

**TJES**

ISSN: 1813-162X

مجلة تكريت للعلوم الهندسية

متاحة على الموقع الإلكتروني <http://www.tj-es.com>

## التحليل المكاني لحاويات النفايات الصلبة في قطاعات مدينة الموصل "دراسة بيئية في نظم المعلومات الجغرافية"

زينب علي خلف زناد

قسم تقنيات هندسة البيئة والتلوث، الكلية التقنية كركوك، كركوك، العراق

[Eng.zainab1986@yahoo.com](mailto:Eng.zainab1986@yahoo.com)

(Received 01 February 2014, Accepted 14 May 2014, Available online 30 June 2017)

### الخلاصة

تعد مشكلة النفايات الصلبة في مدينة الموصل واحدة من اهم المشكلات اليومية التي تواجه البلدية والمؤسسات الاخرى، وذلك لكون هذه المدينة تتكون من ثماني قطاعات متباينة في اعداد سكانها والظروف الاقتصادية والمساحة. تهدف الدراسة الى التعرف على التباين المكاني للنفايات الصلبة الى جانب دراسة التوزيع الجغرافي لأعداد الحاويات والتحليل المكاني لها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. انتجت الدراسة من خلال اداة التحليل التقريبي (Buffer) خرائط لتوزيع اعداد الحاويات جغرافيا والمستخدم في تحديد المساحة التي تخدمها الحاوية الواحدة، بالإضافة الى خرائط التحليل المكاني حسب مضلعات ثيسن وطريقة (IDW). واثبتت نتائج التحليل المكاني كفاءة طريقة (IDW) لتوزيع عدد الحاويات مكانيا بالمقارنة مع طريقة مضلعات ثيسن، ويعود السبب في ذلك الى ان التحليل باستخدام مضلعات ثيسن يوضح قدرة وكفاءة الحاوية على استيعاب النفايات في المكان نفسه بالإضافة الى العمومية والشمول على حساب المساحة في عملية الوصف المكاني على عكس النوع الاول من التحليل.

الكلمات الدالة: النفايات الصلبة، التحليل المكاني، طريقة (IDW).

## Spatial Analysis of the Solid Waste Bins in the Sectors of the City of Mosul "Environmental Study in Geographic Information Systems"

### Abstract

An experimental study on a passive solar distiller in the Tikrit city on (latitude line"34 36o The problem of solid waste in Mosul city is one of the most important daily problems that faces the municipal and other institutions, because it consists eight sectors and those of varied in the people preparation, economic conditions and area, This study aimed to identify the spatial variation of solid waste as well as the geographical distribution of bins numbers and spatial analysis using geographic information systems. The study produced many maps of the bins number distribution geographically using buffer tools that used to determine the area served by a single bin, as well as the maps of the spatial analysis by Theissen polygons and IDW methods. The study results proved the efficiency of IDW compared to Theissen polygons method, because the analysis by polygons Theissen methods show only the capacity and efficiency of the bin to accommodate the solid waste at the same location, as well as of the generality and comprehensiveness at the area expense in the spatial description process unlike the first type.

**Keyword:** Solid waste, Spatial analysis, Inverse distance weight method (IDW).

### المقدمة

للتزايد المضطرد في عدد السكان وتزايد الامتداد العمراني تزايدت كميات النفايات الصلبة المتولدة، وهذا ما يؤدي الى ظهور مشاكل في ادارة النفايات من جمع ونقل ورم، اضافة الى المشاكل البيئية التي تنتج عن الاساليب التقليدية في ادارة النفايات [1]. لقد ظهرت الحاجة الملحة

ينشأ عن النشاطات اليومية التي يقوم بها الانسان العديد من المخلفات منها السائلة والغازية والصلبة، اضافة الى الضجيج والضوضاء الا ان النفايات الصلبة تعتبر اكثر تلك المخلفات اثرا وثقلا على كاهل الانسان. ونتيجة

المتتمثلة بمضلعات ثيسن (Theisson Polygon) واداة التحليل المتمثلة بـ (IDW).

4- من خلال عملية المقارنة يتم تحديد اداة التحليل ذات الكفاءة الاعلى لأجراء التحليل المكاني لعدد الحاويات المحسوبة للقطاعات الثمانية.

5- انشاء خرائط موضوعية عالية الدقة للإمكانيات البيئية والبلدية لقطاعات البلدية لمدينة الموصل.

#### استعراض المراجع

توصل (Paruti) وآخرون الى تكوين نموذج مؤلف من طبقات لشبكة الطرق وكثافة السكان بالإضافة الى تعيين المسافة التي يقطعها السكان للوصول الى الحاوية، كما وتمكن من تطوير هذا النموذج لتكون مسافة الوصول هي (50، 75 و 100) متر من اجل الحصول على مسافة الوصول المثلى والتي كانت مساوية لـ 75 متر لتحقيق عملية جمع مثالية تصل الى نسبة 99% [4]. وقام (Nithya) وآخرون بدراسة الدلائل البيئية في ادارة النفايات الصلبة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتمثلة بالمعلومات المطلوبة في عملية التخطيط للإدارة او عن طريق تحديد المسافة التي يبعدها موقع الطمر الصحي عن نقاط التجميع، بالإضافة الى اجراء التحليل المكاني لمواقع الحاويات. توصل الباحث الى عملية ناجحة في إدارة النفايات وتحديد موقع الطمر المناسب للنفايات بالإضافة الى امكانية اتباع نفس النهج في عملية التحليل في البلدان الاخرى التي تواجه مشاكل بيئية مماثلة [5].

قام (Rivera) وآخرون بتقديم دراسة للوظائف المترتبة على نظم المعلومات الجغرافية كنظام دعم لاتخاذ القرار بالنسبة لمعظم اختيارات المواقع المناسبة للحاويات [6]. وذلك من خلال انشاء نموذج مؤلف من عدة طبقات متمثلة بطبقة الطرق والمناطق السكنية ومن ثم اجراء التحليل المكاني لتعيين الموقع الاكثر ملائمة لنقاط جمع النفايات. وأشار (Iro) وآخرون في الدراسة التي اجروها بان تولد النفايات الصلبة تشكل واحدة من أهم التحديات التي تواجه المجتمعات، وذلك من خلال تقييم عملية الإدارة والتعرف على العوامل المؤثرة عليها من حيث الكم والنوع، إلى جانب دراسة التباين الزمني والمكاني للمنطقة والتوزيع الجغرافي للحاويات والتحليل المكاني لها للتعرف على مدى كفاءتها [7]. انتجت الدراسة العديد من الخرائط لتوزيع الحاويات جغرافيا بالإضافة الى خرائط التحليل المكاني حسب مضلعات ثيسن.

في حين قام الباحث ابو العجين بدراسة لتطوير نظام دعم القرار في ادارة النفايات الصلبة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، من خلال تقديم لمحة عامة عن المعوقات التي تواجه إدارة النفايات مع إشارة خاصة لتنمية عملية الادارة وتطويرها، وتوصل الباحث الى الحاجة الماسة لتطوير نظام دعم اتخاذ القرارات البيئية لإدارة النفايات بشكل ناجح [8]. أما الباحثان (Ohri) و (Singh) فقد استخدمتا نظم المعلومات الجغرافية في عملية التخطيط لإدارة النفايات الصلبة، من خلال تنفيذ نموذج على حالة البيانات لمنطقة الدراسة مع التعديلات التي من الممكن ان تجرى عليه للتقليل من عبء العمل في الادارة الى حد ما [9]، وأوضحت الدراسة ان التخلص

لاستخدام أساليب علمية في التحليل والتخطيط في إدارة هذه المشاكل لاتخاذ القرارات المناسبة بسبب ضخامة حجم المشاكل البيئية والتي غدت تداخلاتها على درجة عالية من التعقيد. فأصبحت الأساليب التقليدية التي تعتمد الخبرة الذاتية والتجربة لاتخاذ القرار غير فعالة. من ناحية أخرى فنتائج القرارات إن لم تكن محسوبة ومقدرة تقديراً صحيحاً فقد يترتب عليها أضرار جسيمة وخسائر لا يمكن تعويضها، مما يؤدي الى زيادة الطلب على استخدام التكنولوجيا الحديثة للمساهمة في ادارة النفايات. ومن هذه الأدوات الحديثة نظم المعلومات الجغرافية بما تحويه من قدرة عالية على توفير المعلومات وادارتها وتحليلها في مستويات مختلفة ومتنوعة ومن خلال هذه المعلومات يمكن الاستفادة لدعم القرار والمساهمة في وضع الحلول المقترحة للمشكلات الناجمة عن تجميع النفايات [2].

تعد مشكلة تجميع النفايات الصلبة من أهم المشاكل التي تواجه الإدارات المحلية في جميع المدن العراقية على النطاق العام ومدينة الموصل على نطاق خاص، ويزداد خطر هذه المشكلة مع التزايد المتسارع لعدد السكان وتغير أساليب العيش وأنماط الاستهلاك ومحدودية وسائط جمع النفايات وارتفاع كلفها والتخلص منها. تعد عملية جمع النفايات الصلبة من خلال الحاويات من أهم مراحل التخلص من النفايات الصلبة في المدينة، وينتشر في المدينة نوعين من حاويات تابعة للبلدية الحاويات الثابتة الكبيرة والمتحركة الصغيرة وتعرف بالحاوية الدوارة أو المتنقلة، والتي تشكل الجزء الأكبر من عدد الحاويات. وكما وتعد عملية توزيع الحاويات على المناطق السكنية والتجمعات التجارية من أهم العناصر المؤثرة في نجاح عملية الجمع بالحاوية، وتعد تلك العملية من أكبر التحديات التي تواجه مديريات البلدية للمدينة بسبب رفض السكان لها نتيجة الروائح وانتشار القوارض معها.

ويعد نظام المعلومات الجغرافي أحد أهم الأدوات المستخدمة في حل هذه المشكلة الكبيرة والمعقدة ومراقبة الحل والنتائج، وكما يمكن لنظام المعلومات القدرة على تحديد واختيار مواقع الحاويات والتوزيع الأمثل لها، حيث يؤدي دورا مهما في معالجة البيانات المكانية وبطريقة مرنة [3]. من هنا ظهرت أهمية دراسة التحليل المكاني للحاويات في مدينة الموصل لتحديد مواقع ومواقع الحاويات وتحليل ذلك الموقع مكانيا لمعرفة مدى ملائمة مع الاحتياجات العامة للسكان.

#### هدف البحث

يهدف البحث الى:

- 1- اجراء دراسة تحليلية لقطاعات البلدية الثمانية لمدينة الموصل، بالإضافة الى انشاء قاعدة بيانات تطبيقية يمكن الاستفادة منها في الدراسات البيئية المستقبلية.
- 2- اعتماد التمثيل او التوزيع اللوني المتقدم في نظم المعلومات الجغرافية لكشف التباين المكاني لمعدل تولد النفايات الصلبة واعداد الحاويات المطلوبة الصغيرة منها والكبيرة.
- 3- اقتراح هيكلية جغرافية لتوزيع الحاويات المطلوبة لاحد القطاعات واجراء التوزيع المكاني الامثل باستخدام اداة الحزام المكاني (Buffer)، ومن ثم عمل مقارنة بين التحليل المكاني باستخدام اداة التحليل

اللازمة لكل قطاع وبالتالي لكل منطقة سكنية داخل القطاع.

2- اجراء التدرج اللوني (Graduated color) باستخدام التوزيع الكمي اللوني (Symboloay: Quantities) حيث يتم ترميز المتغيرات المكانية والمتمثلة بمعدل تولد النفايات وعدد الحاويات ذات حجم (1.1 و 8 م<sup>3</sup>) لكل قطاع وباعتماد على سلسلة من الرموز التي تتغير ألوانها حسب القيمة الرقمية للوحدة المكانية للمتغير بعد ان يتم تصنيفها في حقل التصنيفات (classification field).

3- اقتراح هيكلية لتوزيع الجغرافي الامثل (Geographic Distribution) لعدد الحاويات المطلوبة لاحد القطاعات والمتمثلة بقطاع الحدباء، وذلك من خلال اسقاط مواضع الحاويات على الخريطة الفضائية لمدينة الموصل وبعدد مساوي لتلك الاعداد المحسوبة من العلاقات الهندسية ولمدة خزن (1 يوم) ولجميع الاحياء السكنية التابعة لهذا القطاع وبالتالي اصبحت كل حاوية في مواقعها.

4- اجراء التحليل الامثل للمتغيرات المكانية النقطية والمتمثلة بمواقع الحاويات لاختبار كفاءة التوزيع والتداخل من خلال المساحة الثابتة حول الحاوية الواحدة بواسطة اداة التحليل (analysis Buffer: Proximity-Buffer) وتطبيق الامر لإنشاء النطاق بتعريف وحدات الخريطة والمسافة والمتمثلة بحجم نطاق الخدمة المساوي (50، 75 و 100) متر.

5- اجراء التحليل المكاني (Spatial Analysis) لتوزيع عدد الحاويات من خلال طريقتين ومن ثم تحديد الطريقة الأكثر كفاءة، حيث يتم التحليل اولا باستخدام مضلعات ثيسن، فيعد اعداد الخريطة للهيكلية المقترحة لمواقع الحاويات كطبقة من نوع (point) تحول إلى طبقة من نوع (polygon) من خلال اداة التحليل ضمن مجموعة ادوات التحليل (Analysis tools: Theisson Polygon)، حيث يحتوي كل مضلع من المضلعات على نقطة واحدة تمثل موقع الحاوية، وبديل المضلع على المساحة التي تمثل نفوذ الحاوية في المكان، ومن ثم عمل التحليل المكاني ثانيا باستخدام اداة التحليل المكاني التقريبي (Spatial analysis: Interpolation) والمتمثلة بالأداة (Inverse distance weight, IDW)، حيث يتم توضيح مواضع تركيز اعداد الحاويات على الخارطة من خلال حدود لونية متدرجة لمسافة خدمية معينة، في هذه المرحلة من عمل التحليل المكاني يكون الاعتبار على ان عدد الحاويات كاف او غير كاف وهل تخدم المنطقة المحددة ام لا، بالإضافة الى ان هل التحليل قد تم تمثيله بصورة نموذجية ام لا.

#### النتائج والمناقشة

##### التدرج اللوني

تبين الخارطة المبينة بالشكل رقم (1) التوزيع اللوني لمعدل النفايات الصلبة المتولدة في كل قطاع من قطاعات مدينة الموصل. ويلاحظ ان اعلى معدل لتولد النفايات كانت ضمن قطاع الغزلاني وبمعدل يتراوح بين (1.799- 2.593) كغم/شخص/يوم وذلك بسبب النشاط

من النفايات دون عملية الفصل السليم قد يؤدي الى معاناة اقتصادية وبيئية وبالإضافة الى المخاطر الصحية التي تنحدر منها. كذلك اوضحت ان نظم المعلومات يمكن ان تستخدم كأداة في دعم القرار من اجل التخطيط والادارة السليمة. واطهر بارود وأبو العجين الدور الكبير لنظم المعلومات الجغرافية في عملية إدارة النفايات الصلبة والمتمثلة بعمليات الجمع والتخلص منها بالإضافة الى عملية تحديد المواقع المثالية لمحطات التجميع وتعيين الطرق التي ستسلكها الشاحنات الى مواقع الطمر مع تحديد موقع الطمر المناسب [10]، كذلك اشار الباحثان الى ان نظم المعلومات ليس وسيلة لتوفير الوقت والكلفة فحسب بل يقوم أيضا بتأمين بنك من المعلومات الرقمية لبرامج المراقبة المستقبلية لمشكلة النفايات.

درس شايش وحمودي النفايات الصلبة من حيث نوعيتها وكيفية ادارتها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية [3]، وكشفت الدراسة أن أنظمة عمليات الجمع والتحويل للنفايات لا ترتقي الى المستوى المطلوب، حيث انها لا تخدم سوى 40% من سكان المنطقة بطريقة سليمة. اظهرت نتائج الدراسة أن عدد الحاويات وتوزيعها الجغرافي يتم بشكل نموذجي وبنسبة تصل الى 30% فقط، وتوصل الباحث الى ضرورة إعادة توزيع الحاويات توزيعاً نموذجياً وزيادة أعدادها بما يخدم أعداد السكان والمساحات المحيطة بها. كما قام الباحث بارود بدراسة جغرافية لتقييم إدارة النفايات الصلبة من حيث الكم والنوع [1]، واوضحت الدراسة أن جزءا كبيرا من منطقة الدراسة يعتمد على الجمع اليدوي بواسطة الحاوية الدوارة، كما واوضحت بأن هكذا نظام يعتبر أفضل في عملية التخلص من النفايات من حيث الكلفة. كما بينت وجود عجز كبير في أعداد الحاويات إلى جانب سوء في توزيعها من خلال التحليل الجغرافي والمكاني لها.

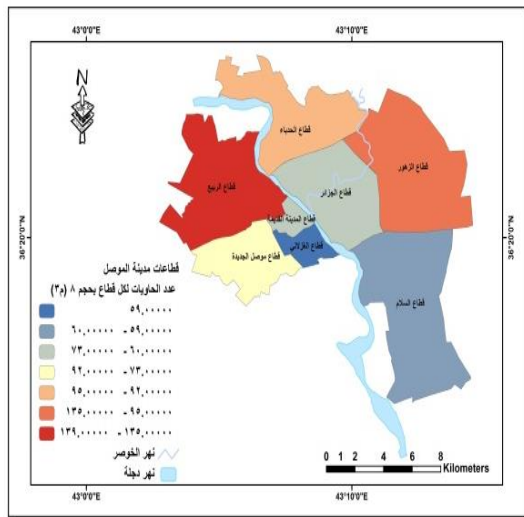
واخيرا قام الباحث (Ahmed) بدراسة بيئية لمرحل التجميع والتخلص من النفايات الصلبة واستعراض الآثار البيئية الناجمة عنها، وذلك من خلال عرض طريقة التخلص الحالية من النفايات لاحد مواقع الطمر واجراء المقابلات مع المسؤولين والسكان المحليين [11]. استنتج الباحث من خلال الدراسة ان المشاكل الناتجة عن النفايات الصلبة في معظم المدن ناتجة عن التوسع الحضري والنمو غير المخطط له لعمليات التجميع العشوائية، بالإضافة الى ارتفاع تكلفة جمع النفايات.

#### اسلوب العمل

اعتمد الاسلوب الوصفي التحليلي من خلال المتغيرات المتوفرة وكذلك الاعتماد على الارقام والمعلومات والبيانات من خلال ما يأتي:

1- الحصول على المعلومات والبيانات الخاصة بكمية النفايات الصلبة المرفوعة من كل قطاع بالإضافة الى استثناء المعلومات والبيانات للعدد السكان، والحصول على المرئيات الفضائية لمدينة الموصل، ومن ثم ربط بعضها ببعض وتحليلها وتفسير العلاقات والمتغيرات للوقوف على طبيعة المشكلة وابعادها واستخلاص النتائج والتوصيات، فمن خلال معرفة كميات النفايات المرفوعة (طن/شهر) لكل قطاع يمكن حساب حجم وعدد الحاويات

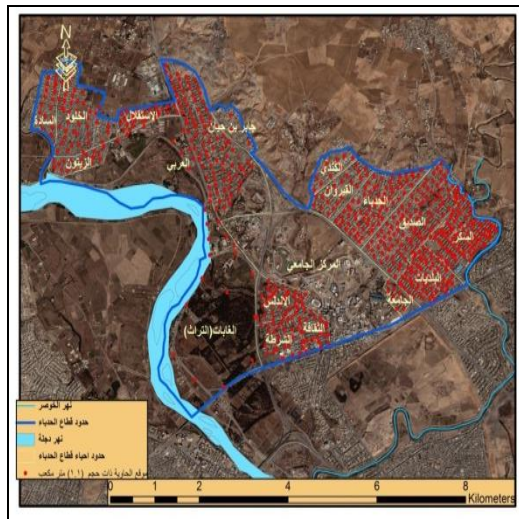
التجاري لهذا القطاع، في حين يضم قطاع السلام اقل معدل لكمية النفايات المتولدة والبالغ 0.418 كغم/شخص/يوم.



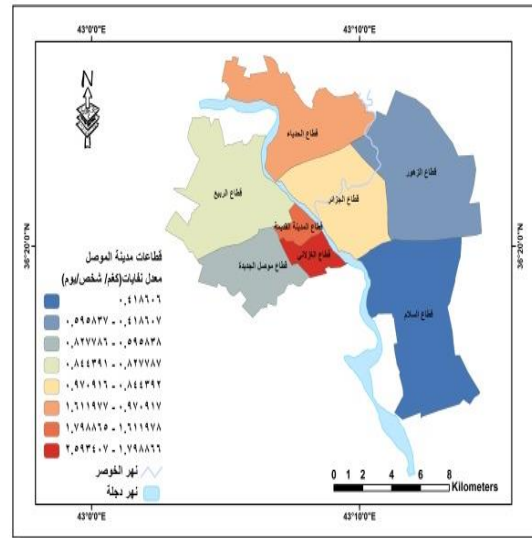
شكل (3) التوزيع اللوني للعدد الحاويات ذات حجم 8 م<sup>3</sup>

#### هيكلية التوزيع الجغرافي المقترحة لمواقع حاويات النفايات الصلبة

اعتماداً على المرئية الفضائية لمدينة الموصل والمبينة للمناطق السكنية والطرق الرئيسية والفرعية للإحياء السكنية فقد تم اقتراح هيكلية لتوزيع اعداد الحاويات لاحد قطاعات البلدية والمتمثل بقطاع الحدياء والمبينة في الشكل (4)، وتتضمن الهيكلية مواقع حاويات النفايات عند مصادر تولدها الاساسي، اي قرب المنازل والتجمعات السكنية والمتمثلة بحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>، وتبين الخارطة كيفية اسقاط مواضع الحاويات على خرائط الاساس (المرئية الفضائية) وذلك من خلال توقيع مواقع الحاويات وبعدد مساوي لتلك الاعداد المحسوبة من العلاقات الهندسية ولمدة خزن 1 يوم وبالتالي اصبحت كل حاوية في مواقعها المقترح.

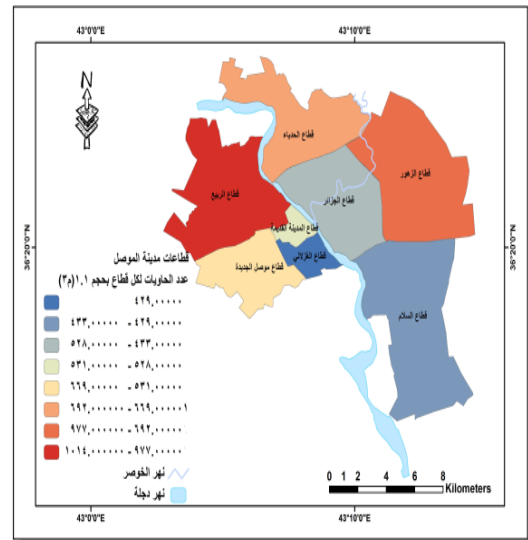


شكل (4) هيكلية التوزيع الجغرافي المقترحة لمواقع الحاويات في قطاع الحدياء ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>



شكل (1) التوزيع اللوني لمعدل تولد النفايات الصلبة (كغم/شخص/يوم)

كذلك يلاحظ من الخارطتين في الشكلين (2) و(3) التباين اللوني لعدد الحاويات المستحصلة من العلاقات الهندسية والمحسوبة لمدة خزن 1 يوم، أي ان هذه الاعداد من الممكن ان تتضاعف مع زيادة مدة الخزن، حيث اشارت الخرائط الى ان قطاع الربيع يضم العدد الاكبر لعدد الحاويات المطلوبة والتي كانت بمعدل يتراوح بين (977-1014 و 135-139) لحاويات ذات حجم (1.1 و 8) م<sup>3</sup> على التوالي، كما واشارت النتائج بأن اقل عدد للحاويات المطلوبة كانت في قطاع الغزلاني.

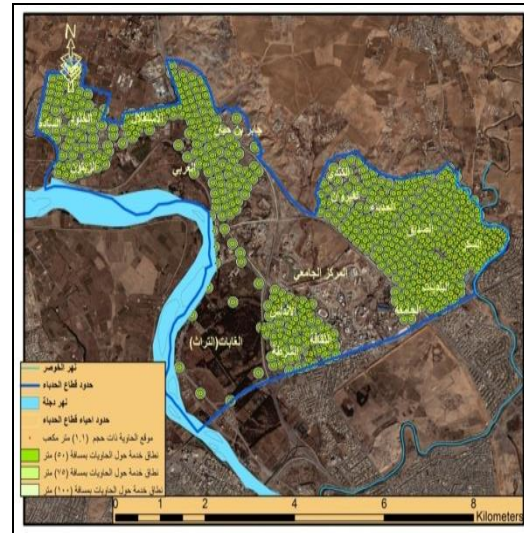


شكل (2) التوزيع اللوني للعدد الحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>



### التوزيع الامثل لمواقع الحاويات

يمكن توضيح المسافة بين السكان ومواقع الحاويات من خلال التوزيع الامثل الذي يتم بواسطة استخدام اداة مسافة نطاق الخدمة (Buffer)، وتطبيقها على احد القطاعات البلدية والمتمثلة بقطاع الحدباء، ولإعطاء صورة شاملة لبقية القطاعات، وذلك لما يضمنه من مناطق مأهولة بالسكان وغير مأهولة بالإضافة الى التفاوت في التوزيع السكاني بغض النظر عن مساحة الحي الواحد، حيث تبين الخارطة في الشكل (5) التوزيع الامثل لمواقع وعدد الحاويات الخاصة بهذا القطاع، وتشير النتائج ان التوزيع الجغرافي المقترح لمواقع الحاويات ذات الحجم 1.1 م<sup>3</sup> قد تم بشكل جيد وتخدم عددا كافيا من السكان وذلك من خلال احد نطاقات الخدمة المستخدمة في التوزيع الامثل والمساوي 100 متر، وكما تبين بان هذا التوزيع قد تم تمثله تمثيلا نموذجيا من حيث المساحة المحيطة بالحاوية وعددها من خلال المعالجة المكانية للبيانات بواسطة البرنامج. والتي تمت بأسلوب مرن مع ادوات التحليل المستخدمة في اختيار مواقع الحاويات، الامر الذي يؤدي الى تقديم خدمات جيدة الجودة وتحقق سلامة البيئة وصحة للمجتمع [4،5،11].



شكل (5) التوزيع الامثل لمواقع الحاويات في قطاع الحدباء لحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>

بشكل عام يمكن ان تعتبر مسافة نطاق الخدمة 100 متر مناسبة ونموذجية الى حد ما وقليل في الاحياء السكنية التي تشتت فيها توزيع كتل السكان حيث يزيد فيها بعد الحاوية عن ذلك، ويعود السبب في ذلك الى ان المسافة النموذجية بين السكان والحاوية في المتوسط تصل الى 87.5 متر [5].

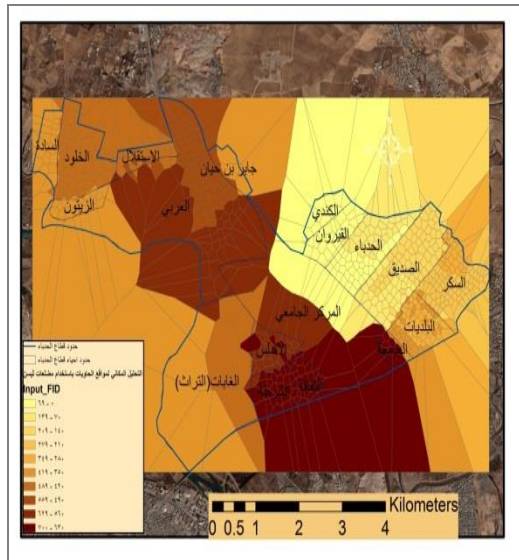
### التحليل المكاني لمواقع الحاويات

#### التحليل المكاني باستخدام مضلعات ثيسن (Theisson Polygon)

توضح الخارطة في الشكل (6) التحليل المكاني الامثل للحاويات ذات الحجم 1.1 م<sup>3</sup> باستخدام مضلعات

ثيسن في قطاع الحدباء. اعتمدت عملية التحليل على المساحة التي تتركزها الحاوية الواحدة، والتي من المفترض ان يكون التوزيع نموذجيا للحاوية عندما يخدم مساحة 20 دونم فقط من المناطق المأهولة بالسكان والتي يمكن الاستدلال عليها من خلال تدرج الألوان. حيث تشير الألوان الفاتحة الى التناسب الايجابي بين الحاوية والمساحة التي تغطيها، في حين تدل الاماكن ذات التدرج اللوني الداكن الى المناطق التي تكون فيها المساحة أكبر من قدرة خدمة الحاوية الواحدة للمساحة المحيطة بها [10]. ومن خلال ما سبق يمكن توضيح التحليل على النحو التالي:

- 1- تظهر معظم المناطق باللون الفاتح والذي يدل على كثرة الحاويات مقابل المساحة، ويرجع ذلك لكون المنطقة سكنية بالدرجة الأولى كمناطق الحدباء، الصديق وغيرها.
- 2- تعاني المناطق السكنية المتبقية قلة في عدد الحاويات، حيث يغلب عليها اللون الداكن كمناطق الثقافة وغيرها، اذ تغطي الحاوية الواحدة فيها مساحات كبيرة جدا، وهو أكبر بكثير من الطاقة الاستيعابية للحاويات المحسوبة والتي من المفترض ان تغطي اقل من 69 دونم حسب نتائج التحليل، مما يدل على التوزيع الغير مناسب والغير نموذجي للحاويات أو التوزيع الغير طبيعي والعملية لها.

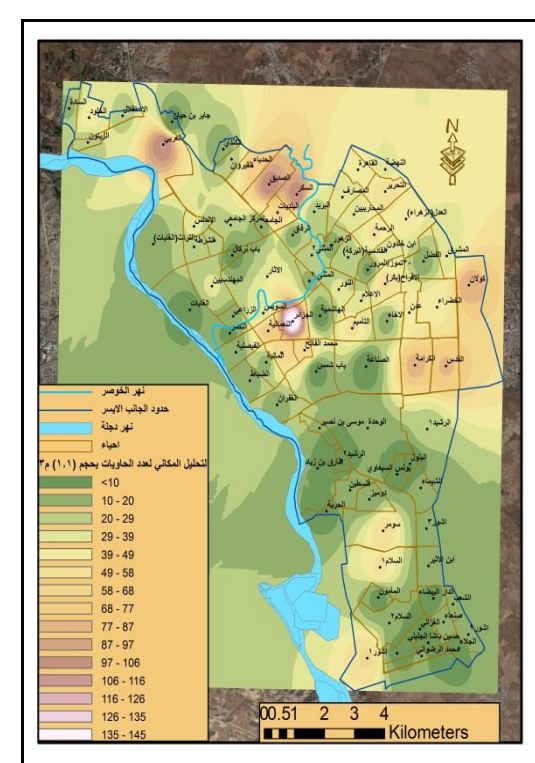


شكل (6) التحليل المكاني لتوزيع الحاويات في قطاع الحدباء ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>

من خلال ما سبق يمكن الاستدلال الى سلبيات وعدم عملية هذا النوع من التحليل المكاني لتوزيع الحاويات واستيعاب جميع المعوقات في عملية المناقشة والمتمثلة بالتعميم والاعتماد على التحليل المساحي، إذ تعتبر مشكلة التعميم من أهم المشكلات التي تؤخذ عليه، إذ أن ما يقال عن الظاهرة الموجودة في طرف المضلع ينطبق بالكامل على الظاهرة الموجودة في المنتصف، كذلك تعتمد اداة التحليل المستخدمة على التحليل المكاني للظاهرة (الحاوية) بغض النظر عن العديد من الاعتبارات الأخرى، فيتم التحليل مساحيا للحاويات دون النظر لأسباب وراء تركزها في هذا المكان بالذات، وكما انه لا

القصى ووفق المعطيات المدخلة إلى البرنامج، بالإضافة إلى الكفاءة العالية في عملية التحليل لتوزيع عدد الحاويات [1]. لذلك استخدمت هذه الطريقة في التحليل المكاني لتوزيع الحاويات المحسوبة على نطاق القطاعات البلدية الثمانية، حيث تبين الخرائط في الأشكال (8-11) التحليل المكاني الأمثل لتوزيع عدد الحاويات ذات الأحجام (1.1 م<sup>3</sup> و 8 م<sup>3</sup> التابعة للقطاعات الواقعة ضمن الجانب الأيسر واليمين لمدينة الموصل وباستخدام مسافة قصوى مساوية لـ 100 متر والتي يمكن توضيحه فيها على النحو التالي:

1- أن أعداد توزيع الحاويات ضمن قطاعات الجانب الأيسر الموضحة في الشكلين (8 و 9) الممثلة تمثيلاً نموذجياً موضحة بالحدود اللونية الفاتحة المتدرجة من اللون الأبيض ووصولاً للون الأصفر كما في منطقة الجزائر، العربي وغيرها من المناطق التي تماثلها، في حين تقل خدمة توزيع عدد الحاويات وصولاً إلى التمثيل غير النموذجي المتمركز في الأماكن الممثلة بالتدرج اللوني الأخضر.



شكل (8) التحليل المكاني الأمثل لمواقع توزيع الحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup> للقطاعات البلدية في الجانب الأيسر

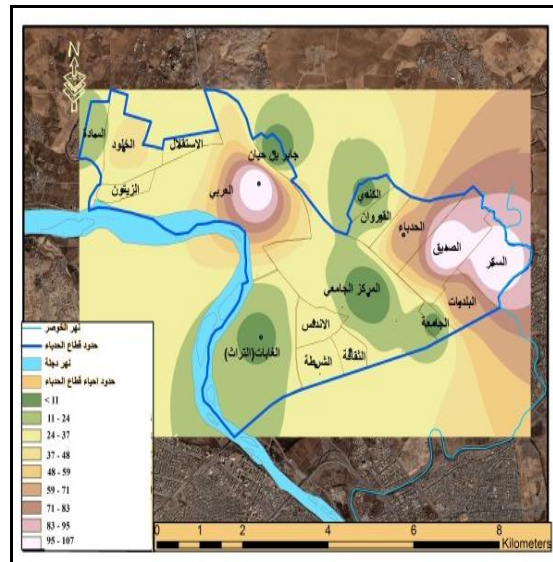
بد من ربط العلاقة بين حجم الحاوية بالمساحة الممثلة لها، بحيث لو اتسعت المساحة لأصبحت الحاوية لا تمثل عدد الأشخاص، وتكون الطاقة الاستيعابية للحاوية أكبر من المفترض [10،8].

### طريقة التحليل المكاني باستخدام (Inverse Distance Weighted, IDW)

توضح الخارطة في الشكل (7) التحليل المكاني الأمثل لمواقع توزيع عدد الحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup> التابعة لقطاع الحدياء وبعتماد مسافة خدمية قصوى (Inverse Distance) مساوية 100 متر. وتبين الخارطة أن هذا النوع من التحليل يتم فيه توزيع الأعداد حول مركز تجمع الحاويات من خلال رسم حدود متباينة الألوان يستدل منها على العدد ومجال الخدمة بالنسبة للمسافة القصوى، إذ يشير اللون الأبيض إلى التمثيل النموذجي لتوزيع عدد الحاويات، وكلما كانت الألوان داكنة أكثر وصولاً إلى اللون الأخضر يعد التمثيل غير نموذجي [1]. ومن خلال ما سبق يمكن توضيح عملية التحليل على النحو التالي:

1- تظهر العديد من المناطق تدرجاً بالألوان الفاتحة كمناطق السكر وما يماثلها والذي يدل على خدمة توزيع عدد الحاويات للمسافة الخدمية القصوى وبأعداد تصل إلى أكثر من 95 حاوية، ومن ثم يليها تدرجاً لونها آخر وبمستوى خدمة أقل في توزيع عدد الحاويات في منطقة الحدياء، البلديات والخلود.

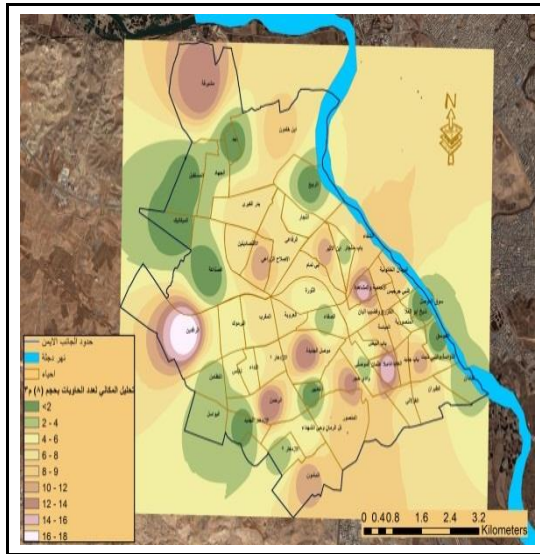
2- ما تبقى من المناطق السكنية يغلب عليها التدرج اللوني الأخضر الذي يشير التحليل فيها إلى قلة أعداد توزيع الحاويات لمسافة الخدمة القصوى المعينة وما يدل على عدم النموذجية في عملية التحليل المكاني.



شكل (7) التحليل المكاني لتوزيع عدد الحاويات في قطاع الحدياء ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup>

ويتبين من نتائج التحليل أعلاه أن أهم ما يميز هذه الطريقة عدم التعميم أو الاعتماد على التحليل المساحي وإنما الاعتماد على عدد الحاويات بالنسبة للمسافة

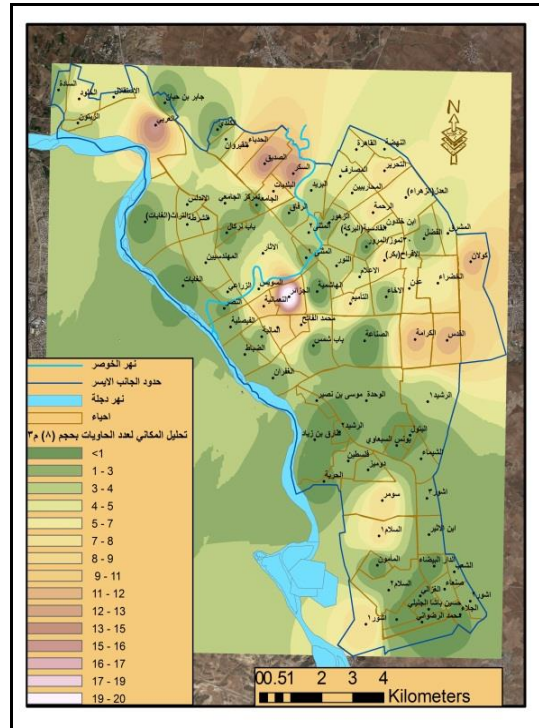




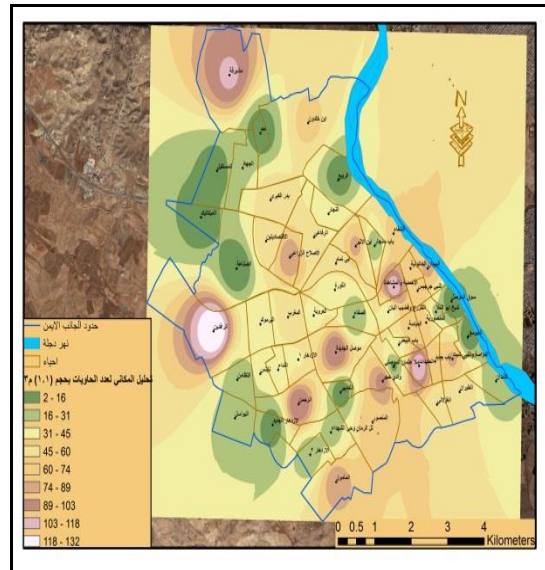
شكل (11) التحليل المكاني الامثل لمواقع توزيع الحاويات ذات حجم 8 م<sup>3</sup> للقطاعات البلدية في الجانب الايمن

#### الاستنتاجات

- 1- كشفت الدراسة عن الامكانيات العالية لقدرة برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في محاكاة العالم الحقيقي الواقعي عند تطبيقها على بيانات حقيقية للظواهر المكانية.
- 2- بينت الدراسة امكانية نظم المعلومات على اجراء عمليات لتمثيل التباين الحاصل في كمية النفائات المرفوعة، معدل تولد النفائات وعدد الحاويات لقطاعات البلدية من خلال التمثيل اللوني بالإضافة الى كشف القيم العالية والمنخفضة خرائطيا وباستخدام التوزيع الكمي اللوني ضمن بيئة تمثيل الكميات.
- 3- اشارت نتائج الدراسة كفاءة هيكليّة التوزيع الجغرافي المقترح لمواقع الحاويات في قطاع الحدباء عند استخدام اداة التحليل التقريبية (Buffer) في ايجاد المساحة التي تخدمها الحاوية الواحدة بنطاق خدمة مساوي إلى 100متر.
- 4- اظهرت النتائج قدرة ادوات التحليل المكاني في ايجاد الاماكن ذات التوزيع النموذجي وغير النموذجي لعدد الحاويات عند استخدام تقنية (IDW)، اذ تعد من الطرق المثالية والتي لها القدرة العالية في عملية النمذجة المكانية.
- 5- اثبت نتائج مقارنة التحليل المكاني كفاءة طريقة (IDW) لتوزيع عدد الحاويات، ويعود السبب الى ان التحليل باستخدام مضلعات ثيسن يوضح قدرة وكفاءة الحاوية على استيعاب النفائات في المكان نفسه بالإضافة الى العمومية والشمول على حساب المساحة في عملية الوصف المكاني على عكس طريقة (IDW).



شكل (9) التحليل المكاني الامثل لمواقع توزيع الحاويات ذات حجم 8 م<sup>3</sup> للقطاعات البلدية في الجانب الايسر



شكل (10) التحليل المكاني الامثل لمواقع توزيع الحاويات ذات حجم 1.1 م<sup>3</sup> للقطاعات البلدية في الجانب الايمن

- Sixth International Conference on Advances in Semantic Processing. Semapro; 2012.
- 7- Okorundu UV, Mbanjo E and Duru P. Implications of geographic information system in mapping solid waste collection points in new Owerri, Imo State", An International Journal of Science and Technology. 11; 2012: 60-69.
- 8- ابو العجين، رامي عبد الحي سالم، تقييم إدارة النفايات الصلبة في محافظة دير البلح-دراسة في جغرافية البيئة، رسالة ماجستير في الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الإسلامية، غزة، 2011.
- 9- Ohri A, Singh PK. Development of decision support system for municipal solid waste management in India: a review. International Journal Of Environmental Sciences. 1(4); 2010.
- 10- بارود، نعيم سلمان وأبو العجين، رامي عبد الحي، تقييم إدارة النفايات الصلبة في مدينة دير البلح-دراسة في جغرافية البيئة، مجلة الجامعة الإسلامية للبحوث الإنسانية، المجلد 20، العدد 2; 2012: 667-641.
- 11- Ahmed SM. Using GIS in solid waste management planning a case study for Aurangabad. Final Master's Thesis, Linköping University, India; 2006.
- المصادر**
- 1- بارود، نعيم سلمان، إدارة النفايات الصلبة في محافظة شمال قطاع غزة- دراسة في جغرافية البيئة، مجلة جامعة الأقصى، المجلد 13، العدد 2; 2009.
- 2- رحمة، فادي، إدارة النفايات الصلبة باستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية GIS، جامعة تشرين، كلية الهندسة; 2006.
- 3- شايش، علي كريم و حمودي، مصطفى نعيم، استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في الخدمات البلدية لمدينة الكوت، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28، العدد 22; 2010.
- 4- Paruti B, Santhaveeranagoud B and Hemalatha K. Solid waste disposal practices and review of environmental impacts: a case study of dumping site. International Journal of Civil Engineering (Ijce). 2(2); 2013: 69-78.
- 5- Nithya R, Velumani A and Senthil Kumar SR. Optimal location and proximity distance of municipal solid waste collection bin using GIS: a case study of Coimbatore city. Wseas Transactions on Environment and Development. 8(4); 2012.
- 6- Rivera MF, Flores RZ, Frontana DC and Mendoza CG. A semantic environmental GIS for solid waste management. The



## دراسة تأثير خشونة سطح الطريق المغمور بالماء على السرعة الحرجة للمركبة

عمر خليل الجبوري<sup>3</sup>

أبراهيم علي محسن<sup>2</sup>

علي خالد محمد علي<sup>1</sup>

<sup>1</sup> قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق

[eng\\_ali\\_1977@yahoo.com](mailto:eng_ali_1977@yahoo.com)

<sup>2</sup> قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة تكريت، صلاح الدين، العراق

<sup>3</sup> وحدة بحوث الطاقات المتجددة، المعهد التقني، الحويجة، كركوك، العراق

[omerkalil@yahoo.com](mailto:omerkalil@yahoo.com)

(Received 15 January 2014, Accepted 16 April 2014, Available online 30 June 2017)

### الخلاصة

تعد ظاهرة الانزلاق المائي من أخطر الظواهر المؤثرة في سلامة وأمان قيادة المركبات على الطرق المبللة أو المغمورة بالماء، وتعد السرعة الحرجة لانزلاق المركبات عامل مهم في الانزلاق المائي، والتي تعتمد بدورها على خصائص ومواصفات العناصر الثلاثة التالية: إطارات المركبة والماء المغطي لسطح الطريق وسطح الطريق. وتعد خشونة سطح الطريق من أهم الخصائص المؤثرة في مواصفات سطح الطريق، والتي تؤثر بدورها بصورة مباشرة على السرعة الحرجة للمركبة.

تم في هذا البحث دراسة خواص خشونة وملمس سطح الطريق وتأثيرها على السرعة الحرجة للمركبات بتغيير كل من السمك واللزوجة الديناميكية لطبقة الماء المغطي لسطح الطريق وكذلك حمل المركبة. بينت النتائج أن لزيادة كل من خشونة سطح الطريق وحمل المركبة تأثير إيجابي على السرعة الحرجة للمركبة (تزيدها)، في حين أن زيادة كل من السمك واللزوجة الديناميكية لطبقة الماء تأثير سلبي على السرعة الحرجة للمركبة (تخفضها).

**الكلمات الدالة:** خشونة، سطح الطريق، مغمور بالماء، الانزلاق المائي، السرعة الحرجة، مركبة، إطارات، ملمس.

## Studying the Effect of Roughness of wet Road on Critical speed of Vehicle

### Abstract

Hydroplaning is one the most dangerous phenomena which effect on the safety of driving cars on wet roads, then, the critical speed of slipping cars is an important parameter in the hydroplaning ,and depends on the properties of the following three parameters: tires, water layer and road surface. The road texture is the main property of road specifications which affect directly on the critical speed of the vehicle.

In the present work, the properties of road roughness and influence of surface texture on critical speed of vehicle are studied with variation of the following parameters: thickness and dynamic viscosity of water on the road surface and the vehicle load. The results showed that increasing the road surface roughness and the vehicle load both has a appositve influence on the critical speed (increase)of the vehicle, while increasing the dynamic viscosity and thickness of the water layer on the road surface has a negative influence on the critical speed (decrease) of the vehicle.

**Keyword:** Roughness, Road Surface, Hydroplaning, Critical Speed, Vehicle, Tire, Texture.

## الرموز المستخدمة

Pas.Sec.	اللزوجة الديناميكية للماء	$\mu$	_____	نسبة الشكل	AR%
Radian	نصف الزاوية المركزية لجزء الإطار المغمور بالماء	$\alpha$	Km/hr	السرعة الحرجة للمركبة	C.S.
Radian	الزاوية المحيطة لكل نقطة على سطح الإطار	$\theta$	m	سمك شريحة الماء على سطح الإطار	h
m	طول العنصر في الاتجاه المحيطي (x)	$\Delta x$	m	أكبر سمك لشريحة الماء بين سطح الإطار وسطح الطريق	$h_{max}$
m	طول العنصر في الاتجاه المحوري (z)	$\Delta z$	m	أقل سمك لشريحة الماء بين سطح الإطار وسطح الطريق	$h_{min}$
----	الخاصية النوعية لشريحة المائع	$\Lambda$	_____	عدد الشبكة في الاتجاهين المحيطي والمحوري على التوالي	i,j
----	معامل انضغاطية المائع	$\beta$			
m	مقدار انضغاط الهواء	$\delta a$	m	عرض الإطار	L
m	مقدار تشوه مطاط الإطار	$\delta r$	m	سمك الإطار	Lo
m	مقدار التشوه الكلي للإطار	$\delta h$	Pas.	ضغط الماء المحصور بين الإطار والطريق عند أي نقطة	P
			m	نصف قطر الإطار	R
			m	سمك طبقة الماء على سطح الطريق	T
			sec	الزمن	t
			m/sec	سرعة المركبة	U
			m/sec	السرعة الخطية لأي نقطة على السطح الخارجي للإطار	U1
			m/sec	سرعة الإزاحة الخطية الأفقية لمركز الإطار	U2
			N	حمل العجلة	W.L.
			m	الإزاحة المحيطة على سطح الإطار الخارجي	X
			m	الإزاحة المحورية على سطح الإطار الخارجي	Z
			MPa.	معامل المرونة لمطاط الإطار	E
			mm	معدل الخشونة	Rq
			mm	خشونة سطح الطريق	Rfr
			mm	خشونة سطح الإطار	Rft
			m <sup>2</sup>	مساحة العنصر على العجلة الحديدية	$a_w$
			m <sup>3</sup>	حجم الهرم الناقص للهواء قبل وبعد الانضغاط	$V_1, V_2$
			m	ارتفاع الهرم الناقص قبل وبعد الانضغاط	$H_1, H_2$
			Pas.	ضغط الإطار قبل وبعد التشوه	$P_1, P_2$

## المقدمة

يعتبر الإطار جزء مهم جدا في المركبات حيث يمثل عنصر الارتباط مع سطح الطريق، وعبره تنقل كل القوى المؤثرة على كل من المركبة والطريق. حيث أن هذه القوى تسبب التشوهات في الإطار مما يؤدي الى تلفه واستهلاكه مع مرور الوقت نتيجة استمرار أو تكرار هذه القوى والظروف المحيطة به. بالإضافة الى شكل الإطار ومواصفات خليط مطاطه، فإن طوبوغرافية سطح الطريق تحدد طبيعة القوى الفاعلة والتي تؤثر في تمسك والتصاق الإطار بالطريق والتي بدورها تحدد شكل منطقة التلامس بين سطحي الطريق والإطار [1].

تعد مقاومة الانزلاق في الطرق أحد أهم معايير جودة أداء الطرق والتي بدورها تتأثر بعوامل عديدة يأتي على رأسها سرعة سير المركبة وطبيعة التوافق بين الإطار وسطح الطريق حيث أن انزلاق المركبات على الطرق يعتبر من أهم الظواهر المؤثرة على السلامة المرورية.

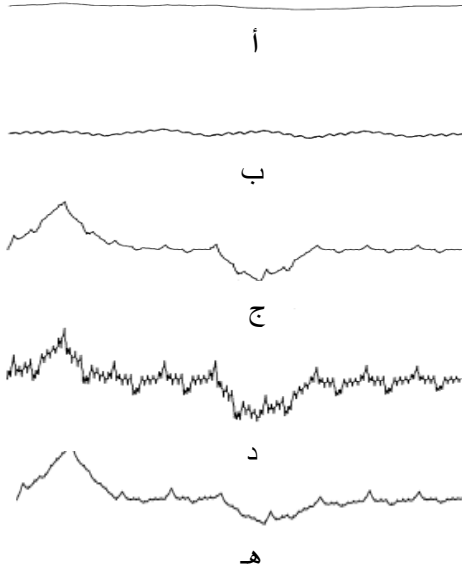
إن ما يقاوم انزلاق الإطار على سطح الطريق هو مقاومة طبقاته السطحية للقص نتيجة تأثير ديناميكية قوى الاحتكاك والتماسك بين الإطار وسطح الطريق [2].

يتناول هذا البحث دراسة مدى تأثير درجة خشونة سطح الطريق على السرعة الحرجة للمركبات وذلك في أثناء السير على الطرق المبللة وتأثير بعض مواصفات الإطار. من هذه المواصفات: حمل العجلة وسمك ولزوجة طبقة الماء على الطريق.

إن العوامل المذكورة أعلاه تعمل سوية وليس بمعزل أي منها عن الآخر، فمعامل الاحتكاك، مثلاً، يقل إلى النصف تقريباً إذا ابتل سطح الطريق ويقل بمقدار 0.001 لكل كيلومتر زيادة في السرعة. (حسب أسس أشتو للتصميم الهندسي للطرق البرية) [3، 4].



0.05 ملليمتر، وقياس الطول الموجي الأساسي 4 مرات أكبر من حجم عدم انتظام السطح [8].  
 5- سطح قياسي (Typical) ويكون معدل ملمس المرئي (Macrotexture) لسطح الطريق 0.7 ملليمتر، بينما ملمس المجهرى (Microtexture) لسطح الحصى وحبيبات الرمل 0.03 ملليمتر، وقياس الطول الموجي الأساسي 7 مرات أكبر من عدم انتظام السطح [8].



شكل (1) أنواع أسطح الطرق حسب خشونتتها

#### ظاهرة الانزلاق المائي في الإطارات

تحدث ظاهرة الانزلاق المائي في الإطارات (Hydroplaning) نتيجة وجود الماء على سطح الطريق أثناء سير المركبات عليه والسير بسرعة عالية حيث ينجم عن ذلك ارتفاع ضغط طبقة الماء الموجود بين سطح الطريق والإطار مسبباً رفع الإطار وطوفان المركبة.

تمثل السرعة الحرجة سرعة المركبة في ظاهرة الانزلاق المائي والتي يتم فقدان السيطرة على قيادة المركبة بصورة تامة وتنعدم قابلية التوقف بصورة دراماتيكية.

إن إبعاد الماء عن سطح التلامس بين الإطار والطريق يتم على مرحلتين، هما:

1- إبعاد الكمية الأكبر من الماء نتيجة ملاسة الإطار لوجه الشارع عن طريق انسياب هايدروديناميكي (خاصة بحركة الماء) وتحدد كمية الماء المتسرب بميل قنوات تسرب الماء المتأثرة بخشونة وجه الشارع الكبيرة وبشكل الإطار (عدد الشقوق وحجمها).

2- طرد ما تبقى من الماء عن سطح الطريق والذي لا يزال يفصل الإطار عن سطح الطريق، وهي عملية كسر وضغط أكثر من كونها عملية إبعاد. وهي، أيضاً، متعلقة بمواصفات الإطار.

#### خواص سطح الطريق

من أهم خواص سطح الطريق والتي لها علاقة مباشرة بسلامة القيادة للأمانة للمركبة هي الملمس أو القوام (Surface Texture) والاستواء (Evenness)، وسوف يتم التركيز على الملمس لعلاقته المباشرة بقابلية الطريق على مقاومة الانزلاق. يصنف القوام أو ملمس الطريق المبلل أو الرطب إلى نوعين رئيسيين، هما:

1- الملمس المجهرى (Microtexture)  
 هذا الملمس أو القوام يمثل التغيرات في طبيعة السطح ضمن مسافات صغيرة جداً تقل عن نصف ملليمتر، ويعتبر مقياساً لملمس أسطح حبيبات الحجارة والرمل المستعملة في الخلطات الإسفلتية والخرسانية. هذه الخاصية هي التي تعطي السطح الملمس الخشن وتحدد معامل الاحتكاك. وعمق هذه التعرجات قليل جداً تصعب رؤيته بالعين المجردة ويتراوح بين (0.01 - 0.5) ملليمتر.

2- الملمس المرئى (Macrotexture)  
 وهذا يشير إلى التغيرات في طبيعة السطح ضمن مسافات تتراوح بين (0.5 - 50) ملليمتر وتمثل النتوءات والنقور الناتجة عن تشكل حبيبات الحجارة وتكتلات الرمل والإسفلت. هذا النوع من الملمس يتحكم في سرعة تصريف المياه بين الإطار و سطح الطريق ويحدد تأثير السرعة على مقاومة الانزلاق.

ويتراوح عادة ملمس وعمق النقور في الطرق من (0.3 - 5) ملليمتر. وعندما يكون ملمس الطريق خارج هذا الحد فإن الطريق يعتبر فاشلاً وظيفياً حسب المواصفات المعتمدة [7,6,5].

يتم تقسيم أسطح الطرق المبللة أو الرطبة إلى أنواع مختلفة حسب خصائص خشونة السطح كما موضحة في الشكل (1) إلى الأنواع التالية :

1- سطح مستوي وصقيل (Smooth and polished)

ويكون معدل ملمس المرئى (Macrotexture) لسطح الطريق (0.3-1) ملليمتر، بينما معدل ملمس المجهرى (Microtexture) لسطح الحصى وحبيبات الرمل 0.02 ملليمتر، وقياس الطول الموجي الأساسي 10 مرات أكبر من حجم عدم انتظام السطح [8].

2- سطح مستوي ومتعرج (Smooth and harsh)  
 ويكون معدل ملمس المرئى (Macrotexture) لسطح الطريق (0.3-1) ملليمتر، بينما ملمس المجهرى (Microtexture) لسطح الحصى وحبيبات الرمل يزيد عن 0.05 ملليمتر، وقياس الطول الموجي الأساسي 7 مرات أكبر من حجم عدم انتظام السطح [8].

3- سطح خشن وصقيل (Rough and polished)  
 ويكون معدل ملمس المرئى (Macrotexture) لسطح الطريق يزيد عن 1 ملليمتر، بينما ملمس المجهرى (Microtexture) لسطح الحصى وحبيبات الرمل 0.02 ملليمتر، وقياس الطول الموجي الأساسي 7 مرات أكبر من حجم عدم انتظام السطح [8].

4- سطح خشن ومتعرج (Rough and harsh)  
 ويكون معدل ملمس المرئى (Macrotexture) لسطح الطريق يزيد عن 1 ملليمتر، بينما ملمس المجهرى (Microtexture) لسطح الحصى وحبيبات الرمل

من المثلث (o c d) :

$$\cos(\alpha) = \frac{R + h_{min} - T}{R} \quad \dots (1)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left( \frac{R + h_{min} - T}{R} \right) \quad \dots (2)$$

من المثلث (o a b):

$$\cos \left( \alpha - \frac{X}{R} \right) = \frac{R + h_{min}}{R - \delta h + h_f} \quad \dots (3)$$

حيث  $\frac{X}{R} = \theta$  ... وحدود قيمتها تبدأ من الصفر عند الموضع  $(h_{max})$  عند أقصى ارتفاع لطبقة الماء  $(T)$ ، وتصل الى أن تساوي الزاوية  $(\alpha)$  عند الموضع  $(h_{min})$ .

$$R + h = \frac{R + h_{min}}{\cos \left( \alpha - \frac{X}{R} \right)} \quad \dots (4)$$

لكن

$$h = h_f - \delta h \quad \text{و} \quad h_f = h + \delta h$$

لذا فإن

$$R - \delta h + h_f = \frac{R + h_{min}}{\cos \left( \alpha - \frac{X}{R} \right)} \quad \dots (5)$$

$$h_f = \frac{R + h_{min}}{\cos \left( \alpha - \frac{X}{R} \right)} - R + \delta h \quad \dots (6)$$

حيث تمثل  $(h_{min})$  أقل سمك لشريحة الماء بين الإطار والطريق ويتم احتسابها من المعادلة التالية [10]:

$$h_{min} = \Lambda x ((Rqt)^2 + (Rqr)^2)^{1/2}$$

$$\Lambda = 6 \mu U / \beta, \quad \beta = \theta * (\partial P / (\partial \theta))$$

وحيث أن  $\Lambda$  تمثل الخاصية النوعية لشريحة المانع و  $Rq$  تمثل معدل الخشونة والذي يتم أيجاده بالمعادلة التالية والتي تعتمد على خشونة سطح الإطار و  $(Rfr)$  خشونة سطح الطريق وكما يلي [10]:

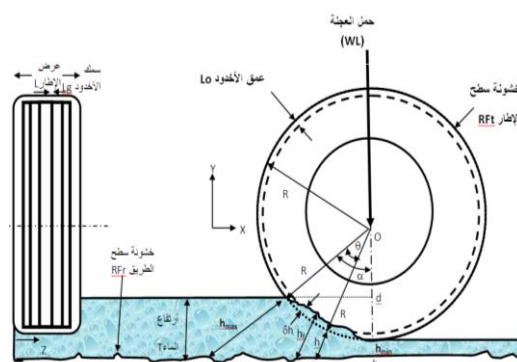
$$1.4 \times Rqt = Rft \quad \text{و} \quad Rfr \times 1.4 = Rqr$$

وتمثل  $(\delta h)$  مقدار التشوه الحاصل بالإطار والذي يشتمل على جزأين،  $(\delta r)$  تشوه المطاط و  $(\delta a)$  انضغاط عمود الهواء داخل الإطار وكما يلي:

إن مرحلتَي إبعاد الماء عن سطح الطريق متعلقتان بالوقت، فكلما سارت المركبة بسرعة أكبر قلَّ حجم الماء الذي يتم إبعاده، وذلك لأن وقت التلامس بين الإطار وبين سطح الطريق قليل. في حين أن سير المركبة بسرعة قليلة يعطي وقت أكبر للتلامس بين الإطار وسطح الطريق، هذا سوف يؤدي الى طرد كل الماء تقريباً من سطح الطريق لذا يصبح الاحتكاك بين السطحين الرطبين (الإطار والطريق) يقترب من الاحتكاك الحاصل بين سطحين جافين [9,6].

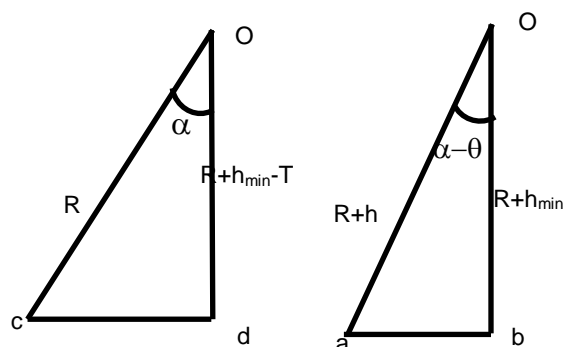
### اشتقاق معادلة سمك شريحة الماء بين سطح الطريق والإطار (h)

يوضح الشكل رقم (2) النموذج الرياضي لسطح الإطار الملامس لطبقة الماء في أثناء الحركة إذ تمثل (h) سمك شريحة الماء حول الإطار بالاتجاه العمودي (الشعاعي) على الإطار (دون الأخذ بنظر الاعتبار تشوه الإطار)، وتمثل  $(h_f)$  سمك شريحة الماء حول الإطار بالاتجاه العمودي (الشعاعي) على الإطار (بوجود تشوه الإطار)، و  $(R)$  نصف قطر الإطار، أما  $(\delta h)$  فتمثل مقدار التشوه الحاصل بالإطار بعد تأثير ضغط الماء عليه، في حين أن سمك طبقة الماء التي تغطي سطح الطريق يكون مقدارها  $(T)$ ، وتمثل  $(Rft)$  خشونة سطح الإطار بينما تمثل  $(Rfr)$  خشونة الطريق.



شكل (2) النموذج الرياضي لتماس الإطار مع سطح الطريق [تصميم الباحث]

من الشكل (2) نحصل على :



(Transient State)، وبفرض أن الحمل المسط

على الإطار ثابت، لذلك يتم أهمل تأثير عملية العصر  $\frac{\partial h_f}{\partial t}$  من معادلة رينولدز.

2- الإطار يتحرك بحركة دورانية وخطية في الوقت نفسه وبدون انزلاق.

3- الماء الذي يغطي سطح الطريق هو مائع غير انضغاطي (incompressible fluid).

4- اللزوجة الديناميكية للماء ( $\mu$ ) ذات قيمة ثابتة لكل النقاط (Iso-viscous fluid) أي بتعبير آخر أن درجة حرارة الماء ثابتة (Isothermal) في كل نقاط التماس بين الإطار والطريق.

5- نفرض تغير سمك شريحة الماء باتجاه (Z) ثابت لا يتغير  $\frac{\partial h}{\partial z} = 0$

لذا فإنه وفق الفرضيات أعلاه يتم تبسيط المعادلة (13) لنحصل على:

$$\left(h^3 \frac{\partial^2 P}{\partial x^2}\right) + \left(3h^2 \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial P}{\partial x}\right) + \left(h^3 \frac{\partial^2 P}{\partial z^2}\right) + \left(3h^2 \frac{\partial h}{\partial z} \frac{\partial P}{\partial z}\right) = 12U\mu \frac{\partial h}{\partial x} \dots (15)$$

$$\text{لكن } \frac{\partial h}{\partial z} = 0$$

لذا فإن المعادلة السابقة تصبح:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{3}{h} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{12U\mu}{h^3} \frac{\partial h}{\partial x} \dots (16)$$

#### النتائج والمناقشة

بعد وضع النموذج الرياضي لمعادلة رينولدز (16) وحلها باستخدام تقنية الفروقات المحددة ذات الخمس عقد لإيجاد المشتقة الأولى والثانية لمعادلة سمك شريحة الماء وبعد حل معادلة رينولدز عددياً نحصل على المعادلة رقم (17) [15].

$$\frac{1}{(\Delta X)^2} (P_{i+1,j} - 2P_{i,j} + P_{i-1,j}) + \frac{3}{2h * \Delta X} \frac{\partial h_f}{\partial X} (P_{i+1,j} - P_{i-1,j}) + \frac{1}{(\Delta Z)^2} (P_{i,j+1} - 2P_{i,j} + P_{i,j-1}) = \frac{12\mu U}{h^3} \frac{\partial h_f}{\partial X} \dots (17)$$

بعد ذلك يتم تبسيط المعادلة (17) لتصبح بالصيغة التالية

$$P_{i,j} = B_5 P_{i+1,j} + B_6 P_{i-1,j} + B_7 P_{i,j+1} + B_7 P_{i,j-1} - B_8 \dots (18)$$

وبالطريقة نفسها يتم احتساب المشتقة الأولى والثانية عددياً للضغط، محيطياً ومحورياً، في منطقة الأضلاع

$$\delta h = \delta r + \delta a \dots (7)$$

يتم احتساب مقدار التشوه في المطاط ( $\delta r$ ) باستخدام المعادلة التالية [11]:  
[التفاصيل في الملحق A]

$$\delta r = P(i,j) * \frac{L_o}{E} \dots (8)$$

حيث أن قيمة معامل المرونة لمطاط الإطار [12]. ( $E=11\text{Mpa}$ )  
بينما يتم احتساب ( $\delta a$ ) وفق المعادلة التالية [13]:

$$\delta a = R - LO - R_w - \frac{3V_2}{a+a_w+\sqrt{a*a_w}} \dots (9)$$

#### حل معادلة (رينولدز)

عند معرفة السرعة النسبية بين الاسطح (الإطار والطريق) وابعاد الاطار ولزوجة ومواصفات شريحة الماء المحصور بينهما وخشونة سطحي الإطار والطريق يمكننا أن نحسب أقل ارتفاع لشريحة الماء المحصور بين الإطار والطريق ( $h_{min}$ )، وبعد ذلك نحسب الضغط الهيدروديناميكي المتولد نتيجة وجود الماء بينهما وذلك باستخدام معادلة رينولدز [14].

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{h^3}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{h^3}{\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \right) = 6(U_1 + U_2) \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \dots (10)$$

حيث

$$U_1 = U = 2\pi RN \dots (11)$$

$$U_2 = U = 2\pi RN \dots (12) \quad \text{كذلك}$$

بما ان  $U_1=U_2$  تصبح المعادلة (13) كالآتي:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{h^3}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{h^3}{\mu} \frac{\partial P}{\partial z} \right) = 12U \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} \dots (13)$$

لغرض الحصول على المشتقة الأولى لسمك شريحة الماء (h) بالنسبة إلى (x) أي  $\left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)$  والتي تمثل اقتراب شريحة الماء المحيط بالإطار باتجاه (x) يتم ذلك عددياً بطريقة الفروقات المحددة:

$$\left(\frac{\partial h_f}{\partial x}\right)_{i,j} = \frac{h_{f(i+1,j)} - h_{f(i-1,j)}}{2\Delta X} \dots (14)$$

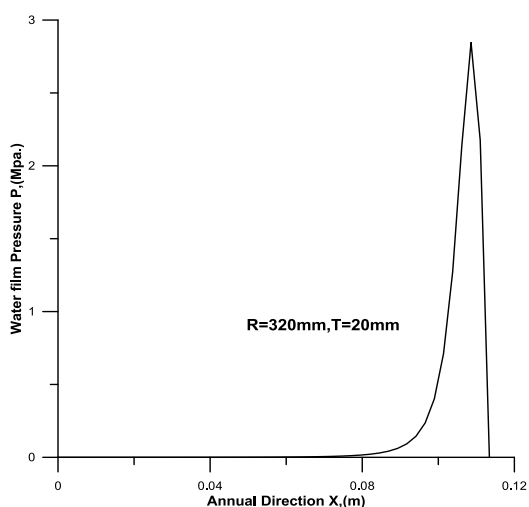
تم استخدام عدد من الفرضيات لحل معادلة رينولدز، هي كالتالي:

1- المركبة مع محيطها في وضع الاستقرار (Steady State)، وقد تجاوزت المرحلة الانتقالية

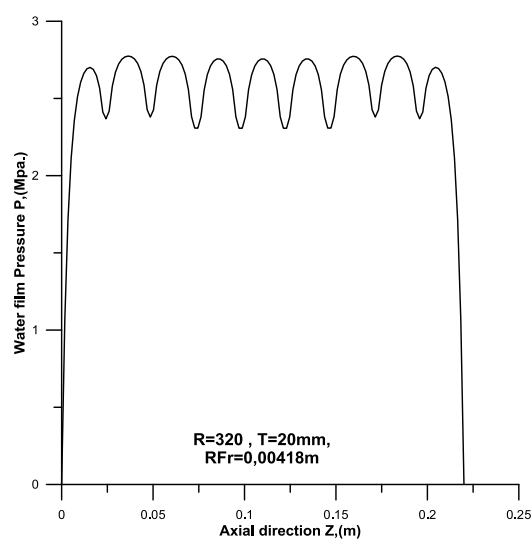
**ضغط شريحة الماء (P)**

يبين الشكل رقم (4) طبيعة توزيع ضغط الماء المحصور بين الإطار والطريق بالاتجاه المحيطي للإطار (X) عند منتصف عرض الإطار لخشونة طريق مقدارها 3.5 ملم، ويلاحظ من هذا الشكل أن قيمة الضغط الأقصى هي 2.8456 ميكاباسكال بينما القيمة القصوى للضغط هي 3.0956 ميكاباسكال في نتائج حمد [16]، وذلك لنفس قياسات الإطار والحمل ومتغيرات الطريق. أن هذا الفارق بين قيمتي الضغط الأقصى لطبقة الماء ناتج عن تأثير درجة خشونة سطحي الإطار والطريق في الدراسة الحالية.

أما الشكل رقم (5) فإنه يوضح طبيعة توزيع ضغط الماء بالاتجاه المحوري (Z) للإطار المزخرف ذو الأخاديد المحيطة لطريق خشونته 3.5 ملم.



**شكل (4)** توزيع الضغط حول الإطار باتجاه المحور (X) عند منتصف عرض الإطار لخشونة سطح طريق 3.5 ملم

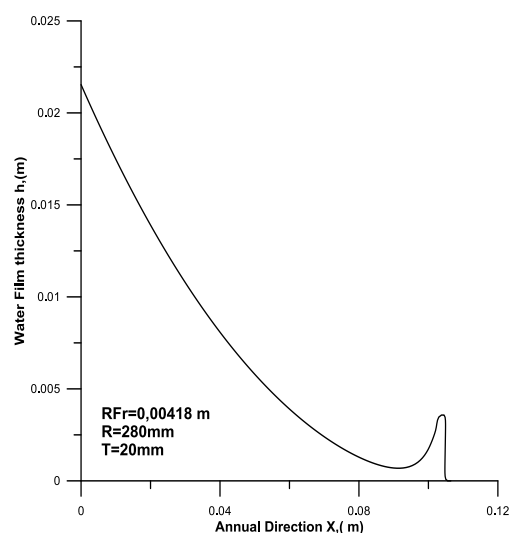


**شكل (5)** توزيع الضغط محورياً باتجاه المحور (Z) على سطح الإطار المزخرف ذو الأخاديد

ومن ثم يتم تعويضها ضمن معادلة منطقة الأخاديد في معادلة رينولدز، يتم بعد ذلك تعويض الشروط الحدودية لمنطقة تلامس الإطار بالماء بالاتجاه المحوري والمحيطي، وبعدها يتم حل المعادلة باستخدام برنامج حاسوبي (Fortran77) وباعتماد طريقة التكرار (Iteration) نحصل على القيم النهائية لضغط الماء المحصور بين الإطار وسطح الطريق عند كل عقدة في المخطط الشبكي وذلك لكل سرعة من سرع المركبة، بعد ذلك يتم حساب القوة الناتجة من ضغط الماء والتي يتم تحليلها إلى مركبتين، إحداها موازية لسطح الطريق والأخرى عمودية عليه حيث أن مجموع المركبات العمودية على سطح الطريق تعمل على رفعه عن سطح الطريق، وعندما تكون محصلة القوى العمودية (الناتجة من قوة الحمل المسلط على الإطار تساوي قوة ضغط الماء العمودي) صفراً فإن ذلك ينتج عنه عدم تماس الإطار مع سطح الطريق ومن ثم فقدان السيطرة على المركبة وهذا ما يعرف بالسرعة الحرجة للمركبة.

**سمك شريحة الماء (h)**

الشكل رقم (3) يبين طبيعة تغير سمك شريحة الماء (h) بين الإطار والطريق محيطياً (على امتداد قوس التلامس بين الإطار والماء) لخشونة سطح الطريق 3.5 ملم. يحكم هذا المنحنى طبيعة الشكل الهندسي للفجوة المحصورة بين الإطار والطريق وتأثير التشوه الحاصل في الإطار عليها (نتيجة ضغط الماء). حيث أن مقدار التشوه يكون أكبر كلما كانت النقطة على سطح الإطار أقرب إلى خط تأثير الحمل الخارجي والتي يكون فيها ضغط الماء عالياً. ويعتمد مقدار هذا التشوه على الضغط الداخلي للإطار ومتانة بنية هيكله ومقاسه. ويلاحظ أن مقدار أكبر شريحة  $h_{max}$  للماء المحيط بالإطار تكون مختلفة من إطار إلى آخر اعتماداً على مقدار ارتفاع طبقة الماء (T) الموجود على سطح الطريق.

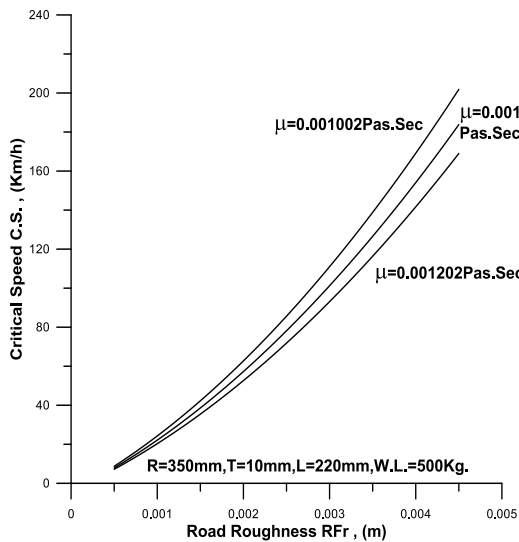


**شكل (3)** تغير شكل سمك شريحة الماء (h) حول الإطار باتجاه محور (X) لخشونة سطح طريق 3.5 ملم

### اللزوجة الديناميكية لطبقة الماء ( $\mu$ )

يوضح الشكل (7) العلاقة بين السرعة الحرجة للمركبة (C.S.) وخشونة سطح الطريق (Rfr) لقيم مختلفة للزوجة الديناميكية للماء الموجود على سطح الطريق والتي تزداد بزيادة نسبة الترسبات الطينية، ويلاحظ من المخطط أن زيادة اللزوجة الديناميكية للماء تسبب انخفاض السرعة الحرجة لانزلاق المركبات على الطرق المبللة وهذا يفسر زيادة خطورة الترسبات الطينية على سطح الطريق. ولمعادلة تأثير زيادة لزوجة الماء فإن زيادة خشونة كل من سطح الطريق وأسطح الإطارات يكون حلاً ناجحاً.

عند مقارنة نتائج هذا البحث لقيمة خشونة مقدارها 3.5 ملم يلاحظ أن نتائج هذا البحث لقيم لزوجة مختلفة ( $\mu$ ) (0.001002, 0.001102, 0.001202) باسكال. ثانية، كانت السرعة الحرجة لها كالتالي (139 ، 127 ، 116.9 كم/ساعة) بينما في بحث (Al-Jiboury) [17] كانت نتائج السرعة الحرجة لنفس اللزوجة الديناميكية للماء هي (95، 103، 112 كم/ساعة) على التوالي. وسبب هذا الاختلاف في النتائج هو أن الباحث لم يأخذ تأثير التشوه الحاصل في الإطار نتيجة ضغط الماء وكذلك تأثير تغير خشونة سطح الطريق بنظر الاعتبار في حساب السرعة الحرجة للمركبة.



شكل (7) العلاقة بين السرعة الحرجة للمركبة (C.S.) وخشونة سطح الطريق (Rfr) لقيم مختلفة للزوجة الماء ( $\mu$ ) على سطح الطريق

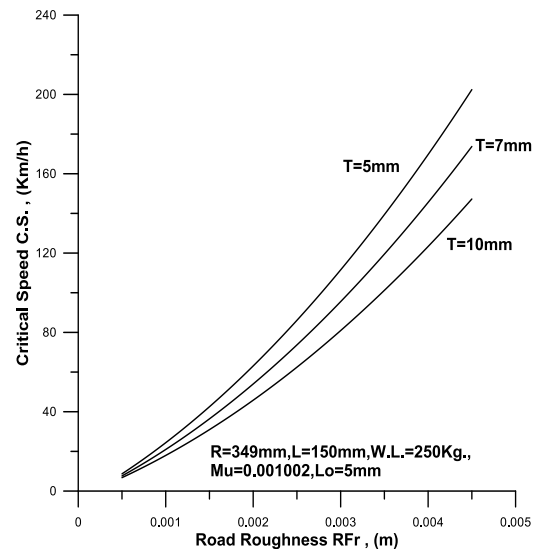
### حمل الإطار (W.L.)

يمثل الشكل (8) العلاقة بين السرعة الحرجة للمركبة (C.S.) وخشونة سطح الطريق (Rfr) لقيم مختلفة من حمل الإطار (وهو يمثل ربع حمل العجلة الكلية) وذلك في أثناء السير على طريق مستوي مغطى بطبقة من الماء. نلاحظ أن زيادة حمل الإطار (W.L.) له تأثير إيجابي على السرعة الحرجة للمركبة، وذلك لأنه عند زيادة حمل العجلة فإن ضغط الماء المحصور بين الإطار وسطح الطريق يصبح غير كافٍ لرفع الإطار عن

### سمك طبقة الماء على سطح الطريق (T)

يوضح الشكل رقم (6) العلاقة بين السرعة الحرجة (C.S.) للمركبة وخشونة سطح الطريق (Rfr) مع تغير سمك طبقة الماء (T) التي تغطي سطح الطريق أثناء السير على طريق مبلل، إذ نلاحظ بشكل عام إن لزيادة سمك طبقة الماء تأثيراً سلبياً كبيراً جداً على مقدار السرعة الحرجة للمركبة وذلك بسبب زيادة مساحة التلامس بين سطح الإطار والماء مما يؤدي إلى تولد ضغوط إضافية في طبقة الماء المحصور بين الإطار وسطح الطريق وفي نفس الوقت تؤدي إلى رفع قيم الضغط إلى قيم أعلى ومن ثم تزداد محصلة مركبات القوى العمودية على سطح الطريق والتي تعمل على رفع الإطار وفصله عن الطريق. كما يلاحظ أنه لأي قيمة من ارتفاع الماء على سطح الطريق فإن مقدار السرعة الحرجة لانزلاق خشونة سطح الطريق فإن مقدار السرعة الحرجة لانزلاق المركبة يزداد أي إنه يكون أكثر أماناً.

عند مقارنة نتائج هذا البحث لسطح طريق درجة خشونته مقدارها 3.5 ملم وسمك شريحة ماء 10 ملم، 7 ملم، 5 ملم على التوالي وإطار بنصف قطر 394 ملم وعرض 150 ملم وسمك 5 ملم، كانت النتائج هي 102 كم/ساعة، 120 كم/ساعة، 140 كم/ساعة، بينما نتائج نمذجة الموديل الرياضي باستخدام طريقة (Computational Fluid Dynamics (CFD)) للباحث [HSL STAFF] [18] لسطح طريق (smooth & harsh) تشير أن السرعة الحرجة لانزلاق المركبة ونفس مواصفات الإطار هي 95.41 كم/ساعة، 99.05 كم/ساعة، 101.18 كم/ساعة وسبب ذلك الفرق في قيم السرعة الحرجة هو أن الباحث [HSL STAFF] [18]، لم يأخذ تأثير خشونة سطح الطريق التي تعمل على رفع السرعة الحرجة للمركبة.

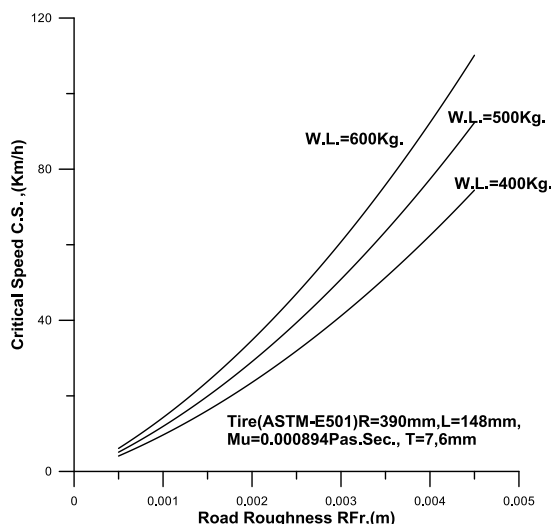


شكل (6) العلاقة بين السرعة الحرجة للمركبة (C.S.) وخشونة سطح الطريق (Rfr) لقيم مختلفة لسمك طبقة الماء (T) على سطح الطريق

- 16 : 1411 رقم العضوية: 440844 المشاركات: المدينة: الخرطوم ، تاريخ التسجيل: 11-12-2008
- 5- Wambold JC, Henry JJ. International PIARC experiment to compare and harmonize texture and skid resistance measurements. Technical Committee 1 Surface Characteristics; 1994.
- 6- Changyong C. Skid resistance and hydroplaning analysis of rib truck tires. National University of Singapore, Dep. of Civil and Environmental Engineering; 2010.
- 7- Wilson DJ and Chan W. The effect of road roughness (and test speed) on grip tester measurements. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Auckland; April 2013 .
- 8- Kokkaliss GA and Pangagouli OK. Fractal evaluation of pavement skid resistance variations [I] surface wetting. Highway and Pavement Engineering, Democritus University of Thrace, Institute of Steel Structures, Aristotle University; 1997.
- 9- McHenry, Vehicle control factors. Accident Reconstruction; 2003
- 10- Muhsin IA and Al-Ameer AA. Studying the effect of the surface roughness on the maximum eccentricity ratio and the load carrying capacity in the journal bearing. The Second Scientific Conference of Pure and Applied Sciences /Special Volume, No.1; August 2010: 83-101,
- 11- Singer FL and Pytel A. Strength of materials. 3rd edition; 1980.
- 12- Callister W. Materials science and engineering: An introduction. John Wiley & Sons, Inc. 5th edition; 2000: p475.
- 13- Eastop TD and McConkey A. Applied thermodynamics for engineering technologists. Long man, 2<sup>nd</sup> edition; 1969.
- 14- Cameron A. Basic lubrication theory. John Wiley & Sons.; 1979.
- 15- Al-Khafaji AW, Tooley JR. Numerical methods in engineering practice. CBS Publishing Japan; 1986: 143-145.
- 16- حمد، فتاح، تأثير التشوه الحاصل في الإطار نتيجة ضغط الماء الموجود على سطح الطريق في حساب السرعة الآمنة لانزلاق المركبات، كلية الهندسة-قسم الهندسة الميكانيكية- جامعة تكريت ; 2012
- 17- Al-Jiboury MAM. Determination of the critical speed of the vehicles on wet road; 2011.
- 18- Staff HSL. Tread pattern-hydroplaning of rib tire with different tread; 2009.
- 19- Fwa TF and Ong GP. Wet-pavement hydroplaning risk and skid resistance analysis. Journal of Transportation Engineering; May. 2008.

الطريق عند نفس السرعة بل يتطلب سرعة أعلى لكي تصل قيم ضغط الماء إلى الحد الكافي لرفع الإطار وفصله عن الطريق.

كذلك يلاحظ أن خشونة سطح الطريق المنخفضة تعمل على تخفيض مقدار السرعة الحرجة للانزلاق عند نفس الحمل وبالنتيجة فإن تأثير زيادة خشونة سطح الطريق عند ثبات حمل المركبة تكون ضرورية لزيادة السرعة التي يحصل عندها انزلاق المركبة أي بتعبير آخر زيادة السرعة الآمنة ومن ثم تقليل خطر الحوادث. عند مقارنة نتائج البحث لسطح طريق أسفلي بخشونة 3.5 ملم ولأطوار بمواصفات (ASTM-E501) ولطبقة ماء كما موضحة في الشكل (8) وبحمل (400، 500، 600) كغم، كانت السرعة الحرجة للمركبة (76.1، 63.8، 51.6) كم/ساعة على التوالي، وعند مقارنته مع نتائج الباحثين [Fwa and Ong] [19] لنموذج الموديل الرياضي الذي تم مقارنة نتائجه النظرية مع 6 نتائج عملية لنفس مواصفات الإطارات والطريق كانت (75، 64، 50) كم /ساعة على التوالي، وهي نتيجة مقارنة لنتيجة البحث الحالي.



شكل (8) العلاقة بين السرعة الحرجة للمركبة (C.S.) وخشونة سطح الطريق (R<sub>fr</sub>) لقيم مختلفة للحمل المسلط على الإطار (W.L.)

#### المصادر

- 1- Jackowski J, Wieczorek M. Analysis of interaction between tire tread and road on the basis of laboratory test. The 7<sup>th</sup> International Conference. Vilnius, Lithuania; 2011.
- 2- Bergman W. Skid resistance, properties of tires and their influence on vehicle control. TRR 621; May, 1977.
- 3- AASHO. A policy on geometric design of rural highways; 1965.
- 4- قرشي، محمد إبراهيم جندى، مقاومة الانزلاق أحد المؤشرات الهامة لأداء الطرق، مقال في مجلة قسم الهندسة المدنية – المملكة العربية السعودية . الأقدمي



## الملحق A

1- معادلة مقدار تشوه الإطار ( $\delta r$ ) من قانون هوك

$$\sigma = \epsilon * ET \quad \dots (A.1)$$

$$\sigma = ET * \delta r / LO \quad \dots (A.2)$$

$$\delta r = \sigma * LO / ET \quad \dots (A.3)$$

$$\sigma = P(i, j) \quad \dots (A.4)$$

$$\delta r = P(i, j) * \frac{LO}{ET} \quad \dots (A.5)$$

إذ إن :

2 - اشتقاق معادلة انضغاط الهواء ( $\delta a$ ) من الشكل (A.1) من قانون بويل للغازات

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \dots (A.6)$$

$$V_1 = \left(\frac{H_1}{3}\right)(a + a_w + \sqrt{a * a_w}) \quad \dots (A.7)$$

$$H_1 = R - LO - R_w \quad \dots (A.8)$$

$$a_w = \Delta X_w * \Delta Z_w \quad \dots (A.9)$$

$$V_2 = P_1 V_1 / P_2 \quad \dots (A.10)$$

$$V_2 = \left(\frac{H_2}{3}\right)(a + a_w + \sqrt{a * a_w}) \quad \dots (A.11)$$

$$H_2 = R - LO - \delta a - R_w \quad \dots (A.12)$$

$$V_2 = \left(\frac{R - LO - \delta a - R_w}{3}\right)(a + a_w + \sqrt{a * a_w}) \quad \dots (A.13)$$

$$\frac{3V_2}{(a + a_w + \sqrt{a * a_w})} = R - LO - \delta a - R_w \quad \dots (A.14)$$

$$\delta a = R - LO - R_w - \frac{3V_2}{(a + a_w + \sqrt{a * a_w})} \quad \dots (A.15)$$

