



تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نماذج الاحتماليات العشوائية بالتطبيق على قطاع تأمين

المركبات

إعداد

د. محمد فيصل لطفي أبو العنين
مدرس بقسم الاحصاء التطبيقي
والتأمين

كلية التجارة - جامعة المنصورة

Dr_mohamedfaisal@mans.edu.eg

د. أحمد محمد فرحان محمد
أستاذ مساعد بقسم التأمين
والعلوم الإكتوارية

كلية التجارة – جامعة القاهرة

drahmedmohamedfarhan@gmail.com

د. جابر سلام سالم عبد الله
مدرس بقسم الرياضة والتأمين
كلية التجارة – جامعة بني سويف
gaber.salam@commerce.bsu.edu.eg

مجلة راية الدولية للعلوم التجارية

دورية علمية محكمة

الجلد (٤) - العدد (١٢) - يناير ٢٠٢٥

<https://www.rijcs.org/>

معهد راية العالي للإدارة والتجارة الخارجية بدمياط الجديدة

المنشأ بقرار وزير التعليم العالي رقم ٤٨٩٠ بتاريخ ٢٢ أكتوبر ٢٠١٨ بجمهورية مصر العربية



Estimating VaR in Insurance Claims Reserving Using Stochastic Models: Evidence From Motor Insurance

submitted by

Dr. Ahmed Mohamed Farhan Mohamed

Associate Professor, Department of
Insurance and Actuarial Science, Faculty of
Commerce, Cairo University

drahmedmohamedfarhan@gmail.com

Dr. Mohamed Fisal Lotfy Abouelenein

Lecturer, Department of Applied Statistics
and Insurance, Faculty of Commerce,

Mansoura University

Dr_mohamedfisal@mans.edu.eg

Dr. Gaber Sallam Salem Abdalla

Lecturer, Department of Mathematics and Insurance

Faculty of Commerce, Beni-Suef University

gaber.salam@commerce.bsu.edu.eg

Raya International Journal of Business Sciences

VOLUME (4), ISSUE (12), JANUARY 2025

Publisher

Raya Higher Institute of Management and Foreign Trade in New Damietta

المستخلص

يهدف البحث إلى تقدير القيمة المعرضة للخطر (VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية، اعتماداً على نموذج تقدير الاحتماليات العشوائية، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراپ)، بالتطبيق على قطاع تأمين المركبات بالمملكة العربية السعودية.

وقد توصل البحث إلى أن نموذج بواسون فائق التشتت المقترح حقق مساهمة معنوية في تمهيد وتوفير قيم مؤشر التباين، مقارنة بمستوى توفير أقل دقة لنموذج ماك. كذلك فقد عالج النموذج المقترح الكثير من أوجه القصور التي شابت تطبيق نموذج ماك، والذي أظهر عدم قدرته على التعامل مع توزيعات المطالبات ذات الذيل الطويل للبيانات. وبالتالي فقد قدم النموذج المقترح قيمةً مُقدرة أكثر توفيقاً للبيانات الخام مقارنةً بنظائرها عند تطبيق نموذج ماك، كما أن القيم المقدرة باستخدام نموذج بواسون قدمت قيمةً معرضة لخطر العمليات أقل مقارنةً بنموذج ماك. وهو ما يشير إلى أن الاعتماد على النموذج المقترح قد عمل على تخفيض مستوى الخطر الناتج عن عدم دقة الأخطاء في تقدير المعلومات، وكذلك أخطاء العمليات، الأمر الذي ينعكس على مستوى جودة القيم المقدرة لمخصص المطالبات. وقد أوصى الباحثون بضرورة الاعتماد على النموذج المقترح بشكل موسع بالتطبيقات العملية للتأمين، كونه يقدم آليات أكثر عمقاً لتقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية.

الكلمات المفتاحية

مخصص المطالبات تحت التسوية - تأمين المركبات - نموذج بواسون فائق التشتت - نموذج ماك - القيم المعرضة للخطر - خطأ المعلومات - خطأ العمليات.

Abstract

The research aims to estimate the value-at-risk (VaR) of outstanding claims reserves, based on stochastic reserve estimation models, and using the bootstrap technique. The research was applied to the vehicle insurance sector in the Kingdom of Saudi Arabia. The research found that the proposed over-dispersed Poisson model significantly contributed to smoothing and fitting the variance index values, compared to the less accurate fitting of Mack's model. The proposed model addressed many of the shortcomings of the Mack model, which demonstrated its inability to handle long-

tailed claims distributions. Therefore, the proposed model provided more accurate estimated values compared to its counterparts when applying Mack model. Furthermore, the values estimated using Poisson model provided lower values at risk compared to Mack model. This indicates that relying on the proposed model reduced the risk resulting from inaccuracy and calculation errors, which is reflected in the quality of the estimated claims reserve values. The researcher recommended the need to adopt the proposed model more widely in practical insurance applications, as it provides more in-depth mechanisms for estimating the values at risk of claims reserves for the general insurance sector.

Keywords

Outstanding Claims Reserve – Vehicle insurance – Over-dispersed Poisson model - Mack model - Values at risk - Parameter error - Process error.

مقدمة

تمثل عملية تقدير مخصص المطالبات المناسب لتغطية المطالبات المستقبلية أحد أهم المهام الرئيسية للخبراء الإكتواريين، وهناك مجموعة واسعة من النماذج والأساليب والخوارزميات المستخدمة في تحديد القيمة المتوقعة لهذه المخصصات، لعل أهمها أسلوب التسلسل السلبي (Chain-Ladder)، ونموذج بورنهوتر-فيرغسون (Bornhuetter-Ferguson)، والنماذج الخطية المعممة (GLM). ويشمل تحديد مخصص المطالبات مهمتين رئيسيتين، الأولى تقدير متوسط المدفوعات المستقبلية، والثانية مستوى عدم التأكد المرتبط بهذه التقديرات. وعادةً ما يتضمن تقدير عدم التأكد عنصرين للمخاطر، وهما الخطر الناتج عن التباين في العمليات الحسابية المستخدمة بالنموذج، والخطر الناتج عن خطأ تقدير المعلومات، ومثل هذه الأخطاء تعكس مقدار الخطر الكلي المقدّر للمخصص (Maciak et al, 2021 ; IOA & FIAA, 2016).

وبالتالي فإن الخطر المعرض له مخصص المطالبات تحت التسوية يعكس ذلك الخطر المترتب على عدم التأكد، والتقلبات في تسوية المطالبات خلال فترة زمنية محددة تبلغ عام، وهو يرتبط فقط بالمطالبات المستحقة، والمطالبات القائمة (بما في ذلك المطالبات المستحقة وغير المسددة (IBNR, IBNER)، والتي يمكن أن تكون أعلى من القيمة المستحقة، أو أن يكون هناك اختلاف في توقيت المخصص عن المتوقع. وهو يختلف عن مفهوم خطر المطالبات الناتج عن التغير

في القيمة بسبب التكاليف النهائية للإلتزامات التعاقدية، وتسوية الإلتزامات خلال الفترات التالية، والتي قد تختلف عن تلك المتوقعة (Lopez & Milhaud, 2021; Peters.et.al, 2009).

وتكمن أهمية إدارة ذلك النوع من المخاطر كونه يمثل أحد أهم متطلبات الملاءة المالية لشركات التأمين، والذي يترتب على تحقيقه إمكانيه تعرض الشركة لخطر الإفلاس، وهو ما دفع العديد من الخبراء الإكتواريين لتطوير تقديرات أكثر موثوقية لتكاليف المطالبات والمخصصات الفنية، وتوجد عدة طرق حتمية أو عشوائية، تستند إلى بيانات المطالبات المجمعة، أو الفردية في مثلثات تطور المطالبات (Claims Development Triangles)، والتي تستخدم لتقدير قيمة مخصص المطالبات القائمة. وعلى الرغم من أن اسلوب التسلسل السلمي، وبورنهورتر-فيرغسون قد حققا نجاحاً باهراً في إدارة مخاطر المخصصات لمجموعة متنوعة من خطوط التأمين، إلا أن تطبيقهما قد كشف عن بعض التحديات الاكتوارية، وخاصة تجاه التحديات والمتغيرات الاقتصادية والمالية الراهنة، والتي أظهرت أن هذه الطرق التقليدية قد تعاني من افتراضات قوية تُثير العديد من المخاطر، أهمها خطر التحيز في تقدير المعاملات الناتج عن وجود بيانات متطرفة، والخطر الناتج عن عوامل التطوير، والمربط بخطأ التقدير لتلك المعاملات، وخاصة لفترات التطور الأخيرة، كما يتطلب الأمر في الكثير من الحالات التطبيقية معالجات مناسبة للقيم المتطرفة، وأخيراً الخطر الناتج عن صعوبة فصل تقييمات المطالبات المتكبدة وغير المبلغ عنها (IBNR)، والمطالبات المبلغ عنها ولكن غير المسددة (RBNS) (Delong.et.al, 2022; Mack & Venter, 2000; Verrall, 2000).

وتمثل التغيرات الراهنة وغير المتوقعة في مثل هذا النوع من المخاطر، (والتي تتعرض لها القيم المتوقعة لمخصص المطالبات تحت التسوية، نظراً لكونه عنصراً مالياً له أولوية خاصة بالنسبة لشركات التأمين) السبب الرئيس الذي دفع العديد من الخبراء الإكتواريين إلى تطوير نماذج الاحتياطيات العشوائية، والتي تقدم آليات حديثة تُركّز على تحسين إدارة مخاطر المخصصات. حيث يمثل هذا النوع من النماذج مكوناً رئيسياً لإدارة مخاطر القيم المقدرة، والتوقعات المستقبلية للعمليات التأمينية، والتي تهدف إلى تقدير المخصصات المالية اللازمة لتغطية المطالبات المستقبلية بصورة أكثر دقة، كما تأخذ عامل عدم التأكد في الاعتبار. ومع ذلك، يواجه الخبراء الإكتواريون تحدياً في تقدير مستوى الدقة المطلوب لتقدير المعاملات المستخدمة في هذه النماذج، وهو ما يعكس مدى الخطأ أو التباين في التوقعات المستندة إلى بيانات محدودة، أو

ما يشار له بخطر التقدير (التنبؤ)، وهو الخطر الناتج عن انحراف القيم الفعلية للمطالبات عن القيم المقدرة لها (Crevecoeur et al, 2022; Baudry & Robert, 2019).

ويتمثل أحد الأساليب الشائعة لتقدير القيمة المعرضة للخطر (VaR)، والتي تعكس درجة الدقة لهذه التقديرات في استخدام تقنيات إعادة المعاينة (Bootstrapping)، والتي تُتيح الاعتماد على عينات يتم توليدها من البيانات الأصلية، بهدف الحصول على تقديرات متعددة للمعاملات. ومع ذلك، لا تزال هناك اختلافات جوهرية في اختيار نموذج إعادة المعاينة الأنسب للبيانات محل التقدير، مثل إعادة المعاينة شبه المعلمية (Semi-parametric bootstrap)، المعتمد على إعادة توليد عينات مستقلة من البيانات الأصلية لتقريب التوزيع الأساسي. وإعادة المعاينة المعلمية (Parametric bootstrap)، والذي يفترض توزيع محدد مسبقاً للبيانات (Wolny- Liu & Verrall, 2010; Dominiak & Źa, dło, 2022).

وتُعد البساطة والمرونة من أهم مزايا استخدام تقنية إعادة المعاينة "Bootstrapping" لتقدير مخصص المطالبات العشوائية، حيث يسهل تطبيقها في جداول المطالبات للحصول على تقدير قيمة الخطأ للنموذج الملائم إحصائياً. كما تقدم هذه التقنية أيضاً إمكانات تقدير خطأ التنبؤ، وكذلك التوزيع الاحتمالي التنبؤي للعملية الإحصائية، من خلال محاكاة التوزيعات الاحتمالية الأساسية للمطالبات. وهو ما يجعل من هذه الأداة الإحصائية أحد أهم الأدوات المستخدمة في تقدير أخطاء مخصصات التأمين. ومن خلال الاعتماد على التوزيع الإحصائي التنبؤي يمكن تقدير قيمة الخطأ الناتج عن العمليات الحسابية والإكوارية (BRATI & BRAIMLLARI, 2023).

ولقد أولى البنك المركزي السعودي (SAMA) (سابقاً مؤسسة النقد العربي السعودي)، أهمية بالغة للمخاطر التي يتعرض لها مخصص المطالبات لشركات التأمين، حيث ألزمت شركات التأمين باستخدام مجموعة من التدابير للحد من هذا النوع من المخاطر، وذلك من خلال فرض الحد الأقصى لمبالغ المطالبات على بعض عقود التأمين. كما قدمت آليات لإدارة المخاطر، تعكس المستوى الملائم من المخاطر والتي يمكن للشركة تقبله، وذلك وفقاً لما تقررره الإدارة. بالإضافة إلى أنها ألزمت الشركات بتحديد مستوى عدم التأكد المحيط بالتقديرات في القوائم المالية الموحدة، والتي ترتبط بتقييم المطالبات المتكبدة، والتي تتضمن أيضاً تكاليف تسوية المطالبات المتوقعة.

وتتطلب هذه الإجراءات من الإدارة استخدام طرق وأساليب أكثر دقة، لتحديد مستوى المخاطر المرتبط بتقديرات المبالغ المستحقة لحاملي وثائق التأمين الناتجة عن المطالبات المقدمة

بموجب عقود التأمين، ونظراً لأن هذه التقديرات تستند بالضرورة إلى افتراضات حول عدة عوامل تنطوي على درجات متفاوتة وربما كبيرة من الحكم الشخصي وعدم التأكد، لذلك فإن النتائج الفعلية قد تختلف عن تقديرات الإدارة، مما يؤدي بدوره إلى انحرافات مستقبلية بقيم المطلوبات المقدرة، وهو ما قد يؤدي إلى استخدام الأحكام النوعية لتقييم مدى عدم إمكانية تطبيق الاتجاهات التاريخية في المستقبل (Zimmermann, 2011; IOA & FIAA, 2016).

وتعتمد شركات التأمينات العامة بالمملكة العربية السعودية على نموذج ماك (Mack Model) لتقدير وتسوية قيم مخصص المطالبات تحت التسوية، ونظراً لتعرض هذا النموذج للكثير من الانتقادات، والتي تواجه فرضياته الرئيسية، والمتعلقة بعدم قدرة النموذج على تقديم نتائج دقيقة في حال تعامله مع حجم محدود من البيانات، كما أنه أكثر تأثراً بالقيم المتحيزة، مما يجعل منه نموذج يصعب تطبيقه في فروع التأمين التي تتسم بتوزيعات احتمالية ذات ذيل طويل (Long-Tailed Distributions). وهو ما دعم اقتراح الاعتماد على توزيع بواسون فائق التشتت (Over-Dispersed Poisson) كأحد المعالجات المقترحة لمشكلة محدودية البيانات وتحيزها، واستخدام تقنية إعادة المعاينة (Bootstrapping) في تقدير درجة التباين للتقديرات المختلفة، كمحاولة للتوصل إلى تقديرات أكثر دقة لمخصص المطالبات، وهو ما ينتج عنه تخفيضاً لمخاطر تقدير المخصص.

الدراسات السابقة

يهدف العرض الحالي للدراسات السابقة إلى التعرف على أهم المحاولات العلمية التي تمت لتقدير مخاطر مخصص المطالبات، وكذلك النماذج التقليدية والعشوائية المستخدمة لتقدير هذه القيم، ودرجة دقة كل منها، ومزايا استخدام تقنيات إعادة المعاينة (البوتستراپ) في تقدير درجة التباين للتقديرات المختلفة، وهو ما يعكس حجم المخاطر التي يواجهها مخصص المطالبات المقدر. ومن ثم الوقوف على عناصر الفجوة البحثية التي ينطلق منها البحث. ولعل من أهم الدراسات التي تناولت تحليل مستوى المخاطر لإسلوب التسلسل السلمي (Chain-Ladder) دراسة (Chan, 2024)، والتي هدفت إلى تطبيق اسلوب تسلسل ميونيخ السلمي (Munich Chain-Ladder Model) في تقدير مخصص مطالبات تأمين المركبات. توصل إلى إمكانية استخدام هذا الاسلوب المقترح لتوليد توقعات أكثر دقة لتقديرات مطالبات تأمين المركبات مقارنةً بطريقة التسلسل السلمي التقليدية، وقد ساهمت هذه الدراسة في تحسين دقة تقدير المطالبات لتأمين المركبات، وهو ما يشير إلى حجم الخطر المتوقع لمخصص المطالبات. وبالتالي فإن استخدام طريقة

تسلسل ميونيخ السلمي يُمكن شركات التأمين من إعداد توقعات أكثر دقة للتحكم في المخاطر وإدارة الشؤون المالية بفعالية أكبر.

ولغرض تقديم رؤى تفصيلية حول الخسائر المحتملة الناتجة عن مطالبات التأمين عبر مستويات المخاطر المختلفة، ودعم استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر مطالبات التأمين، تناولت دراسة (Yousof.et.al,2024) فعالية توزيع بور-هاتكي المنفصل المعمم (Generalized Discrete Burr–Hatke Distribution) في تحليل بيانات مطالبات التأمين، مع التركيز على سيناريوهات المطالبات المفرطة التشتت، والمبالغ فيها. وأكدت الدراسة على أهمية اختيار توزيعات احتمالية مناسبة عند تحليل البيانات المتضخمة حول خط التوازن الصفري، كما هو شائع في مطالبات التأمين. وتوصلت الدراسة إلى أن التوزيع المنفصل قد التوزيع المنفصل تمكّن من تمثيل الخصائص الفريدة للبيانات، وسهّل إجراء تحليل دقيق لمقاييس المخاطر، وهو ما عزز دقة تقييمات الخسائر المحتملة، وقلل من أوجه عدم اليقين المرتبطة بها. وأشارت الدراسة أيضاً إلى أنه من خلال الاستفادة من هذا التوزيع، يمكن لشركات التأمين ومحلي المخاطر تحسين قدراتهم في نمذجة المخاطر، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات أكثر استنارة وتحسين إدارة التعرض المالي.

بينما استهدفت دراسة (حنفي، ٢٠٢٣) إلى استخدام أسلوب البوتستراب، من خلال تطبيق نموذج بواسون فائق التشتت (ODP)، لتقدير خطأ التنبؤ لمخصص المطالبات. وقد ركزت الدراسة على تقدير الأنواع المختلفة من الأخطاء، والتي تمثل مصادر عدم التأكد، والناتجة عن كل من خطأ العملية وخطأ التقدير. وتوصلت الدراسة إلى أن قيمة مخصص المطالبات المقدرة والمتوقعة بلغت نحو مائة وأربعة عشر مليون جنيهاً مصرياً، وبلغت نسبة خطأ التنبؤ ١٦٪، وأوصت الدراسة بضرورة تبني هيئة الرقابة المالية تطبيق النموذج المقترح لتقدير خطأ التنبؤ في مخصص المطالبات، بالإضافة إلى استخدام أسلوب البوتستراب لتقدير مخصص المطالبات بالاستعانة بالبرامج الإكتوارية والإحصائية المتطورة، وذلك لما لها من مزايا في الحصول على جميع المعلومات المطلوبة حول توزيع الخسارة وخطأ التنبؤ في التقدير.

بينما اتجهت دراسة (Oladunni & Okonkwo,2022) إلى فحص أثر الاحتفاظ بالمخاطر على إدارة المطالبات لشركات التأمين في نيجيريا. وتوصلت نتائج الانحدار إلى وجود علاقة سلبية بين نسبة الاحتفاظ بالمخاطر وإدارة المطالبات في شركات التأمين. فعندما تحتفظ شركة تأمين بأقساط تأمين أعلى، فإنها تتحمل أيضاً حصة أكبر نسبياً من الخسائر، مما يقلل من صافي ربحها

الذي كان من الممكن أن يوفر عائداً أعلى على الأصول. إلا إعادة التأمين يُقلل من مبلغ ونسبة أقساط التأمين المحتفظ بها، وبالتالي يقلل من تعرض شركات التأمين للخسائر.

وفي ذات السياق لدراسة (Chan,2024)، قدم (Baudry & Robert,2019) دراسة تناولت تحليل مستوى المخاطر لإسلوب التسلسل السلي، وانطلقت الدراسة من حاجة شركات التأمين إلى نماذج أكثر دقة تعتمد على البيانات الفردية للمطالبات. حيث هدفت إلى تقديم اسلوب لا معلمي مرّن لتقدير الإلتزامات المستحقة باستخدام البيانات المجمعة التراكمية عن كل مطالبة. ومن ثم مقارنة أداء المنهجية الجديدة مع الطرق التقليدية مثل طريقة التسلسل السلي من حيث التحيز والتباين في التقديرات. وتوصلت الدراسة إلى أن الاسلوب الجديد يقدم تقديرات تقريبية غير متحيزة لمخصص المطالبات، مع تباين معياري أقل بأربع مرات على الأقل من اسلوب التسلسل السلي. كما تمكن النموذج من فصل مخصص المطالبات المتكبدة ولكن غير المبلغ عنها (IBNR) عن المطالبات المستحقة، مما يُمثل ميزة نسبية كبرىه مقارنة بالطرق التقليدية. وتوصلت الدراسة أيضاً إلى أن أداء الطرق التقليدية أفضل في قطاعات التأمين قصيرة الأجل مقارنة بقطاعات التأمين طويلة الأجل.

بينما ركزت دراسة (Martinek,2019) على فحص إمكانية التحول من نماذج مخصص المطالبات الحتمية إلى النماذج العشوائية. من خلال تقييم ومقارنة فعالية عدة نماذج عشوائية، تم تقييم فعالية ثمانية نماذج عشوائية مختلفة، باستخدام بيانات من ستة قطاعات تأمينية مختلفة في الولايات المتحدة. وتوصلت الدراسة إلى تقديم نموذجين يعتمدان على البيانات الفردية والتراكمية للمطالبات بشركات التأمين لتقدير المعلومات. واختبار مدى جودة النماذج تم الاعتماد على تقنية البوتستراب، والتي أظهرت نتائج ذات مصداقية وأداءً جيداً، وكذلك تقديرات أكثر دقة، مما ساهم في خفض مستوى المخاطر الكلية لمخصص المطالبات.

ومن أهم الدراسات التي تناولت نماذج الاحتماليات العشوائية (Stochastic Reserving Models) أيضاً دراسة (IOA,et.al,2016)، حيث ركزت على تقدير قيمة المخصص العشوائي، من خلال الاعتماد ثلاثة نماذج شائعة الاستخدام: نموذج ماك (Mack)، نموذج بواسون (Poisson)، ونموذج بورنهوتر-فيرغسون الاحتمالي (Stochastic BF). كما تناولت الدراسة شرح لطرق تقدير التباين مباشرة من هذه النماذج، وكذلك طرق التحقق من صحة تقديرات التباين. وتوصلت الدراسة إلى أن النماذج العشوائية كان لها تأثير معنوي في زيادة درجة دقة التقديرات. وأظهرت النتائج أيضاً أن استخدام الطرق العشوائية مثل إعادة التقدير يساعد على توفير تقديرات شاملة

لعدم التأكد المرتبط بالاحتياطات الفنية. بينما هدفت دراسة (Martinek & Mályusz, 2015) إلى تقدير قيمة مخصص المطالبات المتكبدة ولكن لم يتم الإبلاغ عنها (IBNR)، من خلال استخدام الأساليب الاحتمالية في التقدير.

وقد قدمت الدراسة منهجية للمقارنة بين الطرق المختلفة المستخدمة في تقدير مخصص المطالبات. وتوصلت النتائج إلى أن أسلوب التمهيد (Bootstrap) بنموذجي جاما وبواسون قدما أعلى دقة في التنبؤ. كما اتضح أن نموذج بواسون يعاني من قيود في معالجة مجموعات بيانات المطالبات التراكمية، وفي المقابل وجدت الدراسة أن الطرق التقليدية لتقدير المخصص لا تُقدم فترات تنبؤ موثوقة، وهو ما يستدعي الحاجة إلى تحسينات باستخدام الأسلوب البايزي. ولتقييم مستوى عدم التأكد والمخاطر المرتبطة بتقدير المطالبات قدم (Wuthrich & Merz, 2015) دراسة هدفت إلى توضيح كيفية تأثير التغير في مخصص المطالبات على المركز المالية لشركات التأمين. وتوصلت الدراسة إلى أن تحديث وتطوير أساليب مخصص المطالبات ليأخذ في الاعتبار عنصر العشوائية يجعله يعمل على تلبية متطلبات توجهات معايير الملاء المالية الأوروبية والسويسرية (Solvency II & Swiss Solvency Test)، كما تم إدخال مفهوم هامش المخاطر، والذي يعتبر ضرورياً لضمان الاستدامة المالية للشركات.

أما دراسة (Nii Boi Quaye & QQ Aboagye, 2014) فقد ركزت على تقييم مستوى تقديرات مخصصات تأمينات الممتلكات والمسؤوليات في غانا. وفحص مصادر هذه التقديرات، وتحديد ما إذا كانت أخطاء المخصص عشوائية أم متحيزة. ومحاولة تصنيف مصادر الخطر إلى داخلية وخارجية، وتحديد مدى تأثيرها على القيم المقدرة للمخصصات الفنية. بالإضافة إلى دراسة تأثير العوامل مثل حجم الشركة، عمرها، معدل التضخم، والناتج المحلي الإجمالي على أخطاء تقدير المخصصات. وتوصلت الدراسة إلى أن حجم الشركة، وعمرها، ومستوى الأخطاء في تقديرات قيم المخصصات، ومعدل التضخم هي عوامل مهمة تؤثر على تنوع أخطاء تقدير قيم المخصصات. بينما لم يكن نوع ملكية الشركة (محلية أو أجنبية) مصدراً للخطأ. كما توصلت الدراسة أيضاً إلى أن أخطاء تقدير قيم المخصصات تنسم بالعشوائية، مما يعني أن الشركات قد تم التعامل معها بشكل مستقل في اتخاذ قرارات الأخطاء، ولم تتأثر بالاتجاهات العامة للصناعة أو المنافسة.

وفيما يتعلق بمشكلة تقدير التوزيعات التنبؤية لمخصص المطالبات باستخدام نموذج تسلسل ميونيخ السلمي (MCL) قدم (Liu, H., 2010) دراسة هدفت إلى تطبيق تقنية البوتسترات لتقدير التوزيعات التنبؤية للمخصصات باستخدام نموذج MCL. وتوصلت الدراسة إلى تقديم

نهج يعتمد على تقنية البوتستراب المعدل يأخذ في الاعتبار الاعتماد على مجموعتي بيانات المطالبات المدفوعة والمُتكددة، وذلك من خلال إعادة أخذ العينات بطريقة ثنائية. وأظهرت النتائج أن استخدام البوتستراب يعد مناسباً لأغراض تقدير المخصصات في التأمين، نظراً لسهولة تطبيقه في جداول بيانات المطالبات، وتقديمها لنتائج ذات درجة عالية من الدقة.

وللتغلب على التحديات المرتبطة بتقدير الاحتمالات في ظل عدم التأكد الناتج عن استخدام النماذج التقليدية لتقدير المخصصات، وكيفية تأثير عدم التأكد على دقة تقديرات الاحتمالات، قدم (Peters et al, 2009) دراسة لتقدير مستوى عدم التأكد في تقدير الاحتمالات بالاعتماد على نماذج نماذج بواسون-توييدي المركبة (Compound Poisson-Tweedie Models)، مع تطبيق أساليب تقديرية مثل الاحتمالية القصوى والمحاكاة باستخدام سلاسل ماركوف. كما تم مقارنة تقديرات الاحتمالات في ظل تضمين مستوى عدم التأكد في التقدير. وتوصلت الدراسة إلى أن عدم التأكد المرتبط بالنموذج له تأثيراً كبيراً على تقديرات الاحتمالات، مما يؤدي إلى تباينات ملحوظة في المبالغ المقدرة، كما أن استخدام المتوسطات النموذجية قد أدى إلى التحسين من دقة التقديرات. ذلك بالإضافة إلى أن اختيار المتغيرات المناسبة تؤدي إلى تمثيل أكثر كفاءة للنموذج، مما يقلل من التعقيد ويزيد من دقة التقديرات. أما دراسة (Ohlsson et al, 2009) فقد تناولت تقدير المخاطر المرتبطة بمخصصات التأمينات العامة، مع التركيز على المخاطر المرتبطة بفترة السنة الواحدة. وهو ما يؤدي إلى استيفاء متطلبات إدارة المخاطر قصيرة الأجل. وذلك من خلال تقديم نموذج لمحاكاة هذا النوع من المخاطر، ومناقشة دور هامش المخاطر في تقدير قيم المخصصات ومخاطر القطاعات التشغيلية. وقد تم تقسيم مخاطر التأمينات العامة إلى مخاطر مرتبطة بتقدير قيم المخصصات، ومخاطر قطاعات التأمين التشغيلية. وتوصلت الدراسة إلى أن الاعتماد على أسلوب المحاكاة لتقدير مخاطر تقدير قيم المخصصات، يقدم نتائج على درجة عالية من الدقة لتحليل المخاطر في الأجل القصير.

وفي ذات السياق قدم (Alai & Wüthrich, 2009) دراسة تناولت ظاهرة عدم التأكد في تقديرات مخصص المطالبات في قطاع التأمينات العامة، وارجع سبب الاهتمام بمخصص المطالبات كونه يمثل أكبر عنصر بجانب الإلزامات في الميزانية العمومية، وهو ما يتطلب تقديم تقديرات تتسم بالدقة لمستوى عدم التأكد للقيم التقديرية للمخصصات. كما هدفت الدراسة أيضاً إلى محاولة تحديث الأساليب التقليدية لتقدير مخصص المطالبات باستخدام أدوات النمذجة العشوائية، والنماذج الخطية المعممة (GLM). وتحليل مستوى عدم التأكد المرتبط

بنموذج Bornhuetter-Ferguson. وتقدير مستوى عدم التأكد في ظل متطلبات الملاءة المالية المتزايدة.

وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن استخدام أدوات النمذجة العشوائية لتحديث الأساليب التقليدية مثل طريقة التسلسل السلي (CL) ، قد قدمت نتائج تتسم بالدقة، مما يجعلها أكثر ملاءمة للممارسات الحالية. ومن خلال نتائج تحليل حساسية مخصص المطالبات وعدم التأكد المرتبط بها، تم تقديم معلومات حول مستوى جودة النماذج. كما تم تقدير عدم التأكد بالنموذج من خلال نموذج رياضي يسمح بتحليل مخصص المطالبات بطريقة ثنائية الأبعاد، وهو ما قدم نتائج على درجة عالية من الدقة.

بينما تناولت دراسة (Ohlsson & Lauzenings, 2009) آليات تقييم مخاطر مخصص المطالبات، ومخاطر الأقساط، والتي تعكس درجة عدم التأكد من تحصيل الأقساط، مع الأخذ في الاعتبار المشكلات التطبيقية الإكتوارية الناتجة عن الفجوة بين تقييمات المخاطر طويلة الأجل، ومتطلبات اتفاقية الملاءة المالية Solvency II، التي اعتمدت على مستوى زمني قدره عام واحد. وذلك من خلال إنشاء نموذج محاكاة عام لمشكلة مخاطر مخصص المطالبات، حيث تم الاعتماد على تقنية البوتستراب، كما تم تحليل معنوية الفروق بين المخاطر النهائية والمخاطر قصيرة الأجل كما هو موضح في إطار Solvency II. وأظهرت النتائج ضرورة اقتراح منهجيات إكتوارية جديدة لتحسين دقة تقديرات مخاطر مخصص المطالبات، كما أوضحت الدراسة أن الاعتماد على تقنية البوتستراب قد أسهم في تحسين نماذج التحليل المالي الديناميكي لمخصص المطالبات. وتتشابه هذه النتائج وما توصلت له دراسة (Gigante & Sigalotti, 2006)، والتي تناولت المخاطر المرتبطة بنماذج مخصصات التأمين، وخاصة المخاطر التي قد تؤثر على تقييم الإلتزامات الناتجة عن المطالبات المعلقة في محفظة التأمينات العامة.

حيث أوضحت الدراسة أنه وفقاً للمعايير الدولية المحاسبية الجديدة، يجب أن يتضمن تقييم هذه الإلتزامات تعديلاً يعكس أثر المتغيرات السوقية، يُعرف بهامش القيمة السوقية، والذي يأخذ في الاعتبار عدة مصادر للمخاطر. أيضاً قدمت الدراسة توضيحاً لكيفية استخدام النماذج العشوائية المدعومة بإطار عمل النماذج الخطية المعممة، والنماذج الاحتمالية المستخدمة لتقييم المخاطر المختلفة. حيث حاولت تقليل المخاطر من خلال اعتماد أساليب إحصائية مناسبة. كما تم مقارنة نتائج النماذج باستخدام دالة اللوغاريتم الاحتمالي، والنماذج شبه المعلمية. توصلت الدراسة إلى أن النماذج العشوائية يمكن أن تُستخدم بفعالية لتقييم المخاطر المتعلقة

بالمطالبات، كونها تقدم نتائج على درجة عالية من الدقة. ولتحسين تقديرات المخصصات، تم استخدام نماذج احتمالية تتبع عائلة التوزيعات الأسية (Exponential Family Distributions) لتقدير الارتباط والتباين، وهو ما أسهم في تخفيض مستوى المخاطر الكلية لهذه التقديرات.

الفجوة البحثية

من خلال العرض السابق يتضح أنه وعلى الرغم من الجهود المبذولة في مجال تقدير قيم مخصص المطالبات، تظل هناك فجوة بحثية واضحة تتعلق بالحاجة إلى نماذج أكثر دقة وموثوقية في تقدير حجم المخاطر التي يتعرض لها مخصص المطالبات. فعلى الرغم من الاستخدام الواسع للنماذج التقليدية، إلا أنه غالباً ما تعاني من قيود في دقتها وفعاليتها عند التعامل مع البيانات المعقدة والمتغيرة. كما لا تأخذ درجة تباين التوقعات في الاعتبار. وبالتالي فإن الفجوة البحثية تركز على عدم قدرة بعض النماذج الحالية على التعامل مع مستوى التباين في التقديرات بشكل كافٍ، مما يؤدي إلى تقديرات غير دقيقة قد تؤثر سلباً على قدرة شركات التأمين على سداد الالتزامات، وبالتالي إمكانية تعرضها لمخاطر التعثر والإفلاس. وتُعد تقنية البوتستراتاب خطوة نحو معالجة هذه المشكلة، لكن لا تزال هناك حاجة ملحة لاستكشاف تطبيقات جديدة لهذه التقنيات وتطوير نماذج أكثر مرونة. كما أن هناك ندرة في الدراسات التي طُبقت على سوق التأمين بالمملكة العربية السعودية. حيث يشهد قطاع التأمين في المملكة نمواً متسارعاً، مما يتطلب استراتيجيات متطورة في تقدير مخاطر مخصص المطالبات لضمان استدامة الشركات وموائمتها مع المتطلبات التنظيمية المتزايدة. ذلك بالإضافة إلى أن هناك حاجة ملحة لتبني أساليب حديثة تتيح تقديرات أكثر دقة تساعد الشركات على مواجهة التحديات المالية بشكل أكثر فعالية. وهو الأمر الذي أظهر الحاجة إلى تقديم المزيد من الدراسات التي تتناول تطوير نماذج متقدمة، وتطبيق تقنيات مبتكرة تتناول سوق التأمين السعودي. وهو ما سيسهم في زيادة قدرة شركات التأمين على سداد الالتزامات، وضمان عدم تعرضها لهزات مالية، (والتي قد تؤدي إلى مخاطر الإفلاس وتوقفها عن النشاط).

مشكلة البحث

يعتمد تطبيق أسلوب التسلسل السلمي فيما يتعلق بتقدير عوامل التطور (Chain-Ladder) في تقدير عوامل التطور (Development Factors)، على فرضية إن كل من المتغيرات التفسيرية والتابعة تُمثلان قيم عشوائية، وهو ما ينتهك الافتراضات الأساسية لنموذج الإنحدار الخطي القياس، والتي تشير إلى أن المتغيرات التفسيرية معلومة وبشكل دقيق، بينما تأخذ المتغيرات

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

التابعة الشكل العشوائي. وبالتالي فإن التقديرات الناتجة عن نموذج الإنحدار القياسي تقدم نتائج غير دقيقة للقيم المقدرة لكل من المعلومات والخطأ المعياري. وهو ما دعى (Mack,2000) إلى اقتراح الاعتماد على القيم الشرطية كمحاولة للتوافق والافتراضات الخاصة بالنموذج. حيث إن الاعتماد على التوقعات الشرطية يُحسن من موثوقية ودقة تقديرات المعلومات والأخطاء المتعلقة بتقدير المعلومات والأخطاء المعيارية. ونظراً لما قدمه نموذج ماك من مساهمات نحو معالجة القصور الذي شاب تطبيق اسلوب التسلسل السلمي، فقد اعتمدت شركات التأمينات العامة بالمملكة العربية السعودية على هذا النموذج عند إعداد تقديرات مخصص المطالبات بالقوائم المالية، مما ترتب عليه ضرورة تقديم تقديرات دقيقة لحجم المخاطر الناتجة عن القيم المقدرة للنموذج، والتي تعكس درجة عدم التأكد الإحصائي المصاحبة لهذه التقديرات وهو ما يُشار له بعنصر تعديل المخاطر بجدول إجمالي المطالبات غير المخصصة المتكبدة بالقوائم المالية لشركات التأمين السعودي.

جدول رقم (١): المطالبات غير المخصصة للمطالبات المتكبدة (بالألف ريال)

سنة الحادث	٢٠١٩ م وما قبلها	٢٠٢٠ م	٢٠٢١ م	٢٠٢٢ م	٢٠٢٣ م	٢٠٢٤ م	إجمالي
في نهاية سنة الحادث	٥٥,٨٤١,٢٦١	٤,٥٥٤,٢٤١	٦٠٠,٢,٤٣٦	٧,٥٥٨,٤٥٥	٩,٨٢٥,١٨٨	١٠,٦٧٩,٠٦٢	
بعد سنة واحدة	٥٧,٠٥١,٦٣٤	٥,٥٢١,٢٢٥	٧,٥٠٢,٥٧٨	٩,٧٧٨,٧٩٨	١١,٧٣١,٦٧٣		
بعد عامين	٥٦,٧٢٠,٩٨١	٥,٦٠١,٣٢٣	٧,٥٧٩,١٣٤	٩,٦٩٥,٥٨٥			
بعد ثلاث سنوات	٥٦,٣٩٥,٤١٩	٥,٦١٣,٣٢٠	٧,٤٧٣,٨١٩				
بعد أربع سنوات	٥٦,٢٨٧,٢٧٢	٥,٦١٣,٥٥٧					
بعد خمس سنوات	٥٦,١٣٢,٩٧٠						
إجمالي التقديرات للمبالغ غير المخصصة للمطالبات المبلغ عنها	٥٦,١٣٢,٩٧٠	٥,٦١٣,٥٥٧	٧,٤٧٣,٨١٩	٩,٦٩٥,٥٨٥	١١,٧٣١,٦٧٣	١٠,٦٧٩,٠٦٢	١٠١,٣٢٦,٦٦٦
المدفوعات التراكمية	(٥٥,٧٩٤,٠٩٤)	(٥,٥٥٧,٨١٥)	(٧,٣١٦,٧٩٦)	(٩,٤٤٢,٣٢٠)	(١١,١١٩,١٥٣)	(١٠,٠٤٣,٦٨٣)	(٩٩,٢٧٣,٨٦١)
إجمالي المطلوبات غير المخصصة للمطالبات المتكبدة	٣٣٨,٨٧٦	٥٥,٧٤٢	١٥٧,٠٢٣	٢٥٣,٢٦٥	٦١٢,٥٢٠	٦٣٥,٣٧٩	٢٠,٠٥٢,٨٠٠
المطالبات المتكبدة غير المبلغ عنها	٩٨٩١	٣٤٤	٧٠٦	١٨,٣٧٢	٤٣٢,٦٨٥	٣,٦٧٦,٢١٥	٤,١٣٨,٢١٣
تعديل المخاطر	٤٥٠,٨٣	٦,٦٨٩	١٣,٤٨٩	٢٧,٠٥٠	٩٨,٢٨٣	٢٧١,٩٩٣	٤٦٢,٥٨٦
الذمم الدائنة							٧٧,١٢٣
تأثير الخصم							(١٦١,٤٢٤)
إجمالي المطالبات غير المخصصة للمطالبات المتكبدة							٦,٥٦٩,٣٠٣

المصدر: التقرير الختامي لشركة التعاونية للتأمين - عام ٢٠٢٤ م.

ومن خلال تحليل النتائج الواردة بالجدول يتضح أن الشركة تعتمد على تقديرات متحفظة للقيم المتوقعة لمخصص المطالبات كنوع من أنواع استراتيجيات التحوط للمخاطر، وهو ما انعكس أثره على عنصر تعديل المخاطر، والذي بلغ في المتوسط ٢٢,٥٪ تقريباً بنهاية عام ٢٠٢٤م، مقارنة بانحراف فعلي بلغ 2.1%. وهو ما يُشير إلى عدم دقة النتائج والمغالاة في التقدير المترتب على تطبيق نموذج ماك. كما يتضح أن مخاطر عدم التأكد المرتبطة بالتكلفة النهائية لتسوية المطالبات تأخذ قيمة أكبر عندما تكون المطالبة في المراحل المبكرة من التطور الزمني (Early Development Stage). ومع التطور الزمني للمطالبات تُصبح التكلفة النهائية للمطالبات أكثر تأكيداً. كما أظهرت دراسة (IOA & FIAA, 2016) أن التطبيق العملي لنموذج ماك قد انتهك العديد من الافتراضات النظرية والتي تعكس قصور النموذج في التعامل مع العينات صغيرة الحجم (Limited Sample Size)، مما يُنتج تقديرات متحيزة احصائياً نظراً لتأثره بدرجة كبيرة بالقيم المتطرفة، مما يجعله غير مناسب للتطبيق بالنسبة لقطاعات التأمين التي تتسم بالتوزيعات الاحتمالية ذات الذيل الطويل للمطالبات، وهو ما يعني أن المطالبات يتم سدادها عبر فترات تطور طويلة نسبياً مقارنةً بالقطاعات التشغيلية الأخرى. مما يُضعف من دقة النموذج التقديرية، وما ينعكس على حجم المخاطر المقدرة. الأمر الذي يتطلب اقتراح تطبيق أحد النماذج العشوائية البديلة لتقدير قيم مخصص المطالبات تحت التسوية، والتي يتوافر لها خصائص إحصائية تمكّنها من تجاوز قيود افتراضات نموذج ماك، مما ينعكس على تقدير حجم المخاطر بصورة أكثر دقة.

أهداف البحث

تولي هيئات الإشراف والرقابة على نشاط التأمين بالعديد من الدول العربية والأجنبية أهمية خاصة لعملية تقييم المخاطر التي يتعرض لها مخصص المطالبات بفروع التأمينات العامة المختلفة، نظراً لكونها تهدف إلى تقييم أثر عنصر عدم التأكد على تقديرات قائمة المركز المالي الموحدة، والمتعلقة بتقييم مخصص المطالبات تحت التسوية. حيث تعكس هذه التقديرات عدة عوامل تنطوي على درجات مُتفاوتة من مستويات عدم التأكد، وهو ما قد يترتب عليه اختلاف النتائج الفعلية عن التقديرات المتوقعة من الإدارة، مما يؤدي إلى تغييرات مستقبلية في القيم الفعلية للمطالبات المقدرة. ونظراً لأهمية هذه الظاهرة التأمينية فقد حرص الباحثون على تناولها من منظور إكتواري، كمحاولة للتوصل إلى تقديرات أكثر دقة للقيم المقدرة لمخصص المطالبات، وهو ما ينتج عنه تخفيض لحجم المخاطر الناتجة عن انحراف القيم المقدرة للمخصصات عن نظائرها الفعلية، وذلك من خلال اقتراح نموذج إكتواري لتقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياطات العشوائية

المطالبات تحت التسوية، بالاعتماد على نماذج تقدير المخصصات العشوائية، وباستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراپ) بالتطبيق على قطاع تأمين المركبات بالمملكة العربية السعودية. ويحاول النموذج المقترح تحقيق الهدف الرئيسي للبحث من خلال محاولة الإجابة على التساؤلات التالية:-

- (١) ما هو التأثير المتوقع لكل من خطر المعلومات وخطر العمليات على القيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمينات المركبات للشركة محل الدراسة؟
- (٢) ما هي الآليات والإجراءات الإكتوارية لتقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمينات المركبات للشركة محل الدراسة باستخدام النماذج الاحتمالية العشوائية؟
- (٣) ما هو تأثير الاعتماد على تقنيات إعادة المعاينة (البوتستراپ) عند تقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمينات المركبات للشركة محل الدراسة؟
- (٤) هل يقدم نموذج بواسون فائق التشتت قيم معرضة للخطر أكثر دقة مقارنة بنموذج ماك للقيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمينات المركبات للشركة محل الدراسة؟

أهمية البحث

الأهمية العلمية

تنبثق الأهمية العلمية للبحث من كونه يُقدم أُسس علمية وإكتوارية لآليات وإجراءات تقدير المخاطر لمخصص المطالبات تحت التسوية في قطاع التأمين. وذلك من خلال تحليل تأثير كل من خطري المعلومات والعمليات، كما يُقدم البحث أدوات إكتوارية تُسهّم في فهم وتطبيق تقنيات إعادة المعاينة (البوتستراپ) في تقدير القيم المعرضة للخطر، وهو ما يزيد من مستوى توفيق القيم المقدرة. بالإضافة إلى أن البحث يُقدم إطاراً منهجياً للأُسس النظرية لتطبيق نماذج على درجة عالية من الأهمية في مجال تقدير قيم مخصص المطالبات، والتي تعتمد على نموذجي بواسون فائق التشتت وماك. كما يقدم البحث مجالات مقترحة لمزيد من الأبحاث المستقبلية، والتي تتناول تقدير أنواع أخرى من المخاطر المعرض لها مخصص المطالبات تحت التسوية، وهو ما يُثري المكتبة التأمينية العربية بالمزيد من المعارف الإكتوارية.

الأهمية العملية

يقدم البحث أدوات إكتوارية تُفيد كل من هيئات الإشراف والرقابة، وكذلك شركات التأمين لفحص مدى دقة توفيق القيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية، نظراً للأهمية

الخاصة التي يكتسبها هذا العنصر الإكتواري بالقوائم المالية لشركات التأمين، وبالتالي فإن أي خطأ في تقدير هذه القيم يترتب عليه تأثير معنوي ومباشر على نتائج أعمال الشركة. ويكتسب البحث أهمية خاصة في مجال تحسين إدارة المخاطر لشركات التأمين، حيث أن تقديم تقديرات أكثر دقة لمخصص المطالبات يُمكن الشركات من تخفيض مستوى عدم التأكد المرتبط بالتوقعات المالية، وهو ما يؤدي إلى تحسين استقرارها المالي. كما يُوفر البحث أدوات ونماذج إكتوارية مُصممة بما يتناسب مع طبيعة البيانات المتاحة دون أن تتطلب المزيد من المعالجات الحسابية والإكتوارية، مما يُسهم في خفض مقدار خطأ العمليات، الأمر الذي يُمكن شركات التأمين من خفض مستوى المخاطر المرتبطة بتقدير مخصص المطالبات، وينعكس أيضاً على الملاءة المالية لهذه الشركات، ويُمكن الهيئات الرقابية (كالبنك المركزي السعودي) من تقييم المخاطر بشكل أفضل، وبالتالي تعزيز الشفافية والموثوقية في السوق التأميني. علاوة على ذلك يُقدم البحث آليات تُمكن شركات التأمين من إتخاذ قرارات رشيدة بشأن تقدير المطالبات، مما يؤدي إلى تحسين الأداء العام للشركة وزيادة الثقة لدى العملاء والمستثمرين.

فروض البحث

يعتمد البحث على الفرضية الأساسية التالية "عدم وجود أثر معنوي لاستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) في تقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية، عند استخدام نموذج بواسون فائق التشتت تطبيقاً على قطاع تأمين المركبات"، وهو ما يشير إلى أن الاعتماد على تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) سوف يترتب عليه تخفيض في مستوى عدم التأكد للقيم المتوقعة لمخصص المطالبات تحت التسوية.

ولاختبار مدى صحة الفرضية الأساسية للبحث، تم طرح مجموعة من الفرضيات الفرعية التي ستخضع للدراسة والتحليل، كما يلي:

الفرض الأول: "عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين مستوى جودة التوفيق للقيم المُقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات باستخدام نموذج ماك، عن تلك المُقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، عند مستوى معنوية ٥%".

الفرض الثاني: "عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين القيم المعرضة لخطر المعلومات (Parameter VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات والمُقدرة باستخدام نموذج ماك، عن تلك المُقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) عند مستوى معنوية ٥%".

الفرض الثالث: "عدم وجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين القيم المعرضة لخطر العمليات (Process VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات والمقدرة باستخدام نموذج ماك، عن تلك المقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) عند مستوى معنوية ٥%".

محددات البحث

- مجتمع البحث: يقتصر المجتمع التطبيقي للبحث على البيانات المالية لقطاع تأمين المركبات لأحد كبرى الشركات العاملة بسوق التأمين السعودي (الشركة التعاونية للتأمين). حيث بلغت الحصة السوقية للشركة في سوق التأمين السعودي نحو ٢٦٪ تقريباً عام ٢٠٢٤م.
- الحدود الزمنية: تغطي فترة الدراسة بيانات السلاسل الزمنية الربع سنوية والسنوية للبيانات المتاحة للمتغيرات المقترحة تبدأ من عام ٢٠١٥م حتى عام ٢٠٢٤م، وذلك لقطاع تأمين المركبات بالشركة محل الدراسة.
- متغيرات البحث: يعتمد النموذج المقترح على البيانات المتاحة للقيم الفعلية للمطالبات، وكذلك قيم المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات، ومؤشر تعديل المخاطر.

النموذج الاكتواري المقترح

يقترح الباحثون الاعتماد على النماذج العشوائية، والمتمثلة في كل من نموذج بواسون فائق التشتت، ونموذج ماك لتقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية، وباستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب). سيتم الاعتماد على القيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لنموذج التسلسل السلمي كمدخلات للنموذج المقترح. ومن خلال تطبيق تقنية إعادة المعاينة "البوتستراب" ونماذج الاحتياطات العشوائية يمكن تقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية، وهو ما يعكس مستوى عدم التأكد للنتائج المقدرة. وقد تم تقسيم مصادر المخاطر إلى مصدرين، الأول المخاطر الناتجة عن عدم التأكد المصاحب لقيم معلمات الدوال المستخدمة بالنموذج المقترح، أما الثاني فيتناول الخطر الناتج عن عدم دقة العمليات الحسابية لتطبيق النموذج المقترح. وذلك بهدف اختبار الدلالة الإحصائية للانحرافات في القيم المعرضة للخطر، بالإضافة إلى تحليل اتجاه كل منها. سيتناول النموذج المقترح أيضاً تقديم آليات لتقدير قيم كمية لكل من مصدري الخطر لنموذجي بواسون وماك، وتقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات. وذلك كمحاولة للوصول إلى النماذج التي تُسهم في تقدير قيم على درجة عالية من الدقة والتوفيق لمخصص المطالبات تحت التسوية.

منهجية البحث

يعتمد البحث على المنهج الاستقرائي في مراجعة البحوث والدراسات المتعلقة بالظاهرة محل البحث، والمُمثلة بنماذج المخصصات العشوائية المستخدمة في تقدير قيم المطالبات تحت التسوية، والأسس النظرية لتطبيق أسلوب إعادة المعاينة (البوتستراب)، وكذلك تحليل الأفكار والعلاقات والمداخل والجوانب العملية والعلمية التي تتضمنها البحوث والدراسات، التي سيتم استقراءها بما يخدم أهداف البحث. أما فيما يتعلق بتحليل البيانات وصياغة النموذج المقترح، وتطبيقه على البيانات محل الدراسة، فقد تم الاعتماد على المنهج التحليلي الكمي، والذي سيتم من خلاله التوصل للعديد من العلاقات بين المتغيرات، واختبار فرضيات البحث، وتحليل النتائج التي تم التوصل لها بما يخدم أهداف البحث، ويحاول معالجة مشكلته. وقد تم الاعتماد على البرنامج الإحصائي (R) في تحليل البيانات، واختبار فرضيات البحث، وتفسير النتائج.

خطة البحث

- تحقيقاً لهدف البحث فقد تم تقسيم البحث إلى ثلاثة مباحث خلاف المقدمة والنتائج والتوصيات:
- المبحث الأول: الأسس الإكتوارية لتقدير القيم المعرضة للخطر باستخدام النماذج العشوائية.
 - المبحث الثاني: الإطار التطبيقي لتقدير قيم مخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام النماذج العشوائية.
 - المبحث الثالث: النموذج المقترح لتقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية.
 - النتائج والتوصيات.
 - المراجع.

المبحث الأول

الأسس الإكتوارية لتقدير القيم المعرضة للخطر باستخدام النماذج العشوائية

مقدمة

يُمثل تقدير مخصص المطالبات تحت التسوية أمراً على قدر كبير من الأهمية في قطاع التأمين، حيث يُؤثر بشكل مباشر على الاستقرار المالي للشركات وقدرتها على الوفاء بالتزاماتها. وانطلاقاً من هذه الأهمية المتزايدة فإن هذا المبحث يهدف إلى التعرف على الأسس النظرية اللازمة لتحقيق أهداف البحث من خلال استعراض أهم النماذج العشوائية لتقدير مخصص المطالبات، مع التركيز على نموذج ماك ونموذج بواسون فائق التشتت. كما سيتناول المبحث أيضاً الافتراضات الأساسية لنموذج ماك وكيفية قياس جودة توفيقه. كذلك يتضمن هذا المبحث توضيح أهم آليات تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، فضلاً عن تطبيق تقنيات إعادة المعاينة (البوتستراپ) كأداة لزيادة دقة النتائج.

أولاً: نموذج ماك

يُمثل نموذج ماك والذي تم تقديمه في دراسة (Mack, T. 1993) واحداً من أهم النماذج المستخدمة في تقدير قيم مخصص المطالبات، حيث يعتمد على نموذج احتمالي حر التوزيع يُشار له بنموذج ماك لتقدير قيمة المطالبات المستقبلية، ويتضمن النموذج مرحلتين للتطبيق، الأولى تقدم نتائج مقارنة لنتائج طريقة التسلسل السلمي، أما المرحلة الثانية فيتم أخذ التوزيع الاحتمالي للقيم المُقدرة في الاعتبار، ومن ثم يقدم النموذج تقديرات غير متحيزة لقيم المطالبات المتوقعة، الأمر الذي يمكنه من تقدير حجم المخاطر التي تتعرض لها القيم المُقدرة للمخصص المطالبات، كنتيجة لاختلاف القيم الفعلية عن المتوقعة. واعتمد ماك على مقياس متوسط مربع الخطأ للتنبؤات (MSEP) لتقدير قيمة المخاطر (Baudry & Robert, 2019; Martinek & Mályusz, 2015).

يتضمن النموذج أيضاً آليات لتقدير معاملات التطور (f_i) (Development Factors)

لمبالغ المطالبات التراكمية بمثلث تطور المطالبات، المستخدم في التقدير النهائي لمخصص المطالبات، والتي يفترض ماك أنها تُمثل متوسط مرجح لمعاملات التطور الفردية. وبالتالي يمكن النظر إلى نموذج ماك على أنه نموذج انحدار لمعاملات التطور في مثلث المطالبات، بينما يعتمد تحديد الأوزان على مبالغ المطالبات التراكمية. وعلى ذلك فإن عوامل التطور الأساسية للمطالبات في نموذج التسلسل السلمي تُمثل الجزء المسوى، والذي تم توفيقه من نموذج الإنحدار الذي يصف العلاقة بين سنوات التطور والمطالبات. أما التباين للنموذج فهو يعكس الفروق المعنوية

بين عوامل التطور التي تم تسويتها، وعوامل التطور الفردية. كما يُقدم النموذج آليات حسابية لتقدير درجة مصداقية النموذج، من خلال التحقق الإحصائي من معنوية الأخطاء المقدرة بين عوامل التطور الفعلية والتي تسويتها للنموذج (Martinek, 2019; Verrall, 2000).

افتراضات نموذج ماك

يُمثل مثلث المطالبات التراكمية أحد أهم المدخلات الأساسية لنموذج ماك، وهو ما يتشابه مع أسلوب التسلسل السلبي. وتأخذ الصيغة العامة للبيانات الواردة بمثلث المطالبات شكل المعادلة التالية:-

$$\{C_{ij}: i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n - 1 + 1\} \rightarrow (1)$$

تشير C_{ij} إلى قيمة المطالبات التراكمية للفترة (i)، وخلال سنة التطور (j). ويعتمد نموذج "ماك" على مجموعة من الفرضيات، والتي تستخدم في التحليل الإكتواري للتوقعات المستقبلية لتسوية المطالبات، وتهدف هذه الفرضيات إلى التأكد من صحة بناء التوزيع الاحتمالي إكتواريًا، ومن ثم يمكن الاعتماد عليه في التنبؤ بتطور المطالبات على مدى الفترات الزمنية المستقبلية، كما يُسهل من عملية تقدير المطالبات غير المسددة باستخدام نماذج رياضية بسيطة نسبياً، والتي تعتمد على نتائج الخبرة. كما تهدف هذه الفرضيات أيضاً إلى محاولة التوصل لتقديرات نهائية غير متحيزة، مما يدعم تقديم توقعات على درجة عالية من الدقة. وهذه الفرضيات تُمثل مجموعة من الإجراءات الإكتوارية المستخدمة لتقدير مستوى عدم التأكد للقيم المقدرة للمخصصات، مثل الخطأ التربيعي المتوسط للتنبؤات (Chukhrova & Johannssen, 2021; Martinek & Mályusz, 2015). وفيما يلي عرضاً مختصراً لهذه الفرضيات (Martinek, 2019; IOA & FIAA, 2016):-

١. **الفرض الأول:** يُشير إلى ضرورة تمتع سنوات الحادث بمثلث المطالبات بالاستقلالية، ويفسر هذا الفرض العلاقة بين القيم المستقبلية والقيم الحالية للمطالبات. وبالتالي فإن الفترات الزمنية التي تعكس سنة الحادث، وهي الفترات التي بدأت فيها المطالبات تكون مستقلة عن بعضها البعض. ومن ثم فإن المطالبات التي تنشأ من فترة زمنية معينة لا تؤثر على المطالبات التي تنشأ من فترات زمنية أخرى. وتهدف هذه الفرضية إلى تبسيط العمليات الإكتوارية المستخدمة، حيث أن فرض الاستقلالية يضمن إمكانية تحليل بيانات كل فترة زمنية بشكل منفصل دون التأثير على الفترات الزمنية الأخرى.

٢. **الفرض الثاني:** افترض ماك أن معاملات التطور والتي تعكس آلية تغير المطالبات من فترة زمنية إلى أخرى تُمثل قيم مستقلة. ورياضياً يتم التعبير عن هذه الفرضية من خلال التوقع الشرطي للمطالبات خلال الفترة (j+1)، بمعلومية قيمة المطالبات السابقة حتى الفترة الزمنية

(j)، حيث يمكن تقديرها من خلال القيم المرجحة للمطالبات في الفترة (j) بعامل التطور (f_i)، أي أن القيمة المتوقعة للمطالبات خلال الفترة التالية بشرط وجود معلومات عن قيم المطالبات للفترات السابقة يمكن تقديرها من خلال ترجيح القيم الفعلية للمطالبات خلال الفترات السابقة بقيم معاملات التطور. وهو ما تحققه العلاقة الشرطية التالية: -

$$E[C_{i,j+1}|C_{i1}, \dots, C_{ij}] = c_{ij}f_i \rightarrow (2)$$

٣. الفرض الثالث: يفترض ماك أن القيم المقدرة لمعلومات التباين σ_j^2 المنفردة لها القدرة على أن تعكس مستوى المخاطر بالنموذج. ويعكس هذا الفرض مقدار التشتت في المطالبات كدالة لهذه المعلومات، ولكل فترة زمنية j. ويهدف هذا الفرض إلى تسهيل الحسابات الإكتوارية المستخدمة في تقدير مستوى عدم التأكد في نموذج التنبؤ، كما تساهم في حساب متوسط مربع الأخطاء للقيم المقدرة (خطأ التقدير) (MSEP).

$$Var[C_{i,j+1}|C_{i1}, \dots, C_{ij}] = c_{ij}\sigma_j^2 \rightarrow (3)$$

قياس جودة توفيق نموذج ماك

يعتمد ماك على معلمة التباين (σ^2) كمقياس للتحقق من صحة افتراضات النموذج. وبالتالي فإن معلمة التباين تعكس خطأ التنبؤ لكل فترة من سنوات الحوادث، ومن ثم فهي تمثل مقياس لمدى دقة التنبؤ للنموذج. حيث نجد أن هناك علاقة بين التباين كمقياس لدقة التنبؤ، وسنوات التطور أو سنوات الحوادث، فمع التطور في سنوات تتناقص قيمة التباين تدريجياً لتقترب من الصفر في سنوات التطور الأخيرة.. وهو ما يشير إلى زيادة دقة التنبؤ وموثوقية النتائج مع التقدم في سنوات الحوادث، فالنتائج تصبح أكثر منطقية مع مرور الوقت لأن نتائج الحوادث القديمة تكون قد تطورت، وتم تسويتها بشكل أكثر دقة (Zimmermann, 2011; Peters et al., 2009).

وكما اقتربت عوامل التطوير من الواحد الصحيح مع التقدم في سنوات الحوادث، تنخفض قيمة معلومات التباين مقابل فترات التطور، ويأخذ هذا الانخفاض الشكل الأسّي إلى أن يصل للصفر. وعند التمثيل البياني للمنحنى الأسّي نجد أن درجة الإنحناءات بالشكل (Kinks) تعكس العلاقة البيئية لعوامل التطور مع القيمة المتوسطة لتطور المطالبات، وهو ما يمثل درجة التشتت، وتشير تطبيقياً إلى وجود قيم خسائر كبيرة نسبياً غير معتادة في الرسم البياني (Nii Boi & QQ Aboagye, 2014).

أن تشخيص النمط الذي تأخذه هذه الإنحناءات، والشكل البياني للتباين، يمكننا من فحص مدى وجود مشكلات تعترض افتراضات تطبيق نموذج ماك، والتي يترتب عليها قيم معنوية

لمربعات الانحرافات تعكس معلمات تباين كبيرة نسبياً. وهو ما يُشير إلى أن البيانات لا تنطبق عليها افتراضات النموذج المقترح، وهو ما قد يرجع إلى أن الفترات الزمنية والمعبر عنها بسنوات الحوادث قد لا تكون مستقلة تماماً عن بعضها البعض، أو أن البيانات تعاني من أنماط غير متسقة عبر سنوات الحوادث، أي أن قيم المطالبات بالعينة والموزعة على سنوات الحوادث لا تتبع نفس النمط الأساسي المتوقع (Pentikäinen & Rantala, 1992; Peters & Wüthrich, 2009).

وأشار مالك إلى أن تقسيم البيانات إلى فترات زمنية ربع سنوية على سبيل المثال قد يكون له تأثير سلبي على جودة توفيق النموذج المقترح، حيث أن تطبيق النموذج المقترح لتسوية المطالبات على بيانات ربع سنوية يؤدي إلى زيادة خطأ التنبؤ مقارنة بالاعتماد على البيانات السنوية. وإحصائياً فإن الاعتماد على بيانات ربع سنوية على سبيل المثال يؤدي إلى تضاعف عدد عوامل التطور إلى أربعة أضعاف عددها الأصلي، مقارنة بالبيانات السنوية، وبالتالي فسيتم تقدير أربعة أضعاف عدد المعلومات لكل سنة من سنوات الحوادث، مما يترتب عليه زيادة في قيمة التباين للتقديرات، كنتيجة لزيادة الخطأ الناتج عن تقدير المعلومات (Gigante & Sigalotti, 2006).

ثانياً: نموذج بواسون فائق التشتت

توصل كل من (Hachemeister and Stanard, 1975) إلى أن استخدام توزيع بواسون لتسوية قيم المطالبات التراكمية يقدم تقديرات للمخصصات مماثلة لتلك التي تُقدمها طريقة التسلسل السلمي التقليدي. كما قام (Wüthrich and Merz, 2008) بتحليل وتطوير هذه الفرضية من خلال تحليل أعداد المطالبات التراكمية وتقسيمها حسب فترات الأصل وفترات التطور، وافترض أن هذه القيم مستقلة تخضع لتوزيع بواسون. ومن خلال التطبيق توصل إلى أن توزيع بواسون يتضمن بعض القيود التي تحد من تطبيقه، حيث أن التوزيع يقبل فقط التعامل مع الأعداد الصحيحة غير السالبة، كما يفترض التوزيع أن التباين يساوي دوماً المتوسط، مما يُحد من مرونته في بعض التطبيقات الخاصة بقياس مقدار تباين التوزيع والقيم المعرضة للخطر. وهو ما أدى إلى الاعتماد على توزيع احتمالي بديل يُمكنه التعامل مع هذه القيود، حيث قدم (Renshaw and Verrall, 1998) نموذج بواسون فائق التشتت (ODP)، والذي يعتمد على إطار النماذج الخطية المعممة (GLM)، وقد كان لهذا النموذج دوراً هاماً في تقديم بعض المعالجات الإكتوارية لهذه القيود، والذي يُعد تطويراً أشمل لنموذج بواسون، بالإضافة إلى أنه يتميز باحتفاظه بالإطار الأساسي لإسلوب التسلسل السلمي (Peters & Wüthrich, 2009).

وللتعامل مع مشكلة فرض تساوي القيم المقدرة لكل من التباين والمتوسط للتوزيع الاحتمالي للبيانات، أفترض النموذج وجود معلمة إضافية تُعرف بمعلمة المقياس (Scale Parameter)، والتي تُستخدم لتحديد حجم التباين بالنسبة إلى المتوسط. كما يُتيح النموذج أيضاً التعامل مع القيم غير الصحيحة للمطالبات، إلا أن النموذج يظل مُقيداً بشرط أن تكون المجاميع الكلية للمطالبات غير سالبة، وهو ما يعكس واقعية النتائج المتوقعة. ومن ثم فيمكن الاعتماد على النموذج بشكل موسع بالتطبيقات العملية للتأمين كونه يُقدم آليات أكثر عمقاً لتقدير حجم التباين، وهو ما يجعل منه نموذجاً مناسباً لقياس القيم المعرضة للخطر بمخصص المطالبات لقطاع التأمينات العامة، والتي تتصف بأن القيم المتوقعة للتباين قد تكون أكبر من المتوسط في أغلب الأحوال، وهو ما يُعرف بالتشتت الزائد (Over-dispersion) (Peters & Wüthrich, 2009).

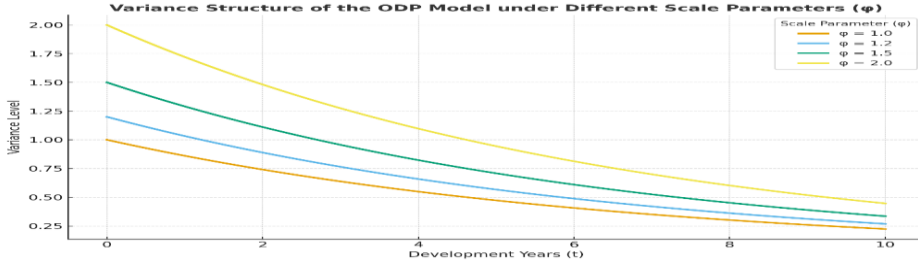
فروض نموذج بواسون فائق التشتت

يعتمد توزيع بواسون فائق التشتت (ODP) على مجموعة من الفرضيات، والتي تهدف إلى تقديم محددات تعمل على توفير أكثر دقة لمتغير المطالبات التراكمية لكل سنة من سنوات الحادث، وكذلك لفترات التطور السنوية، حيث يفترض النموذج أنها تُمثل قيم مستقلة وتتبع توزيع بواسون، كما أن متوسط القيم التراكمية للمطالبات تعكس مضروب كلاً من معلمتي سنة الحادث وفترة التطور. ويمكن الاعتماد على أسلوب دالة الإمكان الأعظم لتقدير هذه المعلمات، ومن ثم تقدير قيم وعدد المطالبات المتوقعة لكل من سنوات الحادث المختلفة. وتشابه هيكل الفرضيات لنموذج (ODP) مع نموذج بواسون التقليدي، كون متوسط مبالغ المطالبات التراكمية يمثل حاصل ضرب معلمات فترات التطور، بينما يكمن الاختلاف في أن التباين يمكن أن يأخذ قيمةً مختلفة عن قيمة المتوسط، ويتولد هذا الاختلاف كنتيجة لوجود معلمة مقياس (Scale)، والتي من خلال ترجيحها بقيم المتوسط يمكن تقدير قيمة التباين لمبالغ المطالبات التراكمية (Ohlsson & Lauzenings, 2009).

وقد تساوي معلمة المقياس رقم ثابت، أو قد يمكن التعامل معها على أنها متغير تعكس خصائص فترات التطور. وفي الواقع التطبيقي عادة يكون من المناسب السماح بتغير قيمة معلمة المقياس تبعاً لسنة التطور. ويتم تقدير قيم معلمات نموذج بواسون فائق التشتت باستخدام النماذج الخطية المعممة (GLM). حيث يمكن هذا النوع من النماذج من إضافة معلمات تعكس السنة الميلادية للحادث، وذلك حتى يسمح للنموذج بأن يعكس أثر التضخم. وعلى الرغم من أن نموذج (ODP) ونموذج ماك يقدمان تقديرات متشابهة لقيم المخصصات التراكمية كما في نموذج

التسلسل السلمي، ولكنهما يُقدما قيم مُقدرة مختلفة لمتوسط مربع الأخطاء للقيم المُقدرة. وبالتالي تختلف معالجة وتقدير كل منهم للقيم المعرضة للخطر.

شكل رقم (١): هيكل التباين لنموذج بواسون فائق التشتت باستخدام سيناريوهات مختلفة لمعلمة الحجم *



*(Shapland,2016)

يفترض نموذج بواسون فائق التشتت أن C_{ij} تمثل مبالغ المطالبات التراكمية لسنة الحادث i وسنة التطور j ، كما يفترض أن هناك معلمات تعكس تأثير كل من سنة الحادث (x_i) ، وسنة التطور (y_j) ، مع الأخذ في الاعتبار أن مجموع قيم معاملات التطور تساوي واحد، وبالتالي يمكن تقدير القيمة المتوقعة لمبالغ المطالبات من خلال حاصل ضرب معلمي سنة الحادث وسنة التطور (Peters & Wüthrich, 2009; IOA & FIAA, 2016) :-

$$E[C_{ij}] = x_i y_j \dots \dots \text{where } \sum_{i=1}^n y_i = 1 \rightarrow (4)$$

وأشار (Renshaw and Verrall,1998) إلى أن معلمة سنة الحادث x_i ، تعكس القيمة النهائية المتوقعة غير المشروطة لمجموع مبالغ المطالبات لسنة الأصل. بينما معلمة سنة التطور y_j فهي تمثل نسبة التطور السنوي التراكمي المتوقعة لسنوات الحادث المختلفة، وبالتالي فإن مجموع قيم المعلمة لسنة التطور الواحدة وسنوات الحادث المختلفة تساوي واحد. ويفترض نموذج توزيع (ODP) ثبات معلمة المقياس (U_{ij}) ، وذلك لأغراض تسهيل العمليات الحسابية. وترجع أهمية معلمة المقياس كونها تستخدم في تقدير قيمة التباين للمطالبات التراكمية، والتي يتم تقديرها كمتوسط مرجح لكل من معلمة المقياس والقيمة المتوقعة للمطالبات كما يتضح من العلاقة (5) :-

$$Var(C_{ij}) = U_{ij} E[C_{ij}] \rightarrow (5)$$

وقد افترض النموذج أن معلمة المقياس تتغير اعتماداً على اختلاف القيمة المتوقعة للمطالبات لسنة التطور فقط، حيث افترض عدم وجود فروق معنوية للتغير تبعاً لسنة الحادث، وبالتالي فقد تجاهل تأثير سنة الحادث، كما يتضح من العلاقة (6) :-

$$Var(C_{ij}) = U_j E[C_{ij}] \rightarrow (6)$$

وبتطور تطبيق النموذج ولزيد من إجراءات تسهيل العمليات الحسابية، تم افتراض ثبات قيمة معلمة المقياس، وتجاهل أثر كل من سنة الحادث وسنة التطور، وهو ما يتضح من خلال العلاقة (7): -

$$Var(C_{ij}) = \sigma^2 E[C_{ij}] \rightarrow (7)$$

وعلى الرغم من أن الواقع التطبيقي يوضح أن معلمة المقياس متغيرة، وتختلف تبعاً لكل من سنة الحادث وسنة التطور، إلا أن (Renshaw, 1998) أوضح أن هذا التغير غير معنوي، كما أن معلمة سنة الحادث وسنة التطور كافية لتعكس أثر التغير في كل منهما، وبالتالي يمكن تجاهل التأثير البيئي مع معلمة المقياس في مقابل إمكانية التعامل مع النموذج كنموذج إنحدار خطي مُعمم (GLM). وهو ما يُقدم نتائج أولية مشابهة لاسلوب التسلسل السلمي التقليدي، حيث أن الاعتماد على النماذج الخطية المعممة في تقدير المعلومات يسمح بتقديم توزيع احتمالي لمقدار الخطأ المعياري، وبذلك يُعالج المشكلة التي تستتبع تطبيق التوزيع الطبيعي كونه لا يقدم توزيع احتمالي للخطأ المعياري. كما يسمح النموذج لمتغير الاستجابة (y) أن يتم تمثيله من خلال معادلة ربط (Link function)، وذلك بالمركب الخطي الممثل في المتغيرات التفسيرية. هذا بالإضافة إلى أن نماذج GLM تتعامل مع عائلة التوزيعات الأسية، والتي تشمل العديد من التوزيعات التي لها قدرات تفسيرية جيدة على تقديم تحليلات على درجة عالية من الدقة للعلاقة بين المتغيرات، مثل التوزيع الطبيعي وتوزيع جاما وبواسون (Zimmermann, 2011).

ويفترض نموذج بواسون فائق التشتت أن القيمة المتوقعة للمطالبات التراكمية تقترب من الشكل الهيكلي ذو القيم المتضاعفة، وبالتالي فإن الاعتماد على نماذج GLM توفر إمكانية استخدام الصيغة اللوغاريتمية كدالة ارتباط تمكّنها من تحويل هذا الهيكل المتضاعف إلى هيكل ذو قيم خطية يسهل تفسيرها. وعلى الوجه الآخر فإن الاعتماد على الصيغ اللوغاريتمية يترتب عليه افتراض أن القيمة المتوقعة لمبالغ المطالبات التراكمية لسنة الحادث (i) وسنة التطور (j) سوف تكون قيمة موجبة دائماً ($E[C_{ij}] > 0$)، وبالتالي فإن نموذج بواسون التقليدي يصبح غير مناسب لمجموعة البيانات التي تتضمن قيم سالبة، ومن ثم يمكن تقدير قيم معلومات سنة التطور وسنة الحادث من خلال الاعتماد على اسلوب التسلسل السلمي، وبافتراض أن مبالغ المطالبات التراكمية تُمثل أرقام موجبة، وهو ما يُشير إلى أن مجموع الأعمدة لمثلث المطالبات التراكمية يجب أن يعكس قيمة موجبة، ومن ثم فإن معلمة المقياس يمكن تقديرها من خلال العلاقة (8) (IOA & FIAA, 2016): -

$$U = \frac{1}{D.F} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n-1} \frac{(C_{ij} - E[C_{ij}])^2}{E[C_{ij}]} \rightarrow (8)$$

تعكس العلاقة (8) عدد درجات الحرية المستخدمة بالنموذج (D.F)، والتي يتم تقديرها من خلال الاعتماد على القيمة المطلقة للفرق بين عدد المشاهدات وعدد الملاحظات التي يتم توفيقها. مع الأخذ في الاعتبار أن عدد المشاهدات يعكس عدد المطالبات (C_{ij}) بمثلث قيم المطالبات التراكمية. ويمكن اعتبار توزيع بواسون فائق التشتت حالة خاصة من عائلة توزيعات (Tweedie)، ولكن ما يميزه كون قيمة التباين للتوزيع متناسب ومتوسط التوزيع (μ^C)، بينما تعكس القيمة (C) مؤشر التوزيع، وعندما تكون (C=1) فإن ذلك يشير إلى أحد الحالات الخاصة لتوزيع (Tweedie) وهي توزيع بواسون، وتعكس التوزيع الطبيعي عندما تُحقق الحالة (C=0)، وتوزيع جاما عندما (C=2). وتطبيقاً إذا كانت بيانات المطالبات تحتوي على ذيول ثقيلة-Heavy Tailed، يمكن استخدام توزيعات Tweedie مع قيم C أكبر من أو تساوي الواحد (Ohlsson & Lauzenings, 2009).

جودة توفيق النموذج (Model Validation)

تشير جودة توفيق النموذج إلى مدى قدرة النموذج المقترح على تمثيل البيانات الفعلية بدقة، فإذا تم توفيق النموذج بشكل جيد مع البيانات، فهذا يعني أن التنبؤات التي يُقدمها تكون دقيقة، ويمكن الاعتماد عليها في عملية التقدير. وتعكس عملية التأكد من جودة النموذج محاولة التحقق من مدى توافق النموذج والبيانات محل الدراسة. وبالتالي فهي تمثل عملية اختيار أو فحص ما إذا كان النموذج ملائم لتمثيل قيم المطالبات بدقة. ومن الأهمية بمكان التأكد من مدى ملائمة النموذج قبل المُضي قدماً في تقدير قيمة مخصص المطالبات (Verrall, 2000).

تعتمد عملية تقدير ملائمة النموذج على خطوتين، الأولى تركز على التحقق من صحة الافتراضات ومدى ملائمتها للبيانات، أما الثانية فتتجه إلى التحقق من صحة النموذج من منظور إحصائي. وذلك عن طريق فحص الشكل العام للتوزيع الاحتمالي للبواقي للتأكد من كونها تتسم بالتمائل، وتتمتع بالاستقلالية، وتتبع التوزيع الطبيعي. وترجع أهمية التأكد من توافر هذه الافتراضات إلى أنها تمثل الأساس الذي يُعتمد عليه في تطبيق النماذج الخطية المعممة GLM، حتى يمكن استيفاء شروط تطبيق هذا النوع من النماذج.

وفيما يلي عرض لأهم الآليات المتبعة لفحص مدى جودة توفيق النموذج المقترح لقياس القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات. ويتم تشخيص جودة التوفيق من خلال العديد من الأدوات مثل الخرائط الحرارية (Heat map)، وهي تعكس تباين التطوير عبر سنوات الحادث،

بالإضافة إلى تشخيص الشكل البياني للبواقي، وأخيراً تحليل معنوية الفروق بين القيم الفعلية والمتوقعة (Mack & Venter, 2000).

١- فحص البواقي

تعتمد عملية تشخيص البواقي على التحقق من أن البواقي المعيارية المستنتجة من نماذج المخصصات العشوائية تتمتع بالاستقلالية، وموزعة توزيع طبعي مُتماثل، وهو ما يُمكننا من تطبيق إجراءات تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) لتقدير مدى موثوقية القيم المُقدرة للمخصصات، وبالتالي الوصول إلى تقديرات دقيقة للقيم المعرضة للخطر. وتعتمد الإجراءات الحسابية لتقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) على تبادل البواقي من جزء إلى آخر من أجزاء البيانات. ثم يتم الاعتماد على التمثيل البياني للبواقي (Residual plots)، من أجل التأكد من صحة افتراضات النموذج، وكذلك خصائص التوزيع الاحتمالي للمطالبات. ويتم أيضاً الاعتماد على آليات المقارنة المرجعية، والتي تكون مفيدة في وصف السلوك الاحتمالي لنماذج المخصصات العشوائية مثل الأشكال البيانية المقارنة لكل من القيم الفعلية والموقعة، وفي كثير من الأحيان يتم الاعتماد على النسبة بين القيم الفعلية والموقعة، أو فحص معنوية الفروق في قيم مثلث البواقي بين القيم الفعلية للمطالبات، وما يقابلها من قيم مُقدرة. ويُعد فحص البواقي المعيارية نقطة البداية في تشخيص البواقي، وبناءً عليه يتم تعديلها وتوحيدها وفقاً لمستويات التباين المختلفة، والمرتبطة بفترات التطور في مثلث بيانات مخصص المطالبات. كما يجب التأكد من أن البواقي تتمتع بدرجة مرتفعة من التجانس، وهو ما يتم قياسه من خلال الاعتماد على قيم التباين (Homoscedasticity)، وكذلك التمثيل البياني لقيم البواقي المعيارية (Residual Scatter plot)، والذي يصف العلاقة بين بواقي نموذج الإنحدار مقابل قيم المطالبات (Scarth & Roberto, 2020). ويتصف النموذج بالتجانس إذا كان الشكل البياني للبواقي يُظهر تشتتاً متساوي في المركز حول الصفر، وبدون وجود نمط معين لهذا التشتت. أما إذا كانت البواقي تظهر بعض الأنماط أو الأشكال غير المعنوية، فهنا يُمكن وصفها على أنها غير متجانسة التباين، وهو ما يُشير إلى وجود مشكلة في نموذج الإنحدار، وقد تتعلق هذه المشكلة بافتراضات النموذج، أو أن النموذج يعاني من انخفاض بدرجة التوفيق لبيانات المطالبات. ولعل من الأهمية بمكان أن يتم الاعتماد على التمثيل البياني لقيم البواقي مقابل القيم الموقعة للمطالبات، أو اللوغاريتم الطبيعي للقيم الموقعة، وذلك حسب المقياس المستخدم بالرسم. وهو أمر على درجة مرتفعة من الأهمية، خاصة بالنسبة

لنماذج المخصصات العشوائية لأنه يفحص توزيع البواقي حسب القيم التي تم توفيرها لمخصص المطالبات (Frees& Derrig,2014).

ويجب أخذ سنوات التطور أو سنوات الحادث أو السنوات الميلادية أو سنوات سداد المطالبات في الاعتبار عند فحص التمثيل البياني للبواقي. وهو ما يُمثل الاتجاه الثالث لمثلث المطالبات، وبالتالي يمكن تحديد نطاق البيانات التي تتسم بمستوى توفير منخفض بمثلث المطالبات. ويعتمد تحديد مدى جودة النموذج الذي تم توفيره أيضاً على بعض القيم الاحصائية الأخرى مثل المتوسط والانحراف المعياري للبواقي بالشكل البياني، حيث إن درجة انحراف القيم المتوسطة عن صفر التوازن يُمثل مؤشر على عدم جودة توفير النموذج، وبالتالي فيوصف النموذج على أنه متحيز لمجموعة فرعية ومحددة من البيانات. بينما يشير اقتراب القيمة المتوسطة من الصفر التوازني، مع عدم توافر شرط مساواة الانحراف المعياري للبواقي للواحدة، إلى وجود مشكلة مرتبطة بفرضيات النموذج (Scarth & Roberto,2020).

٢- الخرائط الحرارية

تستخدم الخرائط الحرارية في تفسير التفاعلات بين قيم المطالبات الفعلية والتي تم توفيرها، وكذلك النسبة بينهما. كما يمكن الاعتماد عليها كمحاولة لمعالجة المشاكل المرتبطة بنماذج المطالبات، حيث تقدم تمثيل لكل من القيم الفعلية إلى التي تم توفيرها، أو البواقي المعيارية. حيث تساعد في تحديد القيم ذات جودة التوفيق المنخفضة بمثلث المطالبات التراكمية، والتي قد تتسم بوجود اتجاهات أو تفاعلات بين كل من فترات الحوادث وسنوات التطور. وتقدم الخرائط الحرارية ثلاثة مستويات مختلفة من جودة التوفيق لقيم النموذج المقترح، حيث يعكس المستوى الممثل بيانياً باللون الأزرق القيم ذات التوفيق المنخفض، بينما المستوى الممثل باللون الأبيض يُشير إلى نسبة توفير بنسبة ١٠٠٪، أما اللون الأحمر فيشير إلى مستوى توفير يتجاوز مستوى جودة التوفيق بنسبة ١٠٠٪، وفي النماذج ذات التوفيق الجيد يفترض عدم وجود نمط معين للتشتت، أي أنه يمثل تشتت عشوائي. بينما إذا كان النموذج لم يتم توفيره بشكل جيد نجد أن هناك أنماط تأخذها التمثيل البياني للبيانات، وخاصة بالنسبة لسنة الدفع. فعلى سبيل المثال تميل سنوات الدفع المبكر والمتأخر إلى أن يكون لها قيم فعلية أعلى من القيم الموفقة في حين تميل سنوات الدفع المتوسطة الأجل إلى أن يكون لها قيم موفقة أعلى (Scarth & Roberto,2020; IOA & FIAA, 2016).

جودة توفيق نموذج بواسون فائق التشتت

يمكن الاعتماد على الشكل البياني (P.P plot) للتحقق من صحة افتراضات نموذج بواسون فائق التشتت، من خلال مقارنة التمثيل البياني لدالة كثافة الاحتمال (CDFs) للتوزيع التراكمي المتوقع ($F(u)$) مقابل التوزيع التراكمي الفعلي ($G(u)$). ولتقدير معلمات النموذج يمكن الاعتماد على النماذج الخطية المعممة (GLM)، حيث يعكس التوزيع الأول المطالبات المتوقعة، وهو ما يتم تقديره بناء على افتراضات نموذج ODP. بينما النموذج المقارن يمثل التوزيع الفعلي لبيانات المطالبات. ويهدف الاختبار إلى محاولة التحقق من تبعية البيانات الفعلية لتوزيع بواسون فائق التشتت النظري، حيث أن مطابقة القيم الفعلية على الرسم مع اتجاه الخط المستقيم تعكس كونها تتوزع بشكل متساوي منتظم بين التوزيع النظري والفعلي، وهو ما يشير إلى أن التوزيع يحقق وضع التوازن، وبالتالي فإن النموذج يتناسب مع البيانات بشكل جيد، وهو ما يمكن أن نشير له بجودة التوفيق، فإذا كان النموذج جيد التوفيق فإن الشكل البياني (P.P plot) سوف يأخذ شكل الخط المستقيم ($y=x$)، بينما تشير الانحرافات المعنوية عن الخط المستقيم إلى وجود مشكلات في الافتراضات التطبيقية للنموذج (Liu&Verrall,2010; Peters&Wüthrich,2009).

وواحدة من أهم المشكلات المرتبطة بنموذج بواسون فائق التشتت كونه يفترض ثبات نفس قيم معلمات المقياس المستخدمة في مثلث المطالبات، وهو ما يتطلب اختبار معنوية هذا الفرض، فعلى الرغم من أنه يفضل الاعتماد على قيم متغيرة للمعلمات تتناسب وكل فترة من فترات التطور (خاصة إذا أظهرت البواقي تشتت أكبر لنفس فترات التطور)، إلا أنه ولتسهيل الحسابات الإكتوارية المستخدمة، وتجنب وجود أثر مزدوج للمعلمة المقياس مع معلمتي سنة الحادث وسنة التطور، تم افتراض ثبات قيمة معلمة المقياس، وعدم وجود أثر معنوي لتغيرها. ويُعتبر مخطط الانتشار للبواقي مفيد جداً لإختبار مدى معنوية ثبات قيم معاملات المقياس. ويُشير الشكل المنتظم لتباين البواقي، وغير المنتظم لمتوسط البواقي إلى أن معلمة المقياس الثابت غير معنوية وغير مقبولة، أو أن الأوزان الترجيحية التي تم اختيارها للتغير في معامل المقياس غير كافية. فعلى سبيل المثال إذا زاد التباين حسب فترة التطوير بمعدل أسرع من المتوسط فإن البواقي ستظهر نمط على شكل (funnel) له انتشار كبير لفترات التطوير الأحدث (Gigante & Sigalotti, 2006; Frees& Derrig, 2014).

ويجب العمل على محاولة التحسين المستمر لنتائج النموذج، وخاصة عند فشل النموذج في أي من اختبارات التحقق من فرضياته (التبعية للتوزيع الاحتمالي النظري، تحليل

البواقي، التوزيع التراكمي)، وتُمثل أولى إجراءات تحسين نتائج النموذج في محاولة التخلص من القيم الشاذة والمتطرفة للبواقي، والتي تُمثل الفرق بين القيم المتوقعة والفعلية. وعند التأكد من أن النموذج لا يعاني من قيم متحيزة أو متطرفة يمكن تحسين نتائج جودة النموذج من خلال تمهيد قيم التباين غير المتجانس (Heteroscedasticity)، والذي يُظهر نمط متغير في البواقي عبر فترات التطوير، يمكن ملاحظته من خلال التمثيل البياني (P-P plot)، والذي قد يُظهر انحراف كبير عن الخط المستقيم، وهو ما يشير إلى أن التوزيع الفعلي لا يتبع التوزيع النظري. وتعتبر أحد إيجابيات الاعتماد على معلمة المقياس كونها تقدم إجراءات حسابية تتمكن من معالجة مشكلة التباين غير المتجانس، وذلك حسب فترة التطوير (Pentikäinen & Rantala, 1992; Scarth & Roberto, 2020).

ثالثاً: تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات

تُمثل القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات مقياس يُستخدم لتقديم رؤية توضح مدى دقة التقديرات المالية، مما يعكس التباين في التقديرات الناتجة عن الأخطاء في النموذج. والتي ترجع إلى نوعين أساسيين من الأخطاء، الأول الخطأ الناتج عن العمليات (Process Error)، وهو الخطر المترتب على وجود أخطاء في العمليات الحسابية المستخدمة لمعالجة البيانات. ويمكن أن يكون هذا ناتجاً عن عدم الدقة في جمع البيانات، أو تغييرات مفاجئة في الظروف الإقتصادية. أما النوع الثاني فهو يعكس الخطأ الناتج عن المعلومات المُقدرة للنموذج (Parameter Error). ويتم دمج تقدير الخطأ في العملية مع تقدير الخطأ في المعاملات للحصول على مؤشر التباين الذي يعكس متوسط مربع الأخطاء MSE (Baudry & Robert, 2019).

تدعم الافتراضات التي قدمها ماك آلية التوصل إلى صيغة رياضية لتقدير متوسط مربع الأخطاء للمخصص لكل سنة حادث، وكذلك لإجمالي المخصص عبر الفترة الزمنية تحت الملاحظة. وأرجع ماك أيضاً خطأ التقدير إلى خطأ ناتج عن دقة تقدير المعلومات، والذي قام بتفسيره على أنه هذا النوع من الخطأ الناتج عن عدم الدقة في تقدير المعلومات (القيم العددية المستخدمة في النموذج)، حتى لو كان النموذج صحيحاً. وحسابياً يعبر عنه عن طريق الفرق بين التوزيع الفعلي والتوزيع النظري الذي يعتمد على هذه المعلومات. أما النوع الثاني من المخاطر فهي المخاطر الناتجة عن الخطأ المتولد عن العشوائية في النتائج المستقبلية، حتى مع استخدام نموذج ومعلومات صحيحة. ويعكس هذا النوع من التباين التغيرات والتقلبات الطبيعية الناشئة عن العمليات الفنية للتأمين، وهو ما يُشار إليه بخطر العمليات (Process Risk). وهو يُمثل نوع من أنواع الخطر

الناتج عن عدم التأكد الذي ينشأ بسبب العشوائية الطبيعية في العمليات التي يتم نمذجتها، خاصة في مجال عمليات التأمين وتقدير المخصصات.

وفيما يتعلق بعمليات التأمين، فإن خطر العمليات يعبر عن الإختلافات غير المتوقعة التي تحدث في عدد وحجم المطالبات المستقبلية. حتى لو تم تحديد النموذج المناسب وتم تقدير المعلومات بدقة، تبقى هناك عشوائية في النتائج الفعلية، مثل عدد الحوادث أو خسائر المطالبات، التي لا يمكن توقعها بشكل دقيق بسبب الطبيعة العشوائية للأحداث (Martinek&Mályusz,2015). وبالتالي فيمكن تحديد أهم أنواع المخاطر التي يتعرض لها تقدير المخصصات إلى الخطر الناتج عن المعلومات، والذي ينشأ كنتيجة لعدم القدرة على تقدير المعلومات بدقة، والخطر المتولد عن الأخطاء في العمليات الحسابية المستخدمة لتقدير قيم المخصصات، والذي يظهر حتى لو كانت المعلومات والنموذج دقيقين. وبالتالي فإن خطر العمليات يعتبر مكوناً أساسياً للبيانات، ولا يمكن تقليصه بمجرد تحسين التقدير.

وعند الاعتماد على النماذج العشوائية لتقدير المخصصات يُعتبر خطأ العمليات جزءاً من التباين الكلي، ويجب أخذه بعين الاعتبار عند تقدير المخصصات. فهو يُمثل تقلبات لا يمكن التنبؤ بها بشكل كامل، ويُشير إلى أن النتائج المستقبلية التي قد تختلف عن التوقعات حتى عند استخدام أفضل نموذج ممكن. بينما نجد أن خطر المعلومات هو الخطأ الناتج عن كون تقدير المعلومات يعتمد على مجموعة محدودة من البيانات، ومن ثم فقد يكون هناك اختلاف بين كل من القيم الفعلية والقيم المقدرة من النموذج للمعلومات (Martinek, 2019; Scarth&Roberto,2020).

ومن ثم يتضح أن خطأ تقدير المعلومات ينشأ من محاولة توفيق نموذج إحصائي يمثل مثلث المطالبات تحت الدراسة، بينما خطأ العملية ينشأ من توفيق بيانات المطالبات المستخدمة لتقدير مبالغ المطالبات النهائية. ويجب الأخذ في الاعتبار وجود ترابط بين أخطاء المعلومات لسنوات الحوادث المختلفة كنتيجة لاعتمادهم في التقدير على نفس المعلومات المقدرة، بينما ينتج عن تطبيق الافتراض الثاني لماك وجود استقلالية بين أخطاء العمليات للفترات المختلفة، كنتيجة لأن سنوات الحوادث مستقلة. وكنتيجة لوجود ترابط بين قيم أخطاء العمليات نجد أن تقديرات قيم المخصصات للفترات المختلفة تكون مترابطة أيضاً. وهو ما يجب أخذه في الاعتبار عند تقدير قيمة خطأ التقدير (MSEP) لإجمالي المخصصات المقدر لكل الفترات. وبالتالي يمكن حساب قيمة خطر

العمليات من خلال تقدير قيم معلمات التباين σ_j^2 ، والمعتمد على معلمات التطور السنوي. وذلك باستخدام العلاقة (9) (Wuthrich & Merz, 2015):

$$Var(Process) = \sigma_j^2 = \frac{1}{n-j-1} \sum_{i=1}^{n-j} C_{ij} (f_{ij} - f_j)^2, \quad \text{where } f_{ij} = \frac{C_{i,j+1}}{C_{ij}} \rightarrow (9)$$

وتفسر العلاقة السابقة آلية تقدير القيمة المعرضة لخطر العمليات، حيث تظهر العلاقة كنوع من أنواع نماذج الإنحدار المرجحة (Weighted Regression Models). كما يتم استخدام عوامل التطور (f_{ij}) لحساب التطور بين فترات زمنية مختلفة. أما القيم (C_{ij}) فهي تمثل المدفوعات التراكمية، والتي تُعبر عن الوزن المرجح لكل قيمة. ويترتب على العلاقة السابقة لتقدير خطر العمليات مشكلة تقدير التباين للفترة الأخيرة، حيث أن الصيغة المعتادة لتقدير التباين (σ_j^2) تكون صالحة فقط خلال الفترة الزمنية ($1 \leq j \leq n-2$). فالفترة النهائية ($n-1$) لا تقدم سوى قيمة واحدة لعامل التطور، مما يجعل تقدير التباين مستحيلًا إحصائيًا، لأنه يحتاج إلى بيانات إضافية للفترة الزمنية التالية. وبالتالي فإن المصدر الرئيسي لهذا الخطر يتمثل في نقص البيانات اللازمة لتقدير التباين للفترة الأخيرة. واحدة من الحلول المقدمة لمعالجة هذه المشكلة إمكانية الاعتماد على خصائص ومعلمات بيانات نتائج الخبرة للفترة الزمنية السابقة، وذلك لغرض تقدير معلمات التباين بالفترة النهائية، ويتم حساب القيمة التقديرية لهذا النوع من المخاطر كما بالعلاقة رقم (10) (Mack, 2000; IOA&FIAA, 2016):

$$\hat{\sigma}_{n-1}^2 = \min \left(\min_1, \frac{\hat{\sigma}_{n-2}^4}{\hat{\sigma}_{n-3}^2} \right) \dots \text{where } [\min_1 = \min(\hat{\sigma}_{n-3}^2, \hat{\sigma}_{n-2}^2)] \rightarrow (10)$$

ويتضح من العلاقة رقم (10) أن القيمة المقدرة لمعلمة التباين النهائي تمثل دالة أسية متناقصة (Exponentially Decreasing Extrapolation) للسلسلة الزمنية للتباينات. وبالتالي يمكن تقدير قيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات اعتماداً على كل من خطر المعلمات والعمليات كما يتضح من العلاقات [11-13] (Frees & Derrig, 2014; IOA&FIAA, 2016):

$$Var(R_C) = Var(process) + Var(parameter) \rightarrow (11)$$

$$Var(R_C) = \hat{C}_{in}^2 \sum_{j=n+1-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{C}_{ij} \hat{f}_j^2} + \hat{C}_{in}^2 \sum_{j=n+1-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\sum_{m=1}^{n-m} \hat{C}_{mj} \hat{f}_j^2} \rightarrow (12)$$

$$Var(R_C) = \hat{C}_{in}^2 \sum_{j=n+1-i}^{n-1} \frac{\hat{\sigma}_j^2}{\hat{f}_j^2} \left(\frac{1}{\hat{C}_{ij}} + \frac{1}{\sum_{m=1}^{n-m} \hat{C}_{mj}} \right) \rightarrow (13)$$

ويتضح من العلاقات السابقة أن القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تنقسم إلى خطر ناتج عن عدم الدقة في تقدير قيم المعلمات، وكذلك الخطر الناتج عن الخطأ في العمليات. مع الأخذ في الاعتبار أن هذه العلاقة اعتمدت في وصف هذا المقدار على كل من القيم المرجحة لمعاملات التباين ومعاملات التطور السنوي، ومن خلال العلاقات السابقة يتضح أيضاً أن مستوى

دقة التنبؤات تتأثر أيضاً بقيم الارتباط البيئي بين البيانات المختلفة، وأن هذه العلاقات يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند حساب مستوى دقة التقديرات في النموذج (Gigante & Sigalotti, 2006).

رابعاً: تقدير القيم المعرضة للخطر باستخدام تقنيات إعادة المعاينة (Bootstrapping)

يعتمد نموذج بواسون فائق التشتت والمستخدم لقياس القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات على قيم متوسط مربع الأخطاء لقيم المخصصات المقدرة (MSEP). وهو مقياس يستخدم لتقدير حجم الخطر الناتج عن عدم الدقة في التوقعات، خاصة في نماذج التنبؤ بالقيم المتوقعة للمطالبات. ويتم تقدير قيمة الخطر بالنموذج بطريقتين، الأولى تعتمد على الفترات الزمنية الأصلية الفردية لسنة الحادث. أما الثانية فتعتمد على قيم الاحتياطات التراكمية خلال سنوات التطور المختلفة. ومن ثم يسهل تقسيم القيم المعرضة للخطر إلى قيمتين، الأولى الخطر الناتج عن العمليات، أما الثانية فهي الخطر الناتج عن تقدير المعلمات. حيث يتم حساب خطر العمليات من خلال الاعتماد على القيمة المقدرة لمعلمة التباين العشوائي في المطالبات، والتي يتم تقديرها بالاعتماد على كل من الجذر التربيعي لمعلمة المقياس التي تم توفيرها (Fitted Scale Parameter)، والقيم المقدرة لمخصص المطالبات، وبالتالي نجد أن هذا النوع من أنواع المخاطر يرتبط إيجابياً بحجم المخصص، وحيث أن القيم المقدرة للمخصص تتناقص تدريجياً مع التقدم في كل من سنوات التطور، وسنوات الحادث، وهو ما يترتب عليه بالتبعية تتناقص تدريجياً في القيم المعرضة لخطر العمليات (Wolny-Dominiak & Ządło, 2022).

بينما نجد أن الخطر الناتج عن المعلمات (Parameter Risk) - والذي يعكس عدم التأكد في تقدير معلمات النموذج - يزداد بشكل تدريجي خطي مع التطور في كل من قيمة المخصص، وبشكل يتناسب ومعلمة المقياس. وعملياً وحسابياً نجد أن تقدير القيمة المعرضة لخطر المعلمات تتسم بالتعقد مقارنة بخطر العمليات، ويرجع ذلك للعديد من الأسباب لعل أهمها تأثر ذلك النوع من المخاطر بالعديد من المتغيرات، والتي تعكس التغير في البيانات محل التقدير، ذلك بالإضافة إلى أن العلاقة بين خطأ المعلمات والمخصص ليست خطية تماماً، مما يزيد من درجة التعقيد في الحسابات (Ohlsson & Lauzeningsks, 2009).

ولمعالجة هذه التعقيدات، ولتسهيل العمليات الحسابية يمكن استخدام تقنية إعادة المعاينة Bootstrapping، حيث تسمح هذه التقنية بإعادة أخذ العينات من البيانات الأصلية لتوليد توزيعات احتمالية للمخصصات. كما يمكن أيضاً استخدام تقنية (Monte Carlo Simulation)، والتي تهدف إلى محاكاة العديد من السيناريوهات المختلفة لتوليد التوزيع الكامل

للمخصصات. حيث توفر هذه التقنيات المستحدثة تقديرات أكثر دقة تساعد في فهم التوزيع الكامل للاحتياطات بدلاً من مجرد الاعتماد على القيم المتوسطة (BRATI & BRAIMLLARI, 2023).

وواحدة من أهم التقنيات المستخدمة للتوصل لتقديرات للمتغيرات (مع الأخذ في الاعتبار جميع الفرضيات السابقة للتوزيعات محل الدراسة) هي تقنية إعادة المعاينة (البوتستراپ)، حيث يمثل أحد الأساليب الإحصائية التي تعتمد على إعادة سحب العينات مع الإحلال من البيانات الأصلية. ففي كثير من الأحيان، وعند التطبيق العملي لاسلوب التسلسل السلي، تتم معالجة مجموعة واحدة فقط من البيانات، إما بيانات المطالبات المدفوعة أو المتكبدة، ولا تتم المعالجة لكل منهما معاً في نفس الوقت. وهو ما لا يعزز الاستفادة الكاملة من جميع البيانات المتاحة، ويؤدي إلى فقدان خصائص بعض المعلومات، ويؤدي كذلك إلى نتائج غير دقيقة، ذلك إذا كانت هذه البيانات تُعاني من وجود قيم متطرفة، أو عدم تجانس بالتباين الخاص بالمطالبات. وتكمن الفكرة وراء تقنية إعادة المعاينة في أن المعلومات التي يتم تقديرها بناء على البيانات المتاحة ليست ثابتة أو دقيقة، حيث تحتوي على خطأ ناشئ عن عدم التأكد، والنتائج عن استخدام عدد محدود من عينات البيانات (Chernozhukov.et.al, 2023). ولغرض زيادة دقة تقدير معلومات نموذج توفيق المطالبات يمكن الاعتماد على عدد من العينات الأخرى مسحوبة من نفس المجتمع. وهو ما تقدمه تقنية إعادة المعاينة (Bootstrapping)، والتي تعمل على توليد مجموعة من العينات بالاعتماد على مجموعة افتراضية من البيانات، والمشتقة من البيانات الأصلية، باستخدام إعادة إعادة المعاينة (Adnan & Husniah, 2021).

ويؤدي النموذج المعاد توفيقاً لكل مجموعة من البيانات إلى العديد من التقديرات للمعلومات، مما يسمح بتقدير دقيق لمستوى عدم التأكد في المعلومات. وتسمح تقنية إعادة المعاينة بإنشاء عدد من العينات الوهمية بالاعتماد على قيمة المعلومات الأصلية بالبيانات محل الدراسة. من خلال السحب العشوائي مع الاستبدال للمفردات بمجتمع الدراسة، يتم تقدير قيمة المعلومات في كل مرة باستخدام كل عينة يتم إنشاؤها. وهذه التقنية تُنتج عدة تقديرات للمعاملات (Chernozhukov.et.al, 2023).

يُتمثل أحد أهم أنواع أساليب توليد العينات في تقنية إعادة المعاينة شبه المعلي (Semi-parametric)، والذي يعتمد على أخذ عينات عشوائية من البيانات الأصلية، بحيث تكون العينات مستقلة وذات توزيع متطابق، وهذه العينات تستخدم لمحاولة التقريب من التوزيع الأساسي

للبيانات. ويمثل هذا الأسلوب الأكثر استخداماً في نماذج المخصصات العشوائية في مجال التأمين، حيث لا يتوافر معلومات كافية عن التوزيع الأصلي للبيانات بشكل دقيق (Liu & Verrall, 2010). أما الأسلوب الثاني فيتمثل في أسلوب إعادة المعاينة المعلمي، وهنا يتم في البداية الاعتماد على توزيع معين معروف أو نموذج معلمي معين، ثم يتم توفيقه من خلال الاعتماد على معلمات البيانات الفعلية للمطالبات. ومن ثم يتم سحب عينات من هذا التوزيع بدلاً من البيانات الأصلية مباشرة. ويستخدم هذا النوع عندما لا تتوافر معلومات كافية عن تبعية البيانات لتوزيع احتمالي معين. ومن الضروري عند استخدام منهجية إعادة السحب العشوائي للعينات أن يتم التأكد من أن المتغيرات التي تم إعادة أخذ العينة منها مستقلة وموزعة بشكل منتظم ومتماثل. وإذا لم تتوافر معلومات كافية عن أن البيانات في مثلث المطالبات مستقلة عن بعضها البعض، فيجب أولاً أن يتم تحويلها إلى الصيغ اللوغاريتمية أو الأسية حتى تستوفي هذا المتطلب الهام (Začaj & Hila, 2022).

بالإضافة إلى الشروط السابقة فإنه يجب الأخذ في الاعتبار إن التطبيق العملي لنماذج المخصصات الاحتمالية يعتمد على حساب البواقي للنموذج، والتي يجب أيضاً أن تكون مستقلة، حيث أن هذه البواقي يتم أخذ العينة منها عادة مع الاستبدال، شرط أن يتم إلغاء تبعية هذه البواقي للتوزيع المعياري، وكذلك ترجيحها بقيمة التباين المقدر للبواقي في كل خلية من خلايا مثلث المطالبات، ثم إضافتها مرة أخرى إلى القيم في كل خلية للوصول إلى مثلث المطالبات المتوقع، والذي يمكن تقدير المعلمات منه عن طريق إعادة توفيق النموذج. ويفضل الاعتماد على تقنية إعادة المعاينة المعلمية في حال أن النموذج الإحصائي تم توفيقه باستخدام النماذج الخطية المعممة GLM (Ohlsson & Lauzenings, 2009).

الخاتمة

استعرض هذا المبحث الأسس النظرية لتقدير مخصص المطالبات تحت التسوية بالاعتماد على نماذج تقدير المخصص العشوائي مثل نموذج ماك ونموذج بواسون فائق التشتت. كما قدم المبحث تفسيرات لأهمية استخدام تقنيات إعادة المعاينة (البوتستراب) لمعالجة القصور في فروض النماذج المطبقة لتقدير قيم مخصص المطالبات، مما يترتب عليه تحسن معنوي لنتائج التقدير، وتقليل من مستوى عدم التأكد المرتبط بتقديرات المطالبات. وبذلك فقد قدم الباحثون الأسس النظرية التي تُمثل المدخل إلى تطبيق هذه الأساليب، وتقنيات في مجال تقدير المخصصات بشكل عام، والقيم المعرضة للخطر على وجه الخصوص، وهو ما سيتم تناوله بشيء من التفصيل

بالمباحث التالية، والتي تركز على التطبيق العملي للنماذج المقترحة بقطاع تأمين المركبات بالسوق السعودي، وذلك بُغية تحقيق هدف البحث تجاه تقدير القيم المعرضة لخطر مخصص المطالبات تحت التسوية، باستخدام نماذج المخصصات العشوائية.

المبحث الثاني

الإطار التطبيقي لتقدير قيم مخصص المطالبات تحت التسوية

باستخدام نماذج المخصصات العشوائية

مقدمة

يُعتبر تقدير مخاطر مخصص المطالبات تحت التسوية عنصراً حيوياً في إدارة المخاطر قطاع التأمين، وهو ما يتطلب استخدام نماذج إحصائية متقدمة لضمان دقة التقديرات وموثوقيتها. ويقترح الباحثون تطبيق نماذج المخصصات العشوائية لتقدير قيمة مخصص المطالبات تحت التسوية. ويتضمن النموذج مجموعة من الإجراءات، والتي سيتم تناولها بين ثنايا هذا المبحث. تتمثل أولى خطوات النموذج، في فحص وتحليل فروض تطبيق النموذج المقترح، والتي سننطلق منها إلى مدى إمكانية تطبيق النموذج مباشرة، أم سيحتاج النموذج إلى إجراءات إضافية لزيادة جودة توفيقه، وعند التأكد من توافر فروض تطبيق النموذج، يمكن الانتقال إلى المرحلة الثانية، والتي تعكس تقدير القيم المتوقعة للمطالبات، باستخدام أسلوب التسلسل السلمي، والذي يُعتبر من الأساليب الفعالة في تحليل البيانات، وتقديم تقديرات دقيقة. وتُمثل القيم المُقدرة للمطالبات مدخلات للنماذج العشوائية لتقدير المخصصات، وهي تعتبر ثالث مراحل النموذج المقترح، والتي تتضمن تطبيق نموذج مارك ونموذج بواسون فائق التشتت لتقدير قيم المطالبات الموفقة. كما سنتناول تقدير قيم معلمات التباين للمخصصات العشوائية، ومن خلال مقارنة معاملات التباين لكل من النموذجين يمكن الوصول إلى أكثر النماذج تمثيلاً للبيانات محل الدراسة، والتي تُمثل قيم المطالبات المُقدرة لقطاع تأمين المركبات للشركة محل الدراسة. وهو ما يُسهم في زيادة دقة التقديرات، ما ينعكس على تحقيق الاستقرار للشركات العاملة في سوق التأمين.

أولاً: فروض النموذج المقترح

(١) اختبار معاملات التطور السنوي

تُمثل معاملات التطور السنوي لمثلث المطالبات قيم مستقلة وغير مترابطة، بالإضافة إلى أنها ليست ذات توزيع متماثل حول المتوسط، وبالتالي فلهي معلمات مختلفة نظراً لاختلاف طبيعة البيانات لكل فترة زمنية تحت المعالجة، لكل من سنة الحادث وسنة التطور، وبالتالي فسيكون لهم متوسطات وتباينات مختلفة أيضاً. ولاختبار هذه الفرضية يتم الاعتماد على اختبارات إحصائية لا معلمية، مثل اختبار معامل الارتباط الرتب لسبيرمان. حيث تكشف الارتباطات المرتفعة وجود

مشكلة بالبيانات الخام للمطالبات، والتي يمكن من خلال معالجتها الوصول إلى نموذج على درجة عالية

التوفيق من (Pentikäinen&Rantala,1992;Gigante&Sigalotti,2006;Liu&Verrall,2010).

٢) استقلالية سنوات الحوادث

يرجع السبب الرئيسي لوجود ارتباطات معنوية بين سنوات الحوادث إلى وجود تقلبات معنوية مرتبطة بالسنوات الميلادية، والتي تنعكس على قيم البيانات كنتيجة لعدة أسباب، منها التسويات الناتجة عن القضايا، أو التغيرات في إدارة المطالبات ومعالجتها. وتستخدم النماذج البيانية كأدوات تشخيصية، لاختبار ما إذا كان هناك اتجاه زمني يتعلق بالسنة الميلادية للحدث. والفكرة الأساسية وراء هذا الاختبار هي فحص مدى وجود اتجاه غير ثابت للسنة الميلادية، وبالتالي فإن القيم القطرية في مثلث التطور سيكون لها معاملات تطور أعلى أو أدنى من القيم المتوقعة لمعاملات التطور.

الأدوات الإكتوارية لتحقيق فروض النموذج

يقترح الباحثون مجموعة من الإجراءات الإكتوارية للتحقق من صحة فروض تطبيق النموذج للبيانات محل الدراسة، وترجع أهمية هذا الإجراء كونه يُمثل أحد متطلبات تقديم قيم مُقدرة تتمتع بمستوى توفيق جيد، وتشمل هذه الإجراءات كل من:-

- ترتيب معاملات التطور وتقسيم معاملات التطور إلى معاملات صغيرة (SF) وكبيرة (LF)، وذلك لكل فترة من فترات التطور (j)، والتي تُمثل أحد أعمدة مثلث المطالبات، وسيتم الاعتماد على قيمة وسيط معاملات التطور لترتيب هذه المعاملات.
- حصر عدد المعاملات الكبيرة والصغيرة لكل قطر من أقطار مثلث تطور المطالبات.
- التأكد من أن معاملات التطور موزعة توزيع متماثل بين المجموعات ذات المعاملات الصغيرة والكبيرة، وهو ما يعكس اختبار الفرضية الصفرية باستقلالية فترات الحوادث.
- تقييم مدى معنوية عدد المعاملات الكبيرة والصغيرة، بالاعتماد على التوزيع ثنائي الحدين باحتمال (P)، وعدد القيم القطرية للمطالبات (n).

ثانياً: تقدير قيم المطالبات المتوقعة باستخدام أسلوب التسلسل السلمي

تُتمثل أولى خطوات النموذج المقترح لتقدير القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات في تقدير قيمة المخصصات غير العشوائي، باستخدام أسلوب التسلسل السلمي، وهي تُمثل الإجراء المبدئي لتطبيق نماذج المخصص العشوائي. مع الأخذ في الاعتبار أن القيم المُقدرة التراكمية تُمثل

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

قيم كل من المطالبات المستحقة التقديرية، بالإضافة إلى قيم المخصصات. ولتقدير قيم المطالبات تحت التسوية تم الاعتماد على القيم التاريخية الفردية للمطالبات، لقطاع تأمين المركبات للشركة محل الدراسة، خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤) م. والجدول رقم (٢) يعكس قيم المطالبات التراكمية موزعة تبعاً لتطور كل من سنة الحادث وسنة تسوية المطالبات، حيث تمثل العلاقة مع كل من سنة الحادث وسنة التطور (Zaçaj & Hila, 2022).

جدول رقم (٢): قيم المطالبات التراكمية لقطاع تأمين المركبات خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤) م (بالألف ريال)

Accident year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	1146057	1863138	2035807	2075891	2115590	2127731	2140257	2143148	2145268	2148351
2016	1131973	1710889	1839835	1866944	1879071	1885670	1894944	1897084	1899046	
2017	1058663	1561228	1704263	1748676	1774514	1785491	1794610	1796130		
2018	1043495	1521015	1649694	1683510	1707181	1723022	1730675			
2019	1116805	1647283	1773670	1826428	1871069	1891361				
2020	910848	1327320	1411704	1447785	1463248					
2021	1204087	1826127	1947396	1995775						
2022	1511691	2209219	2360159							
2023	1965038	2840781								
2024	2135812									

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على التقرير السنوي لنتائج أعمال القطاعات التشغيلية للشركة محل الدراسة، أعداد مختلفة.

يوضح الجدول رقم (٢) مثلث المطالبات لقطاع تأمين المركبات للشركة محل الدراسة، والتي تتمثل في مبالغ المطالبات التراكمية، والتي تم توزيعها بالنسبة لكل من سنة الحادث وسنة التطور، ومن خلال فحص توزيع البيانات بالجدول يتضح أنها تعكس توزيع احتمالي ذو ذيل طويل نسبياً، كما يتضح عدم وجود أي خصائص غير عادية للبيانات. وبالتالي فإن مثلث المطالبات يعكس تطور سنوي ذو سلوك مقبول إكتوارياً، وليس له صفات غير عادية واضحة، وهو ما تعكسه قيم التطور السنوي، والتي تتميز بالتدرج المنتظم إلى حداً ما، بالإضافة إلى عدم احتوائها على قيم متحيزة.

المرحلة الثانية من مراحل النموذج المقترح تتمثل في تطبيق أسلوب التسلسل السلمي على البيانات المتاحة، حيث تم الاعتماد على البرنامج الإحصائي (R) (Zaçaj & Hila, 2022)، والذي

يقدم إمكانات ميسرة لتطبيق أسلوب التسلسل السلمي، كما يُقدم آليات على درجة عالية من الدقة لقياس مدى جودة النموذج، والتأكد من درجة تمثيله لبيانات السلسلة الزمنية. ويظهر الجدول رقم (٣) مخرجات تطبيق أسلوب التسلسل السلمي، حيث يوضح النصف الأول من الجدول مبالغ المطالبات الفردية لقطاع تأمين المركبات بالشركة محل الدراسة، بينما يوضح النصف الثاني القيم المتوقعة للمطالبات، والتي تم توليدها باستخدام أسلوب التسلسل السلمي.

جدول رقم (٣): القيم المقدرة للمطالبات باستخدام أسلوب التسلسل السلمي لقطاع تأمين

المركبات خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤)م (بالألف ريال)

Accident year	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	1146057	717081	172670	40084	39699	12141	12526	2891	2120	3083
2016	1131973	578917	128945	27109	12128	6599	9274	2140	1962	2891
2017	1058663	502565	143035	44414	25838	10977	9119	1520	2051	2987
2018	1043495	477520	128679	33816	23671	15840	7653	1858	1953	2698
2019	1116805	530478	126387	52758	44641	20291	8899	1942	2051	2794
2020	910848	416472	84384	36080	15463	13528	9077	2026	2100	2842
2021	1204087	622040	121269	48379	17071	12755	8543	1858	2149	2313
2022	1511691	697528	150940	40638	15463	12343	7831	1615	1953	2505
2023	1965038	875743	170094	40423	16082	13140	8187	1777	2100	2505
2024	2135812	1038042	188390	44938	17195	13987	8721	1955	2197	2698

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder). ومن خلال القيم المقدرة للمطالبات والواردة بالجدول رقم (٣) والتي تُمثل النصف السفلي من الجدول، يمكن التوصل إلى قيم المطالبات النهائية المسواة لكل سنة من سنوات الحادث، وهو ما يتضمنه الجدول رقم (٤)، حيث تم تقدير قيم المخصصات السنوية من خلال الاعتماد على الفرق بين القيم النهائية المسواة والقيم الفعلية للمطالبات، والمستنتجة من الجدول رقم (٣)، باستخدام أسلوب التسلسل السلمي. بينما يُمثل التقدير النهائي للمطالبات مجموع قيم المطالبات لكل سنة من سنوات الحادث، كما يتضح من القيم الواردة بالجدول رقم (٤). ويشير الجدول إلى أن إجمالي قيمة مخصص المطالبات المستحقة لعام ٢٠٢٥م قد بلغ ١٧٥٩١٦٤ ألف ريال، وهو يمثل مجموع قيم المخصص التقدير لكل سنة من سنوات الحادث المختلفة.

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

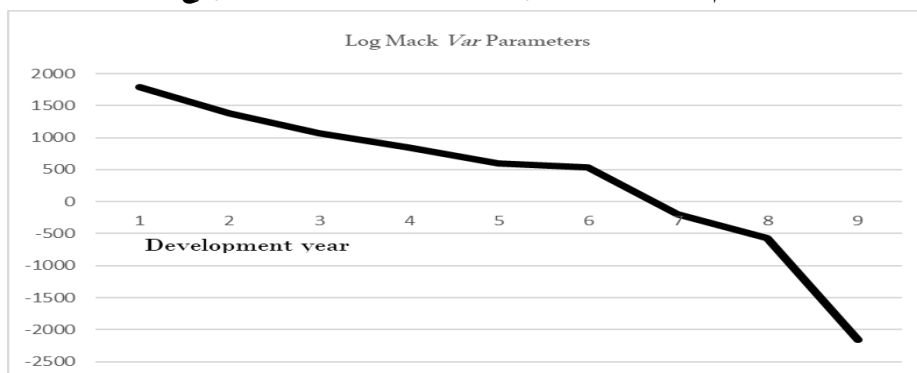
جدول رقم (٤): قيم المطالبات النهائية المسواة والمخصص المقدر باستخدام أسلوب التسلسل السلي لكل سنة من سنوات الحادث لقطاع تأمين المركبات خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤) م
(بالألف ريال)

Accident year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Ultimate	2148351	1901937	1801168	1737184	1907047	1492821	2040462	2442508	3095088	3453935	
Reserve	0	2891	5038	6509	15686	29573	44688	82349	254307	1318123	1759164

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder).

ثالثاً: تقدير قيم معلومات التباين للمخصصات العشوائية باستخدام نموذج ماك

يتطلب تطبيق النماذج العشوائية بشكل عام ونموذج ماك على وجه التحديد - والمستخدم لتقدير قيم المخصصات السنوية - إثبات صلاحية هذا النوع من النماذج للتطبيق، للبيانات محل الدراسة. واعتمد الباحثون على ثلاث أنواع من الاختبارات لفحص مدى صلاحية تطبيق النماذج العشوائية (اختبار الارتباط بين قيم معاملات التطور، واختبار استقلالية سنوات الحادث، وفحص الشكل البياني لمعلومات التباين σ^2). تم الاعتماد على برنامج (R) لتطبيق كل من اختباري الارتباط بين قيم معاملات التطور، واختبار استقلالية سنوات الحادث، وأشارت النتائج إلى توافر شرط استقلالية سنوات الحوادث، حيث لا يوجد اتجاهات غير طبيعية في الإنحناءات الممثلة للبيانات بالنسبة لسنة الحادث، أي أنها تتمتع بالاستقلال، وهو أحد أهم فروض تطبيق النماذج العشوائية (Začaj & Hila, 2022). بينما نجد أن معاملات التطور قد فشلت في تحقيق شروط اختبار الارتباط. وقد تم تقدير قيم معلومات التباين σ^2 طبقاً للمعادلة MSE، حيث تم الاعتماد على لوغاريتم هذه القيم، والتي تم تمثيلها بيانياً بالشكل رقم (١)، حيث تم تمثيل القيم بيانياً بعد تحويلها إلى الصيغة اللوغاريتمية.

شكل رقم (٢): السلسلة الزمنية لمعاملات التباين σ^2 لنموذج ماك

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R).

يعكس الشكل رقم (١) التمثيل الأسّي لمعلمة التباين σ^2 ، حيث تم اختبار خطية العلاقة التي تُمثلها المعلمة، والتي يفترض النموذج أنها تقترب من شكل الخط المستقيم، وأي جزء من أجزاء الخط أو المنحنى لا يأخذ شكل الخط المستقيم يُشير إلى وجود مشكلة في افتراضات النموذج. ومن خلال الشكل السابق يتضح أن قيم معاملات التباين σ^2 لكل من سنوات التطور السادسة والثامنة لا تحقق خطية العلاقة الأسية للوغاريتم قيم معاملات التباين σ^2 . وهو ما يُشير إلى وجود مشكلة بافتراضات نموذج ماك والمستخدم في تقدير قيم المخصص، الأمر الذي يترتب عليه وجود بعض الصعوبات في تطبيق نموذج ماك مباشرة، مما يتطلب تطبيق إجراءات التوفيق للمنحنى، بُغية التخلص من القيم المتحيزة، والمسببة لعدم نعومة المنحنى.

إن وجود انحناءات معنوية كبيرة بالتمثيل البياني تُشير إلى أن البيانات لا تنطبق عليها افتراضات النموذج المقترح، وهو ما قد يرجع إلى أن الفترات الزمنية والمعتبر عنها بسنوات الحوادث قد لا تكون مستقلة تماماً عن بعضها البعض، أو أن البيانات تعاني من أنماط غير متسقة عبر سنوات الحوادث، أي أن قيم المطالبات بالعينة والموزعة على سنوات الحوادث لا تتبع نفس النمط الأساسي المتوقع. ومن خلال الاعتماد على التمهيد الأُسّي لبيانات السلسلة الزمنية، وهو ما يُمكننا من زيادة درجة توفيق المعادلة الممثلة للبيانات، وزيادة درجة التنعيم للسلسلة الزمنية، وبالتالي التخلص من وجود انحرافات بالسلسلة الزمنية لمعاملات التباين، وهو الأمر الذي مكننا من المضي قدماً في تقديم قيم المخصصات المقدرة لسنوات الحادث باستخدام نموذج ماك (IOA & FIAA, 2016). والجدول رقم (٥) يوضح القيم المقدرة للمخصصات باستخدام النموذج المقترح،

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

وقيم متوسط مربع الأخطاء لنموذج ماك، وهو ما سيتم الاعتماد عليه لاحقاً في المقارنة مع النماذج الأخرى للوقوف على النموذج الأكثر توفيقاً للبيانات محل الدراسة.

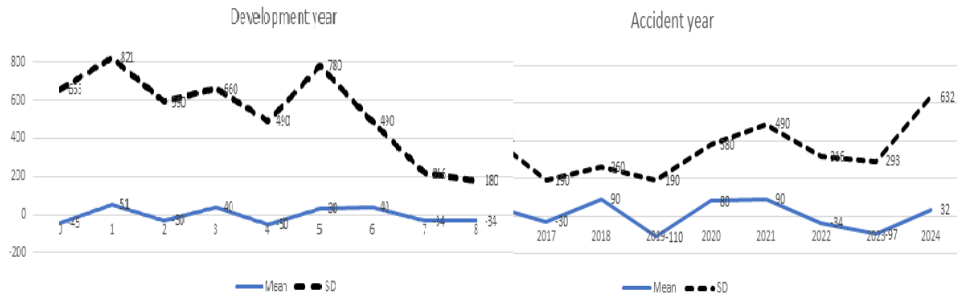
جدول رقم (٥): قيم متوسط مربع الأخطاء لنموذج ماك باستخدام نموذج ماك لكل سنة من سنوات الحادث لقطاع تأمين المركبات خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤) م

Accident year	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Ultimate	2148351	1901937	1801168	1737184	1907047	1492821	2040462	2442508	3095088	3453935	
Reserve	0	2891	5038	6509	15686	29573	44688	82349	254307	1318123	1759164
MSEP	0	1369	9025	26569	321489	1350244	3980025	6051600	15062161	84143929	
Log (MSEP)	-	3.136	3.955	4.424	5.507	6.130	6.600	6.782	7.178	7.925	
RMSEP	0	37	95	163	567	1162	1995	2460	3881	9173	19533

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder).
رابعاً: تقدير قيم معلمات التباين للمخصصات العشوائية باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت

يقترح الباحثون تطبيق نموذج بواسون فائق التشتت (ODP)، والذي يُمثل أحد النماذج العشوائية لتقدير قيم المخصصات، وذلك بُغية التخلص من المشكلات المتعلقة بافتراضات تطبيق نموذج ماك. وعلى الرغم من أن نموذج ODP له نفس التقديرات المركزية لنموذج ماك، إلا أنه يعتمد على مجموعة مختلفة من الافتراضات، وكذلك يعتمد على توزيع احتمالي مختلف، وبالتالي فإن التقديرات للتوزيعات الاحتمالية قد تكون مختلفة. ولفحص افتراضات توفيق نموذج بواسون فائق التشتت، سيتم الاعتماد على التمثيل البياني للبواقي من خلال تحليل الشكل الانتشاري للبواقي، ويوضح الشكل رقم (٢) التمثيل البياني للبواقي بيرسون لكل من سنة الحادث وسنة التطور، وقد تم تقدير البواقي الناتجة عن نموذج بيرسون من خلال توفيقه كنموذج خطي معمم GLM ، وباستخدام الحزمة الإحصائية (ODP) للبرنامج الإحصائي (R). حيث يتيح البرنامج الإحصائي (R) حزمة إحصائية جاهزة تعتمد على مثلث المطالبات المتوقعة لاسلوب التسلسل السلمي كمدخلات، ويقدم القيم المتوقعة للمطالبات، وكذلك القيم المُقدرة للمخصصات خلال سنوات الحوادث المختلفة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت (Začaj & Hila, 2022).

شكل رقم (٣): التمثيل البياني للبواقي لنموذج بواسون فائق التشتت (سنة الحادث وسنة التطور)



* الشكل من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R).

من خلال فحص السلاسل الزمنية بالشكل رقم (٢) يتضح أن التمثيل البياني لمتوسط معلمة التباين والانحراف المعياري يتوزع بانتظام حول خط التوازن البياني (الصفر)، مع وجود انحرافات بسيطة وغير معنوية لكل من البيانات بالسنة الأولى والخامسة، وحيث أن هذه الانحرافات لم تتجاوز قيمة معيارية واحدة لكل من سنوات الحادث والسنة الميلادية وسنة التطور، فإن ذلك يعتبر مؤشر جيد على جودة توفيق نموذج بواسون فائق التشتت. بالإضافة إلى أن التمثيل البياني للشكل الانتشاري للبواقي لم يظهر وجود أي مشكلات إحصائية للنموذج، عدا الاتجاه الذي يظهر بالسنوات الميلادية المبكرة، والذي قد يكون ناتج عن محدودية حجم البيانات، لذلك فإن الاتجاه الظاهر بالسنوات المبكرة لن يُمثل انحرافات معنوية تعيق تطبيق النموذج. كما يمكن أيضاً الاعتماد على الخرائط الحرارية، والتي يمكنها معالجة المشاكل المرتبطة بالقيم المقدرة للنموذج، حيث تُقدم تمثيل للقيم الفعلية إلى نظائرها المقدرة (أو البواقي المعيارية)، مما يساعد في تحديد القيم ذات جودة التوفيق المنخفضة بمثلث المطالبات التراكمية. والتي قد تتسم بوجود اتجاهات أو تفاعلات بين كل من الفترات الزمنية للحوادث وسنوات التطور. اعتمد النموذج المقترح عند تقدير قيمة البواقي المعيارية لنموذج بيرسون على استخدام اسلوب GLM (Začaj & Hila, 2022).

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

جدول رقم (٦): الخرائط الحرارية لقيم البواقي المعيارية النسبية (الفعلية / المقدرة) لمخصصات المطالبات لنموذج بواسون فائق التشتت

Accident By Development Year

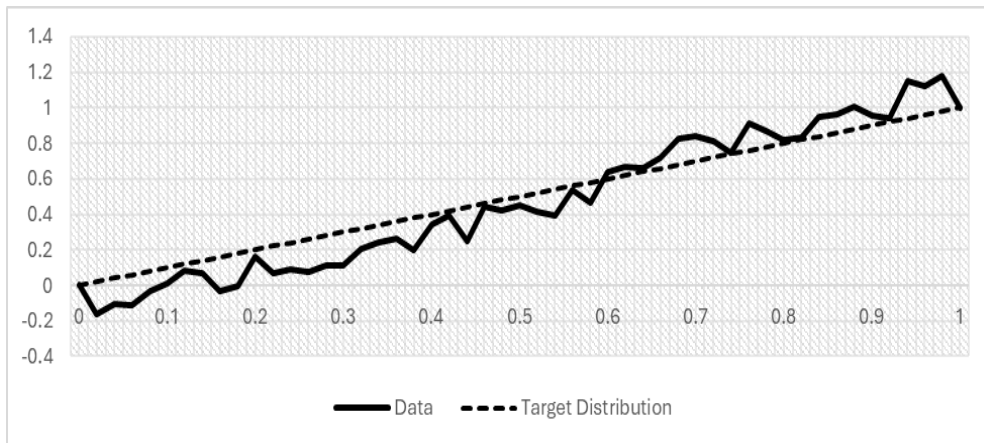
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	88%	126%	131%	126%	78%	121%	126%	119%	102%	100%
2016	96%	96%	95%	91%	104%	97%	78%	59%	94%	
2017	99%	90%	95%	132%	155%	81%	60%	79%		
2018	106%	103%	98%	72%	111%	65%	92%			
2019	102%	100%	174%	182%	163%	89%				
2020	97%	108%	101%	74%	125%					
2021	104%	113%	107%	47%						
2022	109%	104%	110%							
2023	102%	92%								
2024	100%									

Accident By Calendar Year

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2015	88%	126%	131%	126%	78%	121%	126%	119%	102%	100%
2016		96%	96%	95%	91%	104%	97%	78%	59%	94%
2017			99%	90%	95%	132%	155%	81%	60%	79%
2018				106%	103%	98%	72%	111%	65%	92%
2019					102%	100%	174%	182%	163%	89%
2020						97%	108%	101%	74%	125%
2021							104%	113%	107%	47%
2022								109%	104%	110%
2023									102%	92%
2024										100%

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder).
ومن خلال فحص الخرائط الحرارية بالجدول رقم (٦) يتضح أنها لا تُظهر أي مشكلة بالبيانات، حيث لا نجد نمط متحيز للتشتت، أي أنه يمثل تشتت عشوائي وليس له نمط معين. غير أنه يتضح فقط وجود اتجاه غير طبيعي في السنوات الميلادية المبكرة، والذي قد يكون ناتج عن محدودية البيانات، وحيث أن ذلك الاتجاه لا يتعارض مع افتراضات النموذج فهو لا يُمثل مشكلة معنوية تجاه جودة النموذج. وبشكل عام ومن خلال فحص الخرائط الحرارية لنموذج بواسون -

والتي تعكس نسبة القيم الفعلية للمُقدرة - يتضح أنها مقبولة إحصائياً لإثبات صحة فرضياته، وجودة تمثيله لبيانات المطالبات لقطاع تأمين المركبات للشركة محل الدراسة. الشكل رقم (٣) يوضح التمثيل البياني (P.P.plot)، والذي يظهر التوزيع الاحتمالي النظري مقابل التوزيع الملائم للبيانات باستخدام توزيع بواسون فائق التشتت. ويستخدم هذا النوع من التمثيل البياني لاختبار ما إذا كانت البيانات محل الدراسة تتوافق مع التوزيع الاحتمالي النظري. شكل رقم (٤): التمثيل البياني P.P.plot، للتوزيع الاحتمالي النظري مقابل التوزيع الموفق للبيانات باستخدام توزيع بواسون مفراط التشتت



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder). يوضح الشكل رقم (٣) التمثيل البياني للبواقي المعيارية للتوزيع الاحتمالي النظري (بواسون)، مقابل التوزيع الموفق للبيانات، حيث يوضح الخط المتقطع التوزيع الاحتمال المستهدف (بواسون النظري)، بينما الخط المتصل المتعرج فيعكس التوزيع الموفق للبيانات، حيث يتضح أن التوزيع الفعلي للبواقي يعكس وجود ذيل طويل للبيانات، وهو ما يتفق مع خصائص توزيع بواسون فائق التشتت (ODP). كما يعكس الشكل انخفاضاً في القيم المطلقة للانحرافات بين التوزيع النظري والفعلي للبواقي، وهو ما يشير إلى مدى جودة التوفيق للنموذج. كما يتضح من خلال فحص سلوك السلسلة الزمنية وجود تذبذب بالخط البياني، وعلى الرغم من عدم معنويته، إلا أنه يُظهر تأثير متوازن حول التوزيع النظري، غير أنه يعكس قدر من الانخفاض النسبي لحجم البيانات، وهنا يمكن أن نقارن بين المخاطر الناتجة عن زيادة حجم البيانات، ومستوى تعقد الحسابات، وبين درجة توفيق النموذج.

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياطات العشوائية

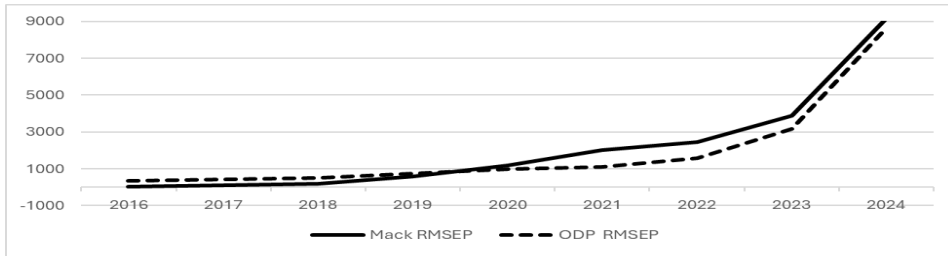
كما يشير الشكل إلى أن التوزيع الاحتمالي للبيانات الفعلية له ذيل طويل، وهو ما يتشابه مع خصائص توزيع ODP. وعلى الرغم من انخفاض حجم البيانات، إلا أنها تظل مقبولة لأغراض التطبيق العملي بسوق التأمين، حيث تستوفي المتطلبات التطبيقية للنموذج بسوق التأمين، والتي تتطلب محاولة الاحتفاظ بهامش مناسب لخطر انحراف القيم الفعلية عن نظائرها الموقعة، وبالتالي فسيكون نموذج ODP مناسب لذلك الغرض. كما نجد أن القيم الموقعة في مجملها تحتفظ بهامش إيجابي للخطر مقابل القيم الفعلية، وهو ما يقدم حافز لإدارة الشركة لتطبيق النموذج، كونه يهدف إلى محاولة إدارة مخاطر الاحتفاظ بالاحتياط، ومن ثم تظل التقديرات لقيم المخصص في الجانب التحفظي للشركة، ولها هامش أمان مقبول. وبالتالي يمكن قبول توزيع بواسون ذو التشتت المفرط كنموذج موفق للبيانات محل الدراسة كونه يتناسب أكثر والجوانب التطبيقية.

جدول رقم (٧): قيم متوسط مربع الأخطاء المقدر باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت لكل سنة من سنوات الحادث لقطاع تأمين المركبات خلال الفترة (٢٠١٥ - ٢٠٢٤) م (بالألف ريال)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Ultimate	2148351	1901937	1801168	1737184	1907047	1492821	2040462	2442508	3095088	3453935	
Reserve		2891	5038	6509	15686	29573	44688	82349	254307	1318123	1759164
MSEP	0	116964	193600	264196	576081	988036	1166400	2461761	10150596	75238276	
Log (MSEP)	-	5.068	5.287	5.422	5.760	5.995	6.067	6.391	7.006	7.876	
RMSEP	0	342	440	514	759	994	1080	1569	3186	8674	17558

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder). من خلال النتائج السابقة، يتضح أن نموذج بواسون فائق التشتت له مستوى توفيق أفضل من النتائج التي تم توفيقها باستخدام نموذج ماك، حيث يتضح أن التوزيع الاحتمالي يتسم بالسلوك المستقر والذيل الطويل في مراحل التطور المبكرة.

شكل رقم (٥): مؤشر التباين ($RMSEP$) للقيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية، لنموذجي ماك وبواسون فائق التشتت



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder). يتضح من الشكل أنه وعلى الرغم من أن نموذج بواسون يُقدم قيم تباين أعلى خلال الفترة الأولى للتقدير، إلا أنها تمثل فروق غير معنوية، كما أن القيم المقدرة للمخصص تتأثر بدرجة أقل بسنوات التطور الأولى، كما أنه ومنذ عام ٢٠٢٠م انخفضت قيم التباين، وبشكل معنوي عند الاعتماد على نموذج بواسون فائق التشتت، مقارنة بنموذج ماك. ومما سبق يمكن رفض فرضية البحث الأولى، وقبول الفرضية البديلة القائلة بوجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين مستوى جودة التوفيق للقيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات باستخدام نموذج ماك، عن تلك المقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، عند مستوى معنوية ٥٪، وأن استخدام نموذج بواسون فائق التشتت قد قدم قيم مقدرة ذات جودة توفيق أعلى من نظائرها باستخدام نموذج ماك.

الخاتمة

يتضح مما سبق ومن خلال تطبيق النماذج الإحصائية المقترحة، والتحليل الدقيق لفروض النموذج، قدرة النماذج المقترحة على تقديم مؤشرات مخاطر دقيقة، وذات جودة مرتفعة لمخصصات المطالبات تحت التسوية بشركات التأمين. كما أظهرت النتائج أن استخدام نماذج المخصصات العشوائية، مثل نموذج ماك ونموذج بواسون فائق التشتت، يوفر أدوات فعالة لتقدير المخصصات بدقة، بالإضافة إلى أنها تُعد أكثر توفيقاً من الطرق التقليدية. وبالمقارنة بين معاملات التباين، تم التوصل إلى أن نموذج بواسون فائق التشتت يُقدم قيمةً أكثر توفيقاً عنها عند استخدام نموذج ماك. وهو ما يُمكننا من الانتقال إلى الهدف الثاني للبحث والمتمثل في تقدير القيم المعرضة للخطر، اعتماداً على قيم المطالبات الموفقة باستخدام نماذج المخصصات العشوائية. وهو ما سيتم تناوله بالمبحث التالي من مباحث هذا البحث.

المبحث الثالث

النموذج المقترح لتقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية

مقدمة

تعكس القيمة المعرضة للخطر درجة دقة وتوفيق نماذج المخصصات العشوائية المستخدمة في تقدير مخصص المطالبات تحت التسوية، والتي تُمثل الخطر الناتج عن انحراف القيم الفعلية عن المقدرة للنموذج المقترح لتقدير قيم مخصص المطالبات. وتعتمد درجة دقة النموذج على كل من مصدري الخطر الرئيسيين، وهما الخطر الناتج عن عدم دقة تقدير قيمة خطأ تقدير المعلومات، وخطأ العمليات. وهنا يقترح الباحثون الاعتماد على أحد الأساليب شبه المعلمية في تسوية وتمهيد قيم مخصص المطالبات، وهي تقنية إعادة المعاينة (البوتستراپ)، وذلك بالتطبيق على القيم المقدرة للمطالبات المستنتجة من نتائج نموذجي بواسون فائق التشتت وماك. وقد تم الاعتماد على حزمة إعادة المعاينة (البوتستراپ) بالبرنامج الإحصائي (R) لتحديد مصدري الخطر للقيم المقدرة لمخصص المطالبات (Ohlsson & Lauzeningsks, 2009; Gigante & Sigalotti, 2006).

تقدير القيمة المعرضة للخطر لنموذج بواسون فائق التشتت

يهدف تطبيق تقنية إعادة المعاينة إلى محاولة محاكاة أكبر عدد من العينات المستخرجة من البيانات محل الدراسة، لتقدير كل من المخاطر الناتجة عن خطأ تقدير المعلومات وخطأ العمليات. وذلك من خلال تقدير قيمة مؤشر خطر التباين ($RMSEP$)، (جذر متوسط مربع خطأ التنبؤ)، وكذلك معلمات التباين Cov لكل من القيم النهائية المقدرة للمطالبات، وقيمة التقديرية لمخصص المطالبات. وقد تم تقدير قيمة معامل التشتت Cov باستخدام العلاقات التالية (Scarath & Roberto, 2020; IOA & FIAA, 2016):

$$CoV_{Ult} = \sqrt{\frac{MSEP}{Ultimate}} \rightarrow (14), \quad CoV_{Res} = \frac{\sqrt{MSEP}}{Reserve} \rightarrow (15)$$

توضح العلاقة (١٤) قيمة معامل التشتت (مؤشر التباين) للقيم النهائية للمطالبات، والتي تُمثل الجذر التربيعي لنسبة متوسط مربع خطأ التنبؤ (Mean Square Error Of Prediction) إلى القيم النهائية للمطالبات. أما العلاقة (١٥) فهي تشير إلى قيمة معامل التشتت (مؤشر التباين) لمخصص المطالبات، وهي تُمثل الجذر التربيعي لنسبة متوسط مربع خطأ التنبؤ إلى القيمة المقدرة لمخصص المطالبات. الجدول رقم (٨) يوضح نتائج تطبيق أسلوب إعادة المعاينة على القيم الموفقة لمخصص المطالبات باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت. كما يوضح

الجدول أيضاً المساهمة النسبية لمصدر الخطر لكل من خططي المعلمة والعمليات (Peters.et.al, 2009;Alai.et.al, 2009).

جدول رقم (٨): القيم المعرضة لخطر العمليات والمعاملات لمخصص المطالبات باستخدام إعادة المعاينة (بوتستراب) لنموذج بواسون فائق التشتت لقطاع تأمين المركبات (بالألف ريال)

Accident year	Ultimate	Reserve	RMSEP	CoV		VaR	
				Ultimate	Reserve	(Parameter)	(Process)
2015	2148351		0				
2016	1901937	2891	342	0.25%	118.30%	36.91%	63.09%
2017	1801168	5038	440	0.33%	87.34%	33.06%	66.94%
2018	1737184	6509	514	0.39%	78.97%	28.14%	71.86%
2019	1907047	15686	759	0.55%	48.39%	24.93%	75.07%
2020	1492821	29573	994	0.81%	33.61%	11.13%	88.87%
2021	2040462	44688	1080	0.76%	24.17%	19.34%	80.66%
2022	2442508	82349	1569	1.00%	19.05%	28.59%	71.41%
2023	3095088	254307	3186	1.81%	12.53%	39.32%	60.68%
2024	3453935	1318123	8674	4.66%	6.58%	42.15%	57.85%
Total		1759164	17558		9.98%	46.29%	53.71%

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder & VaR).

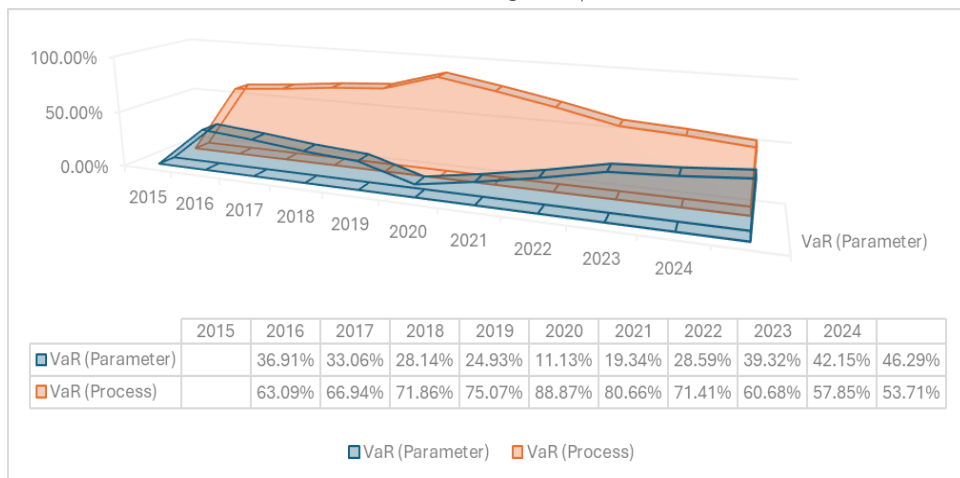
يوضح الجدول (٨) نتائج تطبيق تقنية إعادة المعاينة لتوزيع بواسون فائق التشتت، حيث يتضمن الجدول القيم المقدرة لمعاملات التشتت، والذي يُمثل الجذر التربيعي لنتائج قسمة قيمة مؤشر التباين (MSEP)، والقيم المقدرة النهائية للمطالبات (Ultimate). وقد تم تقسيم مصادر التشتت إلى تباين ناتج عن القيم المقدرة للمطالبات (Ultimate CoV)، وتباين ناتج عن قيم المخصصات المقدرة (Reserve CoV). كما تم الاعتماد على مصدري للخطر، وهما الخطر الناتج عن خطأ تقدير المعلومات، والخطر الناتج عن خطأ العمليات. ومن خلال النتائج الواردة بالجدول يتضح أن قيمة مؤشر التشتت قد بلغت نسبة ٩,٩٨٪، بينما بلغت قيمة خطأ المعلومات نسبة ٤٦,٢٩٪، والخطأ الناتج عن العمليات نسبة ٥٣,٧١٪.

كما يتضح من النتائج أيضاً تزايد قيمة MSEP مع المضي قدماً بسنوات الحادث، كذلك فإن خطأ العمليات يساهم بنسبة كبيرة بالقيمة التقديرية لإجمالي الخطأ في الفترات الزمنية الوسطى لسنوات الحادث، ونسب أقل لسنوات الحوادث القديمة والحديثة. ويتضح أن أخطاء

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

المعلومات والعمليات لها مساهمة معنوية لكل فترة من فترات سنوات الحادث، وعلى الرغم من اختلاف مقدار المساهمة لكل منها، إلا أن نسبة كل منها تختلف حسب الفترة الزمنية محل الدراسة. ويتضح من النتائج أن التطور في قيم CoV سواء لقيم المطالبات النهائية أو لقيم المخصص تنسم بأنها قيم موفقة بشكل جيد، كما أنها تتغير بشكل سلس وناعم مع التقدم في سنوات الحادث، وهي قيم معقولة بالنسبة لسنوات المطالبات الحديثة. وأخيراً يتضح أن نموذج ODP يقترح ٩,٩٨٪ كمعامل تباين للمخصص، وهو يعكس تقديراً عاماً لعدم التأكد في المخصصات المطلوبة، والذي يُمثل القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات لقطاع تأمين المركبات خلال فترة الدراسة. وبالتالي فإن القيمة المعرضة للخطر باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت قد بلغت ٩,٩٨٪ من القيم المقدرة للمخصص المطالبات. وأن خطر المعلومات يساهم بنسبة ٤٦,٢٩٪، بينما يساهم خطأ العمليات بنسبة ٥٣,٧١٪ من القيمة المعرضة للخطر.

شكل رقم (٦): التركيب النسبي لمصدري الخطر لمخصص المطالبات (المعلومات - العمليات) باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder & VaR).

يتضح من الشكل (٥) أن القيمة المعرضة للخطر تتضمن مصدرين للخطر، وهما خطأ المعلومات وخطأ العمليات، كما يتضح من الشكل أن قيمة الخطر الناتج عن العمليات يساهم بنسبة كبيرة في إجمالي الخطأ خلال سنوات التطور المتوسطة، بينما مساهمة أقل خلال السنوات الحديثة والقديمة، وهو يُمثل النسبة الأكبر من القيمة المعرضة للخطر. بالإضافة إلى أن كل من

أخطاء المعلومات والعمليات لهم مساهمات ذات معنوية إحصائية لكل من سنوات الحوادث المختلفة على الرغم من اختلاف النسبة أو الأوزان بينهما. ويتضح أيضاً أن التقدم أو التدرج في قيم CoV s يتسم بالنعومة والتوفيق، وذو قيم مقبولة إحصائياً، ومناسبة لسنوات الحوادث الحديثة (الأخيرة). وبشكل عام أشارت نتائج تطبيق أسلوب إعادة المعاينة (البوتستراب) لنموذج بواسون فائق التشتت أن قيمة معامل التشتت للمخصص CoV قد بلغت ٩,٩٨٪.

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات لنموذج ماك

يقدم نموذج ماك تقديرات مركزية مقارنة لتقديرات نموذج بواسون فائق التشتت، ونظراً لكونهما نماذج مختلفة تم بناءهم على فرضيات مختلفة، فمن المتوقع أن يكون لهم نتائج تقديرات مختلفة للتباين. ومن خلال تطبيق تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) على القيم المتوقعة لمخصص المطالبات لنموذج ماك، فإنه يمكن تحديد القيمة المعرضة للخطر، والتي تعكس مصدر التشتت للنموذج. وهو ما يوضحه القيم الواردة بالجدول رقم (٩).

جدول رقم (٩): نتائج إعادة المعاينة (بوتستراب) للقيم المعرضة لخطر العمليات والمعاملات

لمخصص المطالبات باستخدام نموذج ماك لقطاع تأمين المركبات (بالألف ريال)

Accident year	Ultimate	Reserve	RMSEP	CoV		VaR	
				Ultimate	Reserve	(Parameter)	(Process)
2015	2148351	0	0				
2016	1901937	2891	37	0.03%	12.80%	36.95%	63.05%
2017	1801168	5038	95	0.07%	18.86%	29.15%	70.85%
2018	1737184	6509	163	0.12%	25.04%	22.71%	77.29%
2019	1907047	15686	567	0.41%	36.15%	19.63%	80.37%
2020	1492821	29573	1162	0.95%	39.29%	16.05%	83.95%
2021	2040462	44688	1995	1.40%	44.64%	14.91%	85.09%
2022	2442508	82349	2460	1.57%	29.87%	12.74%	87.26%
2023	3095088	254307	3881	2.21%	15.26%	11.32%	88.68%
2024	3453935	1318123	9173	4.94%	6.96%	10.93%	89.07%
Total		1759164	19533		11.10%	19.73%	80.27%

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder & VaR).

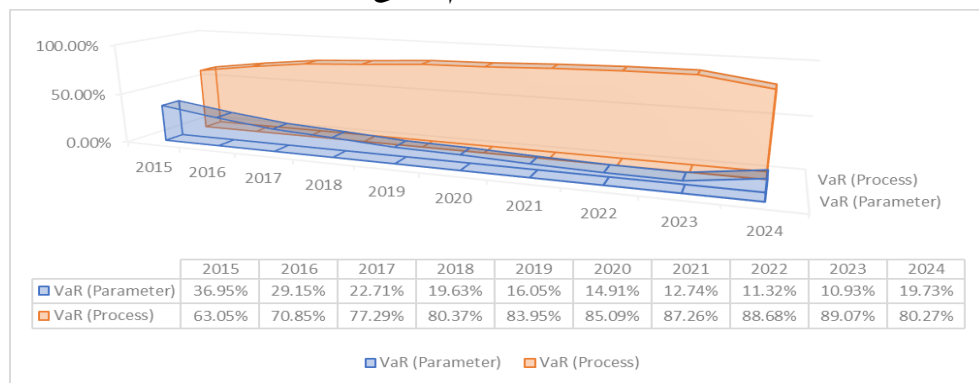
ومن خلال النتائج الواردة بالجدول رقم (٩) يتضح أن قيمة معامل تشتت لمخصص المطالبات قد بلغت ١١,١٪، بينما بلغت قيمة خطأ المعلومات ١٩,٧٣٪، والخطأ الناتج عن العمليات ٨٠,٢٧٪. ويتضح أن أخطاء المعلومات والعمليات لها مساهمة معنوية إحصائية لكل من سنوات

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياطات العشوائية

الحادث المختلفة، وعلى الرغم من اختلاف مقدار المساهمة لكل منها، فإن نسبة كل منها تختلف حسب الفترة الزمنية. حيث نجد أن هناك مساهمة أعلى لخطر العمليات مقارنة بخطر المعلومات، كما أن هناك تناقص تدريجي لخطر المعلومات مع التطور الزمني، وذلك كنتيجة لانخفاض نسبة عدم التأكد مع التطور الزمني للتسوية الحوادث، وفي المقابل نجد زيادة تدريجية لخطر العمليات بلغت ٨٩,٢٧٪ لعام ٢٠٢٤م، وهو ما يشير إلى أن استخدام نموذج ماك يترتب عليه المزيد من التعقيدات الحسابية والإكتوارية، مما يترتب عليه زيادة مستوى الخطر الناتج عن عدم التأكد لتقديرات قيم المخصصات، وقد بلغت القيمة المعرضة للخطر باستخدام نموذج ماك ١١,١٪ من القيم المقدرة للمخصص المطالبات.

شكل رقم (٧): التركيب النسبي لمصدري الخطر لمخصص المطالبات (المعلومات -

العمليات) باستخدام نموذج ماك



المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder).
يوضح الشكل رقم (٦) القيم التقديرية لمصدري الخطر لمخصص المطالبات باستخدام نموذج ماك، والذي ينقسم إلى خطأ المعلومات وخطأ العمليات، حيث يتضح أن خطأ العمليات يساهم بنسبة كبيرة في إجمالي الخطر. كما يُظهر أن هناك انخفاض في قيمة خطأ المعلومات خلال فترات التطور الوسطى والحديثة للحوادث، وترتفع قيمة هذا النوع من المخاطر خلال الفترات الزمنية الأقدم للحوادث. ومن خلال مقارنة الشكل رقم (٥)، والشكل رقم (٦) نجد أن توفيق توزيع بواسون فائق التشتت قد قدم العديد من التفسيرات التي تتوافق مع ما تعكسه من حجم المخاطر لمخصص المطالبات، مقارنة بنموذج ماك والذي يمتلك نسبة تتراوح من (٦٣,٠٥٪ - ٨٨,٦٨٪) لخطر العمليات، وهو الخطر الناتج عن العمليات الحسابية المترتبة على تطبيق النموذج، بينما تنخفض نسبة خطر المعلومات لتبلغ ١٠,٩٣٪ بحلول عام ٢٠٢٤م، وهو ما يُخفض في المقابل

النسبة المفسرة من النموذج، ومن ثم فإن معلمات النموذج لم تساهم بنسبة كافية في تفسير التغير في قيمة التباين بالنموذج.

مقارنة النتائج لكل من نموذجي ماك وبواسون فائق التشتت

يعكس الجدول رقم (١٠) النتائج المقارنة للقيم المعرضة للخطر (VaR) لكل من النموذجين بالاعتماد على سنة الحادث. حيث يتضح أن سنوات الحادث الأقدم لها مقياس خطر تباين (MSEP) أكبر لنموذج ODP عنها بنموذج ماك، بينما نجد أنه وبداية من عام ٢٠٢٠ م يتزايد مقياس التباين لنموذج ماك عن نموذج ODP، وهو ما يُشير إلى أن نموذج بواسون له مساهمة معنوية في تمهيد وتوفيق قيم مؤشر التباين، مقارنة بمستوى توفيق أقل دقة لنموذج ماك، مما يُقدم قيم معرضة للخطر تناسب عملياً ونظرياً وحجم الخطر، وهو ما يُساعد شركات التأمين على توفيق أقساط التأمين بصورة تدريجية تتوافق وحجم الخطر خاصة لقطاعات التأمين التي لها مطالبات تتسم توزيعها التكراري بالذيل الطويل، بينما يُقدم نموذج ماك قيم تباين تضاعفيه ينتج عنها أقساط تأمين لا تتسم بالتوفيق الكافي. كما أن المساهمات النسبية لكل من خطري المعلومات والعمليات مختلفة لكل من النموذجين، مع الأخذ في الاعتبار أن خطأ العمليات يُمثل المصدر الرئيسي للخطأ (IOA&FIAA,2016; Scarth&Roberto,2020).

جدول رقم (١٠): النتائج المقارنة للقيم المعرضة للخطر (VaR) لكل من نموذجي بواسون فائق التشتت ونموذج ماك

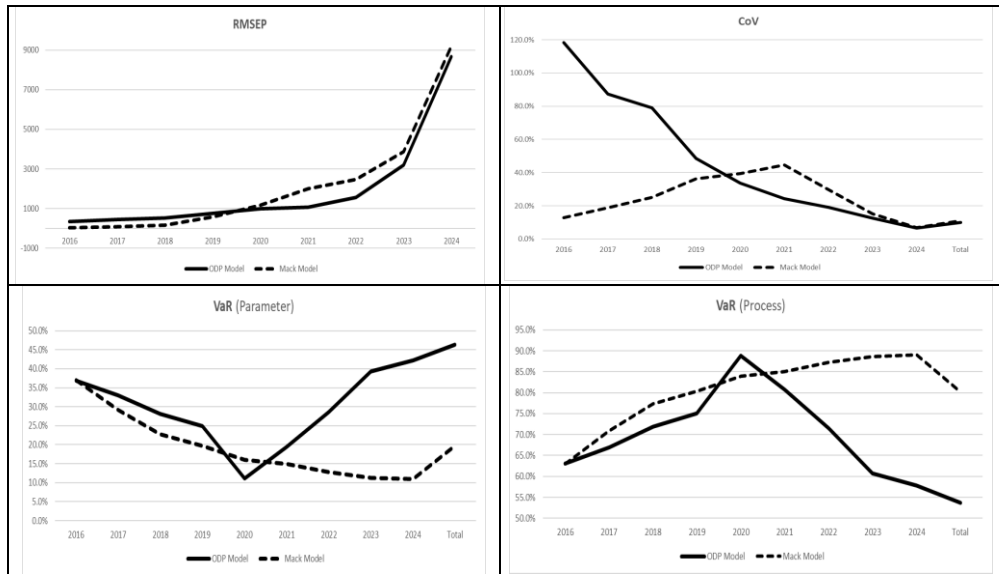
Accident year		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total
RMSEP	ODP Model	342	440	514	759	994	1080	1569	3186	8674	17558
	Mack Model	37	95	163	567	1162	1995	2460	3881	9173	19533
	Differences	305	345	351	192	-168	-915	-891	-695	-499	-1975
CoV	ODP Model	Ultimate	0.3%	0.3%	0.4%	0.6%	0.8%	0.8%	1.0%	1.8%	4.7%
		Reserve	118.3%	87.3%	79.0%	48.4%	33.6%	24.2%	19.1%	12.5%	6.6%
	Mack Model	Ultimate	0.0%	0.1%	0.1%	0.4%	1.0%	1.4%	1.6%	2.2%	4.9%
		Reserve	12.8%	18.9%	25.0%	36.2%	39.3%	44.6%	29.9%	15.3%	7.0%
	Differences		105.5%	68.5%	53.9%	12.2%	-5.7%	-20.5%	-10.8%	-2.7%	-0.4%
											-1.1%
VaR	ODP Model	(Parameter)	36.9%	33.1%	28.1%	24.9%	11.1%	19.3%	28.6%	39.3%	42.2%
		(Process)	63.1%	66.9%	71.9%	75.1%	88.9%	80.7%	71.4%	60.7%	57.9%
	Mack Model	(Parameter)	37.0%	29.2%	22.7%	19.6%	16.1%	14.9%	12.7%	11.3%	10.9%
		(Process)	63.1%	70.9%	77.3%	80.4%	84.0%	85.1%	87.3%	88.7%	89.1%
											80.27%
											46.29%

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder & VaR).

من خلال الجدول السابق يتضح أيضاً أنه وعلى الرغم من أن النتائج التقديرية لقيم المطالبات المتوقعة لكل من نموذجي ماك وبواسون متقاربة، نظراً لأن كل منهما يعتمد على أسلوب التسلسل السلمي، إلا أن نموذج ماك يُقدم نتائج ذات مستوى تباين أعلى مقارنة بمثيلتها لنموذج بواسون فائق التشتت. حيث يتضح من النتائج الواردة بالجدول وفيما يتعلق بمؤشر التباين (RMSEP) (جذر مربع متوسط أخطاء التقدير) أن نموذج ماك يقدم قيم تباين أقل للسنوات المبكرة، بينما يقدم قيماً تبايناً أعلى بالسنوات الأحدث، مقارنة بنموذج بواسون ODP، والذي يقدم قيم تباين تتزايد بصورة تدريجية منتظمة، مما يعكس تأثير جودة أسلوب التسوية المستخدم لكل من معاملات التطور وقيم المطالبات المقدرة. وينعكس أثر التغير في مقياس التباين لكل من النموذجين على القيم المقدرة لمعامل التغير للمخصصات المقدرة، حيث نجد أن قيم معاملات التشتت للمخصصات بالسنوات الأقدم لنموذج ماك أقل مقارنة بنموذج بواسون. وهو ما يُقدم نتيجة ذات درجة عالية من الأهمية، والتي تتجه إلى أن الاعتماد على نموذج بواسون فائق التشتت قد أدى إلى الحصول على نتائج ذات جودة توفيق مرتفعة مقارنة بنموذج ماك، وهو ما انعكس على انخفاض قيم كل من متوسط مربع الأخطاء والذي بلغ (١٧٥٥٨) لنموذج بواسون فائق التشتت، بينما بلغ (١٩٥٣٣) لنموذج ماك.

كما بلغت القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات لنموذج بواسون ٩٨,٩٪، مقابل ١١,١٪ لنموذج ماك، وهو يُمثل معامل تباين المخصص، والذي يعكس تقديراً عاماً لمستوى عدم التأكد في المخصصات المطلوبة، وهو يُشير إلى القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات لقطاع تأمين المركبات خلال فترة الدراسة. وبالتالي فيمكن القول أن نموذج بواسون فائق التشتت قد نجح في معالجة أوجه القصور التي شابت تطبيق نموذج ماك، والذي أظهر عدم قدرته على التعامل مع التوزيعات المطالبات التي تُظهر ذيل طويل لبيانات المطالبات، مقارنة بنموذج بواسون فائق التشتت، والذي قدم قيم على مستوى مرتفع من جودة التوفيق ترتب عليها قيم أقل لمعاملات التشتت. وعند فحص القيم المعرضة للخطر نجد أن هناك انخفاض لمستوى المخاطر ترتب على استخدام نموذج بواسون، وخاصة فيما يتعلق بخطر العمليات، وهو ما يمكن تفسيره على أن استخدام نموذج بواسون فائق التشتت قدم آليات تمكنت من التغلب على الأخطاء الناتجة عن تعقد الحسابات والعمليات لنموذج ماك، وذلك مع الحفاظ على مستوى مناسب من خطر المعلومات، حيث نجد أن خطر المعلومات قد انخفض للسنوات الأحدث مقارنة بنموذج ماك، والذي تتزايد به القيم المعرضة لخطر العمليات بشكل متسارع مع المضي قدماً بسنوات الحادث.

شكل رقم (٨): التمثيل البياني للقيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات لكل من نموذجي ماك وبواسون فائق التشتت



المصدر: إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder).
يوضح الشكل (٧) قيمة معامل التشتت المقارن لكل من النموذجين تبعاً لسنة الحادث، حيث يتضح أنه وبالنسبة لسنوات الحادث الأقدم، نجد أن قيمة مؤشر التباين ($MSEP$) أكبر لنموذج بواسون (ODP) عنه بالنسبة لنموذج ماك، أما في السنوات الأحدث فنجد أن قيمة المؤشر قد انخفضت للقيم التقديرية لنموذج بواسون، وهو ما اتضح من خلال التمثيل البياني لمعاملات التشتت. وعند تحليل القيمة المعرضة للخطر لكل من النموذجين نجد أن نسبة المساهمة في مصدري الخطأ تختلف بالنسبة لكل من النموذجين، حيث نجد أن نموذج ماك قد ساهم وبشكل رئيسي في تخفيض قيمة الخطر الناتج عن المعلمات مقابل الزيادة في قيمة خطر المعلمات، وهو ما تم معالجته من خلال تطبيق الآليات المستخدمة بنموذج بواسون فائق التشتت، حيث نجد أن هناك انخفاض معنوي بمستوى خطر العمليات مقارنة بخطر المعلمات، كما يتضح أن هناك مساهمة أكبر لخطأ العمليات، وعلى الرغم من أهمية تخفيض القيم المعرضة لخطر العمليات، إلا أنه من الأهمية بمكان التركيز على تحقيق قدر من التوازن ينعكس على التأثير المتوقع للقيم المعرضة لخطر المعلمات، حيث يتضح من الشكل ($VaR (Parameter)$) أن نموذج بواسون قدم قيماً أعلى للمعاملات التفسيرية عنها بنموذج ماك، وهو ما يُشير إلى أن نموذج

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتياليات العشوائية

بواسون قد نجح في تقديم تفسيرات معنوية للتغير في التباين خلال فترات التطور، حيث ارتفعت النسب التفسيرية للتغير من ٣٦,٩٪ عام ٢٠١٦ م إلى ٤٢,٢٪ عام ٢٠٢٤ م، كما بلغت ٤٦,٢٩٪ لكامل النموذج. بينما نجد أن النسب التفسيرية لخطر المعلومات بنموذج ماك قد انخفض من ٣٧٪ عام ٢٠١٦ م إلى ١٠,٩٪ عام ٢٠٢٤ م، وبلغ ١٩,٧٣٪ لكامل النموذج. وفيما يتعلق بالقيم المعرضة للخطر نجد أن نموذج ماك قدم نتائج عدم تأكيد أعلى حيث بلغت قيمة معامل التشتت للمخصص ١١,١٠٪ لنموذج ماك، مقابل ٩,٩٨٪ لنموذج بواسون فائق التشتت.

جدول رقم (١١): اختبار (t) لفحص معنوية الفروق بين القيم المعرضة للخطر لنموذجي بواسون فائق التشتت وماك

Source Of Risk	Model	Mean	Variance	Pooled Variance	t Stat	P(T<=t) one-tail	t Critical one-tail	P(T<=t) two-tail	t Critical two-tail
(Parameter)	ODP	0.310	0.012	0.009	2.675	0.008	1.734	0.015	2.101
	Mack	0.194	0.071						
(Process)	ODP	0.690	0.066	0.003	-5.337	0.000	1.746	0.000	2.120
	Mack	0.806	0.095						

المصدر: من إعداد الباحثين اعتماداً على مخرجات البرنامج الإحصائي (R) حزمة (ChainLadder & VaR).

ولاختبار فرضيات البحث يعرض الباحثون الجدول رقم (١١) والذي يوضح نتائج تطبيق اختبار (t) لفحص معنوية الفروق بين كل من القيم المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمينات المركبات، لكل من نموذجي بواسون فائق التشتت وماك. حيث يتضح أنه تم تقسيم مصدر الخطر إلى خطر ناتج عن العمليات، ومجموعة أخرى من المخاطر والنتيجة عن المعلومات. وعند تحليل النتائج الواردة بالجدول يتضح أنه وفيما يتعلق بمخاطر المعلومات، قدم نموذج بواسون فائق التشتت قيم مُقدرة أعلى مقارنة من القيم المُقدرة لنموذج ماك، وهو ما يُشير إلى أن النموذج الأول يترتب على تطبيقه مستوى أعلى من المخاطر الناتجة عن معلومات المعادلة المستخدمة بالتوفيق مقارنة بالنموذج الثاني، حيث بلغت قيمة المتوسط المرجح للقيم المُقدرة لنموذج بواسون ٠,٣١، بينما بلغت لنموذج ماك ٠,١٩٤، وعلى الرغم من ذلك فإن تباين القيم المُقدرة لنموذج بواسون بلغت ٠,١٢، بينما بلغت لنموذج ماك ٠,٧١، وهو ما يُشير إلى جودة توفيق القيم المُقدرة بالاعتماد على نموذج بواسون حيث قدمت قيم تباين أقل. وأخيراً فقد بلغت قيمة إحصائي الاختبار ($P\text{-Value} = 0.015$) وهي أقل من مستوى المعنوية المستخدم في الاختبار ٥٪، وبالتالي يمكن رفض الفرض الثاني من فروض البحث، وقبول الفرض البديل القائل بوجود

فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين القيم المعرضة لخطر المعلومات (Parameter VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات المقدرة باستخدام نموذج ماك عن تلك المقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) عند مستوى معنوية ٥%. كما أن اتجاه الفروق كان نحو تقديم نموذج بواسون مستوى مخاطر ناتج عن عدم دقة تقدير المعلومات أعلى مقارنة بنموذج ماك، حيث أولى نموذج بواسون الأهمية الأكبر لتخفيض خطر العمليات، وهو ما يساهم بالنسبة الأكبر من القيمة المعرضة للخطر مقارنة بخطر المعلومات، حيث بلغت القيمة المعرضة لخطر العمليات لنموذج ماك ٨٩,١٪ في عام ٢٠٢٤م، بينما ترتب على تطبيق نموذج بواسون انخفاض قيمة ذلك الخطر لتبلغ ٥٧,٩٪ بنفس العام، وبالتالي فقد نجح النموذج المقترح في تخفيض حجم المخاطر الناتج عن تعقد العمليات المستخدمة بالنموذج، مما انعكس أثره على عدم دقة نتائج تقديرات قيم المخصصات تحت التسوية.

وتؤكد النتائج الواردة بالجدولين رقم (١٠) و (١١) على أن تطبيق نموذج بواسون فائق التشتت ترتب عليه مستوى مخاطر عمليات أقل مقارنة بنموذج ماك، حيث بلغت قيمة المتوسط المرجح لأخطاء العمليات ٠,٦٩٠ لنموذج بواسون مقارنة بمتوسط ٠,٨٠٦ لنموذج ماك، بينما بلغت قيمة معامل التباين (٠,٠٦٦ - ٠,٠٩٥) لنموذجي بواسون و ماك على الترتيب، وهو ما يُشير إلى تقديم نموذج بواسون لقيم مُقدرة ذات مستوى توفيق أعلى مقارنة بنموذج ماك، وقد بلغت قيمة إحصائي الاختبار ($P\text{-Value} = 0.000$)، وهي أقل من مستوى المعنوية المستخدم في الاختبار ٥٪، وبالتالي يمكن رفض الفرض الثالث من فروض البحث، وقبول الفرض البديل القائل بوجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين كل من القيم المعرضة لخطر العمليات (Process VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات المقدرة باستخدام نموذج ماك، وتلك المقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب)، عند مستوى معنوية ٥%. كما أن هذه الفروق المعنوية تتجه نحو تقديم نموذج بواسون لقيم معرضة لخطر العمليات أقل مقارنة بنموذج ماك، وهو ما يُشير إلى أن الاعتماد على نموذج بواسون قد ساهم في خفض مستوى المخاطر الناتج عن عدم الدقة والخطأ بالعمليات الحسابية، مما يؤثر وبصورة مباشرة على مستوى دقة تقديرات قيم المطالبات.

الخاتمة

من خلال العرض السابق يتضح أن الاعتماد على نموذج بواسون فائق التشتت وتقنية إعادة المعاينة "البوتستراپ" لتقدير القيم المعرضة لخطر مخصص المطالبات تحت التسوية قد ساهم في خفض مستوى المخاطر الناتجة عن عدم التأكد والخطأ في تقدير معالم النموذج، وكذلك الخطأ الناتج عن العمليات الحسابية المستخدمة، كما قدم قيم على درجة مرتفعة من التوفيق مقارنة بنموذج ماك، والمستخدم في تقدير قيم المطالبات تحت التسوية بقطاع تأمينات المركبات بشركات التأمين العاملة بالمملكة العربية السعودية. حيث أتضح من النتائج المستخلصة من التحليل المقارن بين نموذج بواسون فائق التشتت ونموذج ماك، أن الأول قد أظهر قدرة أكبر على معالجة أوجه القصور المرتبطة بتوزيعات المطالبات ذات الذيل الطويل، وهو ما يتميز به القطاع التشغيلي محل الدراسة، مما أدى إلى تحسين دقة التقديرات وتقليل مستوى عدم التأكد. كما ساهم نموذج بواسون في تقليل حجم المخاطر الناتجة عن خطأ العمليات مقارنة بنموذج ماك، وذلك من خلال ما قدمه من معاملات تفسيرية للتباينات تفوق نظائرها لنموذج ماك، وهو ما يُسهم في تفسير العديد من التباينات في قيم مخصص المطالبات تحت التسوية خلال فترة الدراسة، الأمر الذي يؤثر على العديد من المؤشرات التشغيلية والمالية لأداء الشركة والقطاع التأميني، لعل أهمها عدالة التسعير، ونظراً لما يحققه النموذج المقترح من معاملات تطور للمطالبات على درجة عالية من التوفيق، وهو ما يعكس التغير الحقيقي بحجم المطالبات، وبالتالي نجد أن نتائج النموذج المقترح قد ساهمت في تحقيق المزيد من الاستقرار المالي للشركة كنتيجة لزيادة درجة دقة تقدير المطالبات، وضمان عدم تعرض الشركة لمخاطر السيولة والعسر المالي.

النتائج

أولاً: نتائج اختبار فرضيات البحث:-

١. رفض فرضية البحث الأولى، وقبول الفرضية البديلة القائلة بوجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين مستوى جودة التوفيق للقيم المقدرة لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات باستخدام نموذج ماك، عن تلك المقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، عند مستوى معنوية ٥٪، وأن استخدام نموذج بواسون فائق التشتت قد قدم قيم مقدرة ذات جودة توفيق أعلى من نظائرها باستخدام نموذج ماك.
٢. رفض الفرض الثاني من فروض البحث، وقبول الفرض البديل القائل بوجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين القيم المعرضة لخطر المعلمات (Parameter VaR) لمخصص

المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات المُقدرة باستخدام نموذج ماك، عن تلك المُقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب) عند مستوى معنوية ٥%. كما اتجهت الفروق نحو تقديم نموذج بواسون مستوى مخاطر ناتج عن عدم دقة تقدير المعلومات أعلى مقارنة بنموذج ماك.

٣. رفض الفرض الثالث من فروض البحث، وقبول الفرض البديل القائل بوجود فروق معنوية ذات دلالة إحصائية بين كل من القيم المعرضة لخطر العمليات (Process VaR) لمخصص المطالبات تحت التسوية لقطاع تأمين المركبات المُقدرة باستخدام نموذج ماك، وتلك المُقدرة باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت، باستخدام تقنية إعادة المعاينة (البوتستراب)، عند مستوى معنوية ٥%. كما أن هذه الفروق المعنوية تتجه نحو تقديم نموذج بواسون لقيم معرضة لخطر العمليات أقل مقارنة بنموذج ماك، وهو ما يُشير إلى أن الاعتماد على نموذج بواسون قد خفض من مستوى الخطر الناتج عن عدم الدقة والخطأ بالعمليات الحسابية، والذي يُؤثر بدوره على مستوى دقة وعدم التأكد من القيم المُقدرة للمخصص.

ثانياً: النتائج التطبيقية

١. يتسم تقدير القيمة المعرضة لخطر المعلومات بالتعقد مقارنة بخطر العمليات، ويرجع ذلك إلى أن العلاقة بين خطأ المعلومات والمخصص ليست خطية تماماً، مما يزيد من مستوى التعقيد في الحسابات.
٢. يُشير الانحراف بالسلسلة الزمنية لتطور المطالبات لنموذج ماك إلى وجود مشكلة بإفتراضات النموذج مما يترتب عليه وجود بعض الصعوبات في تطبيق نموذج ماك مباشرة على بيانات المطالبات الخام.
٣. يعكس التوزيع المنتظم لمتوسط معلمة التباين والانحراف المعياري حول خط التوازن البياني (الصفر) لنموذج بواسون فائق التشتت جودة توفيق تقديرات النموذج.
٤. يؤكد فحص الخرائط الحرارية لنموذج بواسون فائق التشتت والتي تعكس نسبة القيم الفعلية للمُقدرة، أنها مقبولة إحصائياً لأثبتات صحة فرضياته، وجودة تمثيله لبيانات المطالبات لقطاع تأمين المركبات للشركة محل الدراسة.
٥. أن التوزيع الفعلي لبواقي نموذج بواسون فائق التشتت تعكس وجود ذيل طويل لبيانات المطالبات محل الدراسة، وهو ما يتفق وخصائص توزيع (ODP)، ويشير إلى جودة التوفيق للنموذج.

تقدير القيمة المعرضة للخطر لمخصص المطالبات تحت التسوية باستخدام نهاذج الاحتيائيات العشوائية

٦. يتناسب توزيع بواسون فائق التشتت أكثر والجوانب التطبيقية للتأمين، حيث يحتفظ التوزيع بهامش إيجابي للخطر مقابل القيم الفعلية، ومن ثم تظل التقديرات لقيم المخصص في الجانب التحفظي للشركة، مما يسمح لها بهامش أمان مقبول.
٧. بلغت القيمة المعرضة للخطر باستخدام نموذج بواسون فائق التشتت ٩,٩٨٪ من القيم المقدرة للمخصص المطالبات، ويساهم كل من خطري المعلومات والمعلومات بنسبة (٤٦,٩٢٪، ٥٣,٧١٪) على التوالي من القيمة المعرضة للخطر.
٨. تساهم قيمة الخطر الناتج عن العمليات لنموذج بواسون فائق التشتت بنسبة كبيرة في إجمالي الخطأ خلال فترة السنوات المتوسطة، بينما له مساهمة أقل خلال سنوات الأحداث والأقدم كما أنه يُمثل النسبة الأكبر من القيمة المعرضة للخطر.
٩. أن نموذج بواسون فائق التشتت له مساهمة معنوية في تمهيد وتوفيق قيم مؤشر التباين، مقارنة بمستوى توفيق أقل دقة لنموذج ماك، مما يُقدم قيم معرضة للخطر تعكس حجم الخطر.
١٠. يُساهم مستوى جودة التوفيق لنموذج بواسون فائق التشتت في تقدير أقساط تأمينية تأخذ شكل تدريجي يتوافق وحجم الخطر خاصة لقطاعات التأمين التي لها مطالبات يتسم توزيعها التكراري بالذيل الطويل.
١١. إن النتائج التقديرية لقيم المطالبات المتوقعة لكل من نموذجي ماك وبواسون متقاربة، نظراً لأن كل منهما يعتمد على أسلوب التسلسل السلمي، إلا أن نموذج ماك يُقدم نتائج ذات مستوى تباين أعلى مقارنة بمثيلتها لنموذج بواسون فائق التشتت.
١٢. ترتب على الاعتماد على نموذج بواسون فائق التشتت إنخفاض لقيم متوسط مربع الأخطاء لتقديرات قيم مخصص المطالبات تحت التسوية، والتي بلغت (١٧٥٥٨) لنموذج بواسون فائق التشتت، بينما بلغ (١٩٥٣٣) لنموذج ماك.
١٣. نجح نموذج بواسون فائق التشتت في معالجة أوجه القصور التي شابت تطبيق نموذج ماك، والذي أظهر عدم قدرته على التعامل مع التوزيعات المطالبات التي تُظهر ذيل طويل لبيانات المطالبات.
١٤. يترتب على تطبيق نموذج بواسون فائق التشتت مستوى أعلى من المخاطر الناتجة عن معلومات الدالة المستخدمة بالتوفيق مقارنة بالنموذج ماك، حيث بلغت قيمة المتوسط المرجح للقيم المقدرة لنموذج بواسون ٠,٣١، بينما بلغت ٠,١٩٤ لنموذج ماك.

التوصيات

- ١- ضرورة الاعتماد على النموذج المقترح بشكل موسع بالتطبيقات العملية للتأمين كونه يُقدم آليات أكثر عمقاً لتقدير القيم المعرضة للخطر بمخصص المطالبات لقطاع التأمينات العامة.
- ٢- ضرورة تطوير المزيد من نماذج المخصصات العشوائية تأخذ في الاعتبار التعقيدات المرتبطة بخطر المعلومات، مع التركيز على تحسين العلاقة بين خطأ المعلومات والمخصص لتقليل مستوى التعقيد في الحسابات.
- ٣- ينبغي إجراء مراجعة شاملة للإفتراضات المستخدمة في نموذج ماك، والعمل على تحسينها لتفادي المشكلات المرتبطة بتطبيقه على بيانات المطالبات الخام.
- ٤- ضرورة الاعتماد على نموذج بواسون فائق التشتت نظراً لجودة توفيقه العالية وقدرته على التعامل مع التوزيع الذي يتسم بالذيل الطويل، مما يعكس دقة أكبر في تقديرات المخصص.
- ٥- ينبغي إجراء تحليلات دورية للمخاطر الناتجة عن المعلومات والعمليات، مع التركيز على تقليل الخطر الناتج عن العمليات، خاصة في السنوات المتوسطة.
- ٦- يُنصح بتطبيق نموذج بواسون فائق التشتت في تقدير أقساط التأمين، نظراً لقدرته على تقديم تقديرات تتناسب وحجم الخطر، مما يُسهّم في تحقيق المزيد من الاستقرار لشركات التأمين.
- ٧- محاولة تطوير استراتيجيات مخصصة تأخذ في الاعتبار القيم المعرضة للخطر، مع الاهتمام بمستوى المخاطر الناتجة عن المعلومات لضمان تحقيق استقرار في القيم المخصصات.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

أ) الدوريات

١- حنفي، أية سعيد، إبراهيم، رأفت أحمد، أحمد & يمى محمد عبد العزيز. (٢٠٢٣). تقدير

خطأ التنبؤ في مخصص المطالبات باستخدام نموذج Over-Dispersed Poisson

Model. المجلة الأكاديمية للبحوث التجارية المعاصرة. 19-3(4),

ب) التقارير والمقالات والإحصاءات الرسمية

١- التقارير الختامية لشركة التعاونية للتأمين أعداد مختلفة عن موقع تداول السعودية

(Saudi Exchange).

٢- التقرير السنوي لقطاع التأمين، البنك المركزي السعودي، أعداد مختلفة.

ثانياً: المراجع العربية

1. Adnan, W. F., Pasaribu, U. S., & Husniah, H. (2021). Premium estimation in the fire insurance through semiparametric bootstrap. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1722, No. 1, p. 012073). IOP Publishing.
2. Alai, D. H., Merz, M., & Wüthrich, M. V. (2009). Mean square error of prediction in the Bornhuetter–Ferguson claims reserving method. *Annals of Actuarial Science*, 4(1), 7-31.
3. Baudry, M., & Robert, C. Y. (2019). A machine learning approach for individual claims reserving in insurance. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 35(5), 1127-1155.
4. BRATI, E., & BRAIMLLARI, A. (2023). Application of Bootstrap and Deterministic Methods for Reserving Claims in Private Health Insurance. *International Journal of Mathematics Trends and Technology-IJMTT*, 69.
5. Chan, R. (2024). Risk Management of Insurance Companies With The Implementation Of The Munich Chain Ladder Method In Claim Reserve Estimation. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 4(7), 6259-6276.

6. Chernozhukov, V., Chetverikov, D., Kato, K., & Koike, Y. (2023). High-dimensional data bootstrap. *Annual Review of Statistics and Its Application*, 10(1), 427-449.
7. Chukhrova, N., & Johannssen, A. (2021). Stochastic claims reserving methods with state space representations: a review. *Risks*, 9(11), 198.
8. Crevecoeur, J., Robben, J., & Antonio, K. (2022). A hierarchical reserving model for reported non-life insurance claims. *Insurance: Mathematics and Economics*, 104, 158-184.
9. Delong, Ł., Lindholm, M., & Wüthrich, M. V. (2022). Collective reserving using individual claims data. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2022(1), 1-28.
10. Frees, E. W., and R.A. Derrig, eds. (2014). *Predictive Modeling Applications in Actuarial*
11. Gigante, P., & Sigalotti, L. (2006). Model risk in claims reserving with generalized linear models. *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, 68, 55-87.
12. IOA, A. C. M. F., & FIAA, G. M. P. (2016). A Practitioner's Introduction to Stochastic Reserving.
13. Liu, H., & Verrall, R. J. (2010). Bootstrap estimation of the predictive distributions of reserves using paid and incurred claims. *Variance*, 4(2), 121-135.
14. Lopez, O., & Milhaud, X. (2021). Individual reserving and nonparametric estimation of claim amounts subject to large reporting delays. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2021(1), 34-53.
15. Maciak, M., Okhrin, O., & Pešta, M. (2021). Infinitely stochastic micro reserving. *Insurance: Mathematics and Economics*, 100, 30-58.
16. Mack, T., & Venter, G. (2000). A comparison of stochastic models that reproduce chain ladder reserve estimates. *Insurance: mathematics and economics*, 26(1), 101-107.
17. Martinek, L. (2019). Analysis of stochastic reserving models by means of naic claims data. *Risks*, 7(2), 62.
18. Martinek, L., Arató, M., & Mályusz, M. (2015). Comparison of stochastic claims reserving models in insurance. *arXiv preprint arXiv:1501.06155*.

19. Nii Boi Quaye, E., Andoh, C., & QQ Aboagye, A. (2014). Loss reserve variability and loss reserve errors: An empirical analysis of the Ghanaian property and liability insurance industry. *The Journal of Risk Finance*, 15(3), 248-263.
20. Ohlsson, E., & Lauzenings, J. (2009). The one-year non-life insurance risk. *Insurance: Mathematics and Economics*, 45(2), 203-208.
21. Oladunni, O. E., & Okonkwo, I. V. (2022). Impact of risk retention on claims management of insurance companies in Nigeria. *Fuoye Journal of Finance and Contemporary Issues*, 3(1).
22. Pentikäinen, T., & Rantala, J. (1992). A simulation procedure for comparing different claims reserving methods. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 22(2), 191-216.
23. Peters, G. W., Shevchenko, P. V., & Wüthrich, M. V. (2009). Model uncertainty in claims reserving within Tweedie's compound Poisson models. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 39(1), 1-33.
24. Scarth, R., Jain, S., & Roberto, R. (2020). A practitioner's introduction to stochastic reserving.
25. *Science: Volume 1, Predictive Modeling*. New York, NY, USA: Cambridge University
26. Shapland, M. R. (2016). Using the ODP Bootstrap Model: A Practitioner's Guide. Arlington: Casualty Actuarial Society.
27. Verrall, R. J. (2000). An investigation into stochastic claims reserving models and the chain-ladder technique. *Insurance: mathematics and economics*, 26(1), 91-99.
28. Wolny-Dominiak, A., & Żądło, T. (2022). On bootstrap estimators of some prediction accuracy measures of loss reserves in a non-life insurance company. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 51(8), 4225-4240.
29. Wuthrich, M. V., & Merz, M. (2015). Stochastic claims reserving manual: Advances in dynamic modeling. *Swiss Finance Institute Research Paper*, (15-34).
30. Yousof, H. M., Saber, M. M., Al-Nefaie, A. H., Butt, N. S., Ibrahim, M., & Alkhayyat, S. L. (2024). A discrete claims-model for the

- inflated and over-dispersed automobile claims frequencies data: Applications and actuarial risk analysis. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 261-284.
31. Zaçaj, O., Raço, E., Haxhi, K., Llagami, E., & Hila, K. (2022). Bootstrap methods for claims reserving: R language approach. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 21, 252-259.
32. Zimmermann, P. (2011). Possibilities of Individual Claim Reserve Risk Modeling. *Acta Oeconomica Pragensia*, 2011(6), 46-64