

تطوير موديل للتنبؤ بالحوادث المرورية باستخدام منهج المنطق الضبابي "حالة الدراسة مدينة اللاذقية"

* الدكتورة شذى أسعد

نغم صالح**

(تاريخ الإيداع 28 / 8 / 2013. قُبل للنشر في 30 / 10 / 2013)

▽ ملخص ▽

تشكل هذه الدراسة خطوة تمهيدية لوضع موديل رياضي للتنبؤ بالحوادث المرورية في مدينة اللاذقية يعتمد على العوامل الخارجية فقط مثل حجم المرور، والهطول المطري، وهندسة الطريق، وأما هدفها الرئيسي فهو تخفيض عدد الحوادث المرورية المتوقعة مستقبلاً في شارعين رئيسيين تم اختيارهما وذلك بدراسة أسباب خارجية لا تعتمد على السلوك الإنساني للسائقين أو على خصائص العربة.

تم استعراض عدة موديلات رياضية سابقة للتنبؤ بالحوادث المرورية، وبعد مقارنة الطرق المتبعة في وضع هذه الموديلات ونتائجها على مستوى السلامة المرورية من حيث توقع عدد الحوادث ومقارنتها مع البيانات الحقيقية للحوادث تم التوصل إلى أن استخدام المنطق الضبابي هو أسلوب مناسب لنمذجة الحوادث المرورية اعتماداً على نماذج سابقة استخدمت المنطق الضبابي.

تم إجراء تحليل مكاني للحوادث المرورية لعام 2010 على شارعين الجمهوريين و جمال عبد الناصر في مدينة اللاذقية باستخدام برنامج GIS، حيث تم تصنيف الحوادث حسب خطورتها وزمن حدوثها ومكانها، ثم طبقت نمذجة المنطق الضبابي (FLM) كوسيلة للتنبؤ في الدراسة، وبعد وضع الموديل الرياضي الضبابي باستخدام برنامج MATLAB تم استنتاج معدل عدد الحوادث الكيلومترية لكل ساعة ومن ثم تم التحقق من ترابط نتائج الموديل مع القيم الحقيقية للحوادث، وأخيراً تم استنتاج مستويات السلامة المرورية بالعلاقة مع الزمن للشارعين المدروسين بالاعتماد على كل من نتائج الموديل الضبابي والتحليل المكاني للحوادث المرورية المدروسة.

الكلمات المفتاحية: التنبؤ، موديل، الحوادث المرورية، المنطق الضبابي، التحليل المكاني.

* مدرس - قسم هندسة المواصلات والنقل - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Developing a model to predict traffic accidents based on Fuzzy logic approach, case study: Lattakia city.

Dr. Shaza Asaad*
Nagham Saleh**

(Received 28 / 8 / 2013. Accepted 30 / 10 / 2013)

▽ ABSTRACT ▽

This study is a preliminary and explorative effort to establish an accident prediction model (APM) for road safety in Latakia city, which depends on external variables only, such as traffic volume, rain status, and the geometry of the road.

The aim of the dissertation is prevent or decrease the amount of possible future traffic accidents in study area through studying spatial and other external reasons that are independent from the vehicles or drivers.

Many mathematical models for predicting traffic accidents were studied. After comparing between the used ways in that models and their results on traffic safety levels in respect of predicting the number of accidents and comparing them with real data of traffic accidents, it was concluded that using fuzzy logic is an appropriate way for modeling traffic accidents depending on previous models that used fuzzy logic.

Spatial analysis for traffic accidents in 2010 for Aljomhoria st. and Jamal Abd Alnaser st. in Lattakia is made by using GIS program and classifying traffic accidents according to their result, time, and spot.

Fuzzy Logic Modeling (FLM) is applied as a prediction tool in the study. Fuzzy model is done using MATLAB; the mean number of accidents per km for every hour is concluded. Then the correlation between model result and real data is verified. Finally, safety levels for the two streets are determined according to the time and depending on fuzzy model results and spatial analyst results together.

Keywords: Prediction, Model, Traffic accidents, Fuzzy logic, Spatial Analyst.

* Assistant Professor at Transportation Engineering Department – Civil Engineering Faculty – Tishreen University – Lattakia – Syria.

** Postgraduate Student at Transportation Engineering Department – Civil Engineering Faculty – Tishreen University – Lattakia – Syria.

مقدمة:

تشكل حوادث المرور ظاهرة اجتماعية عشوائية لها طابع حركي ديناميكي لأنها غير ثابتة، إذ إنها تتأثر بمتغيرات كثيرة منها عدد السيارات، أطوال الطرق، أحجام حركة المرور، عدد أفراد المجتمع، وسلوكياتهم، لذلك فإن حجم المشكلة الآن لن يكون مثله بعد عشرين عاماً مثلاً ولمواجهة ذلك كان لابد من عمل التقديرات المناسبة التي ترصد ما ينتج عنها في السنوات القادمة.

استخدمت الدراسات السابقة لحوادث المرور النماذج الإحصائية مثل نماذج انحدار بواسون Poisson أو الانحدار السلبي NB وتقنيات النمذجة الخطية المعممة GLM، حيث تشير هذه الطرائق إلى علاقة مسبقة بين المتغيرات المستقلة والمتغيرات التابعة، ولكن إهمال هذه العلاقة يمكن أن يسبب تقديراً خاطئاً لاحتمال وقوع الحوادث [8]. ولقد أثبتت دراسات عديدة أن حوادث المرور تتأثر بعوامل كثيرة ليست دائماً مرتبطة بعلاقة خطية أو واضحة المعطيات، إذ تعتبر حوادث المرور ظاهرة عشوائية، ولهذا فإن العلاقة المفترضة بين المتغيرات التابعة والمستقلة للتنبؤ يمكن أن تكون غير صحيحة مما يوضح الطبيعة الاحتمالية للحوادث، وبالتالي عدم القدرة على التنبؤ بها من خلال النماذج الإحصائية.

تم التوجه إلى استخدام طرق الذكاء الصناعي، وهو قطاع علمي تستخدم أبحاثه للوصول إلى مرحلة يقوم فيها الكمبيوتر بأعمال تشابه ما يفعله العقل البشري مثل الأنظمة الخبيرة والنظام الضبابي والشبكات العصبونية الصناعية، حيث أثبتت هذه الطرق دقتها في مجال التنبؤ بالحوادث المرورية والقدرة على نمذجة جميع المتغيرات التي تسهم في وقوع الحوادث. فقد تم دراسة المقارنة بين الانحدار السلبي ذي الحدين وبين طريقة الشبكات العصبونية الصناعية ANN لتحليل الحوادث، واستنتج منها التقدير الخاطئ لنموذج الانحدار، حيث إن العلاقة بين المتغيرات لا تؤثر على صلاحية نموذج ANN [3]، كما استخدم المنطق الضبابي للتنبؤ بالحوادث بالاعتماد على إحصائيات عام واحد من حوادث المرور وحجم المرور والخصائص الهندسية للشوارع الشريانية لمدينة أزمير في تركيا، وتتباين الموديل بالحوادث المرورية والذي على أساسه تم تحديد مستويات للسلامة المرورية [7]، كما استخدمت أنظمة الشبكة العصبونية الضبابية (neuro-fuzzy) بأخذ بيانات 3 أشهر وتوقع الموديل 96.85% من الحوادث حيث كانت نسبة الخطأ 0.82% من تنبؤات الحوادث [5]، كما استخدمت طريقة ANN لتحديد العلاقات بين مستويات شدة الإصابة والعوامل ذات الصلة بحوادث المرور، وأكد الموديل أن الأحوال الجوية و زمن وقوع الحادث لا يؤثران على خطر شدة الإصابة [4]. وبسبب انخفاض مستوى دقة بيانات الحوادث المرورية المتوفرة في مدينة اللاذقية، فقد تم اعتماد منهج المنطق الضبابي في دراستنا، حيث يعتبر منهجاً مناسباً للتعامل مع الظواهر العشوائية، إذ إن استخدام تقنيات المجموعات الضبابية هو المفضل للتعامل مع الظواهر ذات الطبيعة المبهمة والضبابية [2].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تطوير موديل للتنبؤ بالحوادث المرورية باستخدام منهج المنطق الضبابي على الطرق المدنية للحد من إمكانية وقوع حوادث مستقبلية وذلك بإدخال العوامل المولدة للحوادث على الطرق المدروسة، وبالتالي ستساعد نتائج الموديل في حل مشكلة سلامة المرور من خلال كشف خطورة الطرق المدروسة في أوقات محددة، وإمكانية تطبيق هذا الموديل على طرق أخرى. تأتي أهمية البحث في أنه سيقدم مساهمة في تحسين وضبط سلامة المرور في المدن وسيساعد في وضع أسس للتخطيط المستقبلي لها، فطريقة المنطق الضبابي تبدو منهجاً مناسباً

للتعامل مع الظواهر العشوائية، حيث إن حوادث المرور تمثل مشكلة معقدة ومتعددة الأسباب مثل عوامل الطرق وعناصر المرور وظروف الطقس الخ ، كما أن القاعدة الأساسية للموديل الضبابي ذات تركيب ديناميكي يتيح في المستقبل تحديث مستمر لها ببيانات جديدة وذلك بهدف الوصول إلى نتائج أدق وأحدث.

طرائق البحث ومواده:

للوصول إلى الهدف المطلوب من الدراسة تم الاعتماد على حالة المعرفة من خلال الدراسات السابقة لتحديد الطريقة المناسبة للنمذجة و المتحولات الخاصة بموديل التنبؤ، عن طريق تجميع بيانات عن حوادث المرور وإحصائياتها، حيث تم قياس حجم المرور باستخدام جهاز via count. ومن ثم تم إجراء تحليل مكاني للحوادث باستخدام برنامج ARC-GIS، أما بيانات المواصفات الهندسية لشارعي الجمهورية وجمال عبد الناصر، وبيانات الهطولات المطرية الساعية السنوية فقد تم تجميعها وتنزيلها بمساعدة برنامجي SPSS، EXCEL، وأخيراً تمت نمذجة الموديل الرياضي الضبابي باستخدام برنامج MATLAB و التنبؤ بمستويات السلامة المرورية لكل من الشارعين المدروسين.

1-3 موقع منطقة الدراسة:

منطقة الدراسة شملت شارعين الأول شارع الجمهورية يمتد من ساحة الجمهورية حتى ساحة عدن بطول يساوي 1.562 Km ويعرض يساوي 30 m، أما عرض الجزيرة الوسطية فيه فيبلغ 8.4 m وعدد المداخل الثانوية يساوي 24، عدد مواقف الباصات يساوي 10 وعدد التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية يساوي 2، أما الثاني فهو شارع جمال عبد الناصر حيث يمتد من ساحة حطين مكان تقاطعه مع شارع بغداد عند نقابة المهندسين، ويبلغ طوله 1.814km و عرضه 20.5 m، أما عرض الجزيرة الوسطية فهو 2.5 m وعدد المداخل الثانوية هو 13، ويبلغ عدد مواقف الباصات 8 وعدد التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية يساوي 1 فقط .

2-3 منهج المنطق الضبابي (Fuzzy Logic):

نظرية المنطق الضبابي أو الإبهامي (Fuzzy Set Theory):

هي أداة فعالة لإيجاد الحلول المثلى لمسائل هندسية في اتخاذ القرار المتعدد المعايير، وتقوم على مايلي:

* المنطق الضبابي هو نمذجة الأحداث أو الظواهر بأسلوب يعترف فيه بوجود غموض وعدم دقة، قائم على الطبيعة المبهمة أو الضبابية لهذه الأحداث [9].

* يعتمد على مفهوم درجة الانتماء أو العضوية والتي تتراوح بين الصفر والواحد الصحيح، و الذي يمثل درجة القناعة بمدى انتماء العنصر أو الفئة إلى مجموعة محددة (مجموعة ضبابية) أو مدى تحقيق العنصر للهدف المحدد من خلال تابع العضوية Membership function، وذلك لمعالجة ظاهرة الارتباب [10].

* تقوم آلية عمل المنطق الضبابي على ثلاث خطوات أساسية:

1. الضبابية/الإبهام Fuzzification 2. بناء القواعد الأساسية Rule base 3. إزالة الضبابية

Defuzzification

إن مساهمة المنطق الضبابي قد غيرت وجهة نظر علمية عالمية في معالجة قضية الحقيقة تحت تفكيرٍ اعترف بتعقيد الحقيقة، لذلك فإن استخدامه مناسب في شرح حوادث المرور التي تهيمن العشوائية عليها، فحوادث المرور لها أسباب غير محددة مثل عوامل الطرق والعناصر المرورية وظروف الطقس والمركبة والسائق....الخ، وطبيعة الحوادث تحتاج إلى نموذج مرن يمكنه أن يحمل بيانات غير دقيقة، وبالتالي تهدف الدراسات إلى المساهمة بكل المتحولات اللغوية والرقمية المرتبطة بحوادث المرور حتى الوصول إلى نموذج التنبؤ، ولهذه الأسباب اختيرت النمذجة بالمنطق الضبابي لنمذجة الحوادث على الطرق.

3-3 جمع البيانات:

جمعنا حوادث المرور من قسم شرطة المرور في مدينة اللاذقية لعام 2010، ووجدنا أن أكبر عدد مسجل من الحوادث كان على شارع الجمهورية ثم على شارع جمال عبد الناصر، ولذلك فقد تم اختيار هذين الشارعين للدراسة، وتقارير الحوادث المرورية عليهما كانت قد سجلت في شارع الجمهورية 167 حادث و 157 حادث في شارع جمال عبد الناصر، ويبين الجدول (1) توزيعها ودرجة خطورتها.

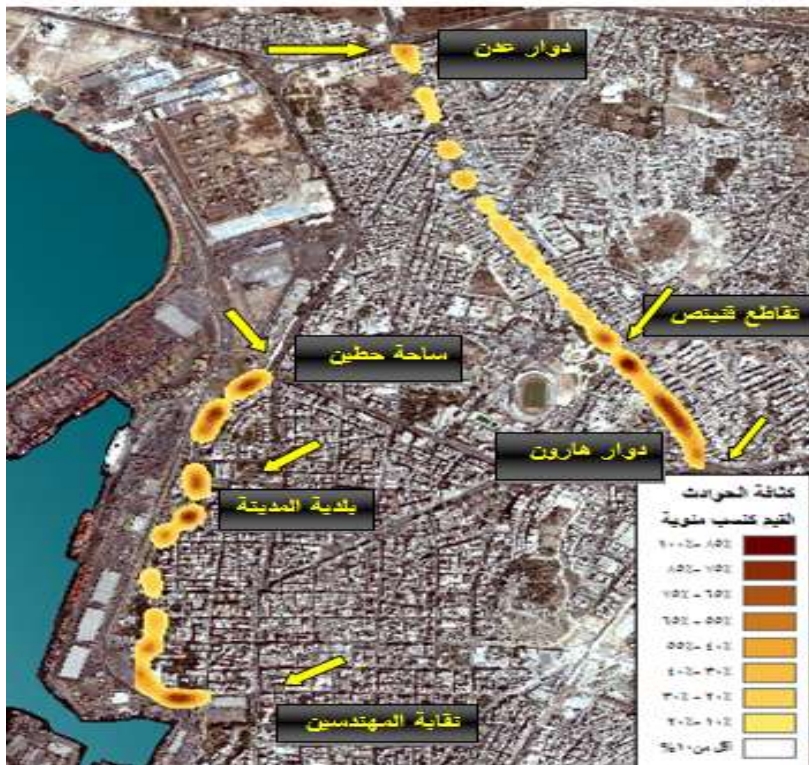
الجدول (1) بيانات الحوادث المرورية على شارعي الجمهورية وجمال عبد الناصر

اسم الشارع	ضرر جسدي	ضرر مادي	ضرر جسدي	ضرر مادي
شارع الجمهورية	40	127	9	30
شارع جمال عبد الناصر	37	121	لا يوجد	56

تم الحصول على بيانات الهطول المطري لعام 2010 من محطة الأرصاد الجوية العامة في دمشق والمسجلة كل ساعة خلال أيام السنة، ثم تم حساب متوسط شدة الهطول المطري خلال 24 ساعة كقيمة متوسطة لكل ساعات السنة بـ mm/h، أما بيانات حجوم المرور الساعية فقد تم قياسها باختبار ثلاثة أيام، ثم أخذت القيمة المتوسطة لأيام الثلاثة بواسطة جهاز via count، حيث وجدنا أن ساعة الذروة الصباحية كانت من (9-8) صباحاً وساعة الذروة المسائية (3-2) ظهراً في شارع الجمهورية، أما في شارع جمال عبد الناصر فكانت ساعة الذروة الصباحية من (8-7) صباحاً وساعة الذروة المسائية من (3-2) ظهراً، ومن مخططات الشوارع التي تم اختيارها من بلدية المدينة حصلنا على المواصفات الهندسية للشارعين .

3-4 التحليل المكاني لحوادث المرور باستخدام برنامج GIS

تم تمثيل مواقع الحوادث على الشارعين المدروسين على صورة جوية لشوارع مدينة اللاذقية لدراسة التحليل المكاني لحوادث المرور باستخدام برنامج GIS spatial analysis tools و توزيع كثافة kernel (density distribution) تمثل المناطق البنية الداكنة المناطق الأكثر كثافةً بالحوادث على طول الشارعين المدروسين كما يوضحه الشكل (1).



الشكل(1)- كثافة حوادث المرور على الشارعين المدروسين

كما توضح الصور الجوية التالية توزع حوادث الضرر الجسدي وحوادث الوفاة على كل من الشارعين المدروسين.



الشكل(3)- حوادث الضرر الجسدي على شارع الجمهورية

الشكل(2)- حوادث الضرر الجسدي على شارع جمال عبد الناصر

وتوضح الصور الجوية التالية توزيع حوادث الضرر المادي على كل من الشارعين المدروسين.



الشكل(4)- حوادث الضرر المادي على شارع جمال عبد الناصر الشكل(5)- حوادث الضرر المادي على شارع الجمهوري

نتائج التحليل المكاني:

يوضح الجدول (2) نوع الضرر الذي وقع من الحوادث المسجلة على شارع الجمهورية وجمال عبد الناصر ونسبتها وأماكن وقوعها.

الجدول(2) الأضرار الناتجة عن الحوادث المسجلة على شارع الجمهورية وجمال عبد الناصر

اسم الشارع	ضرر جسدي	ضرر مادي
شارع الجمهورية	تركزت حوادث الضرر الجسدي والوفاة بنسبة 25% من إجمالي الحوادث على مدخل الشارع قبل أول تقاطع، وكان معظمها خارج ساعات الذروة وعلى القطاعات الطرفية بين التقاطعات .	تتركز حوادث الضرر المادي على تقاطع قنينص ساعة الذروة وفي نهاية الشارع وعند المداخل الثانوية، وتشكل أثناء ساعة الذروة 18% من إجمالي الحوادث.
شارع جمال عبد الناصر	حوادث الضرر الجسدي تشكل حوالي 20% من مجموع الحوادث وتتركز على الانعطاف في نهاية الشارع، وتنتوزع بشكل غير متجانس على طول الشارع، ولا توجد حوادث ضرر جسدي ساعة الذروة.	أغلب حوادث ساعة الذروة هي حوادث ذات ضرر مادي فقط، حيث تشكل هذه الحوادث 35% من إجمالي الحوادث .

مما سبق وبالمتابعة:

- ✓ بسبب الازدحام المروري تنخفض السرعة إلى ما دون 30 km/h خلال ساعات الذروة .
- ✓ تتركز حوادث الضرر الجسدي على القطاعات من الطريق التي تسمح بتزايد سرعة السائقين عليها، وتشكل حوادث صدم المشاة قسماً كبيراً منها.

3-5 بناء الموديل الرياضي الضبابي:

درسنا الشارعين المذكورين أعلاه خلال 24 ساعة حيث اعتبرنا كل ساعة تمثل قيمة بيانية، وبالتالي عدد النقاط البيانية المدروسة هي نقطة $24 \times 2 = 48$ وهي القيم المدخلة لنموذج الموديل الضبابي، وهذا ما يوضحه الجدول (3).

الجدول (3) تمثيل قيم الموديل الضبابي

رمز القيمة	القيمة الزمنية المدخلة
ALJ 01	شارع الجمهورية بين 00:00-01:00
JML 09	شارع جمال عبد الناصر 08:00-09:00

- تحديد متحولات الإدخال وهي:

AHT- معدل حجم المرور الساعي السنوي معرّفًا بعدد العربات المارة في كل ساعة على الشارع مقدراً بـ (عربة/ساعة).

AHR- حجم الهطول المطري الساعي السنوي (mm/h) .

RW- عرض الطريق المعبد دون الأرصفة مقدراً بالكيلومترات (km).

عوامل المواصفات الهندسية للشوارع:

PM- النسبة المئوية لمسافات الأمان والجزر الوسطية على طول الشارع، أي طول المسافة التي تمتد عليها الجزر الوسطية أو المنصفات الوسطية مقسمةً على الطول الكلي للشارع وهذه النسبة تؤخذ كنسبة مئوية (%).

BS - عدد مواقف الباصات مقسماً على طول الشارع مقدراً بالكيلومترات (bus/km).

SJ- عدد التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية مقسماً على طول الشارع مقدراً بالكيلومترات (Sj/km) .

MA - عدد المداخل الثانوية مقسماً على طول الشارع مقدراً بالكيلومترات (ma/km) .

ولدينا متحول واحد ناتج هو:

AAA- وهو المتحول المخرج (Annual All Accidents) أي (عدد الحوادث السنوي الكلي)، الذي يمثل عدد

الحوادث الكلي التي وقعت في الشارعين المدروسين في كل ساعة من أصل 24 ساعة لعام 2010 ومقسمة على طول الشارع بالكيلومترات. مثلاً: عدد الحوادث الكلية السنوية التي وقعت في الساعة الرابعة ظهراً خلال جميع أيام السنة مقسمة على طول الشارع مقدراً بالكيلومترات. واحدته (حادثة/ساعة/كم) وبالتالي يكون لدينا 24 قيمة مخرجة.

ملاحظة : بالنسبة لعامل السرعة لاحظنا من ضبوط حوادث المرور أن الفروقات في مجال السرعات زمن وقوع

الحدث قليلة جداً ومجال السرعات المقدر يتراوح بين (30-40) km/h ، وبالتالي لم تكن السرعة عاملاً أساسياً، أما

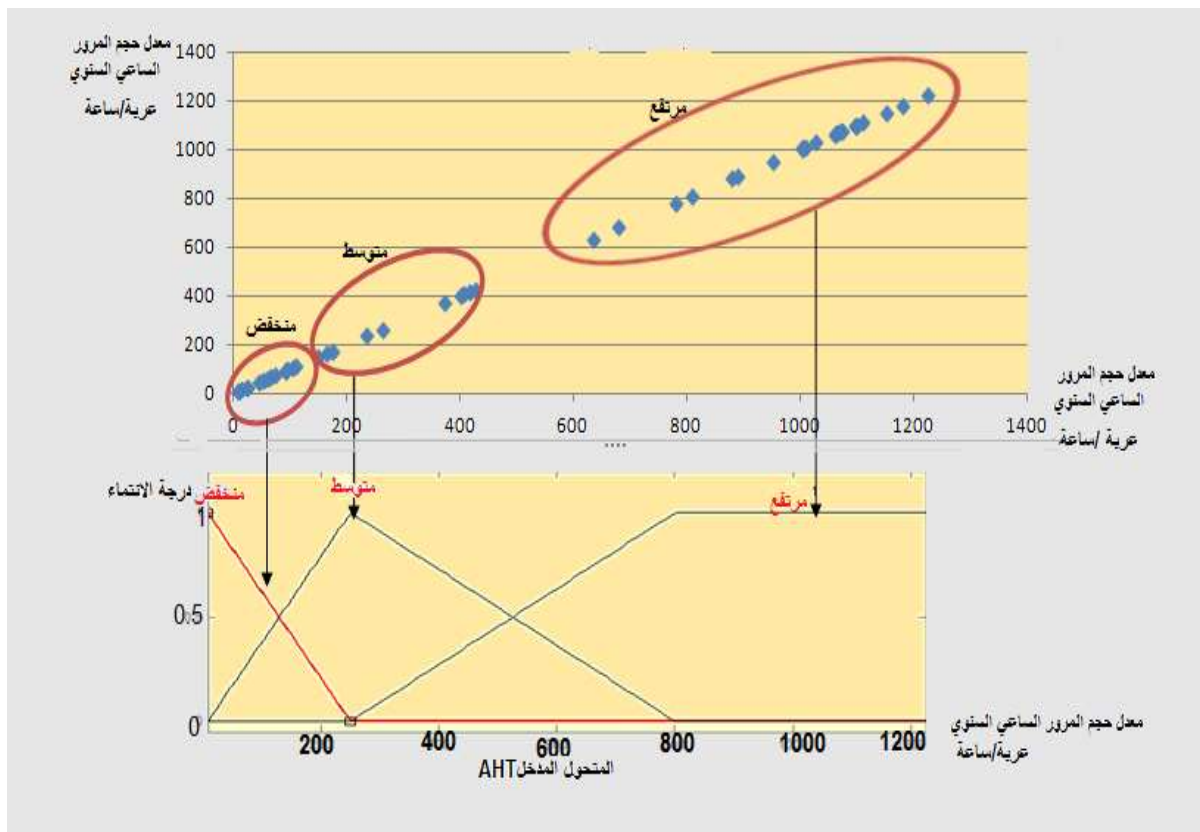
بالنسبة للحوادث التي تبين أن السرعة عامل أساسي فيها فقد كانت الحوادث المسجلة بعد منتصف الليل، وهي عينة قليلة جداً بسبب انخفاض حجم المرور ليلاً وبالتالي تم إهمالها واستبعاد عامل السرعة في دراستنا.

مرحلة التضييب (Fuzzification):

وتتضمن مرحلتين أساسيتين: المرحلة الأولى هي ايجاد التوابع العضوية للمدخلات والمخرجات، والمرحلة الثانية هي ايجاد القيمة اللغوية لهذه التوابع، ونستخدم الأشكال المثلثية والأشكال شبه المنحرفة في دراستنا، حيث سيتم استنتاج كل متحول إدخال لكل مجموعة ضبابية ومن ثم استنتاج عدد المجموعات من توزيع البيانات لكل متحول، لدينا 7 متحويلات لغوية مدخلة ولكل منها قيم لغوية تتراوح ما بين (0,1).

AHT يأخذ 3 قيم لغوية، وهي **LOW, MEDIUM, HIGH** وتعني بالترتيب (مرتفع، متوسط، منخفض)، وهي ممثلة بمجموعات ضبابية مقسمة حسب كثافة النقاط.

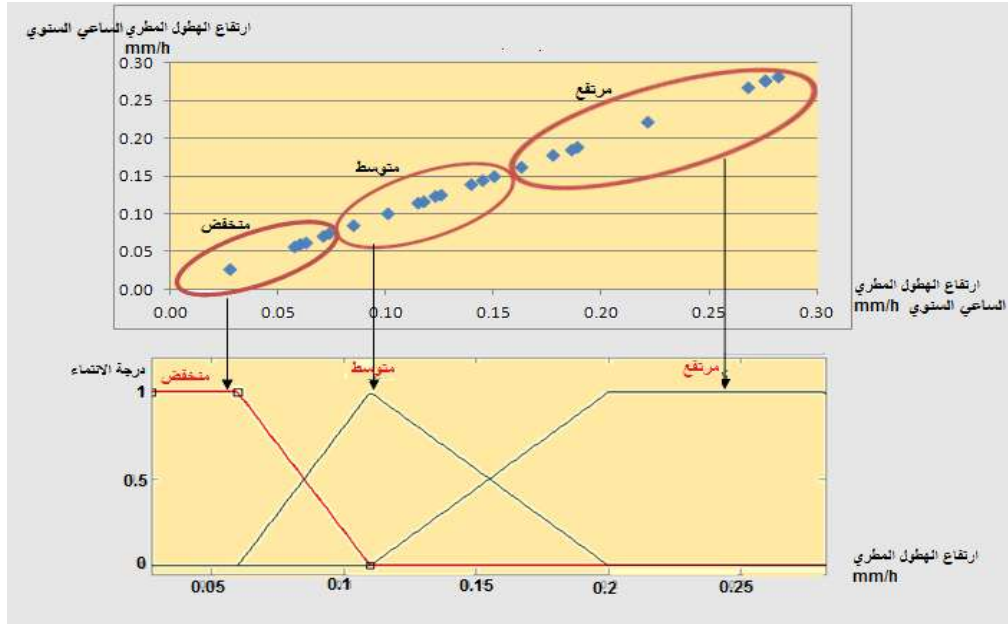
قسمنا المتحول **AHT** إلى مثلثين وشبه منحرف حسب توزع البيانات، وتراوح مجال توزع البيانات ما بين 8- 1225 عربة/ساعة. حيث تم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات ضبابية مراكزها: 145, 275, 1150، حيث إن المحور **x** يمثل قيم المتحول **AHT** والمحور **y** يشير إلى تابع الانتماء μ ، وهذا ما يوضحه الشكل (6).



الشكل(6)- تضييب المتحول AHT معدل حجم المرور الساعي السنوي

يأخذ المتحول **AHR** أيضاً 3 قيم لغوية، وهي **LOW, MEDIUM, HIGH** وتعني بالترتيب (مرتفع، متوسط، منخفض) ممثلة بمجموعات ضبابية مقسمة حسب كثافة النقاط، وقسمنا المتحول إلى مثلث وشبهي منحرف حسب توزع البيانات التي تأخذ القيم ما بين (0.0273-0.282) mm/h، وكانت مراكز المجموعات الضبابية الثلاثة

للبيانات هي: 0.06, 0.12, 0.25. حيث إن المحور x هو قيم المتحول **AHR** والمحور y يشير إلى تابع الانتماء μ , وهذا ما يوضحه الشكل (7).

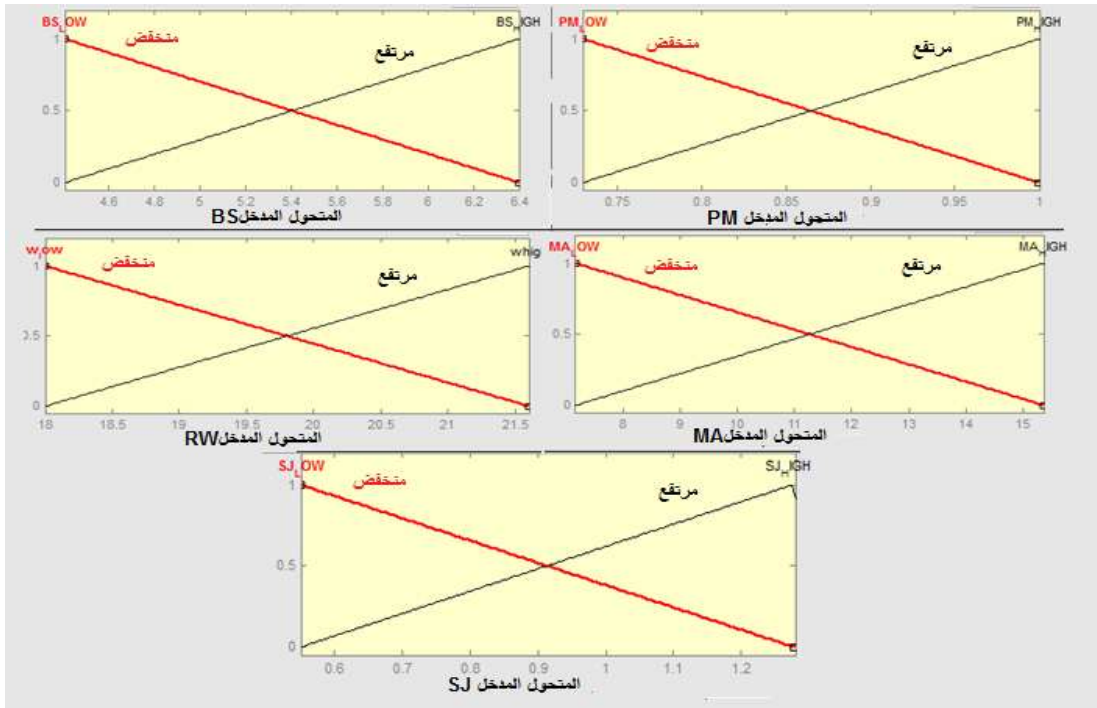


الشكل (7) - تضييب المتحول **AHR** ارتفاع الهطول المطري الساعي السنوي

المتحول **RW** أخذ القيمتين 18-21.6 , المتحول **PM** أخذ القيمتين 1 - 0.73

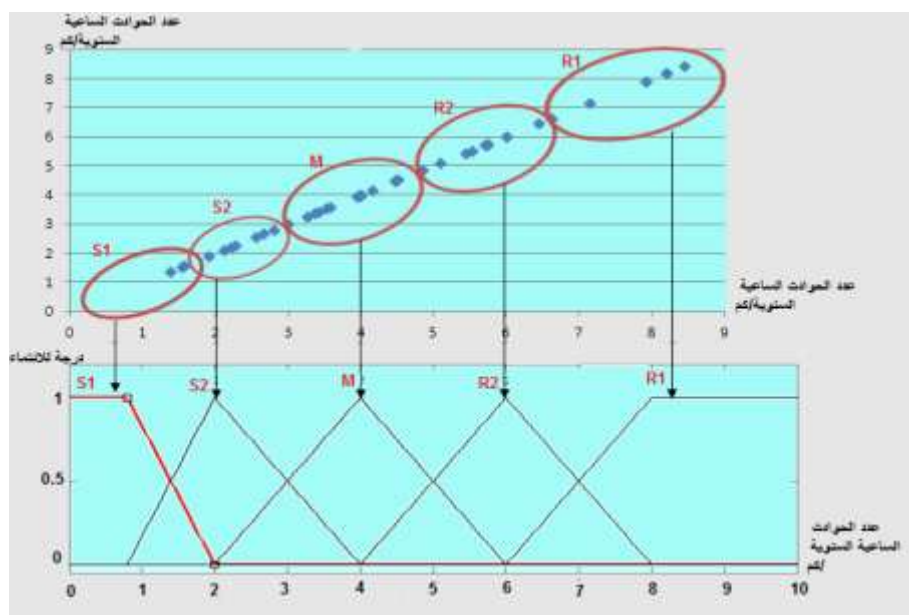
المتحول **SJ** أخذ القيمتين 1.28 - 0.55 , المتحول **MA** أخذ القيمتين 15.36 - 7.17

المتحول **BS** أخذ القيمتين 6.4 - 4.41, ومثلنا هذه القيم بالموديل الضبابي وكما يوضحه الشكل (8).



الشكل (8) - تضييب المتحولات المدخلة

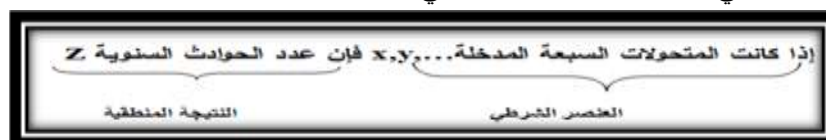
تضبيب المتحول المخرج **AAA** (عدد الحوادث الساعية السنوية /كم) تتراوح قيمه بين 0-10 حادث في الساعة/كم ويأخذ 5 قيم لغوية وهي: S_1 - يمثل مستوى السلامة الأول وهو أفضل مستوى للسلامة، أي تقريباً لا يوجد حوادث على الطريق خلال فترة زمنية معينة، S_2 - يمثل مستوى السلامة الثاني، M - يمثل مستوى السلامة الوسطي، R_2 - يمثل مستوى الخطورة الثاني، R_1 - يمثل مستوى الخطورة الأول وهو أكثر المستويات خطورةً على الشارع المدروس في فترة زمنية معينة، وتمثل كخمس مجموعات ضبابية مراكزها هي: 0.8, 2, 4, 6, 8.5 حيث إن المحور X هو القيم المفروضة للمتحول **AAA** والمحور Y يشير إلى تابع الانتماء μ , الشكل (9).



الشكل (9) - تضبيب المتحول المخرج **AAA** (عدد الحوادث الساعية السنوية/كم)

مرحلة إنشاء القواعد الضبابية:

القاعدة الضبابية في هذه الحالة تأخذ الشكل التالي:



حيث إن متحولات الإدخال هي (المتغيرات اللغوية) X, Y, \dots المجموعات الضبابية (القيم اللغوية) Z هي النتيجة المنطقية. لقد تم وضع عدة موديلات تختلف عن بعضها بتمثيل البيانات في مجموعات ضبابية مختلفة، وبالتالي في إنتاج قواعد ضبابية متعددة، وبسبب وجود شارعين فقط فإن المتحولات الستاتيكية تحديداً لم تكن ذات تأثير واضح وهام على نتائج الموديل، وبالتالي اخترنا هذا الموديل الذي أعطى أقرب نتيجة متوقعة لقيم البيانات الحقيقية للحوادث .

فمثلاً إذا كان لدينا متحولان وكل منهما مجموعتان ضبابيتان فمن الممكن تقدير كل الاحتمالات التي تربط المتحولات مع بعضها البعض، وبالتالي لدينا 4 قواعد كنتيجة لـ $((2*2=4))$ باعتبار إدخال 7 متحولات إدخال لكل

منها عدد من المجموعات الضبابية، وبالتالي فإن عدد القواعد ((قاعدة ضبابية $2*2*2*2*2*2*2=288$)) حيث تتشكل القواعد من دمج البيانات المختلفة حسب مجموعاتها الضبابية وربطها بعلاقة منطقية تربط بين المتحولات المدخلة والمتحول المخرج، وعلى هذا تم وضع القواعد الملائمة وحذف القواعد المتناقضة إلى أن توصلنا إلى 19 قاعدة ضبابية، واستخدمت طريقة التجميع ((Summation)) لتجميع القواعد ((aggregation)) وطريقة مركز الثقل ((CoG)) لعملية إلغاء التضييب للموديل ((defuzzification)) .

مثال على إحدى قواعد IF-THEN لنظام الاستدلال الضبابي المعتمدة: إذا كان حجم المرور مرتفعاً وحجم المطر متوسطاً وعرض الطريق كبيراً ونسبة الجزر الوسطية على طول الشارع مرتفعة وعدد التقاطعات المنظمة بإشارة ضوئية لكل 1 كم مرتفعاً وعدد مواقف الباصات لكل 1 كم كبيراً وعدد المداخل الثانوية لكل 1 كم من طول الطريق كبيراً، فإن عدد الحوادث السنوي لكل كم يقع في المستوى الثاني للخطورة R2 [10] .

عملية التوضيح (إلغاء التضييب) (Defuzzification):

يتم تحويل كل مجموعة ضبابية إلى قيمة وحيدة واضحة من خلال القواعد الضبابية، وتستخدم طريقة مركز الثقل (CoG - Center of Gravity) وذلك لإلغاء التضييب للأنظمة الضبابية المنفصلة، حيث يحدد مركز النقل الهندسي للمجموعة الضبابية المخرجة (النتيجة). وتتم عملية إلغاء التضييب ومن ثم الحصول على قيم ناتجة ثابتة باستخدام MATLAB fuzzy logic toolbox، فعند كل قيمة مدخلة لمتحولات الإدخال تنتج قيمة مخرجة لعدد الحوادث المتوقعة على كل كم، ويوضح الجدولان (4,5) مدخلات الموديل لكلا الشارعين.

الجدول (4) مدخلات الموديل لشارع الجمهورية

النقاط الزمنية	AHTL	AHR	RW	PM	BS	SJ	MA
ALJ00	372	0.16	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ01	263	0.14	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ02	110	0.28	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ03	66	0.12	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ04	25	0.14	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ05	54	0.22	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ06	60	0.28	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ07	91	0.28	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ08	1062	0.11	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ09	1110	0.13	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ10	1098	0.08	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ11	1066	0.10	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ12	1010	0.07	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ13	1028	0.19	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ14	1072	0.03	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ15	1225	0.18	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ16	1065	0.06	21.60	1	6.4	1.28	15.36

ALJ17	1152	0.15	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ18	1099	0.19	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ19	952	0.27	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ20	880	0.06	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ21	809	0.07	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ22	634	0.06	21.60	1	6.4	1.28	15.36
ALJ23	427	0.12	21.60	1	6.4	1.28	15.36

الجدول (5) مدخلات الموديل لشارع جمال عبد الناصر

النقاط الزمنية	AHTL	AHR	RW	PM	BS	SJ	MA
JML00	150	0.16	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML01	95	0.14	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML02	45	0.28	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML03	15	0.12	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML04	10	0.14	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML05	8	0.22	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML06	25	0.28	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML07	175	0.28	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML08	1075	0.11	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML09	1004	0.13	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML10	680	0.08	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML11	780	0.10	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML12	890	0.07	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML13	1100	0.19	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML14	1005	0.03	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML15	1180	0.18	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML16	416	0.06	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML17	406	0.15	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML18	401	0.19	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML19	236	0.27	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML20	165	0.06	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML21	105	0.07	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML22	95	0.06	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17
JML23	75	0.12	18.00	0.73	4.41	0.55	7.17

النتائج والمناقشة:

يبين الجدول (6) المقارنة بين القيم الحقيقية للحوادث والقيم الناتجة عن الموديل للشارعين المدروسين.

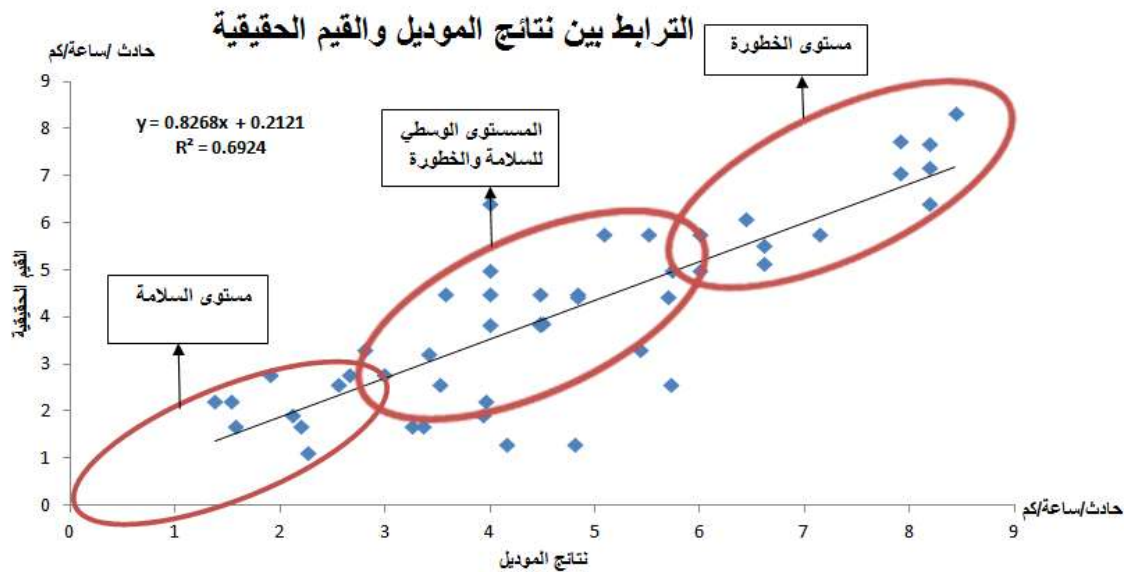
الجدول (6) المقارنة بين القيم الحقيقية للحوادث والقيم الناتجة عن الموديل للشارعين المدروسين

شارع جمال عبد الناصر			شارع الجمهورية		
النقاط الزمنية	نتائج الموديل	القيم الحقيقية	النقاط الزمنية	نتائج الموديل	القيم الحقيقية
JML00	3.96	2.21	ALJ00	5.73	2.56
JML01	3.36	1.66	ALJ01	4.81	1.28
JML02	3.26	1.66	ALJ02	4.16	1.28
JML03	1.38	2.21	ALJ03	2.56	2.56
JML04	1.58	1.66	ALJ04	2.12	1.92
JML05	2.27	1.1	ALJ05	3.42	3.2
JML06	2.81	3.31	ALJ06	3.52	2.56
JML07	4.84	4.42	ALJ07	3.94	1.92
JML08	6	4.97	ALJ08	6	5.76
JML09	6.61	5.52	ALJ09	6.61	5.12
JML10	4.51	3.87	ALJ10	4.84	4.48
JML11	5.44	3.31	ALJ11	5.52	5.76
JML12	4.48	3.87	ALJ12	4.48	3.84
JML13	8.19	7.18	ALJ13	8.19	7.68
JML14	4	4.97	ALJ14	4	6.4
JML15	7.91	7.73	ALJ15	7.91	7.04
JML16	2.99	2.76	ALJ16	4	4.48
JML17	5.74	4.97	ALJ17	7.14	5.76
JML18	6.44	6.08	ALJ18	8.19	6.4
JML19	5.7	4.42	ALJ19	8.44	8.32
JML20	1.91	2.76	ALJ20	4	3.84
JML21	2.2	1.66	ALJ21	4.48	4.48
JML22	1.54	2.21	ALJ22	3.58	4.48
JML23	2.66	2.76	ALJ23	5.09	5.76

4-1- التحقق من الارتباط:

معامل الارتباط ومعامل التحديد: يعبر معامل الارتباط عن الارتباط الخطي بين المتغيرين, y, x و تتراوح قيمته بين [-1, +1]. فعندما يكون $r > 0.9$ الارتباط بين المتغيرين متين جداً وإذا كان $0.8 \leq r < 0.9$ الارتباط متين, أما إذا كان $0.7 \leq r < 0.8$ فإن الارتباط جيد, وأخيراً إذا كان $r < 0.7$ فإن الارتباط ضعيف.

تفسر قيم معامل الارتباط بشكل أفضل من خلال معامل التحديد r^2 والذي تساوي قيمته مربع عامل الارتباط r , حيث تتراوح قيمته بين $[0, 1+]$, أما قيمة عامل الترابط بين نتائج الموديل وبين القيم الحقيقية للحوادث لشارع الجمهورية فقد بلغت $r = 0.76$ وهو ارتباط جيد, ولشارع جمال عبد الناصر $r = 0.89$, وهو ارتباط متين. تم تحديد مستويات السلامة المرورية بالاعتماد على البيانات الحقيقية ونتائج الموديل بشكل مشابه لطريقة الباحث [Kononov and Allery's 2003] [6] والباحث [selvi, O . 2009] [7], وهذا ما يوضحه الشكل (10).



الشكل (10) - الترابط بين نتائج الموديل والقيم الحقيقية ومستويات السلامة $r^2=0.6924$

وحسب مستويات السلامة الموضحة على المخطط نستنتج ساعات مستوى السلامة وساعات مستوى الخطورة وساعات المستوى الوسطي للسلامة على الشارعين المدروسين من الجدول رقم (7).

الجدول (7) توزيع مستويات السلامة حسب الزمن

مستوى الخطورة (ساعة)	المستوى الوسطي (ساعة)	مستوى السلامة (ساعة)	مستوى الخطورة اسم الشارع
12.00 – 13.00 14.00 – 15.00 16.00 – 17.00 17.00 – 18.00 18.00 – 19.00	23.00 – 00.00 07.00 – 08.00 08.00 – 09.00 09.00 – 10.00 10.00 – 11.00 11.00 – 12.00 13.00 – 14.00 15.00 – 16.00 19.00 – 20.00 20.00 – 21.00 21.00 – 22.00 22.00 – 23.00	00.00 – 01.00 01.00 – 02.00 02.00 – 03.00 03.00 – 04.00 04.00 – 05.00 05.00 – 06.00 06.00 – 07.00	شارع الجمهورية
12.00 – 13.00 14.00 – 15.00 17.00 – 18.00	06.00 – 07.00 07.00 – 08.00 08.00 – 09.00 09.00 – 10.00 10.00 – 11.00 11.00 – 12.00 13.00 – 14.00 16.00 – 17.00 18.00 – 19.00	23.00 – 00.00 00.00 – 01.00 01.00 – 02.00 02.00 – 03.00 03.00 – 04.00 04.00 – 05.00 05.00 – 06.00 15.00 – 16.00 19.00 – 20.00 20.00 – 21.00 21.00 – 22.00 22.00 – 23.00	شارع جمال عبد الناصر

وبشكلٍ عام يتوضح من النتائج أن مستوى السلامة يضم ساعات الليل وساعات الصباح الأولى (حجم مرور منخفض) ومستوى الخطورة يضم ساعات الذروة (حجم مرور مرتفع) .
الفرضية العدم (الابتدائية) $H_0 : r = 0$ لا يوجد ارتباط، و الفرضية البديلة: $H_1 : r \neq 0$ ومستوى المعنوية $a=0.05$, و بإدخال البيانات الناتجة على برنامج SPSS نجد ما يلي جدول (7):

جدول (7) جدول تحليل ANOVA

عامل الارتباط r	عامل التحديد r ²	عامل التحديد المصحح r ²
0.832	0.692	0.686

مصدر التباين	مجموع المربعات	df	متوسط المربعات	F	Sig.
بسبب الانحدار	122.665	1	122.665	103.54	.000
البواقي	54.494	46	1.185		
الكلي	177.159	47			

تبين قيمة معامل الارتباط أن العلاقة بين نتائج الموديل وبين القيم الحقيقية هي علاقة طردية ومتينة كما يبين ذلك معامل التحديد 69.2%، وبالتالي فالتغيرات الحاصلة في المتغير التابع تعود إلى المتغير المستقل، وبما أن قيمة احتمال الدلالة $P(\text{sig}) = 0.05 > 0.000$ فالارتباط حقيقي ومعنوي [1].

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- تم تقسيم الشارعين المدروسين بالعلاقة مع الزمن إلى مستويات محددة للسلامة المرورية.
- 2- تأثير الأمطار يساعد على زيادة نسبة وشدة حوادث المرور في الشارعين المدروسين بشكل عام.
- 3- لم تكن المواصفات الهندسية للطريق ذات تأثير واضح على الحوادث المرورية.
- 4- ستساعد الدراسة في وضع استراتيجية عامة لتخطيط الطرق والسلامة وستساعد مصممي أنظمة النقل الذكية لتصميم آلية خاصة بالسلامة المرورية.
- 5- التأكيد على تحديث الموديل الرياضي في هذه الدراسة ببيانات مستقبلية جديدة لشوارع أخرى مع إدخال عوامل أخرى قد تؤثر في وقوع الحوادث المرورية وذلك للوصول إلى نتائج أدق وأشمل تسهم في استراتيجية تحسين مستوى السلامة المرورية.
- 6- التأكيد على إدخال عامل السرعة في مجموعة مدخلات الموديل وخصوصاً عند توسيع عينة الشوارع المدروسة لتشمل الشوارع ذات السرعات العالية كالشوارع المؤدية إلى خارج المدينة أو الشوارع خارج المدينة.

المراجع:

- 1- الرفاعي, عبد الهادي. طيوب, ممدوح. ديب, محمود. مبادئ الإحصاء. منشورات جامعة تشرين, كلية الاقتصاد, 2011, 297.
- 2- BERHANU, G. *Models relating traffic safety with road environment and traffic flows on arterial roads in Addis Ababa*. Accident Analysis & Prevention, 36, 2004, 697-704.
- 3- CHANG, L. *Analysis of freeway accident frequencies: Negative binomial regression versus artificial neural network*. Safety Science, 43, 2005, 541-557.
- 4-DELEN, D.; SHARDA, R.; R. and M. BESSONOV. *Identifying significant predictors of injury severity in traffic accidents using a series of artificial neural networks*. Accident Analysis & Prevention 38, 2006, 434-444.
- 5 - HADJI HOSSEINLU, M.; SOHRABI, M. *Predicting and identifying traffic hot spots applying neuro-fuzzy systems in intercity roads*. Int. J. Environ. Sci. Tech., 6, 2, 2009, 309-314.
- 6- KONONOV, J.; ALLERY, B.; *Level of service of safety a conceptual blueprint and the analytical framework*. 82nd annual meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C. 2003.
- 7- SELVI, O. G. *Traffic accident predictions based on fuzzy logic approach for safer urban environments, case study Izmir metropolitan area*, for the degree of doctor of philosophy in city and regional planning, Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology, Izmir, July, 2009, 66-77
- 8 -WANG, P.; DA RUAN, and ETIENNE, E. KERRE, *Why Fuzzy Logic? – A Spectrum of Theoretical and Pragmatics Issues*. Studies in Fuzziness and Soft Computing. Springer Berlin / Heidelberg, 2007, <<http://www.springerlink.com>> (accessed April 11, 2008).
- 9- ZADEH, L.A. *Knowledge representation in fuzzy logic*, IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering , 1, 1989, 89-100.
- 10- ZADEH, L.A. *Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic*. Fuzzy Sets and Systems, 90, 1997, 111-127.