condizioni di concorrenza è dovuto a Rothschild e Stiglitz (che ha ricevuto il Nobel per l'economia nel 2001 soprattutto per questo lavoro del 1976).

Il procedimento alla base del calcolo di un premio differenziato è rappresentato da un processo di *pricing* che coinvolge diversi passaggi. Quindi, l'accettazione del rischio da parte della compagnia di assicurazione è preceduta dall'analisi a priori che indica la segmentazione o la classificazione di tutti i rischi in termini di fattori di influenza, in modo che ogni gruppo con identici rischi avrà lo stesso premio. In questa fase dell'analisi, l'attuario determina l'impatto dei fattori osservabili sul rischio assicurato e l'esistenza di una dipendenza tra tali fattori ed il verificarsi del danno.. Questo passaggio consente di ottenere gli elementi del calcolo del premio assicurativo equo,ottenuto moltiplicando la frequenza stimata per il costo stimato dei sinistri. Il premio puro, come somma del premio equo e di un caricamento di sicurezza, trova giustificazione nei risultati della teoria dell'utilità e in quelli ottenuti da Bruno de Finetti, nell'ambito della probabilità di rovina, con la finalità della salvaguardia della compagnia dal fallimento, nonché di fornire un guadagno atteso positivo all'assicuratore.

Una critica importante all'approccio del *pricing* attraverso la classificazione del rischio è data dall'impossibilità dell'integrazione nel calcolo del premio di alcune informazioni sull'assicurato che non possono essere carpite dall'assicuratore e possono rappresentare fattori di rischio significativi. In questo contesto, la pratica attuariale introduce la fase a posteriori nel processo di *pricing*, basata sulla teoria della credibilità. In questo modo, attraverso la storia dell'individuo vengono valutati gli assicurati, inserendola componente retrospettiva nel calcolo del premio assicurativo. In altre parole, l'analisi dei premi a posteriori consente la correzione e l'adeguamento di un premio a priori per ottenere una previsione ragionevole.

Le caratteristiche a priori ed a posteriori di un rischio sono ben sintetizzate in due divertenti immagini selezionate sempre dall'attuario norvegese Haavardsson:

Fig. 2 – Selezione del rischio: rischio oggettivo



.....quale casa è più probabile che prenda fuoco??

Fig. 3 – Selezione del rischio: rischio soggettivo



.....il cliente "sciatto" che è sempre sfortunato

Una delle versioni commerciali di questa teoria è il sistema bonus-malus nell'assicurazione di responsabilità civile automobilistica, attraverso cui viene considerata l'esperienza passata

dell'assicurato per quanto riguarda la produzione del rischio. Se, durante la fase del *pricing* a priori, gli assicuratori hanno la libertà di fissare i premi in base ad un'adeguata metodologia e fattori di rischio che considerano rilevanti, il sistema bonus malus è richiesto dalla legislazione di ogni paese e deve essere rispettato da ciascuna compagnia assicurativa, a volte senza alcun cambiamento nella sua implementazione. Il sistema bonus-malus è inteso sia come parte integrante del premio destinato a combattere il problema dell'asimmetria informativa, sia come mezzo per ridurre (se centralizzato) o per incrementare (se libero) la concorrenza tra compagnie di assicurazione.

Su queste coordinate, la questione principale della ricerca accademica è la costruzione e l'analisi di modelli econometrici per stimare la frequenza e il costo dei risarcimenti, in base alle informazioni disponibili. L'applicabilità della scienza attuariale agli scopi dell'assicurazione sui danni ha una storia ricca e lunga. Ne è testimonianza la molteplicità di istituzioni dedicate, come la Casualty Actuarial Society (CAS) Institution of USA che è stata fondata nel 1914 e attualmente comprende 6.700 membri. Inoltre, le istituzioni scientifiche attuariali di paesi come il Belgio, la Francia, il Canada e oltre, operano in un quadro ben definito, rispondendo costruttivamente alle questioni relative ai premi assicurativi. A questo proposito, ci sono numerose pubblicazioni specialistiche nel settore della ricerca attuariale. Di questi, si possono citare il Casualty Actuarial Society Publications, il North American Actuarial Journal, lo European Actuarial Journal, l'Astin Bulletin e il Bulletin Français d'Actuariat. Pertanto, analizzando la letteratura, si può osservare nel tempo il contributo eccezionale dei ricercatori per comprendere le specifiche e la funzionalità dei metodi attuariali, nonché lo sforzo degli attuari per adattare e sviluppare nuovi modelli per la valutazione del rischio tenendo conto dei requisiti e delle sfide del mercato assicurativo in evoluzione.

2.2. Fondamenti dell'eterogeneità dei rischi

Il termine *pricing* si può accostare al più commerciale verbo francese *tarifaire*, parola che designa l'azione tariffaria ed il suo risultato. Da qui, il concetto di *pricing* assume il significato di stabilire un prezzo o una tariffa. Trasposto nel *business* assicurativo, il processo di *pricing* definisce una procedura per determinare un premio equo corrispondente al profilo di rischio individuale dell'assicurato. Sviluppando questa idea, il processo di tariffazione assicurativa può essere inteso come un insieme di metodi che stabiliscono il prezzo pagato dagli assicurati alla compagnia in cambio del trasferimento del rischio.

All'interno del settore assicurativo, la necessità di diverse tariffe è sottolineata dall'eterogeneità del portafoglio assicurativo che, come detto, oltre a caratteristiche più oggettive dei rischi, si riconduce direttamente al cosiddetto concetto di asimmetria informativa. I problemi di informazione tra la compagnia di assicurazione e gli assicurati sorgono quando l'assicuratore ha difficoltà nel valutare il livello di rischio dell'assicurato. La letteratura economica presenta due aspetti di asimmetria informativa, vale a dire selezione avversa e *moral hazard*. Denuit, Maréchal, Pitrebois e Walhinin un bel libro del 2007 [15] ritengono che la selezione avversa si verifica quando i contraenti hanno una migliore conoscenza del loro comportamento di sinistrosità rispetto all'assicuratore e approfittano di informazioni ad esso sconosciute. Chiappori, Jullien, Salanié e Salanié (2006) [12] hanno sottolineato il fatto che il *moral hazard* sorge invece quando la probabilità che si verifichi un rischio dipende dal comportamento dell'assicurato e dalle sue decisioni. La differenza tra i due fenomeni osservati è stata trattata anche da Dionne, Michaud e Pinquet (2013)[17], i quali sostengono che la selezione avversa è l'effetto di differenze inosservate tra individui che influenzano l'ottimalità della contrattazione assicurativa mentre il *moral hazard* è l'effetto dopo la stipulazione dei contratti sul comportamento inosservato degli individui. In altre parole, nel contesto dei mercati assicurativi, i problemi di informazione possono essere definiti come l'effetto

dell'applicazione dello stesso premio per l'intero portafoglio. Tale situazione presume sostanzialmente che siano assicurati anche i rischi sfavorevoli (ad un prezzo inferiore rispetto al costo reale degli eventi coperti) e scoraggia l'assicurazione dei rischi medi. Pertanto al fine di determinare premi assicurativi efficaci per combattere l'asimmetria informativa, si divide il portafoglio assicurativo in sottoportafogli in cui i rischi possono essere considerati omogenei. Ciò porta alla definizione delle classi di rischio che avranno assegnato un premio diverso a seconda della gravità dei rischi che le compongono. A questo proposito, un aspetto importante è sottolineato dai criteri di classificazione del rischio. Quindi, se i rischi sono raggruppati sulla base di informazioni a priori riguardanti gli assicurati o il patrimonio assicurato, i gruppi ottenuti sono chiamati "a priori". Al contrario, se vengono presi in considerazione informazioni sulla storia dei sinistri di ogni assicurato, si delineano classi di rischio "a posteriori". Considerando questa distinzione, la letteratura attuariale si riferisce a due concetti di *pricing*, vale a dire a priori e a posteriori. Applicando varie tecniche attuariali, corrispondenti a ciascun tipo di *pricing*, si mira a trovare una soluzione integrata che consenta di stabilire un premio equo in base alla natura dei rischi e classificazione.

2.3. Cenni sulla microeconomia delle assicurazioni

Lo studio della concorrenza e degli equilibri del mercato assicurativo in termini di modelli teorici microeconomici, piuttosto sconosciuti agli attuari¹, segue generalmente il filone avviato dal famoso articolo di Rothschild e Stiglitz del 1976 [si veda 38], il cui contesto è quello perfettamente concorrenziale con la caratterizzazione della presenza di selezione avversa da parte degli assicurati. Nel citato saggio non venivano comunque misurate le condizioni di base del modello né verificati i risultati, gli autori si limitavano a ribadire come le brillanti dimostrazioni sull'equilibrio venissero supportate nella realtà dalla presenza di coperture assicurative parziali. A dire il vero essi auspicavano fortemente studi che avessero verificato nel tempo le loro congetture, ma, nel corso di molti anni, sono stati pubblicati una serie di articoli microeconomici teorici - spesso in conflitto tra loro - senza ulteriori sviluppi nelle verifiche delle risultanze né confutazioni reciproche fino al 2000, anno in cui sono stati inaugurati vari studi econometrici (Chiappori e Salanié² [11]) con l'obiettivo di trovare riscontro di tali modelli nelle osservazioni storiche. Il celebre saggio ha peraltro creato il problema del dibattito sulla non esistenza dell'equilibrio in strategie pure in relazione ai limiti del modello. Nel loro lavoro seminale, Rothschild e Stiglitz hanno dimostrato pertanto che in mercati assicurativi concorrenziali, con asimmetria informativa, i contratti a ripartizione (*pooling*) non possono esistere in equilibrio ma solo con separazione dei rischi (*separating*), le imprese fanno extra profitti nulli, e sotto alcune circostanze, quando i rischi peggiori hanno una bassa proporzione, l'equilibrio non esiste; tutte caratteristiche non note all'analisi convenzionale della concorrenza. Nel notevole lavoro presentato di Wambach nel 2000 [41], il modello viene esteso introducendo la ricchezza osservabile in aggiunta alle differenti tipologie di rischio. Esso ha arricchito il panorama dei fondatori senza introdurre particolari eterodossie, se non la selezione avversa in forma multidimensionale (rischio e reddito), rappresentando altresì la possibilità di presenza di profitti positivi. Lo stesso autore ha pubblicato con Rees nel 2008 un testo sulla microeconomia delle assicurazioni, un'ottima monografia su questa disciplina che tratta

¹Fa eccezione un *paper* degli attuari inglesi del 2012, Games Theory in General Insurance [42].

² Quello del 2006 di Salanié B, Salanié F., Julien F. e Chiappori già citato, in particolare, lavorando su classi di rischio rese omogenee, produce risultati importanti sulla presenza di asimmetria informativa (selezione avversa e *moral hazard*) e di potere di mercato. Una prima indicazione che deriva da questo studio è che in contesto di asimmetria informativa, una comprovata correlazione positiva tra la copertura e il rischio sembra essere una conseguenza naturale e robusta del presupposto concorrenziale, pur mettendo in evidenza il fatto che il confronto del rischio non è univoco e che deve essere utilizzata una misura corretta del rischio.

di domanda, offerta, selezione avversa e *moral hazard*, nella quale fornisce, tra l'altro, una rivisitazione del modello di Rothschild-Stiglitz sulla base della teoria dei giochi. Il problema della non esistenza ha portato ad un lungo dibattito in letteratura: le soluzioni proposte sono state anche concetti di equilibrio alternativi (come l'equilibrio di Wilson, Miyazaki e Spence, 1978). Anche se il problema di non esistenza dell'equilibrio è stato l'obiettivo principale della ricerca, l'altro risultato principale di Rothschild e Stiglitz criticato in questi lavori è che, in un ambiente concorrenziale, i contratti di ripartizione non possono esistere in equilibrio; tuttavia, il risultato di profitto pari a zero vale sempre. L'esistenza di contratti a ripartizione è possibile in ambienti in cui sono considerati concetti alternativi di equilibrio. Inoltre, Spence ha sostenuto che "non solo gli individui possono differire nel costo previsto che impongono all'assicuratore, possono anche differire nelle loro preferenze per quanto riguarda la copertura assicurativa." Facendo seguito a questa osservazione, Wambach ha pertanto formulato l'ipotesi che gli individui si differenzino, in aggiunta ai loro rischi, per l'avversione al rischio (spesso misurata con il reciproco del reddito): esistono, pertanto, due dimensioni di asimmetria informativa poiché l'assicuratore non osserva né il rischio né il grado di avversione al rischio dell'individuo: egli modella i diversi gradi di avversione al rischio partendo dal presupposto che gli individui hanno avversione assoluta al rischio decrescente e diversi livelli di reddito. Nel modello di Wambach si presuppone che ci siano quattro diverse tipologie di individui determinate dall'intersezione tra rischi elevati o bassi e tra reddito elevato o basso.

Dai risultati dello studio si evince che un equilibrio in un mercato assicurativo concorrenziale sotto selezione avversa multidimensionale è rappresentato o da un *pooling* di tipologie che sono raggruppate per reddito e al tempo stesso con completa separazione di rischi, o con un *pooling* parziale di rischio, dove alcune tipologie del medesimo rischio sono separate.

In particolare, se la differenza di reddito è piccola, le diverse tipologie di reddito vengono raggruppate mentre i rischi diversi rimangono separati; se la differenza nella ricchezza invece è grande, possono esistere equilibri in cui le imprese fanno profitti positivi con separazione dei contratti. In equilibrio, può verificarsi la separazione delle tipologie di reddito diverso con lo stesso rischio, inoltre possono esistere contratti con *pooling* parziale di rischio, mentre i contratti di *pooling* completo delle due tipologie di rischio esistono solo in circostanze molto particolari. L'introduzione di un ulteriore parametro non osservabile non ha permesso all'autore di risolvere completamente il problema dell'inesistenza dell'equilibrio: lo studio ha dimostrato che in alcuni casi, il problema potrebbe essere rafforzato e in altri, può essere indebolito. Egli inaugura un filone di studi che può consentire risultati simili anche qualora i singoli fossero caratterizzati da alternativi parametri di diversificazione e può suggerire strategie di mercato verso selezionate categorie di assicurati. In questo modello, l'autore considera imprese che offrono un contratto ciascuno; se si considera anche la possibilità di un menù di contratti e quindi di sussidi incrociati (con varie compensazioni), le proposizioni sono ancora valide. In un recente studio statistico di De Mesa e Webb (2017) [14] alcuni risultati di Wambach hanno trovato riscontro.

Il problema operativo è pertanto come misurare realmente le caratteristiche di selezione avversa e la relativa influenza sugli equilibri che ne possano derivare nel mercato assicurativo. Dapprima è necessario definire bene cosa sia la selezione avversa: in generale si parla d'informazione in possesso dell'assicurato ex ante concernente il suo profilo di rischio che può avere effetti sugli esborsi dell'assicuratore. Gli assicurati possiedono quindi elementi di conoscenza che l'assicuratore non ha e, aspetto complesso, la selezione avversa non deve essere confusa con l'eterogeneità non osservabile o non osservata, ovvero nella prassi l'assicuratore personalizza il rischio in base ad alcune variabili (differenziazione e non discriminazione) piuttosto che ad altre e, quindi, ha una conoscenza parziale del medesimo o piuttosto della profilatura di quel tipo di rischio a prescindere dalle informazioni detenute dallo stesso assicurato. L'assicuratore mitiga questa

conoscenza parziale o con inserimento di nuove variabili di personalizzazione o come avviene nella maggior parte dei casi considerando criteri di personalizzazione “a posteriori”, i cosiddetti sistemi di *experience rating* il cui più famoso rappresentante è il già detto sistema bonus-malus nell'assicurazione rc auto ovvero con franchigie, scoperti ed altre limitazioni di polizza.

In un'ottica di studi empirici economico-statistici, diversi articoli hanno analizzato la concentrazione ed il livello di concorrenza delle imprese ed il contesto del mercato come quelli di Nissan, E., and R. Caveny del 2001 [31] e di E Murat, Tonkin, and Jüttner del 2002 [30], che evidenziano come il settore assicurativo sia caratterizzato da una struttura oligopolistica del mercato. Nel mercato statunitense, ad esempio, Nissan e Caveny hanno scoperto che i rami assicurativi di *property e liability* sono significativamente più concentrati di un certo numero di altri settori industriali³. Anche l'applicazione dell'indice di Hirschman-Herfindahl (somma dei quadrati delle quote) può essere utile a tale scopo. Nel mercato assicurativo australiano, lo studio empirico di Murat, in generale, suggerisce che gli assicuratori hanno un certo grado di potere di mercato: essi hanno analizzato la misura, con un modello che tiene conto anche degli investimenti dell'impresa, in cui gli assicuratori tendono a trasferire sui premi qualsiasi aumento dei costi, ad esempio, dovuto da un aumento dei salari, dei costi di sottoscrizione o di altre spese. Nella concorrenza monopolistica, gli assicuratori rispondono aumentando i premi e riducendo la produzione, mentre in regime di concorrenza perfetta gli assicuratori sono costretti a trasferire completamente qualsiasi aumento dei costi; nel loro studio essi scoprono che le compagnie di assicurazione non trasmettono l'intero aumento dei costi nei premi e, di conseguenza, la concorrenza risulta meno che perfetta.

2.4. Approccio empirico al pricing

Tornando alle scienze attuariali si ricorda che, nel XVIII secolo, nell'assicurazione contro gli incendi, i premi si basavano sul tipo di tetto e sulla struttura degli edifici e per l'assicurazione marittima, considerata la più antica forma di assicurazione, il premio era basato sulle caratteristiche progettuali della nave. Considerando la presenza di eventi incerti che possono verificarsi a seconda di determinati fattori di rischio, gli attuari hanno cercato sempre di trovare una formulazione matematica al fine di determinare la probabilità d'insorgenza del rischio e di stabilire il premio assicurativo.

Il coinvolgimento della scienza attuariale nel settore assicurativo ha una lunga e ricca storia ed è basato sulla teoria matematica dei rischi. Sotto la notevole influenza degli studi di Lundberg (1903) e Cramer (1930), considerati i fondatori della teoria del rischio, gli attuari sono sempre stati interessati a trattare i rischi nella prospettiva delle compagnie assicurative.

La famosa monografia pubblicata da Hans Bühlmann (1970) [si veda 70] evidenzia il riconoscimento della matematica attuariale come un argomento fondamentale nella teoria delle probabilità e nella statistica applicata all'assicurazione danni. Come menzionato da Hans Gerber la determinazione della legge di probabilità del costo di sinistro è sempre stata l'argomento centrale nella letteratura sulla teoria del rischio. Analizzandola retrospettivamente, la scienza attuariale era limitata all'uso di modelli lineari gaussiani, assumendo l'utilizzo dell'analisi di regressione che mirava a quantificare l'impatto delle variabili esplicative sul fenomeno di interesse. Il modello lineare, proposto da Legendre e Gauss nel XIX secolo, ha svolto un ruolo cruciale in econometria, mal'applicabilità di questo modello all'assicurazione è stata giudicata difficile. In questo contesto, la modellizzazione lineare implica una serie di ipotesi (densità di probabilità gaussiana, linearità del

³Nel mercato del Regno Unito, l'Associazione degli Assicuratori britannici documenta che i dieci più grandi assicuratori possiedono, per tali rami, una quota di mercato dell'85%.

predittore e omoschedasticità che non sono compatibili con la realtà imposta dalla frequenza e dal costo dei danni generati dall'evento rischioso.

Mentre la complessità dei criteri statistici è diventata più pronunciata, gli attuari hanno dovuto risolvere il problema di trovare alcuni modelli che spieghino nel modo più realistico possibile il verificarsi del rischio. Sebbene nessun modello matematico descriverà mai completamente la realtà, l'analisi dei modelli e il confronto tra le proprietà teoriche del fenomeno studiato e quello osservato è un modo pragmatico per acquisire una migliore comprensione della realtà e per prevedere le risposte future degli eventi analizzati.

Considerando la distinzione convalidata tra *pricing* a priori e posteriori, le ricerche attuariali erano incentrate sulla ricerca di metodi o strumenti adeguati per ciascuno dei due tipi di *pricing* applicati nell'assicurazione danni. Analizzando il contributo della scienza attuariale in questo settore, si può osservare che l'intera attività degli attuari è basata sul completamento e lo sviluppo dei metodi per stabilire le tariffe. La complessità e praticità del fenomeno analizzato spiega interamente l'imperiosa necessità di studi in questo campo di ricerca.

2.5. Pricing a priori

Charpentier e Denuit (2004) [9, 10] suggeriscono che l'idea fondamentale del *pricing* a priori è quella di segmentare i rischi assicurati in diverse categorie in modo che all'interno di ciascuna categoria i rischi siano considerati equivalenti e raggruppati secondo lo stesso criterio.

Secondo Delaporte (1972) [16], il *pricing* a priori permette di raggruppare i rischi nelle classi tariffarie, includendo in ciascun gruppo gli assicurati con identico profilo di rischio che pagheranno lo stesso premio. La prima pietra miliare del *pricing* a priori nell'assicurazione danni è considerata la procedura di classificazione del rischio a *minimum bias* proposta da Bailey and Simon (1960) [2] e Bailey (1963) [3]. Questo metodo utilizza un algoritmo iterativo per calcolare i valori ottimali di ciascun livello di rischio minimizzando la funzione di errore. Anche se era configurato al di fuori di un quadro statistico riconosciuto, la letteratura attuariale sostiene che quest'approccio iterativo "euristico" è un caso particolare di modelli lineari generalizzati (GLM).

A partire dalla definizione attuariale di McCullagh e Nelder (1989) [25], i GLM sono diventati comune pratica nel settore statistico per il *pricing* dell'assicurazione danni. I due autori hanno sottolineato due grandi vantaggi per le tecniche GLM. In primo luogo, la generalizzazione della modellizzazione lineare permette di superare l'assunzione di normalità, essendo la regressione estesa alla classe della famiglia esponenziale (Normale, Poisson, Binomiale e gamma). In secondo luogo, i GLM consentono che la regressione lineare sia correlata alla variabile dipendente attraverso la funzione di collegamento, modellando l'effetto additivo di variabili indipendenti su una trasformazione della media, invece della media stessa. In altre parole, questa funzione è il predittore lineare o il punteggio alla media della variabile dipendente. Rispetto alle tecniche di procedura *abias* minimo, i modelli GLM hanno il vantaggio di fornire un *framework* teorico che consente l'utilizzo di test statistici per valutare l'adattamento dei modelli.

Nella letteratura attuariale, Jean Lemaire (1985) [22] si è distinto illustrando e misurando l'efficacia dei metodi utilizzati per stimare i rischi assicurati nel ramo r.c. auto, selezionando le variabili esplicative. In quest'area, un notevole contributo va anche ai già citati Arthur Charpentiere Michel Denuit (2004, 2005) che sono riusciti ad affrontare - con due testi in lingua francese - in una prospettiva moderna tutti gli aspetti attuariali del *business* assicurativo. Inoltre, il libro di Ohlsson e Johansson (2010) [33] ha trattato in modo esauriente i metodi considerati come base nella classificazione del rischio assicurativo, con particolare attenzione alle tecniche statistiche per il calcolo del premio dell'assicurazione auto. Alcuni studi recenti hanno evidenziato gli aspetti pratici e teorici dei metodi di tariffazione al fine di valutare il premio assicurativo. In questa categoria è

anche incluso l'articolo di Antonio e Valdez (2012) [1], per mezzo del quale gli autori presentano un approccio concettuale ed empirico del processo di tariffazione assicurativa.

2.6. *Pricing a posteriori*

La letteratura attuariale ha dimostrato che il solo *pricing a priori* comporta la mancanza di elementi fondamentali sulla sinistrosità di collegamento tra alcune variabili tariffarie e il verificarsi del rischio. Determinati fattori di rischio importanti possono non essere osservati (o non osservabili), portando alla violazione dell'ipotesi di omogeneità, indispensabile per un efficace sistema di classificazione del rischio. I limiti di questo tipo di *pricing* richiedono l'approccio di modelli attuariali a posteriori che prendono in considerazione informazioni aggiuntive sulla storia individuale dei sinistri del contraente.

Il *pricing a posteriori* si basa sulla teoria della credibilità. Savage (1954) [39] sottolinea che la nozione di credibilità è strettamente correlata alla percezione del rischio, gli individui assegnano diversi gradi di credibilità al verificarsi di determinati eventi. Savage discute anche sul grado di convinzione, questa nozione viene introdotta per la prima volta da Thomas Bayes (1763) nel suo saggio sulla dottrina delle probabilità. Sebbene il concetto di credibilità sia stato sistematizzato nel mezzo del XX secolo, dal 1910, i dipendenti della General Motors che erano assicurati contro gli infortuni sul lavoro hanno beneficiato di un premio calcolato secondo questo principio, formalizzato in seguito da Mowbray (1914) [29]. In questa fase, la teoria della credibilità ammette solo due livelli, uno e zero. Questa situazione significa, per un datore di lavoro situato appena sotto la soglia di ammissibilità, una differenza significativa per quanto riguarda il premio che deve pagare. Per rispondere a questa critica, Whitney (1918) [43] introduce il concetto di credibilità parziale, sostenendo che il problema di valutare l'esperienza nasce dall'esigenza di trovare un equilibrio tra esperienza collettiva, da un lato e esperienza di rischio individuale dall'altro. Pertanto, Whitney dichiara che il principio di base della credibilità è stabilire un fattore di ponderazione, sottolineando la definizione di premio puro come equilibrio tra l'esperienza di un singolo rischio e quello di una classe di rischio.

Hans Bühlmann (1967) [6] risolve il problema di trovare una stima ottimale per il premio corrispondente all'ennesimo periodo, tenendo conto delle osservazioni relative ai rischi registrati nei periodi precedenti; riesce a rivoluzionare la teoria della credibilità introducendo un fattore di credibilità. Partendo da questi concetti, Bühlmann (1970) sviluppa insieme a Erwin Straub, il famoso modello Bühlmann-Straub, il cui principale miglioramento apportato al modello iniziale è la definizione degli stimatori dei parametri strutturali. La maggior parte dei principi della teoria della credibilità si allinea con il modello di base proposto da Bühlmann, attorno al quale sono stati formulati tutti gli altri modelli accettati in questa area come generalizzazioni del primo. La *Credibility Theory* è una versione approssimata (lineare) dell'approccio bayesiano coincide esattamente se le osservazioni hanno distribuzione nella famiglia esponenziale e se le distribuzioni a priori appartengono alle coniugate.

Sebbene la teoria della credibilità possa essere vista come l'arte di combinare diverse raccolte dei dati per ottenere una stima globale accurata, i suoi metodi specifici sono difficili da attuare nella pratica a causa della loro complessità matematica. Pertanto, le compagnie di assicurazione hanno utilizzato alcuni metodi che sono versioni semplificate di quelli imposti dalla teoria della credibilità. In questo senso, una delle versioni commerciali della teoria della credibilità è il già citato sistema bonus-malus introdotto da Pesonen (1962) [34] il quale ha provato a stabilire le regole per ottenere premi ottimali per ciascuna classe di rischio in base ai livelli bonus-malus.

L'idea fondamentale di questo sistema è stata approfonditamente descritta più avanti da Lemaire (1995) [23]. Il sistema bonus-malus è definito come una scala che consiste in un numero finito di

livelli, gli assicurati ricevono un determinato posto in base alle regole di transizione e al numero di sinistri denunciati. Ad ogni livello corrisponde un certo coefficiente che sarà applicato al premio puro calcolato nella fase di analisi a priori. I sistemi bonus-malus consentono di adattare i premi ai fattori di rischio individuali nascosti prendendo in considerazione il record dei sinistri passati. Pertanto, nel contesto dei mercati assicurativi, lo scopo principale del sistema bonus-malus è valutare equamente il singolo grado di rischio in modo che la compagnia assicurativa richieda un premio corrispondente al profilo di rischio assicurato ed alla storia della sinistrosità.

Concludendo, certamente la classe identificata con il profilo dell'assicurato a priori sarà non del tutto omogenea e ci sarà un grado di eterogeneità più o meno pronunciato a seconda della rilevanza delle informazioni disponibili per l'assicuratore. Questo può essere spiegato dall'esistenza di fattori di rischio inosservati o non misurati che possono avere un'influenza significativa sull'evento di rischio. Secondo la teoria della credibilità, il premio a priori viene rettificato a posteriori prendendo in considerazione la storia dei sinistri dei singoli assicurati. Questo stadio del processo di determinazione del premio può essere inteso come un metodo per recuperare informazioni inaccessibili a priori ed è realizzato usando la forma alternativa commerciale della teoria della credibilità nota come sistema bonus-malus. In questo contesto, la presenza di criteri definiti da una tecnica a posteriori modifica la percezione del rischio e quindi incoraggia gli assicurati ad adottare un comportamento più cauto riguardo al rischio stesso. Anche se è opportuno ricordare che tali sistemi per essere sempre efficienti ed in equilibrio debbono essere monitorati ed eventualmente rivisti attraverso valutazioni dinamiche che utilizzano strumenti come ad esempio le catene di Markov per vedere come gli assicurati, data una certa sinistrosità, si distribuiscono nel tempo tra le classi di merito.

2.7. Nuove frontiere

Un recente articolo pubblicato su *The actuary* dal titolo "*Are actuaries competitive in data science?*" richiama la definizione del *data scientist* come individuo caratterizzato dalla competenza derivante dall'intersezione di tre diverse capacità: *coding/programming* per manipolare dati e creare algoritmi; matematica e statistica per utilizzare i dati ai fini delle previsioni future; dominio della conoscenza per capire e gestire problemi pratici di *business*. Tuttavia l'autore Colin Priest afferma che, mentre gli attuari sanno molto di assicurazione in merito alle leggi ed ai regolamenti, alla sottoscrizione, alla gestione dei sinistri ed al design dei prodotti, gli stessi hanno un'istruzione matematica e statistica molto specifica e non sono obbligati ad imparare la programmazione. Negli Stati Uniti gli attuari tradizionali vengono sostituiti dai *data scientist* senza particolari conoscenze assicurative per soddisfare le esigenze lavorative attuali. Quindi gli attuari, ai fini della piena occupazione, devono prepararsi per:

- la manipolazione dei dati e costruzione di tabelle;
- la teoria del *machine learning* (training versus testing, overtraining);
- Gli algoritmi del *machine learning*;
- Matematica e Statistica: imputazione dei valori mancanti, ottimizzazione e stime numeriche.

La buona notizia è che la moderna tecnologia rende questo più facile che in passato. Con i nuovi strumenti tecnologici, gli attuari possono divenire più competitivi nella *data science* e, in aggiunta alla loro conoscenza del *business* assicurativo ed alle capacità di comunicazione, possono avere un vantaggio concorrenziale sulle altre risorse.

3. Ciclo sinistri

La trattazione si rivolge ora alla determinazione del costo del danno originato dall'evento incerto. Nello schema successivo si evidenziano i tre momenti fondamentali dell'apertura di un sinistro (accadimento, denuncia alla compagnia e conseguente registrazione).

Fig. 4 – Le date chiave del sinistro



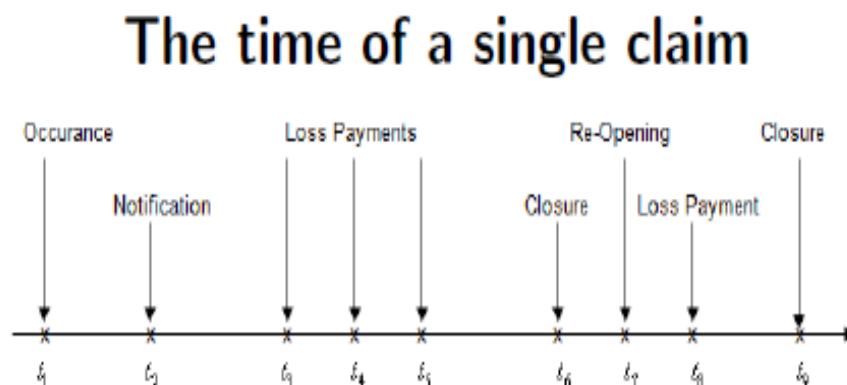
The slide titled "Insurance Data Organization" lists three key dates for a claim:

- Accident Date**: The date on which the loss occurred. (Illustrated with a car crash icon)
- Report Date**: The date on which the loss is first reported to the insurer. (Illustrated with a telephone icon)
- Recorded Date**: The date on which the loss is first entered into the statistical records of the insurer. (Illustrated with a person at a computer terminal icon)

NAIC © 2011 National Association of Insurance Commissioners

Il corso tipico di un sinistro può essere riassunto con lo schema seguente, pur tenendo conto di possibili anomalie operative (e.g. ritardo della registrazione rispetto alla denuncia, riapertura di un sinistro chiuso per effetto di contenziosi, ...):

Fig. 5 – La vita di un sinistro

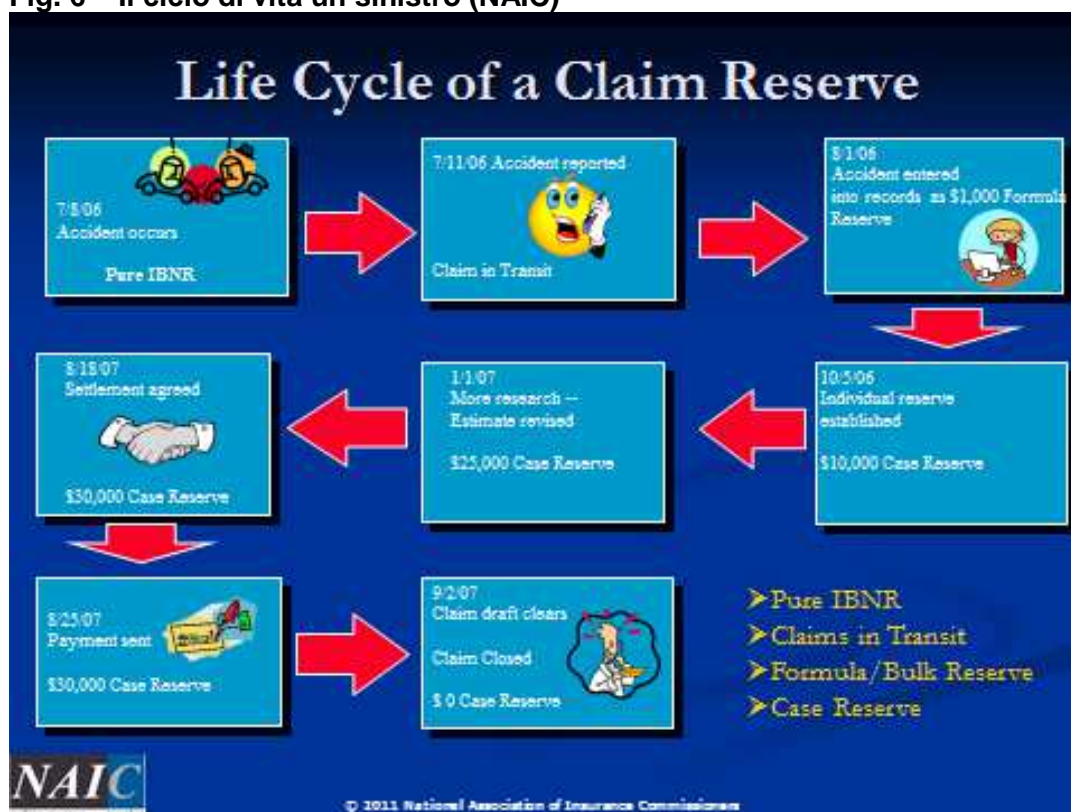


Il numero di liquidazioni che precedono un pagamento definitivo, i cosiddetti pagamenti parziali, è influenzato dalle politiche di liquidazione dell'impresa e dalle condizioni contrattuali. Dal punto di

vista attuariale, è irrilevante l'ulteriore distinzione tra sinistri liquidati e sinistri pagati (per tempistiche legate a procedure contabili); infatti i sinistri liquidati e non pagati costituiscono un vero e proprio debito esigibile verso gli assicurati, per il quale non si pone, quindi, un problema di valutazione attuariale. L'assicuratore deve peraltro porre a riserva non solo gli importi necessari a coprire i sinistri per i quali, a seguito della denuncia, è iniziato il processo di liquidazione, ma anche opportuni accantonamenti per i sinistri accaduti ma ancora sconosciuti alla compagnia. Questi ultimi sono comunemente conosciuti con l'abbreviazione IBNR (IncurredButNotReported) od anche IBNYR (IncurredButNotYetReported). I sinistri non ancora noti alla compagnia esigono una valutazione sulla base dell'esperienza passata, riguardo alla frequenza ed al costo medio dei sinistri tardivi. Diversamente i sinistri denunciati per cui viene costituita una riserva specifica vengono indicati come IBNER (IncurredButNotEnoughReported) o come RBNS (ReportedButNotSettled). Il ricorso a dati storici in possesso della compagnia richiede di valutare con particolare cautela i sinistri passati che hanno carattere di eccezionalità. Le disposizioni vigenti in materia di redazione del bilancio prevedono che la procedura con cui vengono trattati questi sinistri ingenti, in genere particolarmente onerosi, sia dettagliatamente descritta nella nota integrativa.

Un altro esempio che evidenzia la complessità della gestione di un singolo sinistro è tratto dalla NAIC ovvero l'Istituto di vigilanza assicurativa degli Stati Uniti.

Fig. 6 – Il ciclo di vita un sinistro (NAIC)



La riserva rappresenta l'ammontare dell'aggregato dei sinistri ancora da pagare; in Italia ogni anno vengono gestiti diversi milioni di sinistri e le riserve corrispondenti ammontano a più di 40 miliardi di euro.

4. Approccio di riservazione con inventario dei sinistri

In generale la valutazione della riserva nel suo complesso può seguire due logiche alternative: l'una monitora il singolo sinistro, quantificando in modo dinamico il suo costo finale aggiornandone periodicamente l'importo stimato sulla base di nuove informazioni che si rendono disponibili; l'altra, di approccio collettivo, ovvero analizza un portafoglio sufficientemente ampio di sinistri in termini di risarcimenti avvenuti ed attesi.

Il primo approccio trova espressione nel metodo dell'inventario, idealmente preferibile perché ritenuto più aderente al principio della prudente valutazione; il secondo (metodo attuariale) porta all'impiego di metodi statistici deterministici e stocastici, oggetto di approfondimento successivo. La valutazione della riserva deve fondarsi su elementi obiettivi e prudenti, pertanto il metodo di riferimento è quello dell'inventario; tuttavia, con l'esclusione dei rami Credito e Cauzioni e limitatamente alla generazione dell'anno di bilancio, è consentito stimare il costo ultimo mediante il criterio del costo medio per gruppi di sinistri omogenei sufficientemente numerosi.

Nell'inventario:

- viene aperto un fascicolo per ogni denuncia di sinistro;
- le stime vengono effettuate, e aggiornate, quando nuove informazioni si aggiungono;
- vengono registrati tutti i pagamenti;
- quando il sinistro è definito il fascicolo viene chiuso;
- non si tiene conto della riserva IBNR;
- utilizza tutta l'informazione disponibile su un sinistro;
- può essere alterato dall'atteggiamento dei *managers* in termini di direttive ai liquidatori;
- i procedimenti sono facili da implementare.

Un articolo dal titolo "**Why are reserves often inaccurate?**", pubblicato di recente sulla rivista americana **Claim Journal**, afferma che al di fuori delle normali e attese modifiche giornaliere che si verificano durante il processo di liquidazione, ci sono motivi più rari ma preoccupanti per cui le riserve inventariali sono spesso imprecise, tra cui:

Claims Staff Turnover – A causa del *burnout*, o anche per l'attrazione rappresentata da un'alternativa di lavoro caratterizzata da un pendolarismo più breve o da uno stipendio più elevato, un'impresa potrebbe perdere un liquidatore esperto conseguendo problemi nella gestione delle pratiche. Mentre i dipendenti temporanei possono contribuire a colmare le lacune, non costituiscono una soluzione a lungo termine. Esistono costi opportunità inerenti a ciascun fascicolo di sinistro in caso di *turnover* del liquidatore, che equivalgono a rimborsi più elevati e problemi di adeguatezza delle riserve. Si considera che in genere occorrono 90 giorni per reclutare e assumere un nuovo liquidatore. Una volta che il nuovo liquidatore termina l'addestramento su sistemi e procedure, in genere occorrono altri 90 giorni prima di passare in rassegna l'inventario dei sinistri. In agguato nel buio potrebbe esserci quel sinistro che distrugge la redditività di un portafoglio.

Lack of Training & Experience – L'istruzione e la formazione dei dipendenti valutatori è un investimento e non solo una spesa, perché aiuta le aziende a conservare talenti di qualità. Se una società investe nella formazione continua di un liquidatore, è naturale che la soddisfazione dei

dipendenti aumenti perché il liquidatore ha l'opportunità di affinare le competenze esistenti e svilupparne di nuove.

High Caseloads –Troppo spesso le aziende aumentano i carichi di lavoro nel tentativo di ridurre le spese operative. Sebbene ci possa essere una riduzione iniziale delle spese, è probabile che ci siano delle sviste in aree critiche del processo liquidativo a lungo termine perché i carichi di lavoro non sono gestibili. Per evitare alti carichi di lavoro, i contratti per la gestione dei sinistri dovrebbero limitare il numero di risarcimenti che un liquidatore può gestire in un dato momento.

Outdated Claims Systems –Molti dipartimenti sinistri lavorano con vecchi sistemi, strumenti e metodi che non sono più efficaci o efficienti. Avere informazioni basate sul *web* e in tempo reale aiuta i liquidatori a ordinare e analizzare i file in modo più efficiente. Le regole di *business* dei sistemi possono essere configurate per supportare il processo di riservazione chiedendo ai liquidatori di impostare o modificare i livelli di riserva o di autorizzazione di riserva.

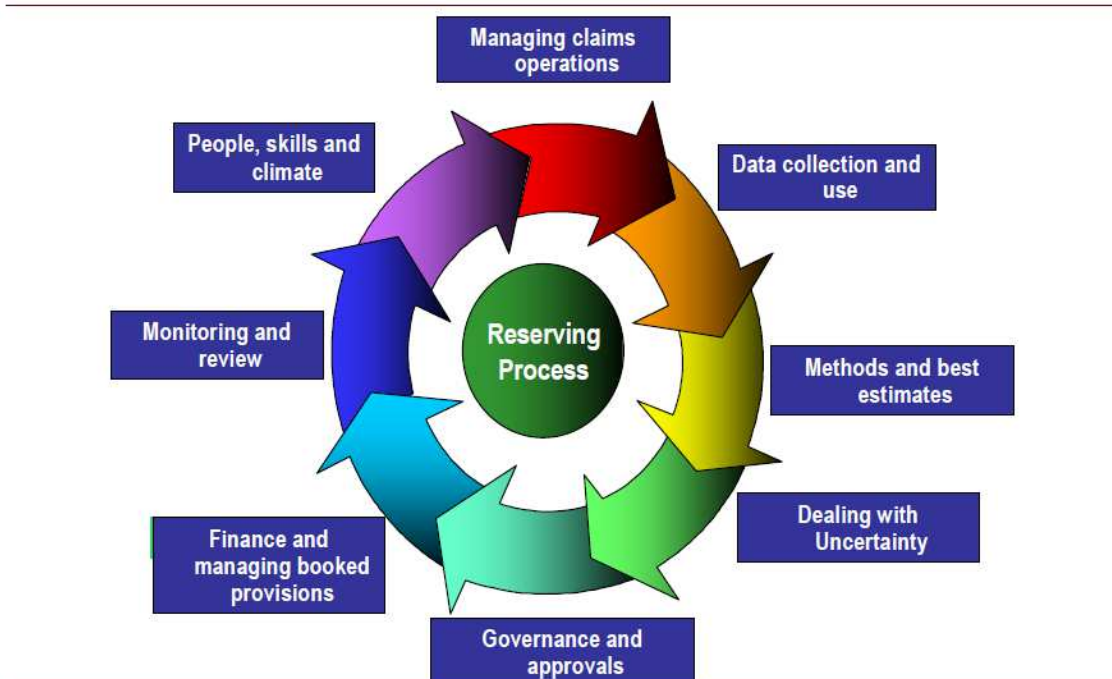
5. Modelli attuariali

La correttezza delle stime secondo un approccio collettivo è subordinata non solo alla numerosità e omogeneità dei sinistri in portafoglio, aspetti peraltro delicati del processo di valutazione, ma anche alla stabilità delle condizioni contrattuali ed alla regolarità della velocità di liquidazione. Per quanto detto, nella pratica attuariale si ricorre sovente ad approcci misti, privilegiando per i sinistri di importo medio-basso una logica collettiva, anche in ragione del fatto che si avrà normalmente una base di dati più corposa, ed adottando un approccio individuale per i sinistri di ammontare elevato (c.d. *large claims*). A questo proposito risultano più affidabili i metodi basati sull'esperienza storica (con particolare riferimento alla frequenza di accadimento), almeno per i rami che godono di andamenti tecnici regolari. Qualunque sia il procedimento di calcolo adottato, rimane la centralità dell'informazione disponibile, indispensabile base di partenza per la stima degli oneri futuri.

Un esempio di come il processo di riservazione comporti la partecipazione di molte unità operative dell'impresa (addetti ai sistemi informatici, attuari, liquidatori, revisori, contabili e *manager*) viene ben esemplificato dalla seguente ruota del processo medesimo.

Fig. 7 – La ruota della riservazione

The Reserving Wheel



Il manuale della Friendland (2010) [18] pubblicato dalla CAS fornisce utili suggerimenti su come sviluppare correttamente tale processo d'interazioni all'interno della compagnia.

6. La competenza dei sinistri

La riserva sinistri è tra le più importanti voci del bilancio di un'impresa che esercita i rami danni e gli elementi su cui si basa la sua valutazione sono regolati da principi contabili rigorosi. Per quanto riguarda i sinistri, un principio di redazione del bilancio che assume particolare rilevanza è quello della competenza. Esso impone che costi e ricavi siano contabilizzati attribuendoli agli esercizi cui competono economicamente, indipendentemente dalla loro manifestazione finanziaria. Ecco allora che si parlerà di sinistri di competenza, intendendo con questo termine l'onere complessivo relativo ai sinistri accaduti nell'esercizio in corso. L'ammontare dei sinistri di competenza si ricava in funzione del flusso finanziario generato dagli importi pagati, rettificato con l'accantonamento della riserva sinistri. Il primo è un dato presente nel conto tecnico dei rami danni, mentre il secondo è un'informazione iscritta nel lato passivo dello stato patrimoniale. L'onere complessivo relativo ai sinistri di competenza dell'esercizio in corso risulta quindi pari alla somma dei pagamenti effettuati per liquidare i sinistri nell'esercizio e della variazione dell'ammontare della riserva sinistri nel corso dell'anno. In funzione della data di accadimento di un sinistro si possono distinguere quattro casi:

- Sinistro accaduto nell'esercizio in corso e chiuso nello stesso anno.
- Sinistro accaduto nell'esercizio in corso ma ancora aperto.
- Sinistro accaduto in un esercizio precedente e chiuso nell'esercizio in corso.
- Sinistro accaduto in un esercizio precedente ma ancora aperto.

Nei primi due casi il sinistro è da considerarsi di competenza; se è stato chiuso nel corso dell'esercizio, allora il costo relativo è valorizzato tra gli importi pagati, altrimenti la valutazione dell'importo a copertura compare nella riserva sinistri dell'esercizio in corso. Tuttavia nel terzo caso

possono riscontrarsi delle differenze tra l'importo effettivamente liquidato e l'accantonamento già effettuato. Analogamente nell'ultimo caso può verificarsi un saldo non nullo tra l'ammontare appostato a riserva e l'accantonamento costituito alla fine dell'esercizio precedente. I sinistri tardivi di cui si è parlato in precedenza, rientrano nel terzo o nel quarto caso, anche se solo quelli accaduti nell'esercizio in corso sono di competenza. In tutti i casi commentati, i sinistri di competenza sono quantificati nel conto tecnico del ramo danni, al netto delle cessioni in riassicurazione e dei recuperi e al lordo delle spese di liquidazione direttamente imputabili (*allocated losses expenses* ALAE) e non (*unallocated losses expenses* ULAE).

7. La valutazione a costo ultimo della riserva sinistri

La riserva sinistri comprende l'ammontare complessivo delle somme che, da una prudente valutazione effettuata in base ad elementi obiettivi, risultino necessarie per far fronte al pagamento dei sinistri, avvenuti nell'esercizio stesso o in quelli precedenti qualunque sia la data di denuncia, e non ancora pagati, nonché alle relative spese di liquidazione, indipendentemente dalla loro origine. Schematizzando i principi locali:

- Le imprese costituiscono la riserva sinistri separatamente per ciascun sinistro avvenuto e denunciato, il cui processo di liquidazione non si è ancora concluso alla fine dell'esercizio o per il quale non sia stato interamente pagato il risarcimento del danno, le spese dirette e le spese di liquidazione. Limitatamente alla generazione di accadimento corrente, le imprese possono determinare la riserva sinistri mediante il criterio del costo medio.
- Le imprese determinano la riserva per sinistri avvenuti ma non ancora denunciati alla data di chiusura dell'esercizio, per numero e per importo, sulla base delle esperienze acquisite negli esercizi precedenti, avuto riguardo alla frequenza e al costo medio dei sinistri denunciati tardivamente.
- Per i **rami ministeriali** a lungo smontamento, come r.c. auto, devono essere implementati metodi attuariali per integrare le stime al costo ultimo.
- L'Italia ha deciso di non consentire lo sconto delle riserve in ragione di un'opzione comunitaria.
- IVASS ha emanato disposizioni (poi inglobate nel Regolamento ISVAP 22/2008) sulle metodologie di calcolo delle riserve sinistri. Gli strumenti di analisi che l'Istituto può utilizzare sono i: bilanci annuali e semestrali, moduli di vigilanza, relazione della società di revisione.

Il criterio di riferimento per la valutazione della riserva sinistri è quello del costo ultimo, specificato nell'art. 37 del D.Lgs. 209/2005. Tale principio impone che l'impresa predisponga accantonamenti in misura pari al costo futuro prevedibile dei sinistri ancora da pagare, incluse, come già detto, le spese di liquidazione. Pertanto, in fase di stima della riserva, occorre tenere conto dell'inflazione del costo sinistri. Tale grandezza si può scomporre in due parti: una esogena rispetto all'impresa ed una endogena. Il termine inflazione esogena indica l'inflazione legata al sistema economico di riferimento che è oggetto di studi degli Istituti di Statistica dei vari paesi, essa riflette la variazione media dei prezzi al consumo e in senso lato il potere di acquisto della valuta nazionale. Si tratta di una variabile esterna pertanto in un certo senso subita dagli operatori del mercato. L'inflazione endogena raccoglie invece, in questo contesto, l'effetto delle variabili interne della compagnia sulla

variazione media del costo dei sinistri. Queste variabili comprendono, tra le altre, l'efficienza delle strutture preposte alla liquidazione dei sinistri e le politiche assuntive, dalle quali dipende la limitazione dei fenomeni di antiselezione.

Naturalmente una valutazione a costo ultimo non può prescindere da attente analisi statistiche sui dati passati; a questo scopo si sottolinea la necessità, da parte dell'attuario, di disporre di specifiche informazioni sulle classi di sinistri omogenei per migliorarne la valutazione. Si richiede inoltre di dare evidenza delle valutazioni condotte per quantificare le spese di liquidazione dei sinistri. In queste si assommano i costi specifici di particolari sinistri, i costi indiretti di ramo ed i costi comuni a tutti i rami. Correttamente si dovrebbero attribuire i primi ai soli sinistri cui si riferiscono, imputare in quota i costi indiretti di ramo ai sinistri afferenti al ramo specifico ed infine distribuire i costi comuni.

8. I principi IAS e Solvency II

In un altro contesto, l'Unione Europea ha adottato, con il Regolamento UE 1606/2002, i principi contabili internazionali IAS/IFRS emanati dallo IASB (International Accounting Standard Board), obbligando tutte le società della UE quotate in un mercato regolamentato a redigere il bilancio consolidato conformemente agli IAS. Questo complesso di norme è stato recepito in Italia con il D.Lgs. 38/2005, con il quale il legislatore ha stabilito le regole e l'ambito di applicazione dei principi contabili internazionali nel nostro Ordinamento; i gruppi assicurativi rientrano nell'ambito di applicazione così come definito all'articolo 2 del suddetto decreto. Ad oggi le imprese di assicurazione non adottano i principi internazionali per la redazione del bilancio individuale ma principi locali (localgaap). In ogni caso il principio contabile internazionale in materia di assicurazione emesso nel 2004 (IFRS 4) è solo un *interim standard* che sarà sostituito, a partire dal bilancio 2021 da un principio contabile vero e proprio (IFRS17). Il Codice delle Assicurazioni Private stabilisce inoltre che l'esercizio da parte dell'ISVAP (ora IVASS) dei poteri regolamentari in materia di bilanci dei soggetti che redigono il bilancio di esercizio o il bilancio consolidato in conformità ai principi contabili internazionali avvenga in conformità a detti principi contabili internazionali.

I principi IAS sono caratterizzati da un'impronta *principles-based* generale. Questo si traduce in una valutazione di attività e passività al valore corrente (*fair value*) in luogo del costo storico, privilegiato piuttosto un contesto di prudenza. Il cambiamento della prospettiva di valutazione fa in modo non solo di rendere il bilancio di esercizio una rappresentazione sempre più fedele della reale situazione patrimoniale dell'impresa, ma anche, in ambito assicurativo, di migliorare l'attività di revisione dell'Istituto di vigilanza. I principi valutativi delle passività assicurative sono fondamentali per la determinazione dei fondi propri di cui le imprese dispongono per far fronte alle perdite future impreviste. I sistemi di solvibilità delle imprese di assicurazione mirano a definire un requisito patrimoniale, in termini monetari, da confrontare proprio con la grandezza contabile costituita dai fondi propri.

Il nuovo regime di solvibilità noto tra gli operatori del mercato come Solvency II consiste principalmente nell'introduzione di requisiti patrimoniali minimi più aderenti ai rischi (non solo tecnici) sopportati dalle compagnie. Tale regime, in vigore dal bilancio 2016, prevede di calcolare tali requisiti mediante una formula standard (SF) o, in alternativa, tramite modelli interni di valutazione del rischio (IM) o parametri specifici (USP). Analogamente al sistema in uso per il settore bancario, Solvency II prevede una struttura a tre pilastri. Il primo pilastro contiene i requisiti

finanziari, nonché le disposizioni relative ai criteri di valutazione di attività e passività, al calcolo del Solvency Capital Requirement (SCR) mediante la formula standard e alle condizioni di utilizzo dei modelli interni. Viene in questo contesto inoltre introdotta una soglia minima di solvibilità, il cosiddetto Minimum Capital Requirement (MCR), ideale evoluzione del concetto di quota di garanzia attualmente in vigore nella disciplina di vigilanza italiana. Il secondo pilastro riguarda i requisiti di tipo qualitativo cui le imprese sono tenute e, soprattutto, in relazione all'attività di vigilanza, a specificare le disposizioni sulla valutazione delle riserve e sulla gestione degli investimenti. Il terzo pilastro è orientato a garantire la disciplina del mercato, la trasparenza e la corretta informazione agli assicurati. Si osservi che i criteri di valutazione delle riserve tecniche Solvency II sono definiti dalla normativa comunitaria e non dai principi contabili internazionali.

Con riguardo alla valutazione delle attività e passività in Solvency II, ha fatto da guida, come è facile intuire, il principio della valutazione economica. Questo si esprime, dal lato delle attività, nella valutazione *fair value* già introdotta dai principi contabili internazionali. Dal lato delle passività, non essendo chiaramente possibile una valutazione al costo di mercato, poiché non esiste un mercato di riferimento, si fa ricorso a due componenti: la *best estimate* (BE), delle passività ed il *riskmargin*. La *best estimate* delle passività richiede la proiezione di tutti i flussi attesi futuri generati dalla produzione corrente e l'attualizzazione degli stessi mediante un'opportuna struttura a termine *default free* dei tassi. La stima così calcolata vuole essere la rappresentazione il più fedele possibile degli oneri dell'impresa, condotta in forza del principio della correttezza. Il *riskmargin*, anch'esso *default free*, risponde invece al principio di avversione al rischio. Il *riskmargin* non scontato fornisce il caricamento per il rischio necessario per trasformare i valori attesi in equivalenti certi. Il concetto base è che *fair valuation* significa *market consistency*. Allora, dato che i prezzi di mercato sono fissati da agenti avversi al rischio, si richiede che le *expectation* (BE) siano corrette con un *riskmargin*. In questo modo la *technical provision* è un *discounted certainty equivalent*.

Più in generale, Solvency II elimina la prudenzialità dalla stima delle riserve per trasferirla nella determinazione dell'SCR; in precedenza il margine era implicitamente presente nelle valutazioni stesse di attività e passività; oggi viene esplicitato secondo il criterio del *cost of capital*, ossia in base al costo del capitale necessario a far fronte agli impegni verso gli assicurati. In realtà la valutazione delle passività secondo l'approccio economico è per le compagnie abbastanza impegnativa dal punto di vista applicativo; con Solvency II, infatti, qualunque applicazione di tecniche statistiche per la stima delle riserve deve essere accompagnata da una certa varietà di modelli attuariali. Tali applicazioni sono soprattutto volte a testare la coerenza del metodo scelto dalla compagnia con le caratteristiche particolari del portafoglio in carico. A questo proposito, particolare attenzione deve essere posta alle evidenti distorsioni causate da fusioni ed acquisizioni, cambiamenti nelle prassi liquidative e sinistralità eccezionali. I requisiti quantitativi del primo pilastro hanno anche la finalità di rendere confrontabili le compagnie in base alle passività tecniche, cosa ieri impossibile per via della soggettività con cui il principio della prudenza era stato recepito. In conclusione, i principi di *Solvency* sono simili ed allo stesso tempo diversi da quelli contabili internazionali: la somma di *best estimate* e *riskmargin* costituisce le *technical provisions* (TP), la principale passività di un bilancio *Solvency II*, i cui *asset* a copertura devono soddisfare specifici criteri. Gli *asset* addizionali in eccesso alle TP ed alle altre passività fanno riferimento ai cosiddetti *own funds* o fondi propri. Tali fondi sono soggetti a regole specifiche che determinano le proprietà di quelli che sono qualificati per coprire l'SCR, capitale richiesto su un orizzonte temporale di un anno, attraverso specifico uso di SF e IM. Il collegamento coi fondi propri è questo: se le TP sono sottostimate, l'assicuratore può apparire più solvibile di quello che è. Si possono anche definire così: le TP rappresentano l'ammontare che l'assicuratore dovrebbe pagare, al netto dei costi e benefici a carico del riassicuratore, al fine di trasferire le obbligazioni derivanti da

contratti rilevanti a una terza parte. In particolare la *best estimate* definita dalla direttiva come “*probability weighted average of future cash flow taking into account the time value of the money using the relevant risk free interest rate term structure*” è diversa da quella dei principi IAS “*average mean of the range of potential outcomes*” perché la prima fa riferimento anche agli eventi rari (di importo elevato) e si presta maggiormente all'utilizzo di modelli stocastici. Anche, il *riskmargin* negli IAS potrebbe essere caratterizzato da maggiore eccedenza qualora le relative valutazioni di riserva non siano calcolate su basi *best estimate* e debbano essere ricalibrate su quest'ultime.

In questo contesto Solvency 2 pertanto:

- l'inventario assume un significato diverso, meno fondamentale ai fini del bilancio;
- le **Line of business (Lob)** sostituiscono i rami ministeriali;
- è consentito lo sconto delle riserve;
- è stato introdotto il concetto di *riskmargin* esplicito;
- IVASS ha emanato disposizioni al riguardo (Regolamento 18/2016).

9. Modelli stocastici e modelli deterministici

I classici modelli deterministici si limitano a fornire un valore puntuale degli impegni di risarcimento aleatori; il ricorso a metodi stocastici consente invece di ottenere, in aggiunta a tale posta, intervalli di variazione della stessa, secondo prefissati livelli di probabilità di errore. Ciò è determinato in armonia con l'impianto metodologico richiesto dalle più recenti normative e direttive, quali Solvency II. Nella medesima ottica trova utilizzo la tecnica del *bootstrap* o altri *approcci simulativi*. La solvibilità cui aspira Solvency II non è quella statica - o almeno non solo - bensì quella dinamica, ovvero in linea con i repentini cambiamenti del mercato, che sottenda la naturale dinamicità dell'attività dell'impresa. È per raggiungere questo particolare tipo di solvibilità che risulta, di fatto, fondamentale basare le valutazioni delle grandezze rilevanti su modelli di tipo stocastico, più che deterministico. Prima di passare in rassegna alcuni dei principali modelli attualmente in uso nella pratica assicurativa del ramo danni, ci si sofferma di seguito sulle principali differenze tra queste due macrocategorie. L'impiego di metodologie di calcolo di uno o dell'altro tipo per la valutazione della riserva sinistri ricopre un ruolo preminente e costituisce uno degli argomenti più dibattuti negli ultimi anni, nella letteratura attuariale riferita alle assicurazioni contro i danni. Le tecniche deterministiche, che costituiscono gli approcci valutativi più classici e tradizionali, presentano l'indiscusso vantaggio di essere rapidamente implementabili sotto il profilo computazionale. Minori vincoli sui dati di base conferiscono un certo grado di semplicità d'uso; inoltre, risultano di immediata comprensione a livello manageriale di impresa. Per tale motivo gli attuari, sia in Italia che all'estero, hanno in genere preferito i metodi deterministici rispetto a quelli stocastici. Tra i punti di debolezza, invece, figura il fatto che queste valutazioni restituiscono soltanto un valore puntuale della previsione, trascurando ogni possibile valutazione sulla probabilità del suo realizzarsi. In altri termini, possono da un lato produrre la stima “migliore” (*best estimate*) nel ventaglio dei risultati possibili, ma dall'altro non sono in grado di misurare la bontà di questa stima. Poi i modelli deterministici sono spesso utilizzati senza una chiara conoscenza delle assunzioni che si stanno ponendo cosa che non accade con i modelli stocastici, in quanto basati su ipotesi del tutto esplicite e verificabili con una grande varietà di tecniche. Ad ogni modo, il quadro normativo

che si sta delineando richiede sempre di più la diffusione di metodologie stocastiche. Soltanto i modelli stocastici, nonostante siano evidentemente caratterizzati da una maggiore complessità applicativa e da ipotesi più impegnative sui dati di base, permettono di conseguire, oltre alla stima puntuale della riserva, intervalli di variazione della stessa secondo un prefissato livello di probabilità. Di fatto essi sono atti a fornire una misura di precisione della stima, trattando il processo che porta alla determinazione della riserva come un esercizio di analisi dei dati su cui basarsi. Un'altra importante questione è proprio quella della stima: la *best estimate* è semplicemente un valore di tipo puntuale dei futuri esborsi. Al contrario, è evidente che i pagamenti reali potranno differire da quelli previsti e, mentre con i modelli deterministici non si ha idea di quanto possa essere significativo questo scostamento, i metodi stocastici forniscono invece un intervallo entro i cui limiti ci si può attendere cada l'importo dei futuri esborsi con un determinato livello di confidenza. Anche i metodi stocastici presentano alcuni svantaggi. Si pensi, ad esempio, al fatto che essi modellizzano una serie di eventi molto ampia attraverso un numero relativamente esiguo di parametri. Un'ulteriore critica riguarda le assunzioni, definite troppo semplicistiche ed a volte irreali, dovute anche alla rigidità di tali modelli. Questi, in effetti, non consentono facilmente di incorporare giudizi o fattori esterni. Inoltre, anche l'applicazione pratica e computazionale risulta frequentemente complessa da attuare, richiedendo a volta un'abilità statistica e di calcolo non indifferente. Nonostante ciò i modelli stocastici risultano essere efficaci: l'utilità che maggiormente interessa è quella derivante dalla maggiore informazione fornita, il che può risultare utile alla compagnia non solo nel processo di costituzione della riserva e del requisito di capitale di rischio ma anche nella sua gestione complessiva. In ultimo, un importante aspetto ed obiettivo è il concetto del *fitting-of-the-model*: un metodo stocastico per la stima della riserva sinistri prevede, dopo la scelta di una struttura parametrica appropriata, l'accostamento di tale struttura ai dati disponibili (nel caso in esame: al triangolo superiore del *run-off*, noto). L'approccio tipico, ad esempio con i GLM, è quello della stima dei parametri della struttura, vera ma incognita, con il metodo della massima verosimiglianza.

10. Claims Reserving Working Party Paper (Institute and Faculty of Actuaries UK)

La finalità del lavoro che ha portato nel 2002 alla pubblicazione del quaderno era quella di fornire una guida pratica al processo di riservazione sinistri nell'assicurazione danni e, nell'esaminare i dati sottostanti l'applicazione dei modelli di riservazione, conteneva un elenco degli aspetti caratterizzanti il contesto aziendale nonché una serie di indicazioni pratiche da seguire nelle proiezioni con il metodo *chainladder*, il più diffuso per effettuare le valutazioni. Viene di seguito rappresentato schematicamente tale elenco per ricordare quanti aspetti è necessario verificare in sede di implementazione dei modelli.

a) Processo di liquidazione dei sinistri:

- Epoca di avvenimento dei sinistri (ad esempio nei rischi *property* l'esperienza meteo avversa sperimentata nella fase finale di un anno potrebbe far aumentare la percentuale di pagamenti effettuati nel primo trimestre dopo la fine dell'anno)
- Spese di liquidazione dirette (modifiche nell'allocazione delle ALAE)
- Modifica delle procedure liquidative (anticipazioni, *skill* liquidatori, ecc.)
- Sinistri punta (l'irregolarità altera le serie storiche dei risarcimenti)
- Frequenza di sinistro (un cambiamento di frequenza senza un cambiamento nel mix o nel tipo di sinistri non influenzerà la maggior parte dei metodi di proiezione, ma un cambiamento derivante dalla consapevolezza dell'aumento dei sinistri o

dall'introduzione di bonus a protezione delle polizze r.c. auto possono influire lo sviluppo dei pagamenti

- Pagamenti parziali (il cui aumento può influenzare la velocità)
- Pagamenti eccezionali (atteggiamento sui casi di confine)
- Sinistri nulli (impatto nei metodi a costo medio)
- Controversie legali (sentenze particolari)

b) Natura del business :

- Cambio nel volume di portafoglio (struttura, carenza risorse)
- Cambio nel mix degli affari
- Modifica delle condizioni di polizza
- Franchigie aggregate
- Tariffazione

c) Vincoli sui dati:

- Sistemi informativi
- Disponibilità dei dati
- Attendibilità dei dati
- Processi difettosi
- Eterogeneità dei dati

d) Fattori esogeni:

- Modifiche legislative
- Condizionamenti sociali
- Condizioni ambientali
- Movimenti nei cambi
- Miscellanea (es. cambi di approcci di valutazione)

e) Cessioni in riassicurazione:

- Calcolo delle passività nette
- Coperture catastrofali/ Grandi sinistri

11. Principali modelli utilizzati

Il metodo di valutazione più usato si basa su un'organizzazione di dati in forma triangolare (qualcuno ha chiamato la riservazione come l'arte di quadrare i triangoli) ed è denominato *chainladder*; esso implica l'utilizzo del *pattern* di sviluppo osservato nel tempo in relazione al pagamento dei sinistri delle generazioni più vecchie, assumendo che il medesimo *pattern* possa essere applicato alle generazioni più recenti attraverso l'impiego di coefficienti di sviluppo medi per generazione. Fu originariamente sviluppato come semplice algoritmo numerico per proiettare le riserve ma più tardi fu formulato in termini di modello statistico. In pochi passaggi esemplificativi si riportano pagamenti incrementali:

Fig. 8 – I pagamenti incrementali

Incremental claims loss settlements		Development year							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Claims occurrence year	2005	1232	946	520	722	316	165	48	14
	2006	1469	1201	708	845	461	235	56	
	2007	1652	1416	959	954	605	287		
	2008	1831	1634	1124	1087	725			
	2009	2074	1919	1330	1240				
	2010	2434	2263	1661					
	2011	2810	4108						
	2012	3072							

I pagamenti cumulati - dall'origine - vengono riportati con un esempio di calcolo dei coefficienti di sviluppo

Fig. 9 – Calcolo dei coefficienti di sviluppo

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				$3736+4684+5586+6401 = 20407$
	2010	2434	4697	6358					$3420+4223+4981+5676 = 18300$
	2011	2810	4918						
	2012	3072							$20407/18300 = 1,1151$
CLM estimator for claims loss settlement factor			1,8508	1,3140	1,2422	1,1151	1,0491	1,0118	1,0035

Le proiezioni producono dei flussi di pagamento che sommate costituiscono la stima di riserva.

Fig. 10 – Le valutazioni della riserva

Estimated future incremental claims loss settlement amounts		Development year							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Claims occurrence year	2005								
	2006								18
	2007							69	21
	2008					314	79	24	
	2009				756	359	91	28	
	2010			1540	909	432	109	33	
	2011		1544	1565	924	439	111	34	
	2012	2614	1785	1810	1069	508	128	39	

Calendar year	Estimated claims loss settlement amounts
2013	6855
2014	4718
2015	3281
2016	$1069+439+109+28 = 1645$
2017	652
2018	162
2019	39

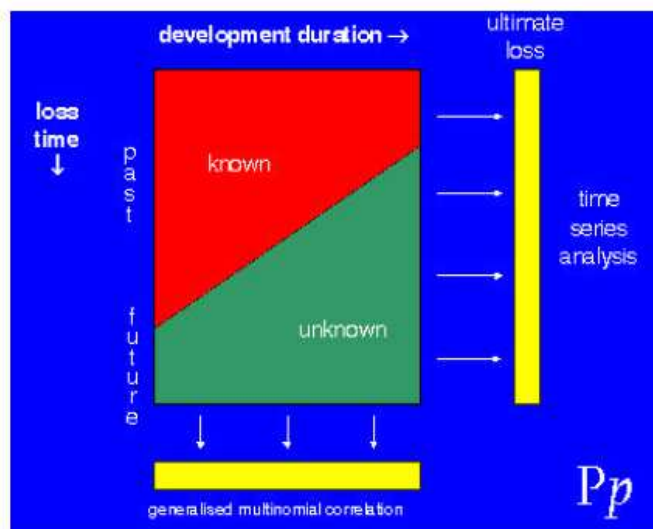
Le origini del metodo risalgono almeno agli anni settanta del secolo scorso e la denominazione sembra attribuibile al professor R.E. Beard che lavorava come consulente del UK Department of Trade. David Skurnick lo chiamava già metodo di proiezione richiamando un *paper* contabile degli anni sessanta. Con molti rimandi si può arrivare alle istruzioni per la guida dei revisori dei Lloyd's di Londra del 1908, nella quale si descriveva un metodo per valutare le passività di bilancio come media semplice dei coefficienti di sviluppo. Nella pratica, la consapevolezza dei limiti di tale approccio ha sempre accompagnato l'interpretazione dei relativi risultati. Non sorprende che siano state eseguite molte analisi per costruire un modello stocastico equivalente - in termini di valore atteso - al *chainladder* deterministico. Infatti prima il modello di Mack senza ipotesi distributive - poi quello *overdispersed Poisson* (ODP) di Renshaw e Verrall in forma GLM [36] - hanno rappresentato i principali modelli sviluppati sul tema e tali da fornire una *best estimate* centrale pari alla stima di riserva *chainladder*, sia nella versione analitica che in quella simulata attraverso le tecniche di *boots trapping*. L'ODP in forma GLM ha il vantaggio di produrre un'ampia diagnostica statistica, tuttavia rispetto al modello di Mack ipotizza l'indipendenza dei pagamenti tra anni di pagamento diversi in relazione alla stessa generazione e ne comporta la necessaria verifica per poter essere utilizzato.

Nel passaggio dalla visione *ultimate* dello smontamento totale delle riserve a quella *one year*, richiesta in Solvency II per il calcolo del requisito di capitale relativo al rischio di riservazione, ha avuto particolare riconoscimento il modello di Merz e Wüthrich (2008) [27] quale versione di misurazione della volatilità, nell'orizzonte annuale, del modello di Mack che produce invece la volatilità dell'intero *run off*. Di notevole rilievo è stata l'introduzione del *chainladder bayesiano* fatta da Gisler e Wüthrich (2008) [19] nella visione della volatilità *ultimate* e da Bühlmann, De Felice, Gisler, Moriconi e Wüthrich (2009) [8] nella visione *one year*, in quanto attraverso la potenza matematica della teoria della credibilità ha reso possibile il raggiungimento di alcuni risultati ottenuti negli anni successivi.

Altri metodi deterministici molto utilizzati nella pratica sono il Bornuhetter-Ferguson (1972) che incorpora informazioni a priori sul *loss ratio target* o il Fisher-Lange (1973) della famiglia *frequency-severity*, per i quali alcuni autori hanno ottenuto in tempi più recenti le loro versioni stocastiche (si veda [13], [28] e [40]).

Un modello poco noto in Italia che invece ha attecchito in Olanda e in Germania negli anni recenti è quello presentato nel 2001 da P. ter Berg [4] e sviluppato nel più noto articolo del 2008 di Posthuma e altri [35]. in cui viene determinato un modello a due dimensioni, per le generazioni (processo autoregressivo) e per l'anno di sviluppo del pagamento (distribuzione teorica), che poi viene ricombinato in una struttura multivariata matriciale. Il grafico seguente ne rappresenta la logica; il modello per generazioni costituisce il prototipo del modello del *premium risk capital* poi utilizzato nell'ambito degli USP.

Fig. 11 – Il modello econometrico integrato



Nel 2017 è stato pubblicato il libro di Hindley [si veda 21]: esso rappresenta una fonte di riferimento completa e accessibile che documenta gli aspetti teorici e pratici di tutti i metodi di riserazione deterministici e stocastici che sono stati sviluppati nel contesto dell'assicurazione danni. Sono inclusi esempi di lavoro e dettagli matematici, insieme a molti degli argomenti più ampi associati alla riserazione nella pratica. Vengono inoltre trattate le caratteristiche principali della riserazione in una varietà di contesti diversi, nel Regno Unito e altrove. Il libro contiene materiale che si rivolge a chiunque abbia un interesse alla riserazione dei sinistri. Può essere utilizzato come risorsa di apprendimento per gli studenti di scienze attuariali che stanno studiando le parti rilevanti degli esami dei loro corsi professionali, nonché da altri che sono nuovi all'argomento. I dipendenti di una compagnia assicurativa più esperta e i professionisti del settore possono altresì utilizzare il libro per aggiornare o ampliare le proprie conoscenze in un'ampia gamma di argomenti topici trattati nel libro.

Nel 2016 la CAS ha istituito anche una Reserving Research Hall of Fame per premiare, attraverso un sistema di voto per gli iscritti, i migliori lavori pubblicati sul *lossreserving*, secondo i criteri dell'originalità, della piena applicazione, dell'ispirazione per altri studi, della leggibilità e della odierna validità. Nel 2018, per la seconda edizione, sono stati premiati:

- Hans Bühlmann e James N. Stanard per il loro lavoro nello sviluppare il metodo Stanard-Bühlmann/Cape Cod.
- "On the Accuracy of Loss Reserving Methodology," scritto da Tapio N. Boles e Andrew Jon Staudt e pubblicato in Casualty Actuarial Society E-Forum, Fall 2010, Volume 1.

12. Modelli di riserazione individuale

Con la crescente necessità di realizzare modelli di riserazione sempre più accurati, l'utilizzo delle informazioni incorporate nei singoli dati di sinistro negli stessi modelli si pone come un'alternativa promettente rispetto all'uso dei tradizionali triangoli di sviluppo delle perdite aggregate. Pur non senza sfide di implementazione, il futuro del *reserving* individuale viene ampliato dalle opportunità innovative offerte da questi modelli di riserazione individuale alternativi.

L'attuale pratica di riservazione consiste, nella maggior parte dei casi, nell'utilizzare metodi basati su triangoli di sviluppo dei sinistri sia per le proiezioni delle stime puntuali che per i calcoli dei requisiti patrimoniali. I triangoli sono organizzati per periodo di origine (ad esempio, avvenimento, sottoscrizione) e periodo di sviluppo. Negli ultimi decenni, c'è stata una grande diffusione di modelli deterministici e stocastici di riservazione dei sinistri ancora da pagare, basati su triangoli, come quelli relativi al popolare modello *chainladder* o molti altri sviluppati nell'enorme quantità di letteratura attuariale correlata. Tali modelli, in particolare nella loro forma stocastica, sono stati utilizzati per misurare e gestire il rischio di riservazione per le linee di *business*.

I metodi tradizionali di riservazione hanno funzionato bene in diverse circostanze in passato e probabilmente continueranno a farlo in circostanze analoghe in futuro. Oggi, tuttavia, la consapevolezza del mercato assicurativo in merito ad alcune possibili limitazioni dei tradizionali modelli aggregati come *provider* di stime robuste e realistiche in contesti più variabili, ha raggiunto un livello che per alcuni ricercatori (Boumezoued e Devinau) nel 2017 dovrebbe essere evidente. Gli stessi hanno già evidenziato diversi potenziali limiti dei modelli aggregati basati su triangoli sia dal punto di vista pratico che da quello teorico. Questi limiti sono principalmente i seguenti:

- sovra / sotto-stima della distribuzione quando vengono effettuati i test retrospettivi tra gli importi realizzati e le previsioni;
- errore di stima enorme per gli ultimi periodi di sviluppo a causa dell'esiguità di importi aggregati osservati;
- incertezza sulla capacità di questi modelli di catturare correttamente lo sviluppo della liquidazione dei sinistri, combinato con il limitato potere interpretativo e predittivo dei parametri anno di generazione e di sviluppo.

Complessivamente, questi limiti sono dovuti alla perdita di informazioni che si verifica quando si aggregano i dettagli dei dati individuali di sinistro (ad esempio il tempo di accadimento, il ritardo nella denuncia, la data e l'importo dei pagamenti, insieme a molte altre caratteristiche) nei blocchi in anni di origine e sviluppo di base nel triangolo.

I recenti sviluppi nelle tecniche di raccolta, archiviazione e analisi dei dati indicano che una corretta modellizzazione dei sinistri individuali è ora realizzabile. Su questa base, è diventato cruciale implementare modelli più flessibili per gli usi operativi (ad esempio gestione dei sinistri, sottoscrizione, riassicurazione, ecc.), per tenere conto degli aspetti chiave come i seguenti:

- acquisizione dei modelli di sviluppo analitici dei sinistri, inclusi i loro avvenimenti, denunce e caratteristiche del flusso di cassa;
- presa in considerazione di eventuali modifiche nel mix di prodotto, nel contesto legale o nel processo di liquidazione nel tempo, per evitare potenziali errori nella stima e nella previsione;
- realizzazione di una valutazione e di un monitoraggio del rischio avanzati (ad es. che consente di rilevare le variazioni del trend);
- trattamento separato e coerente dei sinistri denunciati tardivamente;
- inclusione delle caratteristiche chiave dei sinistri (cioè variabili esplicative) per cogliere l'eterogeneità degli stessi e trarre vantaggio da set di dati di grandi dimensioni, aggiuntivi e combinati con le tecnologie di *big data* e di analisi;

- raccolta di tali caratteristiche in un rigoroso *framework* statistico che consente l'analisi di bontà e adattamento dei modelli.

Tuttavia rispetto agli approcci aggregati, finora pochi contributi accademici rivelano il potere di utilizzare i singoli dati sui sinistri. Di conseguenza, sono state eseguite poche implementazioni pratiche nel mercato assicurativo. Come osservato nel rapporto sulle pratiche di riservazione danni in tutto il mondo dal gruppo di lavoro ASTIN sulla riserva sinistri (giugno 2016), vi è "un aumento della necessità di passare a riserve individuali e *big data*, per collegare meglio il processo di riservazione con il processo di *pricing* e per poter valutare meglio la riassicurazione non proporzionale". La limitata diffusione nel mercato dei singoli approcci di riservazione sembra essere dovuta alla mancanza di una soluzione innovativa.

Il punto di vista del singolo sinistro richiede metodologie che siano in grado di acquisire lo sviluppo dettagliato dell'indicazione individuale. In questo contesto, è necessario un *framework* di modellizzazione basato sul sinistro, con una precisa descrizione temporale nel continuo della sua storia dal momento in cui si verifica, il suo ritardo di denuncia, i vari importi di pagamento e la riserva nel caso cambi con i relativi *timing* associati, così come la data di chiusura. Questo *framework* di modellizzazione può essere reso sufficientemente flessibile da tener conto delle specificità della linea di *business*, come i recuperi e la riapertura.

La modellizzazione temporale analitica continua fornisce una descrizione più precisa del modello di portafoglio. Gli strumenti matematici al centro della specifica del modello, giacciono nella famiglia dei processi stocastici a tempo continuo, noti come processi di punti e dinamiche multistato, che modellizzano tutti i tipi di eventi relativi alla cronologia dei sinistri. È interessante notare che i modelli stocastici per la riserva di sinistri non pagati sono apparsi più o meno nello stesso periodo con riferimento sia a quelli basati su singoli sinistri che a quelli triangolari. Infatti, quelli di Norberg (1993) [32] e Hesselager (1994) [20] sono tra i primi documenti che hanno introdotto un'appropriata impostazione probabilistica per la riserva di sinistri individuali, recentemente applicata da Antonio e Plat (2014), mentre Mack (1993) [24] ha proposto nel suo *paper* un modello stocastico alla base della tecnica del *chainladder* a triangolo. Ad oggi, si potrebbe pensare che il maggior successo dei modelli basati su triangolo potrebbe essere dovuto alla loro relativa facilità d'uso ed alla mancanza di potenza di elaborazione elettronica nello stesso periodo d'introduzione degli altri modelli.

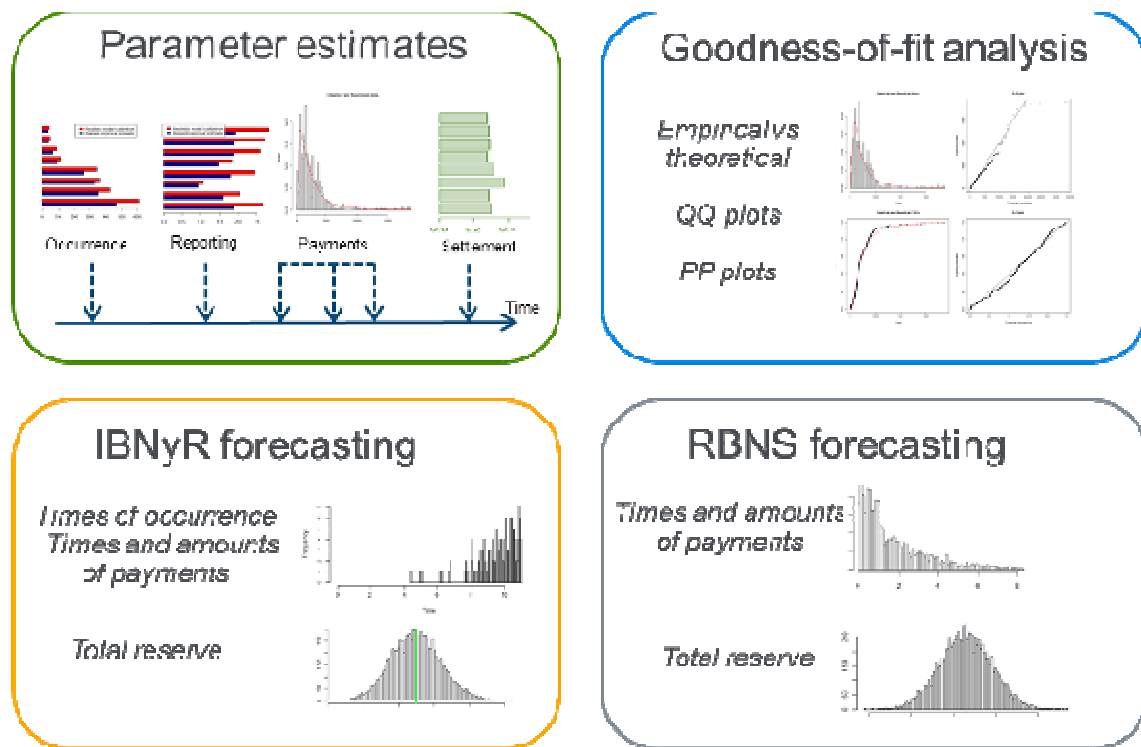
Nel modello parametrico⁴, preso qui ad esempio, di Boumezoued e Devinou (2017) [si veda 5] che attinge ai contributi dei pionieri appena citati, al fine di stimare i parametri per un singolo modello di sinistri viene eseguita una procedura di calibrazione basata sulla massimizzazione della verosimiglianza. Derivare la probabilità associata al set di dati sui sinistri osservati è una fase impegnativa, in quanto i sinistri denunciati ma non liquidati (RBNS) sono solo parzialmente osservati, mentre i cosiddetti IBNR non sono affatto osservati. Ciò introduce una distorsione campionaria nel processo di osservazione che, dal punto di vista statistico, fa capo alla censura e al troncamento. Poiché il modello dei sinistri individuali coinvolge un numero ragionevole di parametri, spesso inferiori rispetto a un approccio basato su triangoli e poiché il numero di singoli record di sinistro è ampio, la massimizzazione della probabilità fornisce una procedura efficiente che stima i parametri del modello quasi istantaneamente.

⁴I modelli non parametrici, anch'essi in fase di sviluppo come il *machine learning*, saranno probabilmente più potenti.

Come bonus aggiuntivo, i parametri stimati in genere mostrano poteri esplicativi naturali (ad es. frequenze di avvenimento e di denuncia, ritardi medi di liquidazione, ecc.). Inoltre specifiche relative alla distribuzione dei pagamenti separate possono fornire informazioni sugli elementi costitutivi del *pattern* complessivo di sviluppo dei risarcimenti. In questo modo i parametri consentono un monitoraggio dettagliato dei principali indicatori di rischio che, con approcci triangolari, sono nascosti nei fattori di sviluppo aggregati e nelle relative volatilità.

Per quanto riguarda le previsioni, le procedure di simulazione si basano su *pattern* stocastici dello sviluppo dei sinistri RBNS e IBNR, nonché su nuovi sinistri che si presenteranno in futuro. La procedura consente all'utente di prevedere eventi futuri in modo molto efficiente, mentre i *pattern* nei termini di arrivo dei sinistri e di frequenze *time-to-event* (come i tempi di denuncia e di liquidazione) possono essere impostati nel modo più generale possibile. Inoltre, la procedura di simulazione può includere esplicitamente cambiamenti anticipati nei parametri (ad es. Mix di prodotti, trend di frequenza, ecc.), che aiutano a evitare potenziali errori nella previsione. Nella sua parametrizzazione standard, il modello consente di ottenere anche formule chiuse in modo semplice che forniscono stime di riserva sinistri complessiva e i relativi intervalli di confidenza. Le componenti chiave della metodologia di riservazione individuale sono illustrati nella Figura 12.

Fig. 12 – Il modello di *claimreserving* analitico



Gli autori hanno sviluppato tali modelli come un nuovo modo di misurare e gestire in modo efficiente i rischi. Per soddisfare la sfida, hanno progettato un processo di riservazione integrato che copre le esigenze di dati, la modellizzazione e il monitoraggio dei rischi cui si riferiscono i seguenti stadi:

Raccolta e preparazione dei dati: organizzazione di una strategia di raccolta standardizzata che si concentri solo sui dati dei sinistri utilizzati dal modello dei sinistri individuali ed esegua la trasformazione dei dati necessaria per alimentare tale modello.

Specificazione e calibrazione del modello: identificazione delle componenti del modello in base alle linee di *business* da gestire e ai dati trasformati e stimare i parametri del modello utilizzando procedure di ottimizzazione avanzate, combinate con analisi di bontà dell'adattamento.

Simulazione e convalida del modello: previsione delle traiettorie individuali di IBNR e RBNS utilizzando algoritmi di simulazione efficienti ed esecuzione di un processo di validazione del modello basato su procedure di *back-testing* e confronti con modelli classici basati su triangoli.

Cruscotto rischio di riserva: visualizzazione dei parametri attraverso un cruscotto automatico al fine di monitorare periodicamente gli indicatori chiave e sfruttare le informazioni per migliorare le azioni di *management*.

Questo *framework* consente agli utenti di valutare il motivo per cui le cose si sono concretizzate in una rilevata determinazione, ovvero identificare i *driver* sottostanti che hanno causato cambiamenti nei pagamenti aggregati. Ciò può anche portare a una rivalutazione di ciò che accadrà migliorando le previsioni e la loro incertezza associata. Due elementi costitutivi garantiranno un'implementazione di successo: una forte esperienza di modellizzazione unita a un processo di raccolta dati ottimizzato e rigoroso. Anche se l'integrazione delle tecniche di riservazione basate sui singoli sinistri all'interno del contesto della riservazione non è né immediata né ovvia, non c'è dubbio che questi modelli diventeranno un forte paradigma verso cui evolvere nel prossimo futuro.

Stefano Cavastracci

Bibliografia

- [1] Antonio K. e Valdez E.A., 2012. Statistical Concepts of A Priori and A Posteriori Risk Classification in Insurance. *Advances in Statistical Analysis* 96(2), pp.187-224
- [2] Bailey R.A. e Simon L.R.J., 1960. Two Studies in Automobile Insurance Ratemaking. *ASTIN Bulletin* 1(4), pp.192-217
- [3] Bailey R. A., 1963. Insurance Rates with Minimum Bias. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society* 50, pp. 4-14
- [4] ter Berg P., 2000. Nonlinear normal correlated loss array. *ASTIN Topic: Dynamic Financial Analysis*, 2001.
- [5] Boumezoued e Devineau, 2017. Individual claims reserving: a survey. *HAL Id: hal-01643929*
- [6] Bühlmann, H., 1967. Experience Rating and Credibility. *ASTIN Bulletin* 4(3), pp. 199-207
- [7] Bühlmann, H., 1970. *Mathematical Methods in Risk Theory*. Springer Verlag, New York
- [8] Bühlmann H., De Felice M., Gisler A., Moriconi F., Wüthrich M. (2009). Recursive Credibility Formula for Chain Ladder Factors and the Claims Development Result. *ASTIN Bulletin* 39, pp. 275-306
- [9] Charpentier A. e Denuit D., 2004. *Mathématiques de l'Assurance Non-Vie, Tome I: Principe fondamentaux de théorie du risqué*. Economica, Paris

- [10] Charpentier A. e Denuit, M., 2005. *Mathématiques de l'Assurance Non-Vie, Tome II: Tarification et provisionnement*. Economica, Paris
- [11] Chiappori P.A. e Salanie B., 2000. Testing for Asymmetric Information in Insurance Markets. *Journal of Political Economy* 108, pp. 56-78
- [12] Chiappori P.A, Julien B., Salanie B. e Salanie F., 2006. Asymmetric information in insurance: general testable implications. *The RAND Journal of Economics* 37 (4), pp. 783-798
- [13] De Felice M. e Moriconi F. 2011. "Un'estensione stocastica del modello "Fisher-Lange", *Quaderni del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica* 86/2011, Università di Perugia, Dipartimento Economia
- [14] De Meza D. e Webb D.C., 2017. False Diagnoses: Pitfalls of Testing For Asymmetric Information In Insurance Markets. *The Economic Journal* 127, pp. 2358-2377
- [15] Denuit M., Maréchal X., Pitrebois S., Walhin J. F., 2007. *Actuarial Modeling of Claim Counts: Risk Classification, Credibility and Bonus Malus Scales*. Wiley, New York
- [16] Delaporte, J.P., 1972. Les Mathématiques de l'Assurance Automobile. *ASTIN Bulletin* 6 (3), pp. 185-190
- [17] Dionne, G., Michaud P., Pinquet J., 2013. A review of recent theoretical and empirical analyses of asymmetric information in road safety and automobile insurance. *Research in Transportation Economics*, 43, pp.85-97
- [18] Friendland J.F., 2010. Estimating unpaid claims using basic techniques. *Casualty Actuarial Society publications*
- [19] Gisler, A., Wuthrich, M. (2008). Credibility for the chain ladder reserving method. *ASTIN Bulletin* 38(2), pp. 565–600
- [20] Hesselager, Ole. 1994. A Markov model for loss reserving. *Astin Bulletin* 24 (02), pp. 183-193
- [21] Hindley D., 2017. *Claim Reserving in General Insurance*. Cambridge University Press
- [22] Lemaire, J., 1985. *Automobile Insurance: Actuarial Models*. Kluwer Academic, Dordrecht
- [23] Lemaire, J., 1995. *Bonus-malus Systems in Automobile Insurance*. Kluwer Academic Publishers, Boston
- [24] Mack T. (1993). Distribution-free Calculation of the Standard Error of Chain Ladder Reserve Estimates, *ASTIN Bulletin*, 23, pp. 213-225
- [25] McCullagh P. e Nelder J.A., 1989. *Generalized Linear Models*, Chapman and Hall
- [26] Merz. M. e Wüthrich M., 2008. *Stochastic Claims Reserving Methods in Insurance*, Wiley Finance

- [27] Merz. M. e Wüthrich M., 2008. Modelling the claims development result for solvency purposes, *CAS E-Forum*, Fall, pp. 542-568
- [28] Merz. M. e Wüthrich M., 2015. Stochastic Claims Reserving Advance in Dynamic Modeling, Paper SSRN
- [29] Mowbray, A.H., 1914. How Extensive a Payroll Exposure is Necessary to Give a Dependable Pure Premium. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society* 1, pp. 24-30
- [30] Murat G., Tonkin R. S. e Jüttner D. J. 2002., Competition in the general insurance industry. *Zeitschrift für die Gesamte Versicherungswissenschaft*, 91, pp. 453-481
- [31] Nissan R. e Caveny R., 2001. A Comparison of Large Firm Dominance in Property and Liability Insurance with Major Industries. *Journal of Insurance Issues, Western Risk and Insurance Association*, vol. 24(1/2), pp. 58-73
- [32] Norberg, R. 1993. Prediction of outstanding liabilities in non-life insurance. *ASTIN Bulletin* 23(01), pp. 95-115
- [33] Ohlsson, E., Johansson, B., 2010. Non-Life Insurance Pricing with Generalized Linear Models. Springer, Berlin
- [34] Pesonen, E., 1962. A Numerical Method of Finding a Suitable Bonus Scale. *ASTIN Bulletin*, 2 (1), pp. 102-108
- [35] Posthuma B., Cator E. A., Veerkamp W, van Zwet E., Combined analysis of paid and incurred losses. *Casualty Actuarial Society E-forum Fall 2008*, 2008
- [36] Renshaw A.E., Verrall R.J. (1998). A stochastic model underlying the chain-ladder technique, *British Actuarial Journal*, 4, pp. 903-923
- [37] Rees R. e Wambach A. (2008). The Microeconomics of Insurance. *Foundations and Trends in Microeconomics*, 629-649
- [38] Rothschild M. e Stiglitz J. (1976). Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information. *Quarterly Journal of Economics*, pp. 629-649
- [39] Savage, L.J., 1954. *The Foundation of Statistics*. Dover Publications, New York
- [40] Savelli N. e Clemente G., 2011 Stochastic claim reserving based on CRM for Solvency II purposes. *Astin Colloquia*, Madrid
- [41] Wambach A., (2000). Introducing Heterogeneity in the Rothschild-Stiglitz Model. *The Journal of Risk and Insurance* 67, pp. 579-591
- [42] Warren R., Yao J., Rourke T., Iwanik J.(2012). Games Theory in General Insurance. *Institute and Faculty of Actuaries, GIRO*
- [43] Whitney, A.W., (1918). The Theory of Experience Rating. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society* 4, pp. 274-292