



نموذج مقترح لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية بالتطبيق على الهيئة القومية لسكك حديد مصر

إعداد

د. محمد أحمد فؤاد عبده البرقاوي

مدرس بقسم الإحصاء التطبيقي والتأمين

كلية التجارة - جامعة المنصورة

elbarkawy@mans.edu.eg

المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية

كلية التجارة - جامعة دمياط

المجلد الرابع - العدد الأول - الجزء الرابع - يناير ٢٠٢٣

التوثيق المقترح وفقاً لنظام APA:

البرقاوي، محمد أحمد فؤاد عبده (٢٠٢٣). نموذج مقترح لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية بالتطبيق على الهيئة القومية لسكك حديد مصر. *المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية*، كلية التجارة، جامعة دمياط، ٤(١)، ٤٦٥-٤٩٦.

رابط المجلة: <https://cfdj.journals.ekb.eg/>

نموذج مقترح لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية بالتطبيق على

الهيئة القومية لسكك حديد مصر

د. محمد أحمد فؤاد عبده البرقاوي

المخلص

تعتبر النماذج الاحتمالية المركبة من الأساليب المفيدة التي تستخدم في دراسة عدد الحوادث وقيمة الخسائر التي تحدث خلال فترة معينة وبالتالي تساعد هذه النماذج في التنبؤ بقيمة الخسائر المحتملة مما قد يساعد في تقدير السعر المناسب لكل نوع من أنواع التأمين، ومن الملاحظ أن هناك اقبالاً متزايداً من قبل الباحثين على استخدام النماذج الاحتمالية وذلك للتوصل لنموذج مناسب لتوفيق عدد المطالبات أو قيم هذه المطالبات حيث أن توفيق توزيع احتمالي مناسب للبيانات الفعلية مشكلة ليست هينة نظراً لطبيعة بيانات الخسائر والتي تتصف بالالتواء الشديد ناحية اليمين.

يهتم البحث باقتراح نموذج كمي لتوفيق البيانات الخاصة بالهيئة القومية للسكك الحديدية وتحديدًا حوادث جرارات السكك الحديدية توفيقاً دقيقاً في محاولة لاقتراح أسلوب لتسعير هذا النوع من الأخطار والذي لا تغطيه شركات التأمين في جمهورية مصر العربية، لما لهذا المرفق من أهمية اقتصادية كبيرة ولضخامة الاستثمارات الموجهة للسكك الحديدية في الفترة الحالية وبالتالي سوف يهتم البحث ببيان خطوات اشتقاق هذا النموذج وكيفية تقدير المعالم الخاصة به ثم محاولة تحديد السعر المقترح.

الكلمات المفتاحية: تسعير أخطار السكك الحديدية- التوزيعات المركبة- توزيعات بيرسون

المقدمة:

يستخدم النقل بالسكك الحديدية في نقل الركاب والبضائع بواسطة فاطرات (جرارات) وعربات مصممة خصيصاً للسير على قضبان من الحديد، حيث أن السكك الحديدية تربط مدنًا ببعضها البعض في البلد الواحد، كما تربط بين الدول وتتشابك شبكات دولة ما مع شبكات جيرانها، وغالباً ما نجد قارة بأكملها مرتبطة بشبكة عظيمة من السكك الحديدية.

وتعتبر السكك الحديدية في مقدمة وسائل النقل التي ساهمت في نشر الحضارة والعمران فهي أقدم وسائل النقل السريع ظهوراً، وتتمتع بعدة مزايا بالمقارنة بوسائل النقل الأخرى حيث أنها [موسى، ٢٠١٤]:

١- أقل استهلاكاً للوقود بالنسبة للوحدة المنقولة (طن-كم).

٢- أقل تكلفة للتشغيل.

٣- أكثر أماناً.

٤- أقل تأثيراً في الأضرار البيئية.

وتعتبر الهيئة القومية لسكك حديد مصر من أكبر المؤسسات الاقتصادية في مصر والعالم العربي، وهي الأكبر في مجال خدمات النقل (الركاب والبضائع) وتعتبر العمود الفقري لنقل الركاب في مصر، حيث تعد خطوط السكك الحديدية في مصر من أهم وأكبر مرافق النقل العام كما تعد سكك حديد مصر أول خطوط السكك الحديدية يتم إنشاؤها في أفريقيا والشرق الأوسط، والثانية على مستوى العالم بعد المملكة المتحدة، حيث بدأ إنشاؤها في ١٨٣٤ حيث مدت قضبان خطوط السكة الحديدية فعلاً وقتها في خط السويس الإسكندرية إلا أن العمل ما لبث أن توقف بسبب اعتراض فرنسا لأسباب سياسية ثم أحييت الفكرة مرة أخرى بعد ١٧ عاماً في ١٨٥١ في خمسينيات القرن التاسع عشر حيث امتدت عبر محافظات مصر من شمالها إلى جنوبها [عياد، ٢٠٠٨].

والجدير بالذكر أن حجم الركاب المنقول بالسكك الحديدية يبلغ نحو (٤٢٠) مليون راكب سنوياً أي ما يقارب (١,١٥) مليون راكب يومياً، ويقدر نصيبها من نقل الركاب بأكثر من ٣٠٪ من إجمالي حجم النقل على المستوى القومي، وتمتلك الهيئة القومية لسكك حديد مصر خطوطاً حديدية تقدر بطول (٩٥٧٠ كم) وتخدم ٢٣ محافظة حيث يبلغ عدد المحطات بها (٧٠٥) محطة ويوجد عدد (١٣٣٢) مزلقاناً و (٣٠٤٠) عربة ركاب منها (٨٥٠) عربة مكيفة و(٨٥٥٣) عربة بضائع و(٧٩٣) جرار (تقدر قيمة الجرار الواحد بملايين الجنيهات) وكذلك (٨٢٦) كوبري وحوالي (١٠٠) نفق، (٦) مناطق مركزية يوجد بها (٩) قطاعات وعدد (٨) شركات تابعة بالإضافة إلى ١١ مليار جنيه تمثل الخطة الاستثمارية للهيئة لعام ٢٠٢٠/٢٠٢١ وبالتالي نلاحظ الدور الفعال للهيئة القومية لسكك حديد مصر في خدمة نقل الركاب وتداول البضائع بين مختلف أنحاء الجمهورية حيث تربط السكك الحديدية جميع الموانئ الرئيسية بوصلات حديدية [الموقع الإلكتروني للهيئة].

وتوفر الهيئة لجمهورها خدمة النقل بشقيه وهما:

١. نقل الأشخاص

٢. نقل البضائع

• وفيما يختص بنقل الركاب

توفر الهيئة قطارات سريعة فاخرة بالدرجتين الأولى والثانية مكيفة الهواء (جميع الخطوط)، وقطارات توربينية فاخرة (خط القاهرة-الإسكندرية) وقطارات نوم فاخرة (طوال العام للوجه القبلي، وصيفاً من القاهرة إلى مرسى مطروح)، كما تيسر الهيئة قطارات الاكسبريس السريعة بالدرجات العادية والمختلطة، هذا إلى جانب قطارات خطوط ومناطق الضواحي بالدرجة الموحدة [عليان، ١٩٩٧، ٥].

• أما فيما يختص بنقل البضائع: توفر الهيئة نوعين من الخدمة هما:

- خدمة نقل البضائع بالمستعجل على قطارات الركاب نفسها لبعض أنواع السلع (العفش، الطرود، وسائل النقل الخفيف، الأطعمة، الصحف، المطبوعات والرسائل...).
- خدمة النقل غير المستعجل على قطارات نقل البضائع، وتواصل الهيئة دعمها باستمرار من حيث تزويدها بالجرارات الحديثة ودعم أسطول عرباتها بالأنواع الجديدة ذات الأحمال الكبيرة، ومن السلع التي يتم نقلها بهذه القطارات ما يلي:

• الغلال السائبة والمعبأة.

• الفحم وقصب السكر ومنتجاته.

• منتجات البترول وخام الحديد وخام الفوسفات والأسمدة المصنعة والملح والأحجار بأنواعها.

لذلك اهتمت الدولة بتطوير هذا المرفق الحيوي الهام ضمن خطة شاملة للنهوض بخدماته من خلال الهيئة القومية لسكك حديد مصر حيث تم تمويل الاستثمارات اللازمة لتحديثه والارتقاء بمستواه ورفع كفاءة الأداء، من خلال تحديث الإشارات وتطوير المزلقانات، كذلك تطوير ودعم أسطول الوحدات المتحركة واستحداث قطارات جديدة (جرارات) وذلك لتحقيق خدمة نقل متميزة من أجل توفير عوامل الأمان أثناء الرحلات المختلفة للقطارات، وتحسين الخدمة المقدمة للمواطنين ورفع معدلات الانجاز في نقل البضائع مما يشكل قوة دفع كبيرة في جذب الاستثمارات وتنشيط المشروعات الاقتصادية الحيوية، ودفع عملية التنمية [عبد النبي، ٢٠١٢، ١٥٣-١٥٥].

مشكله البحث:

السكك الحديدية مهمة بشكل كبير في نقل كلاً من الركاب والبضائع، وتعتبر القطارات وسيلة نقل رئيسية منذ عشرات السنين وفي هذه الأيام يتم استخدامها في النقل أكثر فأكثر نتيجة توسع شبكة القطارات، ولأهمية وسيلة النقل هذه واحتمالية تعرضها أو تعرض ركابها أو حتى البضائع التي تحملها للأخطار المختلفة، حيث تعددت الأخطار التي تتعرض لها عمليات النقل بالسكك الحديدية فمنها أخطار الممتلكات التي تتعرض لها البضائع المنقولة وأخطار نقل الركاب والتي زادت زيادة كبيرة مع التطور الصناعي وزيادة التجمعات السكانية واقتران ذلك بتضخم حجم المدن وزيادة مشاكل النقل الداخلي وزيادة الحاجة إلى الانتقال بين المدن فمن الملاحظ زيادة حوادث القطارات وخاصة التي تتعرض لها جرارات السكك الحديدية على مدار السنوات السابقة.

وتحقق أخطار النقل قد يعوق عملية النقل مما يساعد في عدم تحقيق أهدافها التنموية لتأثيره السلبي على الاقتصاد القومي وخطط التنمية الاقتصادية فضلاً عن التأثير السلبي على الأمن القومي الاستراتيجي للوطن لتأثير حوادث القطارات على الرأي العام في الدولة.

مما سبق يمكن تلخيص مشكلة البحث في:

١. ارتفاع معدلات الخسائر نتيجة تحقق أخطار السكك الحديدية وخاصة الخسائر الناجمة عن حوادث جرارات السكك الحديدية.
٢. ندرة الدراسات التي تناولت نمذجة وتسعير الأخطار التي تتعرض لها جرارات السكك الحديدية.

الهدف من البحث:

تعتبر النماذج الاحتمالية من الأساليب المفيدة التي تستخدم في دراسة عدد المطالبات أو عدد الحوادث التي تحدث خلال فترة معينة وبالتالي تساعد هذه النماذج في التنبؤ بقيمة الخسائر المحتملة مما يساعد في تقدير السعر المناسب لكل نوع من أنواع التأمين وبالتالي يهدف البحث إلى الوصول لنموذج كمي لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية.

أهمية البحث:

تتبع أهمية البحث من أهمية قطاع النقل والسكك الحديدية على وجه التحديد إذ يساهم قطاع النقل بصفة عامة في تقدم الدول سواء صناعياً أو اقتصادياً، حيث يأتي قطاع النقل بالسكك الحديدية بصفة خاصة على رأس القطاعات التي تهدف إلى دعم الهيكل الاقتصادي للدولة حيث يعتبر من أهم أنواع وسائل النقل التي تمتاز بالأمان والتكلفة المنخفضة، وتؤكد الاحصائيات أن تعداد السكان في زيادة مستمرة كما أن تكاليف النقل باستخدام وسائل النقل الأخرى في تزايد مستمر ولهذا فإن النقل بالسكك الحديدية يعد خياراً ملحاً يحقق العديد من الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والثقافية.

لذلك يهتم هذا البحث باقتراح نموذج كمي لتوفيق البيانات الخاصة بالهيئة القومية للسكك الحديدية وتحديد جرارات السكك الحديدية توفيقاً دقيقاً، لما لهذا المرفق من أهمية اقتصادية كبيرة ولضخامة الاستثمارات الموجهة من قبل الدولة للسكك الحديدية في الفترة الحالية.

حدود البحث:

١. تقتصر الدراسة التطبيقية على الأخطار التي تتعرض لها جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر.
٢. تقتصر الحدود الزمنية على الفترة من ٢٠١٤ إلى ٢٠٢٠ م.

منهجية البحث

استخدام التوزيعات الاحتمالية المركبة للوصول لنموذج كمي لتوفيق البيانات وتوضيح خطوات اشتقاق هذا النموذج وكيفية تقدير المعالم الخاصة به ثم محاولة تحديد سعر التأمين المقترح.

فروض البحث:

١. عدد حوادث الجرارات بالهيئة القومية لسكك حديد مصر يتبع توزيع بواسون.
٢. قيم خسائر الجرارات بالهيئة القومية لسكك حديد مصر يتبع توزيع جاما.
٣. سياسة التأمين الذاتي التي تتبعها الهيئة القومية للسكك الحديدية حالياً غير مناسبة لمواجهة الأخطار التي تتعرض لها جرارات السكك الحديدية نظراً لضخامة قيم هذه الجرارات.

مراجعة الدراسات السابقة:

في دراسة (البلقيني وآخرون، ٢٠١٨) بعنوان "تسعير أخطار نقل البضائع بالسكك الحديدية باستخدام النماذج الاحتمالية المركبة" فقد أوضحت الدراسة أن أخطار السكك الحديدية تعتبر من الأخطار المركبة لأن محفظة أخطارها تحتوي على مجموعة مختلفة من الأخطار ولتسعير هذه الأخطار لابد من التوصل إلى النموذج الاحصائي الذي يمكن من خلاله تقدير قيمة المطالبات الاجمالية من خلال اعتبار أن كلاً من تكرار الخسارة وقيمة الخسارة عن الحادث الواحد متغيران عشوائيان.

وتناولت دراسة (عبد الرحمن وآخرون، ٢٠١٧) بعنوان "نموذج كمي لتسعير أخطار نقل الركاب عبر خطوط السكك الحديدية في جمهورية مصر العربية" تحليلاً للأخطار التي تواجه قطاع نقل الركاب عبر خطوط السكك الحديدية بالإضافة إلى بناء نموذج كمي يجمع بين التحليل البيزي ونظرية المصادقية واستخدامه في تسعير الأخطار التي تواجه نقل الركاب عبر خطوط السكك الحديدية في جمهورية مصر العربية وقد أوصت

الدراسة بضرورة استخدام النماذج الكمية في دراسة الأخطار المختلفة التي تتعرض لها الهيئة القومية لسكك حديد مصر.

كما قام كل من (Marcus & Christiansen,2016) في دراسة بعنوان:

a credibility approach for combining likelihoods of generalized linear models

باستخدام جديد لنظرية المصدقية بدمج دالة الامكان الأعظم المركبة للنماذج الخطية العامة، وقاموا بإثبات أنه وفقاً لنظرية الأخطار التجميعية أن إجمالي قيمة الخسائر لشركات التأمين متغير عشوائي.

وقام كل من (Alice,et .al,2015) في دراسة بعنوان:

Goodness-of-fit tests and applications for left-truncated Weibull distributions to non-life insurance

بمناقشة أنه في حالة استخدام نظرية الخطر في مجال التأمين يكون من المهم تحديد التوزيع الاحتمالي لكلاً من عدد حالات الخسائر وحجم هذه الخسائر، وفي بعض الحالات يكون من الصعب توفيق بيانات الخسائر لتوزيع معين ولذلك قد تستخدم التوزيعات الاحتمالية المبتورة من اليسار لتوفيق بيانات هذه الخسائر.

وناقشت دراسة (Rashid & Jan,2015) بعنوان:

A Compound of Size Biased Geeta Distribution with Generalized Beta Distribution

طرق الحصول على التوزيع المركب والذي يمكن الحصول عليه عندما يتم دمج توزيعين احتماليين، فمن الممكن دمج توزيع احتمالي متقطع مع توزيع آخر متقطع، ومن الممكن دمج توزيع احتمالي متقطع مع آخر متصل أو توزيع احتمالي متصل مع آخر متصل.

أما دراسة (عبد الحافظ وآخرون-٢٠١٣) بعنوان "نظام مقترح لتأمين أخطار النقل بالسكك الحديدية في المملكة العربية السعودية" تناولت تحديد واكتشاف الأخطار التي تواجه عملية النقل بالسكك الحديدية بالمملكة العربية السعودية وتصميم دليلاً للأخطار لكلاً من نشاط نقل البضائع ونشاط نقل الركاب بالسكك الحديدية بالمملكة العربية السعودية وكذلك قياس أخطار النقل بالسكك، وقد أوصى الباحث بضرورة إنشاء إدارة متخصصة لإدارة الأخطار التي تتعرض لها مؤسسة السكك الحديدية.

أما دراسة (Zamani & Noriszura,2010) بعنوان:

"Negative Binomial-Lindley Distribution and Its Application"

فقد قدما الباحثان طريقة جديدة لدمج توزيع ذو الحدين السالب مع توزيع ليندلي، وقاما الباحثان بتطبيق النموذج المركب توزيعي ذو الحدين السالب وليندلي على بيانات إحدى شركات التأمين وقد توصلا الباحثان إلى أن استخدام النموذج المركب من توزيع ذو الحدين السالب وتوزيع ليندلي يعتبر أكثر ملاءمة في توفيق البيانات.

وهدفت دراسة (فريد-٢٠٠٧) بعنوان "نظام للتأمين الذاتي لخسائر حوادث جرارات السكك الحديدية" إلى التوصل لنموذج يستخدم في تقدير تكلفة خسائر حوادث جرارات السكك الحديدية في ظل استخدام نظام التأمين الذاتي وتم استخدام التحليل البيزي Bayesian Analysis وتوصل الباحث إلى نموذج كمي لتقدير تكلفة الخسائر المتوقعة وبالتالي تطبيق سياسة التأمين الذاتي للحوادث التي تتعرض لها جرارات قطارات السكك الحديدية.

وفي دراسة (مهدي وآخرون-١٩٩١) بعنوان "استخدام نظرية المصادقية في تسعير تأمين أخطار النقل بهيئة السكك الحديدية في مصر" حيث هدفت إلى تسعير تأمين أخطار النقل (ممتلكات) بالسكك الحديدية ويشمل تسعير الوحدات المتحركة، وتسعير تأمين وحدات الجر مثل الجرارات، كما هدفت إلى التوصل لنموذج كمي يستخدم لتسعير تأمين أخطار النقل بالسكك الحديدية والتوصل إلى القسط المناسب عن طريق حساب قسط مبدئي مناسب، ثم يتم تصحيح هذا القسط باستخدام المطالبات الفعلية ونظرية المصادقية.

الفجوة البحثية:

١. استخدمت بعض الدراسات الأجنبية التوزيعات الاحتمالية لكن لم توضح كيفية التطبيق العملي لها في مجال أخطار جرارات السكك الحديدية.
٢. لم تستخدم أي من الدراسات السابقة التوزيع الاحتمالي المركب من توزيعين مفردين في تحليل ونمذجة الأخطار التي تتعرض لها جرارات للسكك الحديدية.
٣. تناولت بعض الدراسات العربية أخطار السكك الحديدية إما بالتحليل النظري أو باستخدام نظرية المصادقية وكان الأمر يتعلق ببعض أخطار الممتلكات فقط دون التطرق لأخطار جرارات السكك الحديدية.
٤. لم تقترح الدراسات السابقة أسلوباً كميّاً لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية كخطوة لتبني شركات التأمين المصرية تغطية هذا النوع من الأخطار.

خطة البحث:

في سبيل تحقيق الهدف المنشود من البحث، يدور البحث حول:

١. المبحث الأول: أخطار الوحدات المتحركة في السكك الحديدية.
٢. المبحث الثاني: التوزيعات الاحتمالية المركبة.
٣. المبحث الثالث: النموذج المقترح لتوفيق البيانات.

المبحث الأول

أخطار الوحدات المتحركة في السكك الحديدية

يعد النقل وخاصة النقل باستخدام السكك الحديدية من الصناعات التي تلعب دوراً هاماً في التطور الاقتصادي، فالنقل لا يقتصر دوره على نقل السلع كاملة الصنع بل يمتد إلى الخامات الأولية مما يساعد على اتساع السوق واستغلال الموارد البشرية والمالية التي لم تكن مستخدمة من قبل مما يساعد على زيادة فرص العمل وبالتالي المساهمة في زيادة الإنتاج والتنوع فيه وتحسين نوعيته.

فمن الملاحظ أن أخطار نقل الركاب زادت زيادة كبيرة جداً مع التطور التكنولوجي والصناعي وزيادة السكانية واقتران ذلك بزيادة حجم المدن وزيادة المشاكل المتعلقة بالنقل الداخلي والرغبة في الانتقال بين المدن وذلك سعياً وراء العمل أو السياحة مما أدى إلى زيادة الاعتماد على السكك الحديدية في الانتقال اليومي وهكذا يتضح مدى مسئولية هيئة السكك الحديدية كناقل للركاب أو البضائع وكذلك حجم الأخطار وزيادة احتمالاتها [عباد، ٢٠٠٨].

وفيما يلي عرض لبعض الأخطار التي تتعرض لها الوحدات المتحركة بالهيئة القومية لسكك حديد مصر:

تعريف بالوحدات المتحركة:

تتكون الوحدات المتحركة بصفة رئيسية من القاطرات (الجرارات)، عربات النقل سواء كانت ركاب أو بضائع، وتتحرك الوحدات على السكك الحديدية في مجموعات يطلق على كل منها قطار، وتكون فيما بينها جسم غير متماسك تتصل وحداته بواسطة قطاير وسست تسمح بحرية الحركة النسبية بين العربات ولمسافات صغيرة تتراوح ما بين ٣ و ١٠ سم بحيث تضمن تحاشي تصادم العربات ببعضها لتجنب الرجات وامتصاص طاقة التصادمات، ونتيجة لحركة هذه الوحدات على القضبان ينشأ احتكاك وصدمة وهزات ينقل تأثيرها إلى ما بداخل هذه الوحدات من بضائع تحد من آثارها الاعتبار الفنية في تركيب هذه الوحدات [فودة، ١٩٩٠].

أهم أخطار الحركة [عبد الباقي، سيد، ٢٠١٣، ٢٠٢-٢٠٣]:.

تتعرض الوحدات المتحركة لأخطار مختلفة يساهم في تحقيقها عوامل بشرية وفنية متعلقة بالوحدات المتحركة أو بالإشارات أو بالسكك التي تسير عليها تلك الوحدات ومن أهم هذه الأخطار:

[١] خطر السقوط.

[٢] خطر الحريق.

[٣] خطر التصادم.

• خطر السقوط:

السقوط هو خروج عجلات القطار عن السكك الحديدية التي تسير عليها وتسقط على الفلنكات ومواد التزليط التي تحمل السكة وينتج عن هذا الحادث رجات وصدّامات وهزات ينتقل تأثيرها إلى الركاب فتعرضهم للوفاة أو الإصابة أو إلى البضائع المشحونة فتعرضها للفقد أو التلف.

أهم الأسباب التي تؤدي إلى السقوط [عبد الباقي، سيد، ٢٠١٣، ٢٠٤-٢٠٥]:

[١] أسباب متعلقة بالوحدات المتحركة.

[٢] أسباب متعلقة بوحدة التحكم.

[٣] أسباب متعلقة بالسكة الحديد.

أولاً: الأسباب متعلقة بالوحدات المتحركة:

يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين:

• أسباب بشرية وتشمل:

- عدم تنظيم السرعة
- عدم تنظيم الشحنة.
- إهمال السائقين في تنفيذ تعليمات السير.

• الأسباب الفنية وتشمل:

- عيوب بالعربات.
- عيوب بشاسيه العربات.
- سوء الصيانة والإهمال.
- وجود عيوب بنظام الفرامل.

ثانياً: الأسباب المتعلقة بوحدة التحكم:

[١] برجله في التحويلة وسوء التصرف.

[٢] عيوب بأجهزة الإشارات.

ثالثاً: الأسباب المتعلقة بالسكة الحديد:

[١] الكسر المفاجئ في القضبان نتيجة لإجهاد المعدن أو انهيار التربة.

[٢] وجود أجزاء صلبة على السكة نتيجة وقوع طرود أو بفعل متعمد.

[٣] زحف الرمال على السكة الحديد بسبب الرياح والعواصف.

• خطر الحريق:

ينشأ خطر الحريق بالوحدات المتحركة نتيجة لسبب أو أكثر من الأسباب التالية:

- [١] خروج عادم من القطارات محتويًا على شرارة.
- [٢] عدم تشحيم العربات مما ينتج عنه ارتفاع درجة الحرارة بها.
- [٣] رمي الفلنكات الخشبية الجديدة على جانبي السكة مما يساعد على نشوب الحرائق في القطارات المارة بها.
- [٤] أفعال شخصية سواء كانت متعمدة أو غير متعمدة.
- [٥] عوامل فنية خاصة بالقطارات وسوء الصيانة بها.

• خطر التصادم:

ويتمثل خطر التصادم في النقاط التالية:

- [١] تصادم القطارات بعضها ببعض.
- [٢] تصادم القطارات بوسائل النقل الأخرى بالمزلقانات.

أولاً: تصادم القطارات بعضها ببعض:

ينتج خطر التصادم نتيجة عامل أو أكثر من العوامل التالية:

- [١] خطأ بشري من ملاحظ البلوك بالسماح لقطارين في اتجاهين مختلفين على خط واحد في وقت واحد بالنسبة للخطوط المفردة.
- [٢] تصادم قطار لاحق بقطار سابق معطل أو منتظر بإحدى الإشارات ويحدث هذا بالنسبة للمنحنيات حيث يتعذر رؤية القطار اللاحق للقطار السابق وتكون مدة الفرملة غير كافية لمنع هذا التصادم.
- [٣] انفصال عربة من قطار أمامي وتصادمها بقطار خلفي.

ثانياً: تصادم القطارات بوسائل النقل الأخرى بالمزلقانات:

وينتج خطر التصادم بوسائل النقل الأخرى بالمزلقانات نتيجة أحد العوامل التالية:

- [١] استهتار بعض السائقين وعبورهم المزلقان رغم الإشارة الضوئية والصوتية.
- [٢] أقدام بعض سائقي المركبات على عبور خط السكة الحديد من غير الأماكن المخصصة لذلك.
- [٣] تراخي عمال المزلقانات وعدم تواجدهم وخاصة في الفترات الليلية.

المبحث الثاني

التوزيعات الاحتمالية المركبة

من أهم مراحل التحليل الاحصائي معرفة التوزيع الاحتمالي للبيانات قيد الدراسة حيث أنه غالباً ما يتم استعمال التوزيعات الاحتمالية المفردة (سواء المتقطعة أو المستمرة) لهذا الغرض، وفي بعض الأحيان تعجز التوزيعات المفردة عن نمذجة البيانات التي تتم دراستها، لذلك لا بد من توفيق توزيعات احتمالية أخرى تكون أكثر ملائمة للبيانات، لذلك قد نلجأ إلى دمج التوزيعات المفردة لكي نحصل على توزيع جديد يكون أكثر دقة في توفيق هذه البيانات. ومن الملاحظ أن عملية دمج توزيعين احتماليين تتم بطريقتين أساسيتين وهما:

الطريقة الأولى:

تعرف بخلط التوزيعات (Mixing Distributions) والتي تستعمل في حالة المجتمع المجرى إلى عدد من المجتمعات الجزئية والدالة الاحتمالية له تنتج من خلط عدد من التوزيعات بنسب محددة لكل توزيع.

الطريقة الثانية:

تهتم بتركيب التوزيعات (Compounding Distributions) والتي تستخدم في المجتمعات المتجانسة، وهذا المفهوم في دمج التوزيعات له العديد من الأساليب تسمى بأساليب التركيب (Compounding Procedures) حيث يوجد أكثر من أسلوب لتركيب التوزيعات.

التوزيعات الاحتمالية المركبة

التوزيعات الاحتمالية للمتغير المتقطع أو المتغير المستمر هي توزيعات معلمية، لأنها تعتمد على معلمة واحدة أو أكثر، ولكن في بعض الأحيان نلاحظ أن معلمة أو معالم التوزيع تكون هي الأخرى متغير عشوائي يسير وفقاً لدالة كثافة احتمالية معينة، في مثل هذه الأحوال لا بد من استنتاج التوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي (X) آخذين في الاعتبار التوزيع الاحتمالي لمعلمة أو معالم التوزيع، والتوزيع الجديد يسمى بالتوزيع المركب (compound distribution).

فإذا كانت الدالة $g(x, \theta)$ تمثل دالة الكثافة الاحتمالية للمتغير العشوائي (X) والذي

له معلمة واحدة فقط هي (θ) ، وكان لدينا أيضاً دالة الكثافة الاحتمالية $h(\theta)$ للمتغير (θ)

، فإنه في هذه الحالة يكون التوزيع المركب $C(x)$ للمتغير (X) هو :

في حالة (θ) متغير متقطع:

$$C(x) = \sum g(x, \theta)h(\theta)$$

في حالة (θ) متغير مستمر:

$$C(x) = \int g(x, \theta)h(\theta)$$

فإذا كان لدينا مجموعة من المتغيرات المستقلة (X_1, X_2, X_3, \dots) وهذه المتغيرات لها دالة توزيع $F_X(x)$ ومتوسط (μ_x) وتباين (σ_x^2) ، فإن دالة التوزيع لمجموع هذه المتغيرات $(X_1 + X_2 + X_3, \dots + X_n)$ هي $F_X^{*n}(x)$ بمتوسط $(n\mu_x)$ وتباين $(n\sigma_x^2)$ حيث $(n = 1, 2, 3, \dots)$ ، بوضع $(S = X_1 + X_2 + \dots + X_N)$.

إذا كانت (N) لها توزيع منقطع و $(S = 0)$ عندما $(N = 0)$ فمن الممكن كتابة دالة التوزيع الاحتمالية للمتغير (X) على الصورة التالية:

$$\begin{aligned} F_X(x) &= \Pr\{S \leq x\} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \Pr\{N = n\} \Pr\{S \leq x | N = n\} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \Pr\{N = n\} F_X^{*n}(x) \end{aligned}$$

حيث:

$$F_X^{*n}(x) = \begin{cases} 0 & , x < 0 \\ 1 & , x \geq 0 \end{cases}$$

بعض الطرق المستخدمة للحصول على التوزيع المركب المناسب:

الطريقة الأولى: توزيع بواسون المركب [Gerber, 2005, 13:18]:

إن من بين التوزيعات الاحتمالية المركبة المهمة في التطبيقات العملية توزيع بواسون المركب والذي تنطوي تحت اسمه العديد من التوزيعات والتي قد تكون من النوع المتقطع أو المستمر وذلك يعود إلى نوع التوزيع الداخل مع توزيع بواسون بالتركيب بالإضافة إلى أسلوب

التركيب المتبع، حيث أن هناك العديد من الظواهر والمشاكل التي لا يمكن نمذجتها باستعمال التوزيعات المفردة (وإنما لابد من دمج أكثر من توزيع معاً).

فإذا كان عدد المطالبات يتبع توزيع بواسون ومعدل تكرار المطالبات هو (λ) فإن معادلة دالة توزيع بواسون المركب هي:

$$F(S) = \sum_{N=0}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \times \lambda^N}{N!} p * n(x)$$

ولكي نستطيع حساب الاحتمالات المختلفة باستخدام هذه المعادلة فإنه لابد أولاً من تحديد التوزيع الاحتمالي الخاص بقيمة المطالبات (والتي من الممكن أن تتبع توزيع جاما أو التوزيع الأسّي أو توزيع باريتو أو الخ)، بعد تحديد التوزيع المناسب يتم حساب المتوسط والتباين للدالة السابقة وبالتالي نطبق نظرية النهاية المركزية من خلال تحويل قيم (S) إلى قيم معيارية عن طريق:

$$Z = \frac{S - \mu_S}{\sqrt{\sigma_S^2}}$$

ومن جداول التوزيعات الطبيعية يمكن حساب الاحتمالات المختلفة عند كل قيمة من قيم (Z) وبالتالي الحصول على احتمال أن مجموع قيم المطالبات يساوي أو يقل عن أي قيمة من قيم (S) .

الطريقة الثانية: طريقة منحنيات كارل بيرسون [Lahcene,2013, 108:109]:

توصل كارل بيرسون إلى مجموعة من المنحنيات أطلق عليها منحنيات بيرسون وذلك من خلال إيجاد حل المعادلة التفاضلية التالية:

$$\frac{1}{y} \frac{dy}{dx} = \frac{-(x+a)}{b_0 + b_1x + b_2x^2}$$

والحصول على قيمة كلاً من (b_0, b_1, b_2) قام بيرسون بإجراء عمليات التكامل للدالة السابقة وقد توصل إلى:

$$b_0 = \frac{(4\beta_2 - 3\beta_1)}{2(5\beta_2 - 6\beta_1 - 9)} \sigma^2$$

$$b_1 = \frac{\sqrt{\beta_1}(\beta_2 + 3)}{2(5\beta_2 - 6\beta_1 - 9)} \sigma$$

$$b_2 = \frac{(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)}{2(5\beta_2 - 6\beta_1 - 9)}$$

حيث:

β_1 : معامل الالتواء.

β_2 : معامل التفرطح.

ويتوقف شكل التوزيع حسب طريقة منحنيات بيرسون على قيمة المقدار (K) والذي يمكن حسابه باستخدام المعادلة التالية:

$$K = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)}{4(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)(4\beta - 3\beta)}$$

وتأخذ قيمة معامل بيرسون (K) عدة قيم تستخدم في تحديد شكل التوزيع وهي:

١. إذا كانت قيمة معامل بيرسون سالبة أي ($K < 0$) فإن البيانات في هذه الحالة تتبع توزيع بيتا.
٢. إذا كانت قيمة معامل بيرسون أقل من الواحد الصحيح أي ($K < 1$) فإن البيانات في هذه الحالة تتبع توزيع مقلوب جاما.
٣. إذا كانت قيمة معامل بيرسون تقع بين الصفر والواحد الصحيح أي ($0 < K < 1$) فإن البيانات في هذه الحالة تتبع توزيع جاما.

المبحث الثالث

النموذج المقترح لتوفيق البيانات

من خلال تتبع الحوادث الخاصة بجرارات السكك الحديدية نجد أن احتمال تحقيق هذه الأخطار عادة ما يكون نادر الحدوث، لذلك فإن توزيع بواسون يعتبر التوزيع المتقطع المناسب لعدد حوادث جرارات السكك الحديدية، ولكن من أهم الشروط الواجب توافرها لتوفيق البيانات باستخدام توزيع بواسون هو أن يكون متوسط حدوث الحوادث ولنفرض أنه (λ) ثابت لجميع الحوادث في السنوات المختلفة وهذا مستحيل الحدوث، لذلك تواجهنا مشكلة كبيرة عند توفيق بيانات حوادث الجرارات باستخدام توزيع بواسون منفرداً، وباعتبار أن عدد الحوادث السنوية تتبع توزيع بواسون بمتوسط قدره (λ_i) وبافتراض أن هذا التوزيع ثابت لجميع الحوادث التي تحدث خلال العام، بشرط أن يكون المتوسط للسنة (i) هو (λ_i) ($i = 1, 2, 3, \dots$) حيث:

$$P(k, \lambda) = f(k) = \begin{cases} e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!} & k > 0 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

بافتراض أن (λ_i) متغير عشوائي لأنها تختلف من عام لآخر وسوف نفترض أن توزيع بواسون يمكن استخدامه بصفة شرطية كنموذج صالح تخضع له عدد الحوادث من عام لآخر ويمكن تعميم هذا النموذج حتى يصبح نموذج عام تخضع له الحوادث غير المتجانسة من عام لآخر، فإذا افترضنا أن (λ_i) (أي معلمة توزيع بواسون) عبارة عن متغير عشوائي تتبع توزيع احتمالي معين وليكن توزيع جاما بحيث أن [Arroyo, 2014, P 99:102]:

$$g(\lambda, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)(\beta)^\alpha} (\lambda^{\alpha-1}) (e)^{-\frac{\lambda}{\beta}} & \lambda > 0, (\alpha, \beta) > 0 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

وقد تم اختيار توزيع جاما للأسباب التالية:

١. توزيع جاما توزيع مرن في تكوينه وله أشكال كثيرة حيث يتوقف شكل توزيع جاما على قيمة المعلمات (α, β) بالتالي يمكن من خلاله اختيار المعلمات المناسبة التي تجعله من أفضل التوزيعات لتوفيق بيانات الخسائر.

٢. سهولة حساب عزومه رياضياً حيث:

متوسط توزيع جاما:

$$E(\lambda) = (\alpha.\beta)$$

تباين توزيع جاما:

$$\text{var}(\lambda) = \alpha.\beta^2$$

ويمكن اعتبار توزيع بواسون الشرطي هو توزيع مناسب لتوفيق بيانات جرارات السكك الحديدية في العام (x) بشرط أن تكون (λ) (معلمة توزيع بواسون) تتبع توزيع جاما ويكون:

$$f(x_i; x | \lambda) = \begin{cases} (e)^{-\lambda} \frac{(\lambda)^x}{x!} & x = (0, 1, 2, 3, \dots, n) \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

وبالتالي وبافتراض أن (λ) متغير عشوائي يتبع التوزيع الاحتمالي جاما ودالة الكثافة

الاحتمالية لتوزيع جاما هي f(λ).

يمكن الحصول على التوزيع الهامشي لعدد الحوادث (x) في السنوات المختلفة على

النحو التالي [Cook, 2009, P 1:4]:

$$f(x_i; x) = \int_0^{\infty} \left((e)^{-\lambda} \frac{(\lambda)^x}{x!} \right) \left(\frac{1}{\Gamma(\alpha)(\beta)^\alpha} (\lambda^{\alpha-1}) (e)^{-\frac{\lambda}{\beta}} \right) .d\lambda$$
$$= \left(\frac{1}{x! \Gamma(\alpha)(\beta)^\alpha} \right) \int_0^{\infty} \left((e)^{-\lambda} \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \lambda^{\alpha+x-1} \right) .d\lambda$$

$$= \left(\frac{\Gamma(\alpha+x) \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right)^{\alpha+x}}{x! \Gamma(\alpha) (\beta)^\alpha} \right) \int_0^\infty \left(\frac{1}{\Gamma(\alpha+x) \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right)^{\alpha+x}} \lambda^{\alpha+x-1} e^{-\lambda / \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right)} \right) d\lambda$$

$$= \left(\frac{\Gamma(\alpha+x) \left(\frac{\beta}{1+\beta}\right)^{\alpha+x}}{x! \Gamma(\alpha) (\beta)^\alpha} \right) = \frac{\Gamma(\alpha+x) (\beta)^x}{x! \Gamma(\alpha) (\beta)^\alpha}$$

تقدير معالم التوزيع المركب (جاما- بواسون G-P)

تتمثل المعالم الخاصة بتوزيع (جاما- بواسون) في المعلمة (β) والمعلمة (α) ويمكن تقدير هذه المعالم طريقة دالة الامكان الأعظم لأنها تعتبر من أفضل الطرق كفاءة في التقدير.

تأخذ شكل دالة الامكان الأعظم لتوزيع (جاما- بواسون) الشكل التالي:

$$L = \prod_{i=1}^k \left[\prod_{j=1}^{x_i} \left(\frac{\alpha+j-1}{j} \right) \frac{\beta^{x_i}}{(1+\beta)^{x_i+\alpha}} \right]$$

بأخذ اللوغاريتم لدالة الامكان الأعظم السابقة فنحصل على:

$$\log(L) = \prod_{i=1}^k \left[\prod_{j=1}^{x_i} \log \left(\frac{\alpha+j-1}{j} \right) \log \frac{\beta^{x_i}}{(1+\beta)^{x_i+\alpha}} \right]$$

$$\log(L) = \sum_{i=1}^k \left[\sum_{j=1}^{x_i} \log(\alpha+j-1) - \sum_{j=1}^{x_i} \log(j) + x_i \log(\beta) - x_i \log(1+\beta) - \alpha \log(1+\beta) \right]$$

$$\log(L) =$$

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{x_i} \log(\alpha+j-1) - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{x_i} \log(j) + \sum_{i=1}^k x_i \log(\beta) - \sum_{i=1}^k x_i \log(1+\beta) - n\alpha \log(1+\beta)$$

ولتعظيم الدالة السابقة ($\log(L)$) نأخذ تفاضل هذه الدالة بالنسبة للمتغيرات أو المعالم (β, α) ثم نساوي التفاضل بالصفر كما يلي:

$$\frac{\partial \log L}{\partial \beta} = \frac{\sum X_i}{\beta} - \frac{\sum X_i}{(1+\beta)} - \frac{n\alpha}{(1+\beta)} = 0$$

$$\frac{\partial \log L}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{x_i} \left(\frac{1}{\alpha + j - 1} \right) - n \log(1 + \beta) = 0$$

ويتضح من المعادلتين السابقتين أن هناك صعوبة في حلها لإيجاد قيم المعلمات (β, α) بصورة نهائية رياضياً، وبالتالي لابد من حل المعادلتين رقمياً بإحدى طرق التحليل العددي حيث أن العديد من الباحثين اقترح استخدام التقدير بطريقة العزوم للحصول على قيم أولية نبدأ بها الحل حتى نحصل على الحل الأمثل فيما بعد باستخدام الطرق العددية.

عزوم التوزيع المركب (جاما- بواسون G-P)

هذه الطريقة تعتمد على حساب العزوم من البيانات الفعلية ومساواة هذه العزوم بالعزوم النظرية ومن خلال حل هذه المعادلات النظرية الخاصة بالعزوم يتم الحصول على قيم معلمات التوزيع.

وسوف يكون الاهتمام في هذا البحث بطريقة العزوم نظراً لأنها تعطي نتائج قريبة جداً من النتائج الفعلية بل وقد تعطي نفس النتائج بالمقارنة بطريقة دالة الإمكان الأعظم كما تمتاز طريقة العزوم بالسهولة في التطبيق.

الدالة المولدة للعزوم (M.G.F) [Schulz, 2013, P 6:9]:

الدالة المولدة للعزوم تستخدم في حساب العزوم الأربعة الخاصة بأي توزيع سواء كانت توزيعات متقطعة أو متصلة وتأخذ الدالة المولدة للعزوم الشكل التالي:

$$C_x(t) = E(e^{tx})$$

بوضع (GP) بدلاً من (X) في المعادلة السابقة نحصل على:

$$C_{GP}(t) = E(e^{tGP})$$

وحيث أن:

$$GP = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_p$$

وحيث أن كلاً من (G, P) متغيرات عشوائية فيمكن حساب التوقع الشرطي كما يلي:

$$\begin{aligned} C_{GP}(t) &= E \left(E \left(e^{tGP|P} \right) \right) \\ &= E \left(E \left(e^{tG_1 + tG_2 + tG_3 + \dots + tG_P} \right) \right) \\ &= E \left(E \left(e^{tG_1} \right) \times E \left(e^{tG_2} \right) \times E \left(e^{tG_3} \right) \times \dots \times E \left(e^{tG_P} \right) \right) \\ &= E \left(C_{G_1}(t) \times C_{G_2}(t) \times C_{G_3}(t) \times \dots \times C_{G_P}(t) \right) \\ C_{GP}(t) &= E \left(\prod_{i=1}^P C_{G_i}(t) \right) \end{aligned}$$

وحيث أن قيم المتغير العشوائي (G) مستقلة، وأيضاً كل قيمة من قيم المتغير العشوائي (G) لها نفس التوزيع وبالتالي فإن كل قيمة من قيم المتغير العشوائي (G) لها نفس الدالة المولدة للعزوم $M_{GP}(t)$ ، وبالتالي فإن الدالة المولدة للعزوم للتوزيع المركب تكون على الشكل التالي:

$$\begin{aligned} C_{GP}(t) &= E \left((C_G(t))^P \right) = E \left(e^{\ln(C_G(t))^P} \right) = E \left(e^{P \ln(C_G(t))} \right) \\ &= C_{GP}(t) = C_P \ln(C_G(t)) \end{aligned}$$

ولحساب العزم الأول حول الصفر فإننا نقوم بتفاضل الدالة $C_{GP}(t) = C_P \ln(C_G(t))$ بالنسبة إلى (G) وبالتعويض عن $(t=0)$ ثم حساب المشتقة الثانية ونعوض عن $(t=0)$ فنحصل على العزم الثاني حول الصفر وهكذا بالنسبة لباقي العزوم.

بعد إجراء عمليات التفاضل نحصل على العزوم الأربعة الأولى حول الصفر لتوزيع بواسون- جاما المركب ونستطيع منها الحصول على العزوم المركزية من خلال المعادلة التالية [Lau, 1984, P 23:24]:

$$C_{(GP)_i} = E \left(GP - m'(GP) \right)^i = \text{العزم الأول}$$

$$C_{(GP)1} = m'_{(G)1} \times m'_{(P)1}$$

= العزم الثاني

$$C_{(GP)2} = \left(\left(m'_{(G)1} \right)^2 \times m_{(P)2} \right) + \left(m_{(G)2} \times m'_{(P)1} \right)$$

= العزم الثالث

$$C_{(GP)3} = \left(\left(m'_{(G)1} \right)^3 \times m_{(P)3} \right) + \left(m_{(G)3} \times m'_{(P)1} \right) + \left(2m'_{(G)1} \right)$$

= العزم الرابع

$$C_{(GP)4} =$$

$$\begin{aligned} & \left(\left(m'_{(G)1} \right)^4 \times m_{(P)4} \right) + \left(m_{(G)4} \times m'_{(P)1} \right) + \left(4m'_{(G)1} \times m_{(G)3} \times m_{(P)2} \right) \\ & + 6 \left(\left(m'_{(G)1} \right)^2 \right) \times m_{(G)2} \times \left(m'_{(P)1} \times m_{(P)2} \times m_{(P)3} \right) \\ & + 3 \left(\left(m_{(G)2} \right)^2 \right) \left(\left(m'_{(P)1} \right)^2 - m'_{(P)1} + m_{(P)2} \right) \end{aligned}$$

حيث:

$m'_{(G)1}$: العزم الخام الأول لقيم الخسائر.	$C_{(GP)1}$: العزم الأول المركب.
$m'_{(G)2}$: العزم الخام الثاني لقيم الخسائر.	$C_{(GP)2}$: العزم الثاني المركب.
$m'_{(G)3}$: العزم الخام الثالث لقيم الخسائر.	$C_{(GP)3}$: العزم الثالث المركب.
$m'_{(G)4}$: العزم الخام الرابع لقيم الخسائر.	$C_{(GP)4}$: العزم الرابع المركب.
$m'_{(P)2}$: العزم الخام الثاني لعدد الحوادث.	$m'_{(P)1}$: العزم الخام الأول لعدد الحوادث.
$m'_{(P)4}$: العزم الخام الرابع لعدد الحوادث.	$m'_{(P)3}$: العزم الخام الثالث لعدد الحوادث.

التطبيق العملي للنموذج المقترح:

عدد حوادث جرارات السكك الحديدية خلال الفترة من ٢٠١٤ إلى ٢٠٢٠

السنة	عدد الحوادث
٢٠١٤	٧
٢٠١٥	٨
٢٠١٦	٩
٢٠١٧	٥
٢٠١٨	٩
٢٠١٩	١٠
٢٠٢٠	٦

اختبار الفرض الأول:

" عدد حوادث الجرارات بالهيئة القومية لسكك حديد مصر يتبع توزيع بواسون "
فرض العدم: عدد حوادث جرارات السكك الحديدية يتبع توزيع بواسون.
الفرض البديل: عدد حوادث جرارات السكك الحديدية لا يتبع توزيع بواسون.
مستوى المعنوية α يساوي 5%.

تم إدخال البيانات الخاصة عدد حوادث الجرارات في برنامج (Easy Fit Professional)
(وتبين أن أفضل توزيع لعدد حوادث جرارات السكك الحديدية هو توزيع بواسون حيث كانت
نتائج جودة التوفيق كما يلي:

$$0.21883 = P\text{-Value قيمة}$$

وحيث أن قيمة $P\text{-Value} = 0.21883$ أكبر من 5%.

فإننا نقبل فرض العدم بأن عدد حوادث جرارات السكك الحديدية يتبع توزيع بواسون.

تقدير معالم توزيع بواسون

إذا كان المتغير العشوائي (x) يتبع توزيع بواسون بمعلمة (λ) فإن دالة الكثافة الاحتمالية للمتغير (x) تأخذ الشكل التالي:

$$f(k) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!} \quad k > 0$$

وقد أمكن تقدير المعلمة (λ) فكانت $(\lambda = 7.714)$

العزوم الأربعة الأولى حول الصفر لتوزيع بواسون

تم حساب العزوم الأربعة الأولى حول الصفر لتوزيع بواسون باستخدام برنامج (Mathcad) كما يلي:

$$m'_{(P)1} = \lambda = 7.714$$

$$m'_{(P)2} = \lambda + (\lambda)^2 = 67.225$$

$$m'_{(P)3} = (\lambda)^3 + 3(\lambda)^2 + \lambda = 1.002 \times 10^3$$

$$m'_{(P)4} = (\lambda)^4 + 6(\lambda)^3 + 7(\lambda^2) + \lambda = 1.056 \times 10^5$$

العزوم الأربعة المركزية لتوزيع بواسون

باستخدام العلاقة بين العزوم المركزية والعزوم الخام أمكن تقدير العزوم المركزية باستخدام برنامج (Mathcad) كما يلي:

$$m_{(P)2} = m'_{(P)2} - (m'_{(P)1})^2 = 7.714$$

$$m_{(P)3} = m'_{(P)3} - 3m'_{(P)2} m'_{(P)1} + 2(m'_{(P)1})^3 = 364.777$$

$$m_{(P)4} = m'_{(P)4} - 4m'_{(P)3} m'_{(P)1} + 6m'_{(P)2} (m'_{(P)1})^2 - 3(m'_{(P)1})^4 = 1.093 \times 10^5$$

تحديد التوزيع الاحتمالي المتصل لقيم خسائر جرارات السكك الحديدية

قيم خسائر جرارات السكك الحديدية خلال الفترة من ٢٠١٤ إلى ٢٠٢٠

السنة	إجمالي قيم الخسائر
٢٠١٤	٥٢٠٢٤٠
٢٠١٥	٦٣٢٠٠٠
٢٠١٦	٦٩٠٠٠
٢٠١٧	١٦٨٠٠٠
٢٠١٨	٤٨٠٠٠
٢٠١٩	٢١١٩٢٤٦
٢٠٢٠	٣٨٩٤٥٠

اختبار الفرض الثاني:

"قيم خسائر الجرارات بالهيئة القومية لسكك حديد مصر تتبع توزيع جاما"

فرض العدم: قيم خسائر جرارات السكك الحديدية تتبع توزيع جاما.

الفرض البديل: قيم خسائر جرارات السكك الحديدية لا تتبع توزيع جاما.

ومستوى المعنوية α يساوي 5%.

تم إدخال البيانات الخاصة بقيم خسائر جرارات السكك الحديدية في برنامج (Easy Fit Professional) وتبين أن أفضل توزيع لقيم خسائر جرارات السكك الحديدية هو توزيع جاما حيث كانت نتائج جودة المطابقة كما يلي:

$$0.27324 = P\text{-Value قيمة}$$

وحيث أن قيمة $P\text{-Value} = 0.27324$ أكبر من α .

فإننا نقبل فرض العدم بأن قيم خسائر جرارات السكك الحديدية تتبع توزيع جاما.

تقدير معالم توزيع جاما

إذا كان المتغير العشوائي (x) يتبع توزيع جاما بمعلمتين (α, β) فإن دالة الكثافة الاحتمالية للمتغير (x) تأخذ الشكل التالي:

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} e^{-\beta x} x^{\alpha-1}$$

وقد أمكن تقدير المعلمتين (α, β) باستخدام برنامج (Easy Fit Professional) فكانت:

$$\beta = 9.2362E + 5 \quad , \quad \alpha = 0.61032$$

العزوم الأربعة الأولى حول الصفر لتوزيع جاما

تم حساب العزوم الأربعة الأولى حول الصفر لتوزيع جاما كما يلي:

$$m'_{(G)1} = \frac{(\beta)^1}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(\alpha + 1) = 5.637 \times 10^5$$

$$m'_{(G)2} = \frac{(\beta)^2}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(\alpha + 2) = 8.384 \times 10^{11}$$

$$m'_{(G)3} = \frac{(\beta)^3}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(\alpha + 3) = 2.021 \times 10^{18}$$

$$m'_{(G)4} = \frac{(\beta)^4}{\Gamma(\alpha)} \Gamma(\alpha + 4) = 6.74 \times 10^{24}$$

العزوم الأربعة المركزية لتوزيع جاما باستخدام العلاقة بين العزوم المركزية والعزوم الخام أمكن تقدير العزوم المركزية باستخدام برنامج (Mathcad) كما يلي:

$$m_{(G)2} = m'_{(G)2} - (m'_{(G)1})^2 = 5.206 \times 10^{11}$$

$$m_{(G)2} = m'_{(G)3} - 3m'_{(G)2} P m'_{(G)1} + 2(m'_{(G)1})^3 = 9.618 \times 10^{17}$$

$$m_{(G)4} = m'_{(G)4} - 4m'_{(G)3}m'_{(G)1} + 6m'_{(G)2}(m'_{(G)1})^2 - 3(m'_{(G)1})^4 = 4.084 \times 10^{24}$$

اشتاق التوزيع المركب من توزيعي بواسون وجاما من العزوم الخام للتوزيع المتقطع (بواسون) والتوزيع المستمر (جاما) تم حساب عزوم التوزيع المركب (G-P) من توزيعي بواسون وجاما باستخدام برنامج (Mathcad) كما يلي:

$$C_{(GP)1} = m'_{(G)1} \times m'_{(P)1} = 4.348 \times 10^6$$

$$C_{(GP)2} = \left[(m'_{(G)1})^2 \times m'_{(P)2} \right] + \left[m_{(G)2} \times m'_{(P)1} \right] = 6.467 \times 10^{12}$$

$$C_{(GP)3} = \left[(m'_{(G)1})^3 \times m'_{(P)3} \right] + \left[m_{(G)3} \times m'_{(P)1} \right] + \left[2m'_{(G)1} \right] = 7.276 \times 10^{19}$$

$$C_{(GP)4} = \left[(m'_{(G)1})^4 \times m'_{(P)4} \right] + \left[m_{(G)4} \times m'_{(P)1} \right] + \left[4m'_{(G)1} \times m_{(G)3} \times m'_{(P)2} \right] \\ + 6 \left[(m'_{(G)1})^2 \right] \times m_{(G)2} \times \left[m'_{(P)1} \times m'_{(P)2} \times m'_{(P)3} \right] \\ + 3 \left[(m_{(G)2})^2 \right] \left[(m'_{(P)1})^2 - m'_{(P)1} + m'_{(P)2} \right] = 3.268 \times 10^{28}$$

حساب السعر الصافي (المبدئي)

وهو عبارة عن العزم الأول لدالة التوزيع المركب $C_{(GP)1} = 116867247$

السعر الصافي (المبدئي)

$$0.0015409 = \frac{116867247}{75840000000} = \frac{\left(C_{(GP)1}\right)}{\text{مجموع مبالغ التأمين}}$$

حساب السعر الصافي النهائي

لحساب السعر الصافي النهائي لابد من معرفة دالة الكثافة الاحتمالية للتوزيع الجديد المركب من توزيعي جاما وبواسون لذلك لابد أولاً من حساب معامل الالتواء (β_1) والتفرطح (β_2) باستخدام برنامج (Mathcad) كما يلي:

$$\beta_1 = \frac{\left(C_{(GP)3}\right)^2}{\left(C_{(GP)2}\right)^3} = \frac{\left(7.276 \times 10^{19}\right)^2}{\left(6.467 \times 10^{12}\right)^3} = 19.572$$

$$\beta_2 = \frac{\left(C_{(GP)3}\right)}{\left(C_{(GP)2}\right)^2} = \frac{7.276 \times 10^{19}}{\left(6.467 \times 10^{12}\right)^2} = 781.317$$

تحديد شكل التوزيع المركب الجديد المناسب باستخدام معامل بيرسون قيمة الثابت K حيث:

$$K = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)^2}{4\left[(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)(4\beta_2 - 3\beta_1)\right]} = 0.65527$$

حسب مجموعة منحنيات بيرسون إذا كانت قيمة معامل بيرسون (K) تقع بين الصفر والواحد الصحيح أي $(0 < K < 1)$ فإن التوزيع المركب الجديد في هذه الحالة يتبع توزيع جاما. وتأخذ دالة التوزيع التراكمية لتوزيع جاما الشكل التالي:

١ - بفرض أن مجموع مبالغ التأمين = عدد جرارات السكك الحديدية × متوسط قيمة الجرار الواحد

$$F(S) = \int_0^S \frac{(\lambda)^{\theta}}{\Gamma(\theta)} e^{(-\lambda S)} (\lambda S)^{\theta-1} ds$$

تقدير معالم التوزيع الجديد المركب من توزيعي جاما - بواسون

يتم الحصول على معالم توزيع المركب الذي وجد أنه يتبع توزيع جاما عن طريق مساواة العزم الأول لتوزيع جاما الجديد بالعزم الأول $C(GP)1$ ومساواة العزم الثاني لتوزيع جاما الجديد

بالعزم الثاني $C(GP)2$ حيث:

$$\left[C(GP)1 \right] = \left[\frac{\theta}{\lambda} \right] = 4.348 \times 10^6 \quad 1$$

$$\left[C(GP)2 \right] = \left[\frac{\theta}{\lambda^2} \right] = 6.467 \times 10^{12} \quad 2$$

وبقسمة المعادلة الأولى على المعادلة الثانية نحصل على معالم التوزيع المركب الجديد حيث:

$$\frac{4.348 \times 10^6}{6.467 \times 10^{12}} = \frac{\theta}{\lambda} \times \frac{\lambda^2}{\theta}$$

$$\lambda = 6.724 \times 10^{-7}$$

وبالتعويض عن قيمة $(\lambda = 6.724 \times 10^{-7})$ في أي معادلة نحصل على:

$$\frac{\theta}{6.724 \times 10^{-7}} = 4.348 \times 10^6$$

$$\theta = 2.924$$

وبالتالي فإن دالة التوزيع المركب المقترح هي:

$$F(S) = \frac{(6.724 \times 10^{-7})^{2.924}}{\Gamma(2.924)} e^{-(6.724 \times 10^{-7})S} \cdot (6.724 \times 10^{-7} \times S)^{1.924}$$

حساب السعر الصافي النهائي المقترح

بعد الحصول على النموذج الرياضي المركب لبيانات خسائر جرارات السكك الحديدية كما سبق توضيحه، يمكننا الآن الوصول للسعر النهائي والذي يمثل السعر الصافي (الذي سبق الحصول عليه) مضافاً إليه مخصص الانحرافات (الفرق بين الخسائر الفعلية والخسائر

المتوقعة)، وتتوقف قيمة هذا المخصص على قيمة احتمالية معينة يتم اختيارها، فإذا أردنا تحديد القسط والذي تقع في حدوده 90% من مجموع قيم الخسائر فإن:
دالة الكثافة الاحتمالية لدالة التوزيع المركب الجديد:

$$f(S) = \frac{(6.724 \times 10^{-7})^{2.924}}{\Gamma(2.924)} e^{-(6.724 \times 10^{-7})S} (6.724 \times 10^{-7} \times S)^{1.924}$$

للحصول على قيمة (S : aggregate claims) نستخدم دالة التوزيع التراكمية التالية:

$$F(S) = \int_0^s \frac{(6.724 \times 10^{-7})^{2.924}}{\Gamma(2.924)} e^{-(6.724 \times 10^{-7})S} (6.724 \times 10^{-7} \times S)^{1.924} .ds$$

عند احتمال قدره 90% فإن قيمة $S = 253139558$

السعر الصافي النهائي المقترح =

$$0.003901 = \frac{2958540.29}{7584000000} = \frac{(S)}{\text{مجموع مبالغ التأمين}}$$

السعر الصافي النهائي المقترح = ٠,٠٠٣٩٠١

السعر التجاري المقترح:

يتم تحديد السعر التجاري بإضافة أعباء القسط إلى القسط الصافي المقترح والتي تتمثل في العمولات والمصاريف الإدارية بالإضافة إلى هامش الربح وتحدد هذه الأعباء كنسبة من القسط التجاري وذلك من خلال الخبرة الفعلية لشركة التأمين.

ولحساب السعر التجاري بفرض أن المصروفات تقدر بنسبة ٣٥%.

وعلى ذلك يمكن حساب السعر التجاري على النحو التالي:

السعر التجاري المقترح = القسط الصافي + (نسبة العمولات × السعر الصافي)

$$٠,٠٠٥٢٧ = (٠,٠٠٣٩٠١ \times ٠,٣٥) + ٠,٠٠٣٩٠١ = \text{السعر التجاري المقترح}$$

أي أن السعر التجاري المقترح يقدر بمبلغ ٥٢٧ جنيه لكل ١٠٠٠٠٠٠ جنيه.

النتائج والتوصيات

أولاً: نتائج البحث

- ١- بتحليل البيانات الخاصة بعدد حوادث جرارات السكك الحديدية التي حدثت خلال فترة الدراسة وجد أن أنسب توزيع لتوفيق بياناتها هو توزيع بواسون بمعلمة $(\lambda = 7.714)$.
- ٢- بتحليل البيانات الخاصة بقيمة خسائر حوادث جرارات السكك الحديدية التي حدثت خلال فترة الدراسة وجد أن أنسب توزيع لتوفيق بياناتها هو توزيع جاما بمعلمات $(\beta = 9.2362E+5, \alpha = 0.61032)$.
- ٣- حسب توزيعات بيرسون تبين أن قيمة الثابت $(K=0.65527)$ وبالتالي شكل دالة إجمالي الخسائر لأخطار جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر المركبة من توزيعي بواسون وجاما هي دالة التوزيع الاحتمالي جاما بمعلمات $(\theta = 2.924, \lambda = 6.467 \times 10^{-7})$.
- ٤- النموذج المقترح لتسعير أخطار جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر هو:

$$F(S) = \int_0^s \frac{(6.724 \times 10^{-7})^{2.924}}{\Gamma(2.924)} e^{-(6.724 \times 10^{-7})S} (6.724 \times 10^{-7} \times S)^{1.924} ds$$

- ٥- السعر الصافي المبدئي المقترح لتغطية أخطار جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر هو $(٠,٠٠١٥٤٠٦)$ أي ما يعادل ١٥٤ جنيه لكل ١٠٠٠٠٠ جنيه.
- ٦- السعر الصافي النهائي المقترح لتغطية أخطار جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر هو $(٠,٠٠٣٩٠١)$ أي ما يعادل ٣٩٠ جنيه لكل ١٠٠٠٠٠ جنيه.
- ٧- السعر التجاري النهائي المقترح لتغطية أخطار جرارات السكك الحديدية بالهيئة القومية لسكك حديد مصر هو $(٠,٠٠٥٢٧)$ أي ما يعادل ٥٢٧ جنيه لكل ١٠٠٠٠٠ جنيه.

ثانياً: توصيات البحث

- ٨- في ضوء ما توصلنا إليه من نتائج يمكن الخروج بالتوصيات التالية:
- ٩- يوصي الباحث بزيادة الاعتماد من جانب متخذ القرار بالهيئة القومية للسكك الحديدية على الأساليب الاكتوارية وخاصة التوزيعات الاحتمالية المركبة في تسعير أخطار السكك الحديدية.
- ١٠- يوصي الباحث بضرورة أن يكون هناك بحث مستقبلي عن تسعير أجسام القطارات.
- ١١- يوصي الباحث مستقبلاً باستخدام طريقة (value at risk-VAR) في تسعير الأخطار وتطبيقها على أخطار السكك الحديدية.
- ١٢- يوصي الباحث بضرورة البدء في انشاء مجمعة للتأمين تغطي أخطار جرارات السكك الحديدية وكذلك أجسام القطارات نظراً لضخامة تكلفة شراء هذه الجرارات وعدم رغبة أو قدرة شركات التأمين في تغطية أخطار جرارات السكك الحديدية.

مراجع البحث:

- [١] رضا صالح عبد الباقي عبد الحافظ، أشرف سيد عبد الظاهر سيد، "نظام مقترح لتأمين أخطار النقل بالسكك الحديدية في المملكة العربية السعودية"، مجلة كلية التجارة للبحوث العلمية، كلية التجارة-جامعة أسيوط، العدد ٥٥، ٢٠١٣.
- [٢] عبد الرحمن محمود عليان، "دراسة تحليلية في كوارث منافذ السكك الحديدية بالتطبيق على هيئة سكك حديد مصر"، جامعة عين شمس، كلية التجارة، وحدة بحوث الازمات، ١٩٩٧.
- [٣] محمد عبد الفتاح فودة، "تسعير تأمين أخطار النقل الداخلي في مصر بالتطبيق على الهيئة القومية للسكك الحديدية"، رسالة دكتوراه، كلية التجارة، جامعة أسيوط، ١٩٩٠.
- [٤] موقع الهيئة القومية لسكك حديد مصر (enr.gov.eg) .
- [٥] مي محمد منير موسى، "اقتصاديات النقل المتعدد بواسطة السكك الحديدية وآثارها على التنمية الاقتصادية في مصر"، رسالة دكتوراه، كلية التجارة، جامعة عين شمس، ٢٠١٤.
- [٦] نهى ربيعي عشري عبد النبي، "تقييم وتطوير نظام التكاليف في الهيئة القومية لسكك حديد مصر"، المجلة العلمية للبحوث والدراسات التجارية، جامعة حلوان - كلية التجارة وإدارة الاعمال، مج ٢٧ العدد الثاني، ٢٠١٢.
- [٧] ياسر محمد عياد، "إدارة أخطار النقل في هيئة سكك حديد مصر"، رسالة دكتوراه، كلية التجارة، جامعة بنى سويف، ٢٠٠٨.

- [8] Adil Rashid and Tariq R. Jan, "A Compound of Size Biased Geeta Distribution with Generalized Beta Distribution.", Journal of Advance in Mathematical Science, Vol. 2, Issue 2., 2015.
- [9] Ana Paula Coelho Madeira SILVA, et al, " FISHER INFORMATION MATRIX FOR CROVELLI'S AND GAMMA BETA II BIVARIATE DISTRIBUTIONS", Journal of Applied Mathematics, Vol. ٣٩, no.2, 2021.
- [10] Bachioua Lahcene, "On Pearson families of distributions and its applications", African Journal of Mathematics, vol.6, 2013.
- [11] Charles J. Geyer, "Method of Moments Estimators for the Poisson Distribution", Journal of Applied Mathematics, Vol. 26, no.1, 2015.
- [12] Dimitris Karlis, Evdokia Xekalaki, "Mixed Poisson Distributions", International Statistical Review, vol 73, 2005.
- [13] Harry H. panjer, "insurance risk models", society of actuaries, 2005.
- [14] H Hans u. Gerber, "on the numerical evaluation of the distribution of aggregate claims and its stop loss premiums", insurance: mathematics and economics, 1982.
- [15] Hon-Shiang Lau, "An Effective Approach for Estimating the Aggregate Loss of an Insurance Portfolio", The Journal of Risk and Insurance, Vol. 51, No. 1, 1984.
- [16] Hossein Zamani and Noriszura Ismail, "Negative Binomial-Lindley Distribution and Its Application", Journal of Mathematics and Statistics, Vol. 6, No. 1, 2010.
- [17] Indira Arroyo, et al, "Poisson and Gamma Distributions: A Discrete and Continuous Relationship", prospect, Vol. 12, No. 1, 2014.
- [18] Juliana Schulz, "Generalized Linear Models for a Dependent Aggregate Claims Model", Thesis, Concordia University, 2013.
- [19] John D. Cook, "Notes on the Negative Binomial Distribution" Springer, 2009.
- [20] Rob Kaas, "Modern Actuarial Risk Theory", Springer, 2008.

Suggested Model Fr Pricing Railway Tractors Risks: Applied to Egyptian National Railways

Dr. Mohammed Ahmed Fouad Abdou Elbarkawy

elbarkawy@mans.edu.eg

Abstract

Compound probability models are useful methods that are used to study the loss severity or the accident counts that occur during a certain period, These models help in predicting the potential losses, which can help in estimating the appropriate price for each type of insurance, and it is noted that there is an increasing interest by researchers to use probability models in order to get an appropriate model to fitting the claim counts or the values of these claims, fitting an appropriate probability distribution for the actual data is not an insignificant problem given the nature of the loss data, which is highly skewed to the right.

This paper is interested in proposing a quantitative model to fit the data related to the claim counts and severity in an accurate way, and therefore the research will be interested in clarifying the steps for deriving this model and how to estimate its parameters, and then trying to determine the suggested price.

Key Words:

Pricing Railway Risks, Compound Distributions, Pearson Distributions.