التوزيع المكاني للجسور والأنفاق في مدينة عمان ومدى كفاءتها في حل الأزمات المرورية باستخدام نظم المعلومات الجغرافيةGIS

د. نايف محمود عبدالله الروسان،

د. محمد جميل احمد القراله

الملخص

يهدف البحث لدراسة التوزيع المكاني للجسور والأنفاق ومدى كفاءتها في حل المشاكل المرورية في عمان. لقد كشف البحث بأن جميع التقاطعات في مدينة عمان موزعة بشكل عشوائي. وتعاني من اختناقات في فترات الذروة المرورية وخصوصاً في الفترة الصباحية وما بعد الظهر عندما يزداد الطلب على السفر.

لقد كان العد اليدوي بفريق العمل الوسيلة الرئيسة للبحث، اذ استغرق العمل أربعة أسابيع بشكل يومي من الساعة الثامنة صباحاً إلى العاشرة مساءً لجميع أيام الأسبوع. اشتملت الدراسة الميدانية على 22 نفقاً ذات 51 اتجاه، و11 جسراً تضمنت 16 اتجاه، وخليط من الجسور والأنفاق يصل عددها إلى 3 ذات أربعة اتجاهات.

اعتمدت الدراسة على المعايير المحلية في تحديد حجم السعة المرورية وهي (1500) رحلة كسعة مرورية لكل مسرب. لقد كشف العد اليدوي بأن السعة المرورية لبعض الأنفاق والجسور أقل من الطلب عليها في ساعات الذروة، كما أظهرت الدراسة بأن هنالك خمسة أنفاق فيها تدفق مروري غير هادئ.

لقد أظهرت الدراسة أيضاً بأن معظم الأنفاق والجسور قد شاهدت ساعات ذروة مرورية تحدث في الفترة الصباحية من الساعة (08–10)، وتمتد في بعض الأنفاق والجسور إلى الساعة 12 ظهراً، وثالثة تشهد تكرار لساعات الذروة في الصباح والمساء.

بالرغم من أن الأنفاق والجسور تسهل وتسرع الانسياب المروري كانسياب حر بدون تقاطعات، فإنها للأسف بمنطقة الدراسة تعاني من الاختناقات بسبب توقف الجدول المروري عند الإشارات الضوئية التي تعقب كل نفق .

من ثم توصي الدراسة بإلغاء كثير من الإشارات المرورية التى تعقب كل نفق أو جسر، فضلا عن استخدام وسائل النقل العامة لتقليل عدد المركبات في الشوارع.

الكلمات الدالة: عمان، التوزيع المكاني، الجسور والأنفاق، الاختناقات المرورية، نظم المعلومات الجغرافية.

. هذا البحث تم دعمه من قبل جامعة موتة – عمادة البحث العلمي.

Spatial Distribution of Bridges and Tunnels in Amman and its Efficiency in Resolving Traffic Jams Using Remote Sensing RS and GIS

Dr. Naief Mahmoud Abdullah Alrousan

Dr. Mohammad Jamil Ahmad AL-Qaralleh

Abstract

The purpose of this research is to study the spatial distribution of bridges and tunnels and their efficiency in solving traffic problems in Amman. This research found that all intersections in Amman are randomly distributed and that causes traffic congestions during peak traffic periods especially in the morning and the evening when travel demand is high.

The manual count was the way used by the field team for this research for a period of four weeks from 8.00am to 10.00pm seven days a week. The field work included 22 tunnels with 51 directions and 11 bridges with 16 directions and 3 mixed tunnels and bridges with 4 directions.

This study depends on Jordan local standards in defining lane traffic capacity as (1500) journey for each lane. The manual count showed that traffic capacity of some bridges and tunnels was less than required during the peak hours, and that there was unstable traffic flow in five tunnels.

This study shows that most bridges and tunnels experience peak hours in the morning from 8.00 to 10.00 and that period may extend in some bridges and tunnels to 12.00 midday, while others have peak hours both in the morning and evening. In spite of the fact that tunnels and bridges facilitate and accelerate traffic as a free flow without intersections, the traffic lights in the study area which are located after each tunnel unfortunately interrupted the traffic stream and this caused congestions at traffic lights.

Thus, the study recommends removing many of the traffic lights after tunnels and bridges and encourage people to use public transportation to reduce the number of vehicles on the road.

Keywords: Amman, spatial distribution, bridges and tunnels, traffic congestion, GIS

. This research is supported by Mu'tah University- Deanship of Scientific Research

المقدِّمة:

أدَّى التطوُّر الحضاري والعمراني التي مرَّت به مدن العالم عموماً عبر السنين، ومنها الدول العربية، إلى وجود الكثير من المشاكل، ومن أهمّها مشكلة النقل الحضري المتمثلة بشكل رئيس بازدحام الشوارع والاختناقات المرورية والضوضاء والتلوث البيئي؛ وعليه، ظهرت الحاجة الملحَّة لوجود الوسائل الميسَّرة لمتطلَّبات الحياة داخل هذه المدن من الناحية الاجتماعية والاقتصادية والسياسية، ومن بينها النقل والمواصلات التي تُعدُّ من أهم الوسائل للاستقرار الحضري في كثير من مدن العالم، فعلى المستوى الاقتصادي، فالنقل الوسيلة الأساسية لربط عناصر ومناطق الإنتاج فيما بينها، لنقل السِّلع والمواد الأولية والأفراد، ومن الناحية الاجتماعية، تُعدُّ نظم النقل والمواصلات بمثابة الرابط الاجتماعي الأساس الآن فيما بين أفراد المجتمع، خاصة مع التوسُّع العمراني للمدن (حسن علي، 1994).

تعد الاختناقات المرورية (Traffic Congestion) من المشاكل الكبيرة التي تواجه كل فرد في المدينة، والأسباب الرئيسة في حدوث الاختناقات المرورية هو وجود أعداد كبيرة من المركبات، وسوء إدارة الطرق، فضلاً عن الممارسات الخاطئة من قبل مستخدمي الطرق، وعدم توفر البنية التحتية المناسبة، والتوزيع غير العادل لمكتسبات التنمية التي أدت تحسن الأوضاع الاقتصادية وتزايد أعداد السكان في المدن الرئيسة والعواصم، وعدم توزيع الخدمات بشكل جيد، ومنح تراخيص لمواقع تجارية على شوارع رئيسة دون أن توفر مواقف للمركبات.

مما لا شك فيه أن السبب الرئيس في حدوث الاختناقات المرورية هو وجود أعداد كبيرة من المركبات تفوق سعة الطرق، ويمكن أن تحدث في أي طريق، ولكن بشكل عام أكثرها شدة تكون في المناطق التجارية في فترات الذروة الصباحية، والمسائية (R. Robinson, 1984).

يعد الأردن من الدول النامية التى تعاني من تزايد سكاني بلغ (6.53 مليون) عام 2013 (دائرة الإحصاءات العامة، 2013)، وبالرغم من هذا التزايد السكاني، فأن نصيب الفرد من عدد السيارات قد ارتفع من مركبة واحدة لكل (58) شخص عام 1971 إلى مركبة واحدة لكل (5) أشخاص عام 2013، وقد بلغت الحوادث المرورية عام 2013 في محافظة العاصمة عمان 74.802 حادثاً منها 72.554 حادث صدم و1683 حادث مشاة و565 حادث تدهور أعلاها حدثت بين الساعة الثانية عشر والواحدة بعد الظهر وأعلاها في شهر آذار (دراسة تحليل الحوادث المرورية في الأردن لعام، 2013).

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحليل مشكلة الاختناقات المرورية التي تشهدها شوارع مدينة عمان من بالوقوف على الأسباب التي تؤدي إلى حدوث الاختناقات المرورية، ومعرفة دور الأنفاق والجسور في مدينة عمان في حل الاختناقات المرورية التي تشهدها المدينة، وطرح حلول عملية لمشكلة الاختناقات المرورية في ضوء تجارب سابقة.

مبررات الدراسة:

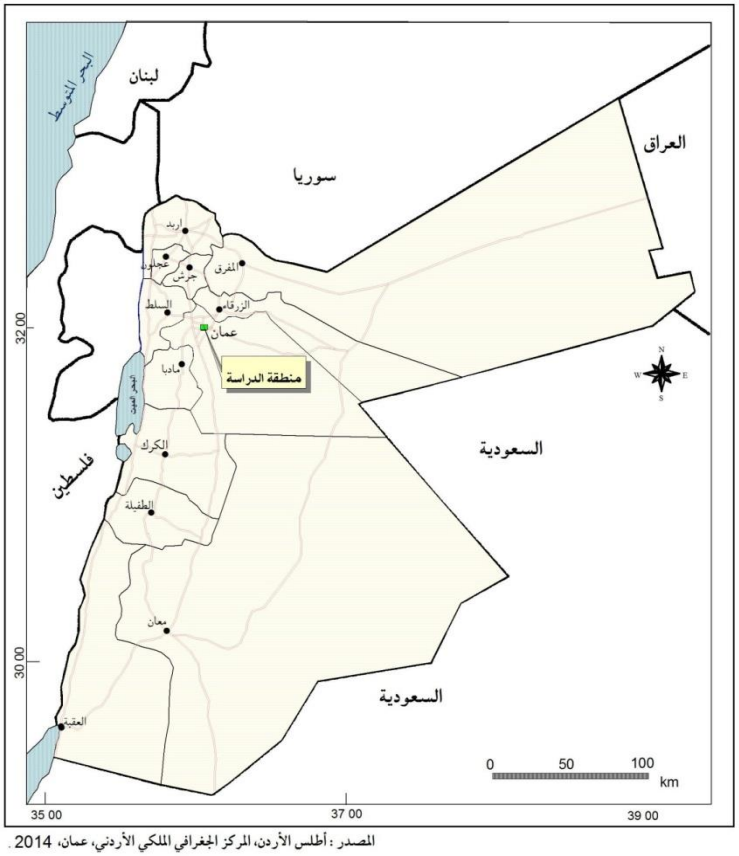
يعد الإهدار الذي تتعرض له المملكة بكافة أشكاله من إهدار في الأرواح (ضحايا حوادث الطرق)، وإهدار في المال (تكلفة علاج الضحايا)، وإهدار لأوقات كافة فئات المجتمع من أهم مبررات الدراسة الراهنة، فضلاً عن تحقيق ما تهدف إليه استراتيجية النقل بالمملكة من علاج لمشكلات المرور والحفاظ على أرواح المواطنين بتقليل الحوادث.

أهمية الدراسة:

تحاول هذه الدراسة بشكل من الأشكال أن تحافظ على المال العام فضلاً عن الأرواح، وبتفحص مشكلة الاختناقات المرورية وإيجاد حلول لها يمكن تقليل عدد الحوادث المرورية، وتقليل الفاقد في الأرواح، فضلاً عن الإنفاق على الإصابات، وأخيراً تقليل الفاقد في أوقات كل فئات المجتمع من الأطفال إلى الشباب وكبار السن، فضلاً عن تقليل حجم الأنفاق على الوقود الذي يهدر أمام إشارات المرور.

موقع منطقة الدراسة:

تشكل مدينة عمان – عاصمة المملكة – عقد النقل في الأردن، وتقع ما بين خطي طول 30 48 ْ35 و17 00 ْ36 شرقاً، وما بين دائرتي عرض 39 53 ْ31 و17 03 ْ32 شمالاً، وتبلغ مساحتها 306 كم^2 الشكل (1).



المصدر : أطلس الأردن، المركز الجغرافي الملكي الأردني، عمان، 2014.

الشكل (1) موقع منطقة الدراسة

الدراسات السابقة:

دراسةٌ (Ross Robinson, 1984) " المشاكل في البيئة الحضرية: الاختناقات المرورية وتأثيراتها ". تطرق الباحث إلى تعريف أسباب الاختناقات المرورية وأعطى أمثلة من الاختناقات المرورية في مدينة سدني الأسترالية وأوضح بالرسم البياني عدد الرحلات اليومية على جسر ميناء سيدني ضمن منطقة سدني لأيام محددة فكانت بين الساعة الثامنة والتاسعة صباحا وبين الساعة الثالثة والرابعة مساء وفي نهاية الأسبوع فإن قمة الذروة الصباحية تكون متأخرة. وقد أشار أن أسباب الاختناق المروري يعود إلى عدم كفاءة النظام الناتج عن خلط الحركة المرورية من

مختلف أحجام السيارات في سعة محددة لشوارع المدينة الداخلية بالإضافة إلى كثرة التقاطعات وعدم برمجة الإشارات المرورية بشكل جيد، وعدم تعليم مسارب الطريق، وهنالك سبب آخر من أسباب الاختناقات المرورية وهو (Pressure of demand) عندما يكون النظام أو جزء منه فعال بشكل جيد فإن الحاجة للسير عليه تكون كبيرة.

في تقرير ساكترا للهيئة الحكومية البريطانية لعام 1994 قد أعطت دليلاً عن أثر بناء طرق جديدة في المنطقة قيد الدراسة، وعندما يتطلب الأمر إنشاء طرق جديدة أو بمعنى آخر سعة إضافية، فإن جميع مستويات الحركة المرورية في الجوار في المنطقة تزداد فعلياً.

وتشير الدراسة إلى أن أخذ سعة من الطريق المستخدم من قبل سالكي الطرق قرار جرئ من قبل السلطات، ولكن المنطق يقول: إذا كانت الطرق تعاني من اختناق مروري، فإن إزالة جزء من سعة الطريق سيفاقم الأزمة، وبالتالي سوف يتركز اهتمام الناس على التنبؤ بالفوضى المرورية والآثار الاقتصادية السلبية، ومن ثم في مثل هذه الظروف قد يتوالد مفهوم تبخر الحركة المرورية (Traffic evaporation) والذي يتحدى الافتراض بأن الاختناقات المرورية ستزداد سوءاً إذا أزيل من سعة الطريق.

وفي دراسة للهيئة الأوروبية – المديرية العامة للبيئة (Reclaiming City Streets for People Chaos or Quality of Life?) حول القضايا المتعلقة بالاختناقات المرورية في المدن الأوروبية، أشارت بأن هنالك عدة تقنيات لإدارة الاختناقات المرورية وأشارت إلى عدة حالات من مدن أوروبية، يمكن اتباع هذه المنهجية كجزء من الحل للاختناقات المرورية المتنامية.

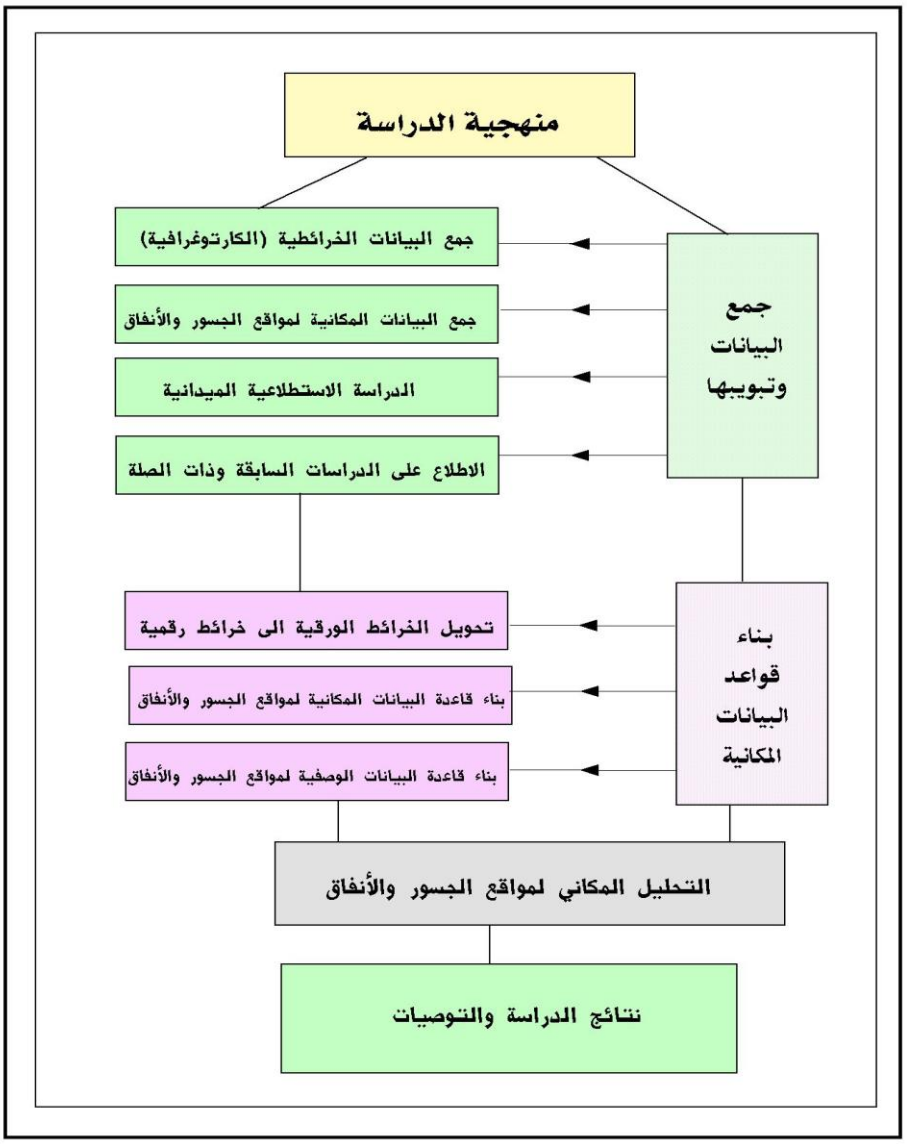
قد أشار (Jon Inge Lian, 2005) في دراسته " أثر الاستثمارات في الطرق الرئيسة في كل من بيرجن وأوسلو " بأنه عندما أنشئت حلقات التحصيل (toll rings) حول بيرجن وأوسلو في عام 1986 وعام 1990 فقد كانت جزءاً من مخطط كبير للإسراع في مشاريع الاستثمار في الطرق. ففي أوسلو تم تخصيص 20% من العائدات للاستثمارات في النقل العام وقد كان الهدف الرئيس هو تقليل الاختناقات المرورية.

دراسة (Delcan and Lura.2013) "خطة إدارة الاختناقات المرورية لمدينة تورنتو في كندا (2018–2024)"، فقد أشار الباحثان إلى مجمل النشاطات التي قامت بها مدينة تورنتو لإدارة الأزمات المرورية لصالح المسافرين ورجال الأعمال ولصالح البيئة. لقد تمَّ تطوير خطة إدارة الاختناقات المرورية لمدينة ترنتو خلال ستة أشهر في عام 2013 متضمنة 8 خطوات تتضمن كل خطوة مجموعة من الأهداف، ومن هذه الخطوات، أنظمة نقل ذكية ومتقدمة لمراقبة وإدارة شبكات النقل، الاختناق المروري والدراسات الهندسية المتعلقة بالمحافظة على خطط توقيت الإشارات الضوئية للمدينة محدثة باستمرار، الحوادث والاستجابة لتلك الحوادث، التنسيق في ما يتعلق بالإنشاءات، وإدارة الأرصفة، ودعم جميع وسائط النقل وتشجيع الناس لاستخدام وسائط النقل العامة، تزويد المسافرين على الطرق بالمعلومات عن الطرق لاتخاذ القرار المناسب من حيث الوقت والطريق، ومركز عمليات السير.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في تحليل ووصف البيانات المكانية والوصفية المتوفرة عن مواقع الجسور والأنفاق التي شملتها الدراسة في مدينة عمان كما يتضح بالشكل (2)، واستخدمت الدراسة عدد من الاختبارات الإحصائية الكارتوغرافية Geostatistical لتحليل نمط توزيعها وتركزها ومدى تطابق مواقعها مع المعايير

المتبعة في التخطيط المكاني لمواقع الجسور والأنفاق في مدينة عمان. وعلى وجه التحديد تحليل صلة الجوار والمركز المتوسط والمسافة المعيارية والنطاقات المساحية Buffer Zone.



الشكل (2) مخطط لإجراءات منهجية الدراسة

المصدر: عمل الباحثان

مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على البيانات الآتية:

أولاً: البيانات المكانية: التي تم الحصول عليها من:

الخرائط: استخدمت الدراسة الخرائط الطبوغرافية لمنطقة عمان مقياس 1:50000 حيث يغطي مدينة عمان 4 خرائط، بينما يغطيها نحو 16 خريطة بمقياس رسم 1:25000، لذلك تم الاعتماد على خرائط 1:50000. كما تم الاستعانة بخرائط 1:100.000 للتقسيمات الإدارية بالمدينة.

المرئيات الفضائية: استخدمت المرئيات الفضائية لمواقع الجسور الأنفاق من برنامج Google Earth Pro لعام 2016، كما تم الاستعانة ببرنامج Global Mapper لمعالجة الصور.

العمل الميداني: شكل العمل الميداني النسبة الأكبر من البيانات المكانية المستخدمة في الدراسة، حيث تم استخدام أجهزة التوقيع المكاني GPS، وذلك لتحديد إحداثيات أماكن الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة. وتم أيضاً إجراء عملية العد للمركبات الداخلة والخارجة للأنفاق والجسور، حيث تم تشكيل فريق عمل من مساعدي البحث للقيام بإجراء عمليات العد اليدوي للمركبات العابرة، حيث تم رصد المركبات العابرة للجسور والأنفاق وعددها 27 جسر ونفق ومن جميع المسارب خلال أيام الأسبوع وفي فترات مختلفة من اليوم.

ثانياً: البيانات الوصفية:

تتمثل في الإحصاءات الرسمية الصادرة عن المؤسسات الحكومية ذات العلاقة، وبيانات إحصائية صادرة عن إدارات الأمن العام، وأيضا بيانات خاصة تتعلق بخصائص الأنفاق والجسور من أمانة عمان.

ثالثاً: إجراءات الدراسة

لقد تم تهيئة البيانات مع بيئة برامج نظم المعلومات الجغرافية مثل برنامج ARC-GIS10 في صورة طبقات Layers لغايات الدراسة والتحليل. ومن ثم استخدمت برمجيات نظم المعلومات الجغرافية في عمل التحليل المكاني والكمي، وإظهار النتائج بالجداول والرسوم البيانية والخرائط الموضوعية.

يعد صلة الجوار Nearest neighbor analysis من التحليلات المكانية التى استخدمتها الدراسة بهدف الوصول إلى دليل يحدد نمط توزيع الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة. كما تم الاستعانة بالمسافة المعيارية Standard Distance للكشف عن أماكن تركز الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة.

استخدم أيضا الاتجاه التوزيعي العام Directional Distribution لمعرفة شكل الاتجاه العام لتوزيع مواقع لتحديد إحداثيات أماكن الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة. ويعبر الاتجاه التوزيعي عما إذا كان للتوزيع المكاني للظاهرة اتجاه محدد، لذلك من الممكن الحصول على شكل بيضاوي يعبر عن خصائص التوزيع الاتجاهي، وتحدد هذه التقنية اتجاه انتشار الظاهرة الجغرافية من خلال حساب الانحراف المعياري لإحداثيات (X) والانحراف المعياري لإحداثيات (Y) من المركز المتوسط Mean Center للتوزيع.

المناقشة والنتائج والتوصيات:

- **صلة الجوار:**

تعد دراسة أنماط التوزيع الجغرافي لأي ظاهرة من الظواهر إحدى الوسائل الأساسية التي يتم الحكم بموجبها على مدى التوازن في توزيع تلك الظاهرة على الحيز المكاني، كما أن تقدير إنشاء مثل تلك الظواهر يعتمد على معايير أساسية من أهمها المساحة، وعدد السكان. يهتم الجغرافي عند دراسة الظواهر بالكشف عن نمط توزيعها الجغرافي، للتعرف على المتغيرات المؤثرة في تشكيل ذلك النمط. ومن خلال تطبيق تحليل صلة الجوار Nearest neighbor analysis على مواقع تقاطعات الطرق موضوع الدراسة أمكن التعرف على النمط العام لتوزيعها، حيث يتم في البداية حساب متوسط المسافة بين كل موقع من مواقع تقاطعات الطرق وجارها الأقرب، ثم يتم حساب المتوسط العام لهذه المسافاتAverage Nearest Neighbor Distance، فإذا كان المتوسط العام المحسوب أقل من المتوسط المتوقع لمثل هذا العدد من المواقع على نفس المساحة الجغرافية، فإن نمط توزيع الظاهرة يكون متجمعا أو متكتلا Clustered. أما إذا كانت المسافة المحسوبة أكبر من المسافة المتوقعة لتوزيع عشوائي محتمل، فإن التوزيع الجغرافي لأماكن توزيع الخدمات يكون مشتتاً Dispersed. والقاعدة الخاصة بمعامل صلة الجوار تدل على أنه كلما اقتربت قيمة صلة الجوار إلى 2.15 كان ذلك دليلاً على التوازن أو العدالة في التوزيع، وعلى العكس من ذلك عندما تكون قيمة صلة الجوار تساوي صفر دل ذلك على التركيز الشديد في التوزيع، فإذا كانت النتيجة أقل من 1 صحيح فإن ذلك يشير إلى توزيع متجمع للظاهرة Clustered. أما إذا كانت النسبة أكثر من 1 صحيح فإن التوزيع يكون أقرب إلى التوزيع المتباعد Dispersed. والذي يحدَّد فيما إذا كان التوزيع متجمعاً أو مشتتاً، هو مستوى الثقة لقيمة Z. فإذا كانت قيمة Z دون مستوى الثقة التي هي في عموم الدراسات الاجتماعية لا تقل عن 0.95، سلباً أم إيجاباً (على طرفي التوزيع الطبيعي)، فإن توزيع الظاهرة يتخذ نمطا غير عشوائي.

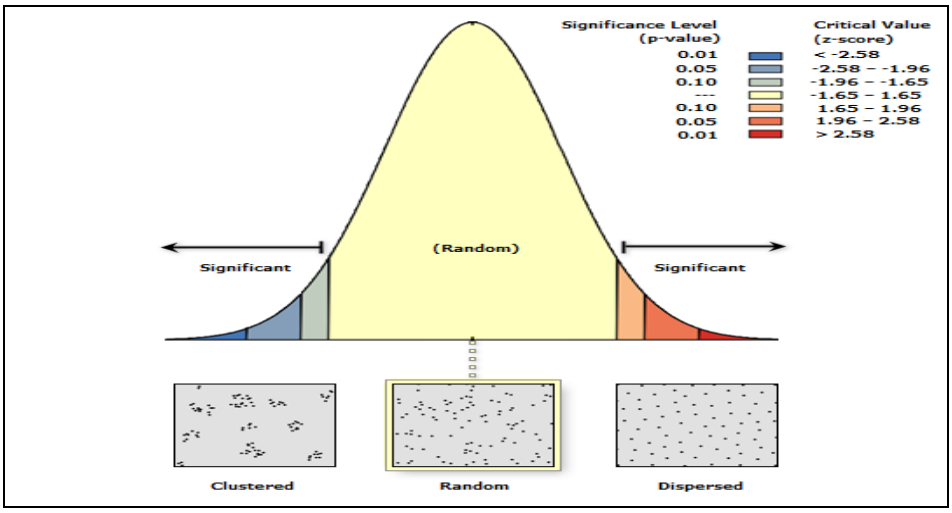
إذا أثبت التحليل أن نمط توزيع تقاطعات الطرق متكتلاً أو متجمعاً بمستوى دلالة 0.05، فإن احتمال أن يكون هذا التجمع عشوائياً هو 5% فقط. (يقع نطاق التوزيع العشوائي بين التوزيعين المتجمع والمشتت). وترتبط قيمة Z بمقدار الانحراف المعياري عن المتوسط. فالانحراف الكبير عن المتوسط سلبا أو إيجاباً يدل على توزيع عشوائي للخدمات.

ولا بدَّ من التأكيد على أن النتيجة النهائية لحساب نمط توزيع تقاطعات الطرق يعتمد بصورة رئيسة على مجموعة من المتغيرات هي: متوسط بعد أماكن تقاطعات الطرق عن بعضها البعض؛ العدد الإجمالي لها؛ مساحة منطقة الدراسة (وهي من أهم العوامل المؤثرة في تحديد نمط التوزيع).

ولإيجاد نمط التوزيع الجغرافي لتقاطعات الطرق، تم استخدام الملحق Spatial Analyst في برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGISV.10، حيث تم تحديد المواقع الجغرافية وإحداثيات جميع تقاطعات الطرق كنقاط بالاعتماد على الخرائط الرقمية والورقية لمنطقة الدراسة. ثم تم حساب المسافة الأفقية (الجوية) بالمتر بين جميع تقاطعات الطرق، باستخدام ملحق Spatial Analyst. بعد ذلك تم حساب مساحة منطقة الدراسة باستخدام Spatial Analyst.، أخيرا تم إجراء تحليل صلة الجوار باستخدام الملحق نفسه.

بلغ عدد تقاطعات الطرق التي تكَّون منها مجتمع الدراسة من 168 تقاطعا، موزعة على منطقة الدراسة. وأظهرت نتائج التحليل أن نمط التوزيع المكاني لمواقع تقاطعات الطرق هو نمط عشوائي (Random) عند مستوى دلالة

($\alpha \leq 0.05$) حيث بلغت قيمة Z المحسوبة ($Z = 3.02$) وهي قيمة أكبر من قيمة Z الحرجة (Critical Values) ، وبلغت قيمة معامل صلة الجوار (1.02) الذي أجراه البرنامج بقسمة متوسط المسافة المحسوبة (Observed) بين مواقع تقاطعات الطرق على متوسط المسافة المتوقعة لها (Expected)، الشكل (3).



الشكل (3) درجة تركز مواقع تقاطعات الطرق في منطقة الدراسة، (المسافة المعيارية)

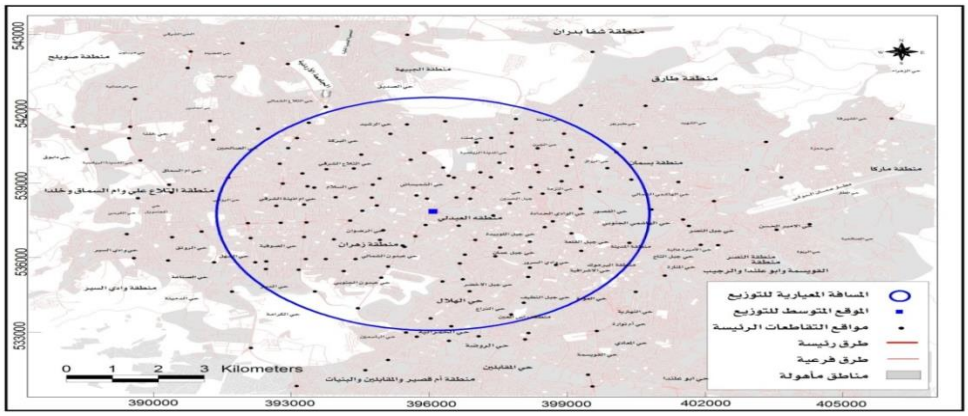
المصدر:

عمل الباحثان

- **المسافة المعيارية:**

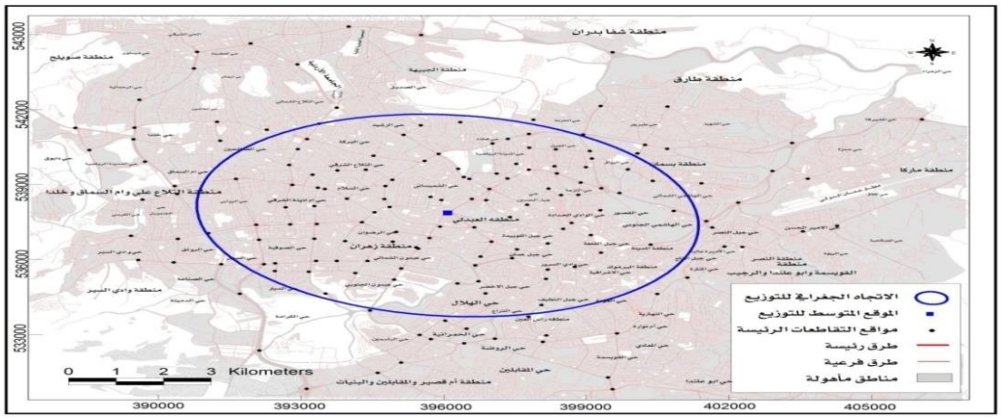
تحسب المسافة المعيارية Standard Distance مدى تركز مواقع الظواهر الجغرافية حول مركزها المتوسط Mean Center على المساحة الجغرافية التي تشكل منطقة الدراسة. والمسافة المعيارية هي قيمة مطلقة تمثل مسافة، لذا يمكن قياس مدى تركز الظواهر الجغرافية برسم دائرة نصف قطرها يساوي المسافة المعيارية مركزها المركز المتوسط لموقع الظاهرة الجغرافية موضوع الدراسة. واستنادا لذلك فإنه يمكن القول أن المسافة المعيارية هي أداة لقياس تركز الظاهرة حول المركز المتوسط لتلك الظاهرة، وكلما كان نصف قطر الدائرة أكبر دل ذلك على تشتت أكبر للظاهرة، وبعبارة أخرى، فإن مساحة الدائرة تتناسب طردياً مع درجة التوزيع المكاني للظاهرة، ويعد المركز المتوسط Mean Center من أدوات التحليل الكارتوغرافي في ملحق التحليل المكاني لبرنامج نظم المعلومات (Spatial Statistical Tool)، وهو النقطة التي يتحقق فيها التوازن بين توزيع النقاط (المراكز) في منطقة الدراسة ويتم حساب موقعها بحساب متوسط كل إحداثيات (x,y) مواقع تقاطعات الطرق الداخلة في التحليل، ومن ثم يتم توقيع نقطة جديدة تمثل الموقع المركزي للتوزيع Mean Center للظاهرة الجغرافية.

يظهر في الشكل (4) الموقع المركزي – المتوسط – لأماكن تقاطعات الطرق في منطقة الدراسة، والدائرة التي تمثل المسافة المعيارية للتوزيع، وقد بلغ طول نصف قطر الدائرة التي تمثل المسافة المعيارية لمواقع تقاطعات الطرق 4708.6م، احتوت هذه الدائرة على 108 تقاطع، وبنسبة 64.4%، وبلغت مساحة الدائرة Standard Distance 69.65 كم^2، تشكل ما نسبته 22.18% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، ويظهر من الشكل (5) صغر دائرة المسافة المعيارية، مما يشير إلى تركز مواقع تقاطعات الطرق حول الموقع المركزي – المتوسط– للتوزيع.



الشكل (4) الموقع المركزي – المتوسط – والمسافة المعيارية لتوزيع مواقع التقاطعات الرئيسة في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على برنامجي ARC-GIS10 و Google Earth Pro.، 2014.



الشكل (5) الموقع المركزي – المتوسط – والاتجاه العام لتوزيع مواقع التقاطعات الرئيسة في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على برنامجي ARC-GIS10 و Google Earth Pro.، 2014.

- **حركة المرور بالجسور والأنفاق.**

إن الانسياب المروري (traffic flow stream) في الهندسة المدنية هو عبارة عن التفاعل بين المركبات والسائقين والبنية التحتية بما فيها الإشارات الضوئية وأدوات السيطرة على السير. وفي شبكات الطرق المفتوحة فإن نظرية الانسياب المروري تشير إلى متغيرات السرعة (speed) والانسياب (flow) والتركيز (concentration)، هذه العلاقات متعلقة بشكل أساسي بانسياب مروري بدون تقاطعات أي بمعني (uninterrupted flow) بلا إشارات ضوئية ولا توجد عوامل خارجية تخفف من سرعة المركبات، وقد توجد عوامل داخلية والتي تقلل من سرعة المركبات وهي التفاعل بين المركبات نفسها أو إذا كانت السرعة محددة أو تعتمد على كثافة المرور أو إذا كانت الطريق تحت الصيانة. وتعتبر حركة الانسياب المروري حرة عندما يقل عدد المركبات عن 12 مركبة/ميل على الطريق، وتعتبر حركة المرور هادئة إذا كانت عدد المركبات يتراوح بين - - (12–30) مركبة/ميل في المسرب الواحد أي ما يعادل (8-19)مركبة/ كم، وكلما زادت الكثافة المرورية لتصل أقصى معدل الانسياب وتزيد عن 30 مركبة/ ميل فإن الانسياب المروري يعتبر unstable، ويمكن حدوث حوادث سير بسيطة نتيجة للتوقف والسير. وحالة الإرباك (Breakdown) تحدث عندما تصبح الحركة المرورية غير ثابتة (unstable) ويزيد عدد المركبات عن 67 مركبة/ميل أي ما يعادل 42 مركبة/كم، وتحدث الأزمة المرورية (traffic jam) عندما تزداد الكثافة المرورية والمرتبطة بالتوقف إذا كان عدد المركبات يتراوح بين 250–185 مركبة/ميل (Wikipedia, the free encyclopedia) أي ما يعادل 115 مركبة/كم.

أما من حيث إذا واجهت حركة السير تقاطعات (interrupted flow) من إشارات ضوئية أو أعمال صيانة وتتصف حركة المرور بالتوقف والمسير، فإن الوقت عامل مهم في هذا النوع، وفي هذه الحالة، فإن المركبات تسير على شكل مجموعات مع وجود فجوة بين المجموعات المتتالية بعد العبور، وبعد العبور بفترة تتفرق المركبات والمسافة بين المركبة الأولى والأخيرة تسمى ظاهرة (platoon dispersion).

أما فيما يتعلق بمعدل التشبع في الانسياب المروري (Saturation Flow Rate)، فهو عدد المركبات التي تستطيع عبور التقاطع خلال ساعة، وبالطبع فإن هنالك جوانب أخرى تؤثر في معدل تشبع الانسياب المروري وهي طبيعة السير والطريق، فإذا كانت المسارب ضيقة فانه من الطبيعي أن يميل السير إلى ترك فراغات بين المركبات والذي يقلل من معدل تشبع الانسياب المروري، وإذا كان هنالك حركات التفاف وأعداد كبيرة من الشاحنات أو الباصات فإن معدل تشبع الانسياب يقل أيضاً. ويمكن صياغة ما سبق بطريقة أخرى إذا معدل تشبع الانسياب لكل مسرب هو أكبر عدد من المركبات من ذلك المسرب، يمكن لها الانسياب عبر التقاطع في ساعة إذا كانت الإشارة خضراء طيلة هذه الفترة تحت ظروف السير السائدة وحالة الطريق. ومعدل تشبع الانسياب المروري لكل 1900 مركبة على سبيل المثال تطابق استمرارية التشبع لكل 1.9 ثانية؛ أي ما يعادل 32 مركبة في الدقيقة، وذلك بقسمة عدد الثواني في الساعة على عدد المركبات.

أما من حيث السعة (Capacity)، فيمكن القول بأنها تعديل لمعدل تشبع الانسياب المروري والتي تأخذ وقت الإشارة المرورية بالحسبان، وحيث إن الإشارة المرورية لا تسمح باستمرارية الانسياب المروري على مدى ساعة كاملة، فإذا كانت الإشارة خضراء لمدة نصف ساعة فإنه يمكن تنقيص السعة الفعلية إلى نصف معدل تشبع الانسياب

المروري، فيمكن حسابها على مستويات متعددة بالاعتماد على المعلومات التي يمكنك الحصول عليها، ويمكن حساب سعة الطريق لكل مسرب على حدة أو حساب المسارب مجتمعة وعلى النحو الآتي:

$$c = (g/C) * s$$

- حيث إن: c: السعة للطريق في كل ساعة للمسرب الواحد أو للمسارب مجتمعة.
- g: وقت الإشارة الخضراء الفعلي بالثواني.
- C: طول الدورة بالثواني للإشارة.
- s: معدل تشبع الانسياب لكل ساعة (Saturation Flow Rate and Capacity, Timing Design).

ولنفترض أن سعة المسرب الواحد 1800 مركبة والإشارة الضوئية تفتح خضراء 30 ثانية في الدقيقة وطول الدورة 60 ثانية، فإن السعة الفعلية للمسرب هو 900 مركبة بالساعة فقط.

أما من حيث (traffic stream parameters) فهي تشتمل على السرعة (speed)، وعدد المركبات عالي أو منخفض (Traffic volume H–low)، والكثافة المرورية (Density)، فالسرعة هي المسافة المقطوع في وحدة من الزمن وتعتمد على متغيرات متعددة مثل الظواهر الهندسية، حالة السير، الوقت والمكان، البيئة والسائق. و spot) (speed) time mean speed هي معدل السرعة على نقطة في موقع لفترة من الزمن، أما space mean speed) فهي معدل سرعة المركبات على طريق محددة في أي وقت، وبطبيعة الحال فإن space mean speed≤time mean speed. أما مصطلح (journey speed) أي سرعة الرحلة فهو السرعة الفعالة للمركبة بين نقطتين بما فيه التأخير على الطريق، وتساوي (Bhargab, Maitra) :

Journey speed= Length/total journey time

أما مصطلح Running speed =

Running speed = length/running time = length / journey time – delay

أما كثافة المرور (density) فهي عدد المركبات التي تحتل طول طريق في لحظة معينة لكل كيلومتر، ومن الصعب حسابها مباشرة، ويمكن حسابها من السرعة والعدد =

$$K = Q / V$$

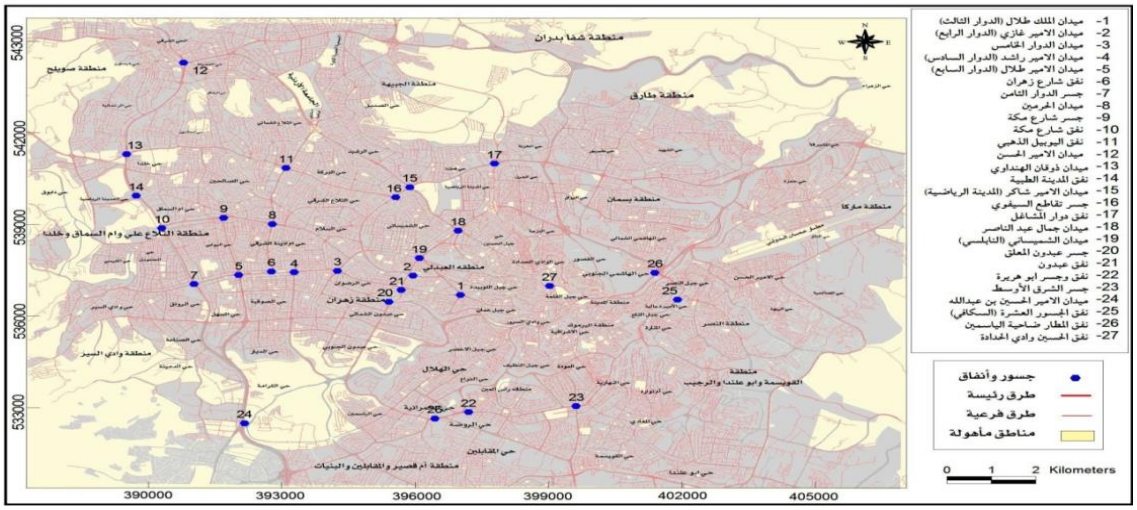
- حيث إن K = الكثافة، و Q = السرعة و V = العدد

والكثافة العالية تحدث عندما تكون المركبات واقفة تماماً (jam) أي أزمة مرورية وفي هذه الحالة فان traffic volume يساوي صفر.

وعندما يكون عدد المركبات يزيد عن السعة فان النتيجة هو اختناق مروري والاختناق المروري يحدث عندما يزيد الطلب على السفر عن سعة الطرق (Rosen bloom, 1978).

أما قياس التأخير (Delay measure)، فيعرف بأنه الوقت الإضافي الذي يواجه مستخدم الطريق بالمقارنة بالسفر عن طريق انسياب مروري حر free flow travel أو وقت الرحلة المقبول.

لقد تناولت هذه الدراسة 22 نفقاً تشكل 51 اتجاها مختلفا و11 جسراً و16 اتجاها لها و3 جسور وأنفاق مختلطة و4 اتجاهات لها. ولقد توصلت الدراسة في تقييمها للتقاطعات بأن توزيع الأنفاق والجسور مكانيا كان توزيعاً عشوائياً، وأخذ التوزيع الشكل البيضاوي أي أن اتجاه التوزيع يميل باتجاه الغرب، الشكل(6).



الشكل (6) التوزيع المكاني لمواقع الجسور والأنفاق في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على برنامجي ARC-GIS10 و Google Earth Pro.، 2014م.

وحسب متطلبات كثرة الطلب على الطريق مما تطلب زيادة في السعة (capacity) مما أدى إلى إنشاء مزيدا من الأنفاق والجسور، فالحياة في مدينة عمان تأثرت بشكل سلبي بزيادة نسبة الاختناقات المرورية بشكل كبير على غالبية الطرقات، وأن هنالك شعور على مختلف المستويات بأن الوضع أصبح غير مقبول. وعادة ما تكون الاستجابة التقليدية لحل مشكلة الاختناقات المرورية هو زيادة سعة الطرق أو إنشاء طرق جديدة لاستيعاب المركبات، وأن هنالك مطالبات من قبل المسؤولين بزيادة عدد الأنفاق والجسور، وهذا أول ما يتبادر إلى ذهن المسؤول كأسهل الحلول، وليس الحل دائما بزيادة سعة الطريق أو إنشاء جسور وأنفاق نظرا للكلفة الاقتصادية أو تعذر القيام بذلك نظرا لطبيعة المنطقة، وفي بعض الدول الأوروبية كانت أحد الحلول هي تضييق سعة الطريق أو ما يسمى نظرية تبخر الاختناقات المرورية (traffic evaporation) كمفهوم تم تجربتها كمبدأ وقد أثبتت فعاليتها في الطرق التي تعاني من اختناقات مرورية مما يؤدي إلى هجر هذه الطرق والبحث عن طرق أخرى وتغيير في عادات وسلوك الأفراد في إعادة برمجة رحلاتهم.

وأن من أهم الحلول هو تخصيص مسرب للنقل العام المنظم والسريع والتي يمكنها تغطية كافة أرجاء المدينة، سواء كان للحافلات أو للقطارات الخفيفة بحيث لا ينتظر الراكب أكثر من خمسة دقائق في محطات الانتظار.

لقد أظهرت الدراسة بأن الأنفاق والجسور ساهمت بشكل كبير في حل المشكلة المرورية كون طبيعة الحركة عليها حركة حرة بدون تقاطعات مما يعني تدفق مروري بدون تقاطعات، ونتيجة للتعدادات التي أجريت عليها بينت الدراسة

بأن بعضها أصبح الطلب عليها يفوق العرض أي بمعنى أن أعداد الرحلات (volume) أصبح أكثر من سعة النفق أو الجسر وأغلبها في ساعات الذروة الصباحية وبعضها ساعات الذروة المسائية، بحيث أصبحت عليها الحركة المرورية غير ثابتة (unstable) ومعرض التدفق المروري عليها للحوادث المرورية. وقد تبين من الدراسة بأن أكثر الأنفاق والجسور والتي تعاني من اختناق مروري والتدفق المروري عليها أكثر من سعتها وهي:

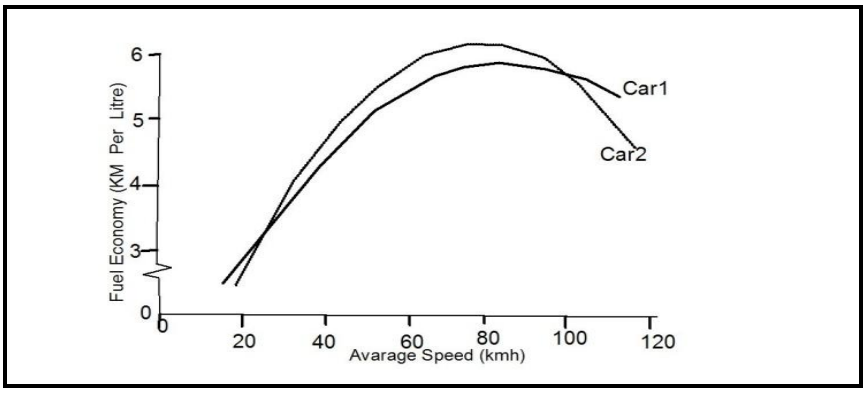
1. نفق الدوار الثالث: باتجاهاته الأربعة، باتجاه الدوار الرابع، باتجاه الدوار الثاني، باتجاه الشميساني، باتجاه عبدون ووسط البلد.
2. نفق الدوار الرابع: باتجاه الدوار الخامس، الدوار الثالث، عبدون.
3. نفق الدوار الخامس: اتجاه شارع محمد علي جناح، وشارع الكندي باتجاه الشميساني.
4. نفق الدوار السادس: اتجاه الدوار السابع، اتجاه أم أذنية.
5. نفق الدوار السابع: اتجاه السادس، اتجاه الثامن، اتجاه شارع عبدالله غوشة أم السماق.
6. جسر الدوار الثامن: اتجاه طريق المطار، اتجاه المدينة الطبية.
7. جسر المدينة الرياضية: باتجاه دوار الداخلية.
8. جسر الأمير شاكر – المدينة الرياضية: باتجاه الجامعة الأردنية.
9. نفق الأمير شاكر – المدينة الرياضية: اتجاه طبربور، اتجاه الرابية وشارع وصفي التل.
10. جسر ميدان عبد الناصر – الداخلية: اتجاه جبل الحسين.
11. نفق ميدان عبد الناصر – الداخلية: باتجاه الدوار الرابع، باتجاه شارع الاستقلال.
12. نفق دوار الحرمين: باتجاه دوار الشعب – المدينة الطبية، باتجاه اليوبيل الذهبي– الواحة – الجامعة الأردنية.
13. نفق اليوبيل الذهبي – الواحة: باتجاه الرابية– شارع وصفي التل.

كما سبق ذكره بأن الانسياب المروري عبر الأنفاق والجسور حر بدون معوقات، مما يعني انسياب مروري سلس حسب السرعة المقررة، ولكن تواجه هذه الحركة بنهاية النفق أو الجسر أو على مسافة قريبة منه تقاطع مع إشارات ضوئية مما يقلل من معدل التشبع المروري (saturation flow rate) خلال ساعة من الزمن والتي تعتمد على كم من الوقت تكون فيه الإشارة خضراء خلال الساعة مما يقلل من السعة المرورية للطريق إلى النصف، وهذا مما يؤدي إلى اختناقات مرورية (traffic congestion) نتيجة لتجمع أعداد كبيرة من المركبات التي تنتظر دورها في عبور التقاطع المحكوم بالإشارة الضوئية مما يؤدي إلى تأخير في الوصول إلى المنطقة المطلوبة.

يرى الباحثان بأن المشكلة ليست بالنفق أو الجسر لأن الجسر والنفق تسهل من عملية الانسياب المروري بدون عوائق ولو استبدلت الإشارات الضوئية على التقاطعات بأنفاق وجسور لسهلت من عملية الانسياب المروري وهذا يترتب عليه تكاليف مالية كبيرة، ولكن المشكلة تكمن بالكم الهائل من الرحلات اليومية على الشوارع أغلبها أكثر من السعة. وطبيعة الحركة على الأنفاق والجسور تتأثر بطبيعة الحال على الطريق نفسها والمسافة بين المسارب، فبالطريق الضيقة فأن المركبات تميل إلى ترك فراغات بين المركبات مما يقلل من معدل الانسياب المروري، ولكن

المشكلة تكمن وقد تم ملاحظتها جليا بأنه قبل دخول الجسر أو النفق فالمسارب غير مخططة فالغريب عن المنطقة والذي لا يعرف الشوارع بشكل جيد يتفاجئ بوجود نفق أمامه لا يعرف أين يقوده مما يضطره إلى تغير مساره مشكلاً اختناق مروري وفوضى مروره وأحياناً إلى توقف تام للمركبات والسبب يعود إلى عدم وجود إشارات مسبقة تشير إلى وجود نفق، بالإضافة إلى الحركات البهلوانية لسيارات الأجرة ودخولها بين السيارات دون التزامها بالحركة حسب حركة السير.

أما المشكلة الثانية والتي تسبب في إبطاء التدفقات المرورية السلسة عبر الأنفاق والجسور والتي تؤدي أحيانا إلى توقف تام وذلك بأن مخارج الأنفاق والجسور يغذى أيضا من شوارع رئيسة أو من شوارع أخرى مما يؤدي إلى حدوث إرباك مروري مع وجود مركبات على جانب الطريق أمام المحلات تجارية والتي تلعب بدورها خلق اختناق مروري يؤدي إلى التوقف التام نظرا لحركات الاصطفاف والخروج مما يؤثر في معدل الانسياب المروري وتكون نتيجته التأخير في الوصول واستهلاك وقود أكثر، الشكل (7).



الشكل (7) أثر توقف المركبات في حدوث الازدحام المروري

المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على الدراسة الميدانية.

ولإجراء مقارنة لتطور أعداد الرحلات التي قامت به أمانة عمان الكبرى في 201312/2 على نفق المشاغل ليوم الأحد، والاثنين باتجاه المدينة الرياضية، وأعداد الرحلات التي قام بها الباحثان على هذا النفق وبنفس الاتجاه وليومي الأحد، والاثنين2013/12/1، و2015/5/31 موضحة في الجدولين (75، و76). ومن تحليل الجدولين نجد أن نسبة الزيادة في عدد الرحلات ليوم الأحد زادت بنسبة 15.47% عما كانت علية في عام 2013، أما يوم الاثنين فكانت نسبة الزيادة عن عام 2013 ما نسبته 7.72% ولإيجاد معدل الزيادة في هاذين اليومين نجد بأنها قد وصلت إلى حوالي 12%.

الجدول (3) الأحد، 1/12/2013, 31/5/2015

الوقت/الجهة	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	المجموع
أمانة عمان	2068	2684	2428	2475	2328	2462	2317	2325	2411	2217	1954	1617	1493	28779
الباحثان	3507	3634	3361	2943	2627	2425	2176	2347	2662	2505	2299	1112	1633	33231
الفرق														4452

المصدر: عمل الباحثان

الجدول (4) الاثنين، 1/6/2015 ,2/12/2013

الوقت/الجهة	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	المجموع
أمانة عمان	2693	2316	2552	2352	2303	2112	2424	2370	2378	2260	1975	1660	1560	28955
الباحثان	3491	3430	3369	2398	1874	2477	2741	2290	2351	2254	1228	2001	1291	31189
الفرق														2234

المصدر: عمل الباحثان

وفيما يلي نستعرض ساعات الذروة لكل نفق وجسر لجميع الأيام وفي الاتجاهات المختلفة:

لقد تم الأخذ في الاعتبار بأن جميع الأنفاق والجسور تتكون من مسربين ذات سعة مرورية 1500 رحلة لكل مسرب باستثناء نفق المشاغل ونفق ذوقان الهنداوي المكون كل منها من ثلاثة مسارب.

1. **نفق الدوار الثالث:**

أ. باتجاه الدوار الرابع

النفق في جميع أيام الأسبوع عدد الرحلات المنسابة عبر النفق في ساعات الذروة أكثر من السعة باستثناء يوم الجمعة وبكثافة مرورية تتراوح ما بين (28–33) مركبة في الكيلومتر وكانت ساعات الذروة في جميع أيام الأسبوع منحصرة ما بين الساعة (08–11). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable).

ب. باتجاه الدوار الثاني

جميع أيام الأسبوع عدد الرحلات في ساعات الذروة أكثر من السعة باستثناء يوم الأربعاء والجمعة وتركزت ساعات لذروة ما بين الساعة (08–10). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة.

ج. باتجاه الشميساني والداخلية

جميع الرحلات التي عبرت النفق في ساعات الذروة في جميع الأيام باستثناء يوم الجمعة كانت أكثر من سعة النفق، تركز معظم ساعات الذروة ما بين الساعة (08–10). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة.

د. باتجاه عبدون ووسط البلد

جميع الأيام كانت أكثر من السعة في ساعات الذروة باستثناء أيام الأربعاء والجمعة والسبت، وتركزت ساعات الذروة ما بين الساعة (08–10). وبكثافة مرورية تراوحت ما بين (26–31) ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة.

2. **نفق الدوار الرابع**

أ. باتجاه الدوار الخامس

كانت جميع الأيام في ساعات الذروة أكثر من السعة للنفق ماعدا يومي الجمعة والسبت، وتركزت جميع ساعات الذروة ما بين (08–09). وبكثافة مرورية تتراوح بين (29–30) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة.

ب. باتجاه الدوار الثالث

كانت جميع الأيام في ساعات الذروة للرحلات العابرة للنفق أكثر من السعة باستثناء أيام الثلاثاء والأربعاء والجمعة وجميعها كانت ما بين الساعة (08–09)، وبكثافة مرورية تراوحت ما بين 29–25 مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة.

ج. باتجاه العبدلي والداخلية

كانت جميع لأيام في ساعات الذروة ما بين الساعة (08–10)أعلى من السعة ما عدا يوم الجمعة وبمعدل كثافة مرورية من (27–29) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

د. باتجاه عبدون

وبالنظر إلى التعدادات الخاصة بهذا النفق نجد بان ساعات الذروة كانت ما بين الساعة (09-12)(لجميع الأيام وأعلى من السعة باستثناء يوم الجمعة. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

3. **نفق الدوار الخامس**

أ. باتجاه الدوار السادس

الحركة على هذا النفق أعلى من السعة في ساعات الذروة ليومي الأحد والسبت ما بين الساعة 12-13، أما بقية الأيام فهي أقل من السعة.

ب. باتجاه الدوار الرابع

بهذا الاتجاه فان جميع الرحلات وفي جميع الأيام عبر هذا النفق أقل من السعة.

ج. باتجاه شارع الكندي والشميساني

جميع الرحلات عبر هذا النفق وفي جميع الأيام في ساعات الذروة باستثناء يومي الجمعة والسبت أعلى من السعة ما بين الساعة (08-10)وبمعدل كثافة مرورية من (27-30) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

د. باتجاه شارع محمد علي جناح- عبدون

جميع الرحلات في ساعات الذروة أعلى من السعة لجميع الأيام باستثناء يوم الجمعة ما بين الساعة (08-10)، و(16-17). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

4. **نفق الدوار السادس**

أ. باتجاه الدوار السابع

جميع الأيام أعلى من السعة في ساعات الذروة ماعدا أيام الاثنين والجمعة والسبت ما بين الساعة (08-10)، و(16-17). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه الخامس

جميع الأيام وجميع الرحلات عبر النفق أقل من السعة باستثناء يوم الأحد أعلى من السعة وساعة الذروة من (09-10)، وبكثافة مرورية تبلغ 27 مركبة في الكيلومتر.

ج. باتجاه أم اذينة

عدد الرحلات عبر هذا النفق بهذا الاتجاه في جميع الأيام تفوق السعة ما عدا يوم الجمعة ما بين الساعة (10– 08)، وبمعدل كثافة مرورية من (27–33). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

د. باتجاه عبدون والصويفية

ساعات الذروة لهذا النفق بهذا الاتجاه من (08–09)، و(13–14) ليومي الاحد والخميس وهي أعلى من السعة.

5. **نفق الدوار السابع**

أ. باتجاه الدوار الثامن

تكون ساعة الذروة أعلى من السعة في أيام الأحد والاثنين والثلاثاء من الساعة (08–09)، و(16–17) . ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه الدوار السادس

كان عدد الرحلات عبر هذا النفق أعلى من السعة في ساعات الذروة لجميع الأيام باستثناء يومي الجمعة والسبت وعلى أوقات مختلفة من (08–10)، و((13–14)، و(16–17) وبمعدل كثافة مرورية تراوحت بين (27–30) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ج. باتجاه طريق المطار

كانت جميع الرحلات عبر هذا النفق أعلى من السعة في ساعات الذروة في جميع الأيام ما عدا أيام الاثنين والخميس والجمعة ، وتراوحت ساعات الذروة ما بين الساعة (08–12)، وبمعدل كثافة مرورية تراوحت بين 31– (25) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

د. باتجاه أم السماق وشارع مكة – شارع عبدالله غوشة

الحركة عبر هذا النفق في ساعات الذروة لجميع الأيام باستثناء يوم الجعة ومن الساعة (08–09)، و(09– 10)، و(11–12) وبمعدل كثافة مرورية تراوحت بين (21–24) . ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

6. **نفق صهيب.**

أ. باتجاه شارع المدينة المنورة ودوار الحرمين

جميع الرحلات وفي جميع الأيام ساعات الذروة أقل من السعة.

7. **جسر الدوار الثامن**

أ. باتجاه طريق المطار

الحركة على هذا الجسر وجميع أيام الأسبوع في ساعات الذروة أعلى من السعة إذ كانت ساعات الذروة ما بين الساعة (08–1800). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه المدينة الطبية

الحركة على هذا الجسر في ساعات الذروة أعلى من السعة شملت جميع الأيام باستثناء يومي الجمعة والسبت ومن الساعة (08–1400) وبمعدل كثافة مرورية تراوحت بين (25–33) مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

8. **جسر الأمير شاكر – المدينة الرياضية**

أ. باتجاه دوار الداخلية

الانسياب المروري لساعات الذروة والتي هي أعلى من السعة شملت جميع الأيام باستثناء أيام الأربعاء والجمعة والسبت . تراوحت ساعات الذروة ما بين الساعة (08–13). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه الجامعة الأردنية

تركزت ساعات الذروة على هذا الجسر والتي هي أعلى من السعة ما بين الساعة (08–1600) لأيام الأحد والأربعاء والخميس وبكثافة مرورية تراوحت ما بين 30–25 مركبة في الكيلومتر. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

9. **نفق الأمير شاكر – دوار المدينة الرياضية**

أ. باتجاه الرابية طبربور

تركزت ساعات الذروة والتي هي أعلى من السعة في يومي الأحد والخميس من الساعة (08-1800). مما يخلق اختناق مروري أمام الإشارة الضوئية القريبة من مخرجه وبالقرب من بوابة المدينة الرياضية مما يقلل من السعة المرورية للنفق إلى النصف تقريبا. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه الرابية وشارع وصفي التل

تركزت ساعات الذروة والتي هي أعلى من السعة في يومي الأحد والثلاثاء والخميس ما بين (08–11) وبما انه يوجد إشارة مرورية بالقرب من مخرج النفق وتداخل السير القادم من الدوار وشارع وصفي التل (الجاردنز) فانه يخلق إرباك لتباين الاتجاهات التي سوف تسلكها المركبات وبالتالي يؤدي إلى اختناق مروري مما يقلل من سعة النفق إلى النصف. ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

10. **جسر تقاطع السيفوي باتجاه المدينة الرياضية**

لا توجد ساعات ذروة أعلى من سعة الجسر لجميع أيام الأسبوع وبالتالي فان الجسر اكبر من الطاقة الاستيعابية.

11. **نفق المشاغل**

أ. باتجاه المدينة الرياضية

جميع الرحلات في جميع الأيام باستثناء يوم الجمعة كانت أكثر من 3000 رحلة ولكنها كانت أقل من السعة المرورية نظرا لان النفق يتكون من ثلاثة مسارب. ولكن الإعاقة في الانسياب المروري تكمن في الإشارة الضوئية الموجودة مقابل بوابة الجامعة المرورية ومعرض السيارات الموجدة على الجانبين والتي تسبب في إرباك مروري وحتى اختناق مروري نظرا لمحاولة من يقومون بزيارة المعارض الإبطاء في الحركة والتوقف.

ب. باتجاه طبربور

يومي الأحد والخميس هي الأيام التي فيها ساعات الذروة فيها أكثر من 3000 رحلة وبما أن النفق يتكون من ثلاثة مسارب فان سعة النفق اكبر، ولكن المشكلة تكمن بما أن الحركة عبر النفق حركة حرة بون تقاطعات إلا أن الحركة السريعة للمركبات وانسيابه باتجاه تقاطع طارق حيث تتشكل اختناقات مما يطول مدة الرحلة.

11. **جسر عبد الناصر – دوار الداخلية**

أ. باتجاه جبل الحسين

تبين بان جميع أيام الأسبوع على هذا الجسر فيها ساعات الذروة أعلى من السعة المرورية باستثناء يوم الجمعة والتي تقع ما بين (08–12)، و(15–1800). ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة (unstable) في ساعات الذروة ومعرضة للحوادث.

ب. باتجاه المدينة الرياضية

تبين بان يومي الأحد والثلاثاء فقط هي الأيام التي تكون فيها ساعات الذروة أعلى من السعة وذلك في الفترة ما بين (08–10)،. وذلك تعتبر الحركة غير هادئة.

12. **نفق ميدان عبد الناصر– الداخلية**

أ. باتجاه الدوار الرابع والشميساني

تنشط الحركة عبر هذا النفق في أيام الأحد والاثنين والأربعاء وتكون أعلى من السعة وان ساعات الذروة من(08–13)، و(15–16)، ولذلك تعتبر الحركة عبر هذا النفق غير هادئة.

ب. باتجاه شارع الاستقلال

تشهد الحركة عبر النفق بهذا الاتجاه نشاطا لجميع أيام الأسبوع باستثناء يومي الأربعاء والجمعة حيث تكون الرحلات في ساعات الذروة اكبر من السعة والتي تكون بين الساعة (08–10)، ولذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة ومعرضة للحوادث.

13. **جسر ونفق عبدون**

أ. باتجاه عبدون

الحركة عبر هذا النفق والجسر أقل من السعة المرورية بهذا الاتجاه

ب. باتجاه دوار عبد الناصر – الداخلية

الحركة عبر هذا الاتجاه اكبر من السعة فقط في يومي الاثنين والخميس من الساعة (08–09).

14. **نفق الياسمين باتجاه طريق المطار**

جميع الرحلات طيلة أيام الأسبوع وجميع الساعات أقل من السعة.

15. **جسر الأمير حسين طريق المطار – مرج الحمام**

أ. باتجاه طريق المطار من مرج الحمام

الحركة على هذا الجسر حرة وجميع أيام الأسبوع وجميع الساعات فان الحركة علية أقل من السعة.

ب. الجسر باتجاه الدوار الرابع

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة وبذلك فان الحركة على هذا الاتجاه حركة حرة بدون تقاطعات.

6. **نفق الأمير حسين طريق المطار مرج الحمام**

الحركة عبر هذا النفق أقل من السعة .

17. **نفق أبو هريرة**

أ. باتجاه ضاحية الياسمين وطريق المطار

الحركة عبر هذا النفق لجميع أيام الأسبوع وجميع الساعات أقل من السعة.

ب. باتجاه رأس العين.

الحركة عبر هذا النفق لجميع أيام الأسبوع وجميع الساعات أقل من السعة.

18. **نفق وجسر دوار الشرق الأوسط باتجاه القويسمة**

جميع الرحلات عبر النفق والجسر في جميع الأيام أقل من السعة المرورية

19. **نفق اسكافي**

أ. باتجاه النشا وشارع الاستقلال

جميع الرحلات عبر هذا النفق أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع ، إلا أن عند مخرج النفق يغذى الشارع من شوارع فرعية ومن الشارع المحاذي للنفق مما يشكل إبطاء في الحركة المرورية بالإضافة إلى الإشارة المرورية عند نهاية الشارع والتي لا تسمح بانسياب مروري حر.

ب. باتجاه القويسمة

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية للنفق لجميع أيام الأسبوع.

20. **نفق الحسين وادي الحدادة**

أ. باتجاه جبل الحسين وادي الحدادة

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع.

ب. باتجاه العبدلي.

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع.

21. **جسر الشميساني**

أ. باتجاه جبل عمان –الدوار الرابع

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع.

ب .اتجاه دوار عبد الناصر – دوار الداخلية سابقا

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع.

22. **نفق الشميساني باتجاه الشميساني**

الحركة بهذا الاتجاه أقل من السعة المرورية لجميع أيام الأسبوع.

23. **نفق دوار الحرمين**

أ. باتجاه المدينة الطبية

كانت ساعات الذروة لهذا النفق ليوم الأحد والتي هي أعلى من السعة من الساعة (08–11) بلغ أقصاها من الساعة (08–09)، أما أيام الاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس والسبت فقد كانت ساعات الذروة الأولى من (09–08)ولكنها أقل من السعة أما ساعات الذروة الثانية لأيام ليوم الخميس فقد كانت من الساعة (10–11)، وهي أعلى من السعة، والذروة الثالثة ليوم الخميس من (16–17)، وهي أعلى من السعة، وكذلك الحال بالنسبة ليوم الأربعاء، وفي يوم الجمعة من (11–12)، وهي أقل من السعة، أما يوم السبت فقد كانت فترة الذروة الأولى من (09–10)، والثانية من (16–17)، وكلاهما أعلى من السعة.

ب. باتجاه الرابية

جميع الرحلات وساعات الذروة لأيام الأسبوع ما عدا يوم الجمعة كانت من الساعة (08–09)وهي أقل من السعة وساعات الذروة الثانية ليومي الاثنين والثلاثاء من (16–17)، وهي أقل من السعة وفترة الذروة الثانية ليم السبت من (09–10)، وهي أقل من السعة أما يوم الجمعة فكانت من (11–12)، وهي أقل من السعة.

24. **جسر شارع الحرمين**

أ. باتجاه نفق صهيب

ساعات الذروة لهذا الجسر لأيام الأحد والاثنين والثلاثاء من الساعة (08–09)، وأعلى من السعة ، وفي نفس الساعة لأيام الأربعاء والسبت ولكن أقل من السعة . أما فترة الذروة الثانية فقد كانت من الساعة (09–10)،ليوم الأحد أعلى من السعة والاثنين والخميس والسبت أقل من السعة ، أما يوم الجمعة فكانت من (13–14)، وهي أقل من السعة.

ب. باتجاه اليوبيل الذهبي والجامعة الأردنية.

ساعات الذروة ليوم الأحد من الساعة(08–11)، وجميعها أعلى من السعة المرورية بلغ أعلاها من الساعة (09–08)،أما يوم الاثنين والثلاثاء فقد كانت ساعات الذروة من (09–11)، وهي أعلى من السعة المرورية وكذلك الحال بالنسبة إلى يوم الأربعاء ولكن أقل من السعة المرورية وكذلك الحال بالنسبة لساعات الذروة ليوم الخميس ولكن أعلى من السعة المرورية، أما يومي الجمعة والسبت فكانت ساعة الذروة من (13–14) ولكن أقل من السعة المرورية. لذلك يعتبر الانسياب المروري على هذا الجسر وخصوصاً في أوقات الذروة غير هادئ ومعرض للحوادث المرورية.

25. **جسر شارع مكة مع شارع عبدالله غوشة**

ساعات الذروة على هذا الجسر ليوم الأحد من (08–10)، وهي أقل من السعة المرورية أما ساعات الذروة لأيام الاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس فهي من الساعة (09–10)، وهي أقل من السعة أما يومي الجمعة والسبت فهي من (11–12)، وهي أقل من السعة المرورية.

26. **نفق شارع مكة باتجاه المدينة الطبية والجندويل**

ساعات الذروة على هذا الجسر من (08–09) لأيام الأحد والاثنين وأعلى من السعة أما أيام الثلاثاء والأربعاء والخميس والسبت فهي أقل من السعة ، وهنالك ذروة أخرى ليوم الأربعاء والخميس من (16–17)، ولكن أقل من السعة أما يوم الجمعة فهنالك ذروتين من (12–13)، و(16–17)، ولكن أقل من السعة.

27. **نفق اليوبيل الذهبي (الواحة)**

أ. باتجاه الجامعة الأردنية وضاحية الرشيد

ساعات الذروة على هذا النفق من (08–10)، لكل من أيام الأحد والاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس أعلى من السعة، ويوم السبت من (08–09) أعلى من السعة أما يوم الجمعة فان ساعة الذروة من (11–12)، وهي أعلى من السعة. لذلك تعتبر الحركة عبر النفق غير هادئة ومعرضة للحوادث وبطئ الانسياب لتواجد أعداد هائلة من المركبات تتغذى من شوارع رئيسية وفرعية بالإضافة إلى توقف المركبات أمام المحلات التجارية للتسوق مما يعيق الحركة.

ب . نفق اليوبيل الذهبي باتجاه ميدان الحرمين

ساعات الذروة على هذا النفق بهذا الاتجاه ليوم الأحد من (08–10)،وهي أعلى من السعة، أما يوم الاثنين من (08–09)، وهي أعلى من السعة، أما أيام الثلاثاء والأربعاء لنفس الفترة فهي أقل من السعة ويومي الخميس والسبت لنفس الفترة فهي أعلى من السعة ، أما يوم الجمعة فهي من (12–13)، وهي أقل من السعة. وتعتبر الحركة عبر هذا النفق غير هادئة ومعرضة لحوادث مرورية .

ج. باتجاه الرابية – شارع وصفي التل

ساعات الذروة عبر هذا النفق ليوم الأحد من (08–11)، وجميعها أعلى من السعة، أما يوم الاثنين من (08–09)، فهي أقل من السعة، أما يومي الثلاثاء فهي كما في الأحد وأعلى من السعة، والأربعاء من (08–09)، وأعلى من السعة والخميس فان ساعات الذروة من (08–10)، وهي أعلى من السعة أما يوم الجمعة فان ساعة الذروة من الساعة (10–11)، ويوم السبت من(20–21) ، وكلاهما أقل من السعة.

د. باتجاه خلدا

ساعات الذروة لأيام الاثنين والخميس من (08–09)، وهي أعلى من السعة أما أيام الأحد والثلاثاء والجمعة والسبت لنفس الفترة الزمنية فهي أقل من السعة، أما فترة الذروة ليوم الأحد فقد كانت من (10–11)، وهي أعلى من السعة، أما فترة الذروة الثانية ليوم الخميس فقد كانت (11–20)، وهي أعلى من السعة، أما يوم الاثنين فكانت من (08–09)، وهي أعلى من السعة، وفي يوم الجمعة فكانت من (20–21)، وهي أقل من السعة.

28. **نفق ميدان الأمير الحسين بن عبدالله – صويلح**

أ. باتجاه المدينة الطبية

ساعات الذروة لهذا النفق ليوم الأحد من (08–10)، وهي أقل من السعة، أما يوم الاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس فهي من (09–10)، وهي أقل من السعة، ويوم الجمعة من (17–18)، وهي أقل من السعة، وفي يوم السبت من (18–19)، وهي أقل من السعة.

ب. اتجاه عين الباشا ومحافظات الشمال

ساعات الذروة لأيام الأحد والاثنين والثلاثاء من (08–10)، وهي أقل من السعة، أما يوم الخميس فهي من (09–10)، وهي أقل من السعة، أما الأربعاء فهي من(08–09)، فهي أقل من السعة والسبت من (10–11)، وهي أقل من السعة ، والجمعة من (18–19)، وهي أقل من السعة.

29. **جسر ميدان الأمير الحسين بن عبدالله – صويلح باتجاه الجامعة الأردنية**

ساعات الذروة لهذا الجسر لأيام الأحد والاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس من (08–09)، وهي أقل من السعة أما يوم الجمعة فقد كانت من (12–14)، وهي أقل من السعة، وفي يوم السبت فقد كانت من (10–11)، وهي أقل من السعة.

30. **نفق ميدان ذوقان الهنداوي – خلدا**

أ. باتجاه المدينة الطبية

ساعات الذروة ليوم الأحد تمتد من الساعة (08–11)، وهي أعلى من السعة، أما أيام الاثنين والثلاثاء والأربعاء والخميس والسبت فان ساعات الذروة من (08–09)، وهي أقل من السعة أما ساعة الذروة الثانية ليوم الأربعاء والخميس والسبت من (16–17)، وهي أعلى من السعة، وهنالك فترات ذروة أخرى أعلى من السعة ليومي الخميس والسبت من (17–18)، وفي يوم الجمعة من (11–12)، وهي أقل من السعة .

ب. باتجاه صويلح:

ساعات الذروة ليوم الأحد والأربعاء والخميس والسبت من (08–09)، وهي أقل من السعة ، أما يوم الاثنين والثلاثاء فهي من (16–17)، وهي أقل من السعة ويوم الجمعة من (11–12)، وهي أقل من السعة.

النتائج والتوصيات:

النتائج: توصلت الدراسة الى النتائج الاتية:

1. تناولت الدراسة 22 نفقاً تشكل 51 اتجاها مختلفا، و11 جسرا و16 اتجاها لها، و3 جسور، وأنفاق مختلطة، و4 اتجاهات لها.
2. توزيع الأنفاق والجسور مكانياً توزيعاً عشوائياً، وأخذ التوزيع الشكل البيضاوي أي أن اتجاه التوزيع يميل باتجاه الغرب. وحسب متطلبات كثرة الطلب على الطريق مما تطلب زيادة في السعة (capacity) مما أدى إلى إنشاء مزيدا من الأنفاق والجسور.
3. تأثرت الحياة في مدينة عمان بزيادة نسبة الاختناقات المرورية على غالبية الطرقات، وان هنالك الشعور العام على مختلف المستويات بان الوضع أصبح غير مقبول.
4. عادة ما تكون الاستجابة التقليدية لحل مشكلة الاختناقات المرورية هو زيادة سعة الطرق أو إنشاء طرق جديدة لاستيعاب المركبات، وان هنالك مطالبات من قبل المسؤولين بزيادة عدد الأنفاق والجسور، كأسهل الحلول، وليس الحل دائما بزيادة سعة الطريق، أو إنشاء جسور وأنفاق نظرا للكلفة الاقتصادية أو تعذر القيام بذلك نظراً لطبيعة المنطقة، وفي بعض الدول الأوروبية كانت احد الحلول هي تضييق سعة الطريق أو ما يسمى نظرية تبخر الاختناقات المرورية (traffic evaporation) كمفهوم تم تجربتها، وقد أثبتت فعاليتها في الطرق التي تعاني من اختناقات مرورية مما يؤدي إلى هجر هذه الطرق، والبحث عن طرق أخرى، وتغيير في عادات، وسلوك الأفراد في إعادة برمجة رحلاتهم.

5. من أهم الحلول هو تخصيص مسرب للنقل العام المنظم، والسريع في كافة أرجاء المدينة، سواء كان للحافلات، أو للقطارات الخفيفة بحيث لا ينتظر الراكب أكثر من خمسة دقائق في محطات الانتظار.

6. ساهمت الأنفاق والجسور بشكل كبير في حل المشكلة المرورية كون طبيعة الحركة عليها حركة حرة بدون تقاطعات مما يعني تدفق مروري بدون تقاطعات، ونتيجة للتعدادات التي أجريت عليها بينت الدراسة بان الطلب على بعضها يفوق العرض أي بمعنى أن أعداد الرحلات (volume) أكثر من سعة الجسر، أو النفق، وأغلبها في ساعات الذروة الصباحية، وبعضها ساعات الذروة المسائية، بحيث أن الحركة المرورية غير ثابتة، (unstable) والتدفق المروري عليها معرض للحوادث المرورية.

التوصيات: توصي هذه الدراسة بما يلي:

1. الإسراع في تسيير الباص السريع ليغطي كافة أحياء العاصمة، وتخصيص مسارب خاصة بها، وتشجيع المواطنين على استخدامها في حالة إذا كانت تسير في أوقات محددة.

2. تقليل عدد التقاطعات للتخفيف من الاختناقات المرورية في المناطق التي تعاني من كثافة مرورية عالية والتي زاد فيها الطلب عن العرض أما بإنشاء أنفاق، أو جسور، أو باتخاذ إجراءات تنظيمية في حركة السير تساعد في الاستمرار في الحركة دون التوقف.

3. إيجاد الوسائل الممكنة بمراقبة حركة السير على التقاطعات بواسطة مستشعرات يمكنها برمجة الإشارة حسب حركة السير.

4. لا ينصح بتوسعة الشوارع لإضافة سعة مرورية لأنها لا تحل المشكلة بل يزداد الطلب على الطريق.

5. إيجاد مواقف للمركبات ومنع الوقوف أمام المحلات التجارية للتسوق وهو ما يعيق حركة المرور وإهدار الوقت والمال.

6. توعية المواطنين لتغيير العادات السلوكية للتسوق في أوقات الذروة.

7. منع إصدار تراخيص لأي محل تجاري أو أي مؤسسة بدون أن يكون قد أعدت مسبقا مواقف للمركبات.

8. اتخاذ إجراءات جريئة بنقل جميع أسواق بيع المركبات داخل المدينة إلى أماكن بعيدة عن الطرق الرئيسة والفرعية ، ويسمح فقط للمحلات المغلقة والتي يكون أمامها مواقف للسيارات.

9. يعتقد بان أسهل الحلول لتنظيم عملية السير بإضافة إشارات ضوئية ولكن هذا ما يفاقم عملية الانسياب المروري ومزيدا من التأخير.

10. الإسراع في حل الاختناقات المرورية في نفق دوار اليوبيل الذهبي– الواحة وباتجاه الجامعية الأردنية وضاحية الرشيد والتي سببها بالدرجة الأولى وقوف المركبات أمام المحلات التجارية مما يعيق الانسياب المروري وحركة الالتفاف أمام بوابة الجامعة.

11. الإسراع في حل المشكلة المرورية على إشارة طبربور، وإشارة الباهاوس، وإشارة المدينة الرياضية، والصويفية.

12. العمل على إنشاء شوارع خدمة.

13. تشديد الرقابة على مركبات الأجرة لعدم تقيد بعضهم بقواعد السير .

المراجع:

أ- المراجع العربية:

- أمانة عمان الكبرى،2011. الاستعمالات التنظيمية لمناطق عمان.
- أمانة عمان الكبرى،2013. تقرير عن نسبة ومساحات الاستعمالات التنظيمية لمناطق عمّان. أغسطس).
- بوزيكي، مسعودة، 2010. سياسات تخطيط النقل الحضري في إطار ضوابط التنمية المستدامة، دراسة حالة مدينة الجزائر، رسالة ماجستير غير منشورة.
- حسن، علي محمد عبد المنعم، 1994. هندسة النقل والمرور/ مبادئ تخطيط النقل والمرور داخل المدن، دار الراتب الجامعية، 1994.
- دائرة الإحصاءات العامة، 2013.
- دائرة الإقامة والحدود، 2013.
- دراسة تحليل الحوادث المرورية في الأردن، 2013.

ب- المراجع الأجنبية:

- Bhargab Maitra, Traffic Stream Characteristic, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Kharagpur.
- Delcan and Lura.2013. City of Toronto, Congestion Management Plan.
- European Commission, Directorate-General for the Environment, Reclaiming city streets for people Chaos or quality of life. Cambridge Massachusetts and London, England. Vol 1: Basic Concepts.
- Jordan Meteorological Department, 2009.
- Henry Lieu (January–February 1999). "Traffic-Flow Theory". Public Roads (US Dept of Transportation) (Vol. 62 · No. 4).
- http://www.webpages.uidaho.edu/niatt_labmanual/Chapters/signaltimingdesign/theoryandconcepts/CapacityAndSaturationFlowRate.htmFig (Changes) in demand and road network over time (Mannheim,1979).
- Lian, JI, 2005. Impact of main road investments in Bergen and Oslo. Institute of Transport Economics, report 770. Osl.

- Lindley, J.A. 1987. Urban freeway congestion: quantication of the problem and e±ectiveness of potential solutions, Institute of Transportation Engineers Journal, 57(1): 27-32.
- Lomax, S.T.T.; Turner, S.; Shunk, G.; Levinson, H.S.; Pra., R.H.; Bay, P.N.; Douglas, G.B. 1997. Quantifying congestion, Volume 1, NCHRP Final Report 398.Washington,D.C.: Transportation Research Board. P 108.
- R. Robinson; 1984. Problems in the urban environment: traffic congestion and its effects, University of Wollongong.
- Rosenbloom, S, 1978. Peak Period Traffic Congestion; a state-of- art Analysis and evaluation of effective solution, Transportation, 7 (2); 167-199.
- Sactra ,1994. Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment. 'Trunk roads and the generation of traffic'. Link to thisreport via European Federation for Transport and the Environment.
- Schrank, D; Lomay, T.2005. The 2005 annal Urban Mobility Report, Texas, Texas Transportation Institute, 91p.
- Wendell cox, 2014. Traffic Congestion in the World: 10 Worst and Best Cities.