

من إجمالي الرحلات التي تتم بمختلف وسائل النقل، وتبلغ النسبة المقابلة في الحج ١,٢٥٪ فقط. وقد تم تقدير الطلب المستقبلي على خدمات النقل العام في رمضان باستخدام تصورين متوقعين للنمو المستقبلي، أحدهما على أساس النمو الطبيعي فقط والآخر على أساس فتح باب العمرة. أما في الحج، فتم تقدير الطلب المستقبلي في حالة موافقة يوم عرفه ليوم جمعة وفي حالة عدم ذلك. وتشير التقديرات إلى أن حجم الطلب يمكن أن يتضاعف حتى عشرة أمثاله حالياً في رمضان و ١٨ مرة في الحج، لو قامت الجهات المسؤولة عن النقل العام بالمدينة بإحلال كافة التسهيلات التي تتضمن تقديم المسؤولة عن النقل العام بالحافلات ذات كفاءة وموثوقية عالية، وهذا ما توصي به الدراسة.

١- مقدمة

إن مدينة مكة المكرمة بما حباها الله من أماكن مقدسة تختلف عن سائر مدن العالم، فمدينة مكة المكرمة يوجد بها الحرم المكي الشريف وترتبط بالمشاعر المقدسة التي يفد إليها سنوياً ملايين المسلمين من سائر بقاع الأرض. وتتميز حركة المرور في مكة المكرمة بأنها تختلف عن نظيراتها في المدن الأخرى، فهناك الأيام العادية والتي تشابه فيها حركة المرور إلى حد كبير مع ما يحدث في المدن الأخرى، وخلافاً لذلك فإن مكة المكرمة تتميز عن سائر المدن بوجود مواسم العمرة والحج، والتي لا توجد في أي مدينة أخرى على مستوى العالم أجمع. ونتيجة لذلك فإن حجم الطلب على النقل يختلف في تلك الفترات عن الأيام العادية، حيث لا يقتصر على سكان المدينة فقط وإنما يمتد إلى الوافدين في تلك المواسم من جميع أنحاء العالم.

وتعد دراسة النقل العام من أهم الدراسات في هندسة وتخطيط النقل والمرور التي تتسابق إليها المدن. فتنظيم وإدارة حجم الطلب وتوجيهه للنقل العام يعد من الأساليب التي تؤدي إلى تقليل الزحام على شبكة الطرق بالمدن، فالحافلة التي تسع ٥٠ راكباً تحل مساحة

تقدير حجم الطلب الحالي والمستقبلي على النقل الجماعي في مكة المكرمة خلال مواسم الحج والعمرة

١. أستاذ هندسة النقل المشارك، قسم الهندسة المدنية، جامعة الملك سعود، الرياض.
٢. باحث، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
٣. مدير النقل الداخلي، الشركة السعودية للنقل الجماعي، الرياض.

المخلص: تتميز حركة المرور في مكة المكرمة عن سائر المدن بوجود مواسم العمرة والحج، لذا فإن حجم الطلب على النقل في تلك الفترات لا يقتصر على سكان المدينة فقط، وإنما يشمل الوافدين من خارجها في تلك المواسم. وقد سعت هذه الدراسة لتقدير حجم الطلب الحالي والمستقبلي (١٤٣٠ هـ) على الخدمة الداخلية لحافلات النقل الجماعي في مدينة مكة المكرمة خلال مواسم رمضان والحج، وذلك من خلال إجراء مسوحات ميدانية مكثفة خلال تلك المواسم واستخدام نموذج رياضي يقدر حجم الطلب بين مناطق التحليل المرورية الـ ٢٦ التي تم تقسيم المدينة إليها، بناءً على بيانات الركاب الصاعدين والنازلين عند كل محطة من محطات توقف الحافلات العاملة. وتشير النتائج إلى أن حجم الطلب الحالي في رمضان يبلغ ٧٠,٠٠٠ رحلة-رد/يوم، في حين يبلغ فقط حوالي نصف ذلك في أيام الحج. ولا يشكل حجم الطلب الحالي على حافلات النقل الجماعي في رمضان سوى ٢,٧٥٪

ومن ذلك يتضح أن دور النقل الجماعي في مدينة مكة المكرمة يختلف عن غيره بالنسبة للمدن الأخرى، ولا يقتصر دوره على خدمة الطلب في الأيام العادية فقط، وإنما يمتد لخدمة الطلب في مواسم العمرة والحج. ويعد الحافز الأساسي للقيام بهذه الدراسة هو تقديم خدمة نقل عام بالحافلات تفي بمتطلبات واحتياجات مدينة مكة المكرمة، التي يجب أن تكون رائدة في مجال النقل العام لتحل مكانها المرموقة للاتفة بها. ومن هذا المنطلق، بادرت الشركة السعودية للنقل الجماعي مؤخراً بدعم وتمويل دراسة لإعداد خطة للنقل العام الداخلي في مكة المكرمة، تعرض هذه الورقة جزءاً من نتائجها.

وبهدف هذا البحث إلى تقدير حجم الطلب الحالي والمستقبلي (للعشر سنوات القادمة) على خدمات حافلات النقل الجماعي في مكة المكرمة خلال موسمي رمضان والحج. ويستعرض الجزء الثاني من هذه الورقة بإيجاز الأساليب المختلفة لتقدير الطلب بشكل عام، في حين يشرح الجزء الثالث المنهجية المتبعة في هذه الدراسة. ويعرض الجزء الرابع من الورقة نتائج تقدير الطلب الحالي، في حين يعرض الجزء الخامس أسلوب ونتائج تقدير الطلب المستقبلي على النقل الجماعي. وأخيراً يلخص الجزء السادس والأخير استنتاجات الدراسة.

٢- أساليب تقدير الطلب على النقل الجماعي

بعد تقدير حجم الطلب الحالي على النقل العام في أية مدينة، معبراً عنه بمصفوفة تدفق الرحلات بين المناطق (Origin-Destination Trip Matrix, O-D)، المدخل الأساسي للعمليات المختلفة المرتبطة بتخطيط النقل. فتقدير حجم الطلب له العديد من الفوائد والتي من أهمها أنه يساعد على تحديد الأسطول المناسب، من حيث الحجم والتوعية، لتلبية هذا الحجم، مما يوفر في التكاليف المطلوبة لوسائل النقل العام. لذا يعد حجم الطلب عاملاً أساسياً لتوفير الإيفاق، حيث إنه من المعروف أن توفير أسطول من الحافلات سعته أكبر من حجم الطلب يعطي فائضاً من الأماكن، مما ينتج عنه تكلفة تزيد بزيادة هذا الفائض. كما أن

من الشارح تعادل حوالي ٣ سيارات خاصة فقط، بينما تقوم الحافلة بتوفير أماكن في الطريق تسع لعدد ٢٥ سيارة خاصة، على فرض أن معدل إركاب السيارة الخاصة شخصين فقط، فسي المتوسط. لذا، فإن تشجيع استخدام النقل العام والتوجه نحوه يساهم في تحسين مستوى خدمة الطرق بالإضافة للوفور في استهلاك الوقود وخفض نسبة التلوث من العوادم والضوضاء وخلافه. ويعد التوجه نحو استخدام الحافلات بدلاً من السيارات الصغيرة واحداً من أبرز أساليب تنظيم الطلب على النقل (Travel Demand Management, TDM).

ويتم حالياً تقديم خدمة النقل العام بمدينة مكة المكرمة عن طريق حافلات النقل الجماعي، إلى جانب عدد من وسائل النقل العام الأخرى، والتي تشمل في سيارات الأجرة والحافلات الأهلية (الكوستر)، والسيارات الخاصة التي تعمل بأجر، مع أن ذلك مخالف نظامياً. وبالنسبة لحافلات النقل الجماعي، التي تقوم بتشغيلها الشركة السعودية للنقل الجماعي، فقد بلغ عدد الخطوط العاملة حالياً نحو ٢٦ خطاً. وتأخذ شبكة خطوط خدمات مكة المكرمة النمط الإشعاعي بشكل عام، حيث تتطابق من منطقة الحرم الشريف، التي تشكل مركز الجذب الرئيسية، إلى أطرافها مارة بالعديد من الأحياء السكنية والدوائر الحكومية والمجمعات التجارية.

ونظراً لمحدودية المساحة حول الحرم الشريف، فقد أنشئت مواقف داخلية، منذ عام ١٤٠٩ هـ، لحجز سيارات المعتمرين عند مدخل مكة المكرمة في رمضان، مثل مواقف الرصيفة، كدي، مجلس الجن، القشلة، الزاهر، العول، والحجوم. كما أنشئت مواقف خارجية لحجز السيارات الصغيرة القادمة من خارج منطقة مكة المكرمة خلال موسم الحج مثل مواقف جده السريع، الحجوم، الشرايح، الهداء، والبيث. والغرض من إنشاء هذه المواقف هو تخفيف حدة الزحام في المنطقة المركزية بمكة المكرمة وتحسين انسياب الحركة المرورية حول الحرم الشريف، حيث تعمل حافلات النقل الجماعي كحافلات موكبية بين كل من هذه المواقف والحرم لتؤدي دور ما يعرف باسم "أوقف سيارتك واركب" (Park and Ride).

٣- منهجية البحث

يلاحظ أنه من الصعب تقدير حجم الطلب في حالة النقل العام باستخدام حصر المركبات كما ورد في المراجع المشار إليها في البند السابق للأسباب التالية:

أولاً: أن حصر المركبات يعطي مصفوفة تتفق المركبات بين المناطق المختلفة، أما تقدير حجم الطلب في حالة النقل العام فالمراد منه الحصول على مصفوفة تتفق رحلات الأفراد المستخدمين لوسائل النقل العام بين المناطق المختلفة. وبالتالي، فإن حصر المركبات لا يعتبر دالة في رغبات المستخدمين لحافلات النقل العام.

ثانياً: من المعلوم أن حجم الطلب لا يمكن في عدد المستخدمين الحاليين لوسائل النقل العام فقط، ولكن هناك ما يعرف بالطلب الكامن (Latent Demand)، وهذا الطلب يظهر عند تحسين وسائل النقل العام، حيث يجذب إليها عادة عدد آخر من مستخدمي وسائل النقل الأخرى.

وقد كان البديل لذلك هو استخدام أحد المهجين التاليين لاستنتاج مصفوفة النقل العام بين المناطق المختلفة:

أ- استخدام مناطق السائير لمحطات الإركاب، والتي يتم تقديرها عن طريق تخصيص مؤشر جذب لكل محطة إركاب، أو

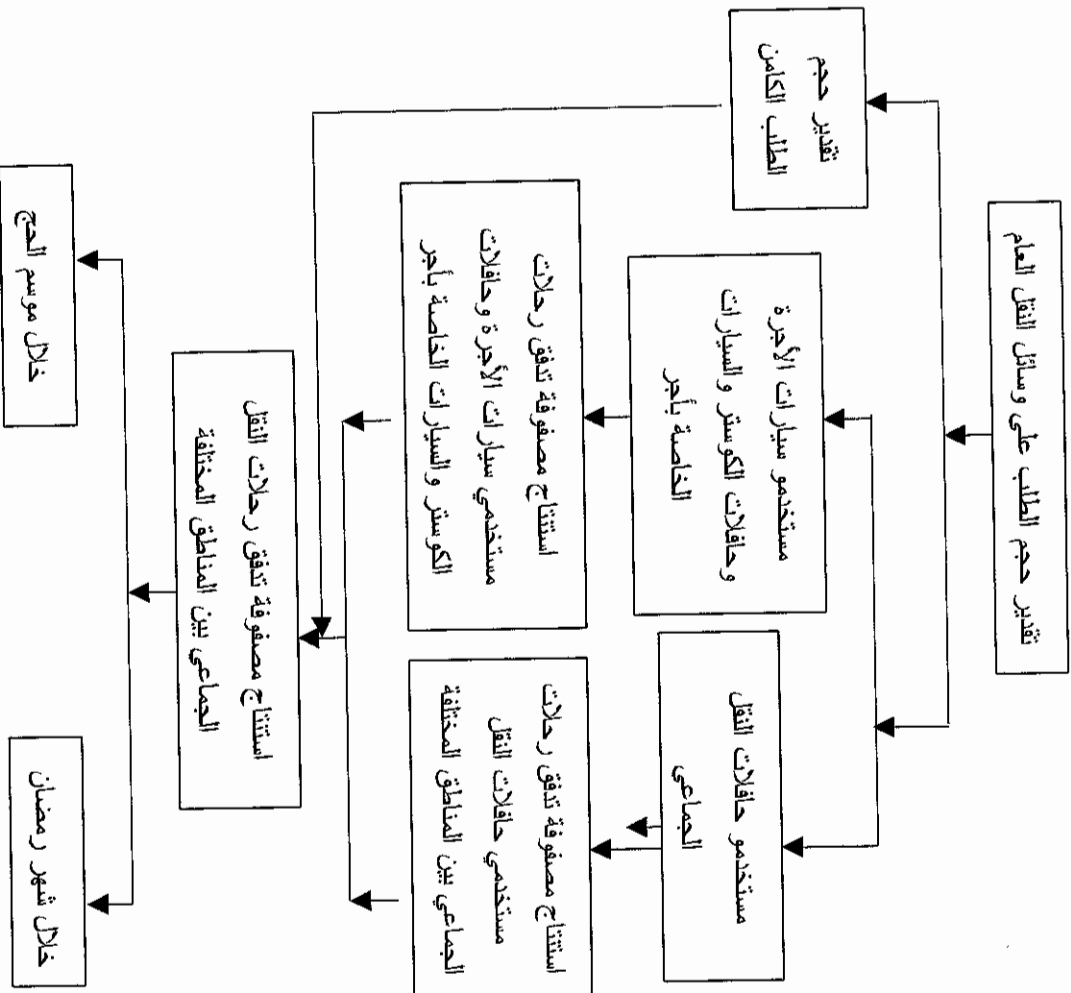
ب- استخدام بيانات الركاب الصاعدين والنازلين من الحافلات عند المواقف. إلا أنه لتعزير الحصول على مؤشر الجذب لكل محطة إركاب، لكثرة عدد المحطات وعدم وجود بيانات تعكس هذا المؤشر، فقد تم استخدام الطريقة الثانية والخاصة ببيانات الركاب الصاعدين والنازلين من الحافلات على طول خط سيرها من محطة البداية حتى محطة النهاية.

ويقوم المنهج المتبع لتقدير حجم الطلب على جميع وسائل النقل العام بتقسيمه إلى فئتين، هما:

توفير حافلات ذات سعة أقل من حجم الطلب ينتج عنه عدم تلبية هذا الطلب، مما يضطر مستخدمي وسائل النقل العام إلى البعد عن استخدام هذه الوسائل والتوجه إلى استخدام وسائل النقل الأخرى المتاحة. ويعد تحديد حجم الطلب بين المناطق المختلفة (O-D) من المهام الصعبة التي تحتاج إلى كثير من الموارد المالية والبشرية، والتي قد تصل إلى الملايين من الريالات لمدينة واحدة.

ففي حالة مدينة مكة المكرمة، مثلاً، يلزم لتقدير حجم الطلب على النقل العام بين المناطق المختلفة إجراء مقابلات منزلية لعينة يقدر حجمها عادة بنسبة ٥% من سكان المدينة، الذين يصل عددهم حالياً ١,٢٧٥,٠٠٠ نسمة، مما ينتج عنه ٦٢,٥٠٠ شخص للأيام العادية، وربما يتضاعف هذا العدد إلى أكثر من ثلاثة أمثاله عند تقدير حجم الطلب في مواسم رمضان والحج. وبعد ذلك إذا تكلفت عالية جداً، إذ قد تزيد تكلفة الحصول على مصفوفة تتفق الرحلات بين المناطق (O-D) في هذه الحالة عن مليوني ريال. كما أن إجراء هذه المقابلات المنزلية قد يواجه ببعض الصعوبات في الاستجابة، نظراً لخصوصية المجتمع السعودي. كما أن الأساليب الأخرى من أساليب المقابلات (غير المنزلية) تعتبر مكلفة للغاية.

ولتوفير النفقات الباهظة في استنتاج حجم الطلب، أو مصفوفة تتفق الرحلات بين المناطق المختلفة (O-D)، فقد اتجه البحث العلمي منذ السبعينات الميلادية ولقرابة ثلاثة عقود من الزمن نحو السعي لتحقيق ذلك باستخدام أحجام مرور المركبات، والتي يمكن الحصول عليها من عدادات الحصر المروري التي تقوم بحصرها بطريقة دورية. ويتم بذلك استنتاج مصفوفة تتفق الرحلات باستخدام أساليب علمية ورياضية معينة تمكن من أداء هذه المهمة بأقل تكاليف ممكنة ونسبة خطأ مقبولة (انظر مثلاً، 1992; Yang et al., 1983; Bell, 1975; Robillard).



شكل رقم (١): خطوات منهجية تقدير الطلب على النقل الجماعي في مكة المكرمة

أ- الفئة الأولى: وهي الخاصة بمستخدمي حافلات النقل الجماعي لكل من موسمي رمضان والحج.

ب- الفئة الثانية: وهي الخاصة بمستخدمي سيارات الأجرة وحافلات الكوستر والسيارات الخاصة بأجر لكل من موسمي رمضان والحج.

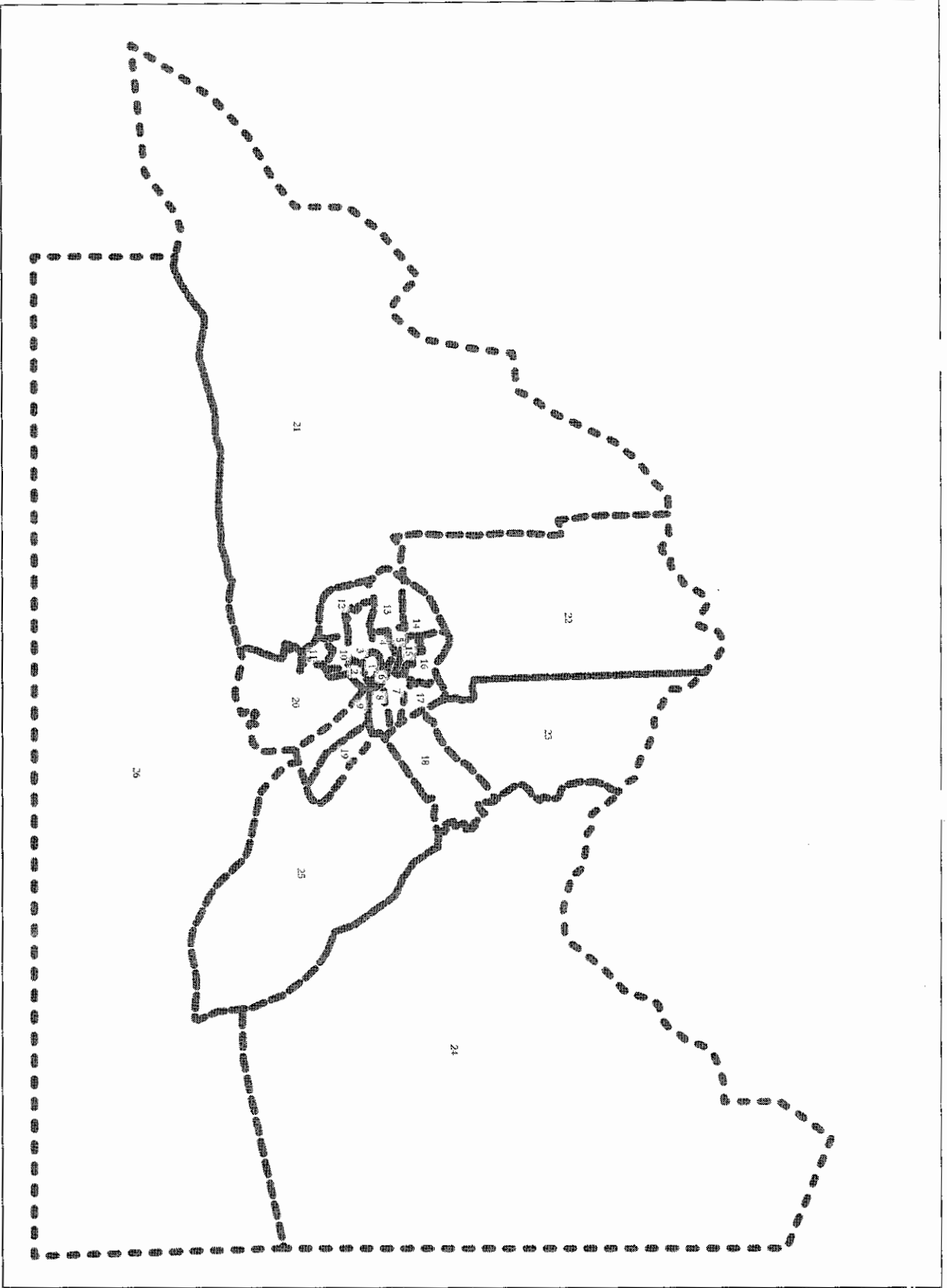
ولتحقيق هدف هذا البحث فسوف يتم تناول الطلب للفئة الأولى فقط، أي الطلب على حافلات النقل الجماعي. ولكن تقدير الطلب الكامن على النقل الجماعي يستلزم تقدير الطلب على وسائل النقل الأخرى وتقدير نسبة من قد يرغبون في التحول نحو حافلات النقل الجماعي فيما لو تم تحسينها. ويوضح الشكل رقم (١) تسلسل خطوات منهجية تقدير حجم الطلب على النقل العام. وفيما يلي عرض لأهم عناصر منهجية الدراسة.

٣-١ تقسيم المدينة إلى مناطق تحليل مروري

لإستنتاج مصفوفة تنفق الرحلات فإنه تم تقسيم منطقة الدراسة (مدينة مكة المكرمة) إلى ٢٦ منطقة مرورية، لتكون أساساً لمصادر وأهداف الرحلات (شكل رقم ٢). وفي هذا التقسيم روعيت الحواجز الطبيعية، حيث اعتبرت الجبال كمحددات طبيعية، إذ لا توجد أنهار أو خطوط سكة حديدية. كما روعيت الحدود الإدارية للأحياء بقدر الإمكان، على أن تتخلل الطرق مناطق المرور بقدر الإمكان، وأيضاً تجانس الخصائص الاجتماعية والاقتصادية داخل كل منطقة مرورية.

٣-٢ مقابلات الطلب الكامن

تم الحصول على حجم الطلب الكامن من خلال إجراء مقابلات ميدانية مع عينة من قاطني مكة المكرمة (مواطنين ومقيمين) وزوارها في موسمي رمضان والحج، لمعرفة معدل إنتاج الرحلات وتوزيعها على وسائل النقل، وكذلك النسبة المتوقعة لتحويل بعض مستخدمي وسائل النقل الأخرى، خلاف النقل الجماعي، إلى حافلات النقل الجماعي عند تحسين



شكل رقم (٢): مناطق التحليل المروري لمدينة مكة المكرمة المستخدمة في الدراسة

ولتقدير عدد الركاب بين كل منطقة تحليل مرورية وأخرى فقد تم استخدام النموذج الرياضي التالي (El-Badawy, 1981):

$$X_{ij} = a_j \left[\frac{b_j - \sum_{k=i+1}^{j-1} x_{ik}}{b_i - \sum_{i=2}^{j-1} a_i} \right] \dots \dots \dots (2)$$

حيث :

- X_{ij} = عدد الركاب من منطقة (i) إلى منطقة (j) .
- a_j = عدد الركاب التازلين في المحطة (j) .
- b_i = عدد الركاب الصاعدين من المحطة (i) .

وباستخدام بيانات الإركاب اليومية الإجمالية الفعلية لكل خط من الخطوط العاملة في مدينة مكة المكرمة خلال نفس الأيام التي تمت فيها المسوحات، وذلك من واقع سجلات الشركة السعودية للنقل الجماعي، أمكن تكبير العينة للحصول على مصفوفة تتفق رحلات مستخدمي الخدمة الداخلية للنقل الجماعي في رمضان والحج.

٤-٣ خطوط التدقيق لحصر المركبات

من أجل التأكد من صحة مصفوفة تدفق رحلات مستخدمي رحلات النقل الجماعي تم وضع نطاق طريقي وهمي، أو مايعرف بخطوط التدقيق (Sorenlines)، بشكل موازي للطريق الدائري الثاني، وحصر أعداد ومشغولية مختلف أنواع المركبات التي تخترق خطوط التدقيق، في الاتجاهين لمدة ٢٤ ساعة، عند ١١ نقطة حصر تقع على محاور الطرق الشعاعية التي تمر عبر الطوق.

خدمتها. وتم تحديد حجم العينة المطلوب مقابلتها من المعادلة التالية (Ortizar and Willumsen, 1994):

$$n > \frac{p(1-p)}{(E/z)^2 + \frac{p(1-p)}{N}} \dots \dots \dots (1)$$

حيث:

- n = حجم العينة المطلوب .
- E = نسبة الخطأ المسموح به.
- Z = المتغير الطبيعي القياسي.
- P = النسبة الحقيقية للمتولين للنقل الجماعي.
- N = حجم مجتمع الدراسة.

ويلاحظ من هذه المعادلة أن حجم العينة يعتمد على عوامل معينة مثل نسبة الخطأ المسموح به وكذلك النسبة الحقيقية للظاهرة محل الدراسة ومستوى الثقة. وفي هذه الحالة، فإن أكبر حجم عينة مطلوب، عند مستوى ثقة = ٩٠٪ ونسبة خطأ مقبول = ٥٪، يحدث عندما تكون النسبة الحقيقية للتحول هي = ٥٠٪، والتي ينتج عنها عينة حجمها ٢٧٠ استبانة؛ في هذه الدراسة تم جمع ٤٥٠ استبانة في رمضان و ٣٠٠ استبانة في الحج.

٣-٣ جمع بيانات أعداد الصاعدين والتازلين من عينة من الحافلات عند توقفها

للحصول على عدد رحلات مستخدمي حافلات النقل الجماعي بين مناطق التحليل المروري المختلفة، فإنه يلزم جمع بيانات خاصة بعدد الركاب الصاعدين والتازلين من حافلة معينة عند كل محطة توقف لكل خط من خطوط النقل الجماعي الك ٢٦ العاملة في مدينة مكة المكرمة على مدار فترة التشغيل اليومية، باستخدام نموذج جمع بيانات خاص بذلك.

٣,٢٩٩ رحلة لموقف القشلة، ٦,١٢١ رحلة لموقف الشرايح، و ٧,٩٣٨ رحلة لموقف الجموم.

ووصل حجم الطلب الحالي على خدمة المواقف لحافلات النقل الجماعي يوم ٢٤ رمضان إلى ١٢٤,١٢٥ رحلة-فرد مقسمة إلى ٣٩,٥٩٠ رحلة لموقف محبس الجن، ٨,٩٥٣ رحلة لموقف الرصيفة، ٤٩,١٢٠ رحلة لموقف كدي، ٣,٧٥٤ رحلة لموقف الزاهر، ٣,٥٣٣ رحلة لموقف القشلة، ٨,١٤٣ رحلة لموقف الشرايح، و ١١,٠٣٢ رحلة لموقف الجموم.

أما بالنسبة للحج، فقد بلغ إجمالي الرحلات اليومية لمستخدمي الخدمة الداخلية للنقل الجماعي في الحج ٣٤,٥١٨ رحلة-فرد. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي مناطق التحليل المروري ٣,٨٠١ رحلة، بنسبة ٤٠٪ من إجمالي الرحلات. ويمثل الجنب من باقي مناطق التحليل المروري إلى المنطقة المركزية ٩,٠٣٩ رحلة، بنسبة ٢٦٪ من الإجمالي.

ويبلغ إجمالي مصفوفة تدفق الرحلات اليومية من مواقف حجز السيارات الصغيرة في الحج ١,٧٥٨ رحلة-فرد/يوم، مقسمة إلى ٥١٠ رحلة من موقف جدة السريع، ٣١٨ رحلة من موقف الجموم، ١٤٩ رحلة من موقف الليث، ٣٤٢ رحلة من موقف السيل، و ٤٣٩ رحلة من موقف الهدا.

٥- **تقدير حجم الطلب المستقبلي على النقل الجماعي**
يمكن تقسيم حجم الطلب المستقبلي إلى قسمين هما :

- ١- الطلب المستقبلي الناشئ عن النمو السكاني وزيادة أعداد المعتمرين والحجاج.
- ٢- الطلب الناتج عن تحول بعض مستخدمي وسائل النقل الأخرى خلاف النقل الجماعي، إلى وسائل النقل الجماعي، كنتيجة لإدخال بعض التحسينات والتعديلات على خدمة النقل العام، وهو ما يعرف بالطلب الكامن.

٥-٣- حصر الإركاب عند مواقف حجز السيارات في رمضان والحج

لتقدير حجم الطلب الحالي على خدمة النقل الجماعي عند مواقف حجز السيارات الصغيرة في رمضان وفي الحج، تم إجراء حصر شامل للإركاب بجميع وسائل النقل المستخدمة عند تلك المواقف لمدة ٢٤ ساعة في كل من الموسمين. ولتقدير حجم الطلب الكامن على خدمة الجماعي عند تلك المواقف تم مقابلة عينة (٩٠٠ فرد) من مستخدمي سيارات الأجرة وغيرها من وسائل النقل الأخرى، خلاف النقل الجماعي، لمعرفة نسبة من قد يتحولون لاستخدام خدمة مواقف حجز السيارات التي تقدمها حافلات النقل الجماعي في حال تحسن خدمتها.

٤- حجم الطلب الحالي على النقل الجماعي

لتقدير حجم الطلب الحالي على خطوط الخدمة الداخلية لحافلات النقل الجماعي تم استخدام البيانات التي تم جمعها لتطبيق النموذج الرياضي المعروف في المنهجية سابقاً (معادلة رقم ٢)، والخاص باستنتاج مصفوفة تدفق الرحلات لمستخدمي حافلات النقل الجماعي من عدد الصاعدين والنازلين في المحطات المختلفة.

وتفيد النتائج بأن إجمالي الرحلات اليومية لمستخدمي حافلات النقل الجماعي في رمضان يبلغ ٧٠,٠٠٠ رحلة-فرد/يوم. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي مناطق التحليل المروري ٣٥,٠٠٣ رحلة، بنسبة ٥٠٪ من إجمالي الرحلات. بينما يمثل الجنب من باقي مناطق التحليل المروري إلى المنطقة المركزية ٢٠,٣٤٥ رحلة، بنسبة ٢٩٪ من الإجمالي.

أما بالنسبة لمصفوفة تدفق الرحلات اليومية لخدمة مواقف حجز سيارات المعتمرين على متن حافلات النقل الجماعي، فقد بلغ إجمالي المنطق من المنطقة المركزية إلى مواقف الحجز ٩٧,١٨٤ رحلة-فرد في يوم ١٩ رمضان. وهذه الرحلات مقسمة إلى ٢٩,٠٥٤ رحلة لموقف محبس الجن، ٨,٥٣٧ رحلة لموقف الرصيفة، ٣٨,٢٩٨ رحلة لموقف كدي،

١-٢-١-٥ البديل الأول : النمو الطبيعي فقط

يقدر العدد الحالي للقادمين من خارج مكة المكرمة خلال شهر رمضان بنحو ٥٠٠,٠٠٠ شخص. وقد تبين من تحليلات البيانات التي تم جمعها في موسم رمضان أن الفئة الأولى (أي القادمون من داخل المملكة) تشمل ٣٢٠,٠٠٠ فرد، والباقي من الفئة الثانية (أي القادمون من خارج المملكة)، والذين تشير الإحصائيات الرسمية خلال الفترة ١٤٠٨-١٤١٨هـ إلى أن معدل النمو السنوي لأعدادهم كان بحدود ٩,٧٦٪.

وباعتبار نمو الطبيعي السنوي لأعداد السكان في المملكة (حوالي ٣٪) للفئة الأولى، ومعدل النمو للفئة الثانية، لذي سبق تقديره بنحو ٩,٧٦٪ سنوياً، فإن ذلك ينتج عنه ما يلي:

أ- يتوقع أن يصل عدد أفراد الفئة الأولى إلى نحو ٤٣٠,٠٥٣ شخص في عام ١٤٣٠هـ.

ب- يتوقع أن يصل تعداد الفئة الثانية إلى نحو ٤٥٦,٧٨٧ شخص في عام ١٤٣٠هـ.

وبالتالي يتوقع أن يصل إجمالي القادمين من خارج مكة المكرمة (للفتين) نحو ٨٨٦,٨٤٠ شخص في عام ١٤٣٠هـ، مما ينتج عنه معامل نمو إجمالي في رمضان مقداره ٥,٩٪ في السنة. وقد تم استخدام هذا المعدل لتقدير المصفوفات المستقبلية للرحلات، على أساس النمو الطبيعي فقط.

١-٢-٢-٥ البديل الثاني : فتح باب العمرة

تشير التوقعات إلى أن عدد القادمين من خارج المملكة (الفئة الثانية) سوف يصل بعد فتح باب العمرة إلى ١٠ ملايين معتمر خلال ١٠ شهور (خارج موسم الحج). كما يتوقع ازدياد عدد المعتمرين في شهر رمضان عن غيره من الشهور، بحيث يمكن أن يصل نحو مليون وربع مليون معتمر على مدار الشهر. ويفرض أن توزيع قرومهم هو بواقع ٣٠٪ خلال كل من العشرة أيام الأولى والوسطى منه (الفترة الأولى والثانية)، و ٤٠٪ خلال العشرة الأواخر منه (الفترة الثالثة)، ليلعب عدد القادمين من خارج المملكة (الفئة الثانية) في الفترة الثالثة نحو ٥٠٠,٠٠٠ زائر. وبالتالي يتوقع أن يبلغ إجمالي القادمين من خارج مكة

١-٥-١ تقدير حجم الطلب المستقبلي الناشئ عن النمو السكاني في رمضان

سوف يتم فيما يلي تقدير عدد الرحلات المتوقعة عام ١٤٣٠هـ. وستتم تقدير هذا النمو بالأخذ في الاعتبار كل البيانات المتوفرة من الجهات المختصة وتصريحات المسؤولين. ويمكن تقدير النمو المستقبلي لعدد الرحلات المتوقعة مستقبلاً على مدار العشر سنوات القادمة وذلك بالأخذ في الاعتبار كلا من سكان مكة المكرمة والقادمين من خارجها كلا على حدة، نظراً لاختلاف طبيعة نمو كل منهما، كما سيرد في الأجزاء القادمة.

١-١-٥-١ النمو المستقبلي لسكان مكة المكرمة

أشارت التقديرات المستقبلية للمخطط الهيكلي لمكة المكرمة (أمانة العاصمة المقدسة، ١٤٣٠هـ) إلى أنه يتوقع أن يصل عدد سكان مكة المكرمة إلى نحو ١,٧٩٥,٠٠٠ نسمة عام ١٤٣٠هـ، بمعامل نمو تقديري مقداره نحو ٣,٤٨٪ في السنة، أي بنسبة زيادة إجمالية مقدارها ٤٠,٨٪ عن عدد السكان الحالي (١٤٢١هـ)، البالغ ١,٢٧٥,٠٠٠ نسمة. وباستخدام معدل النمو هذا أمكن تقدير عدد رحلات السكان المتوقعة حتى عام ١٤٣٠هـ.

١-١-٥-٢ النمو المستقبلي للقادمين من خارج مكة المكرمة

يمكن تصنيف القادمين من خارج مكة المكرمة إلى فئتين مختلفتين هما:

أ - الفئة الأولى : القادمون من داخل المملكة.

ب - الفئة الثانية : القادمون من خارج المملكة.

وفي هذا السياق يمكن وضع أحد البديتين التاليين كأساس لتقدير النمو المستقبلي لأعداد القادمين من خارج مكة المكرمة خلال شهر رمضان:

- ١ - البديل الأول: وهو الخاص بالنمو الطبيعي فقط بدون فتح باب العمرة.
- ٢ - البديل الثاني : وهو الخاص بفتح باب العمرة ، بالإضافة للنمو الطبيعي.

٥-٢-١ النمو المستقبلي لحجاج الخارج
بتطبيق طريقة بوكس وجينكينز وباستخدام أعداد الحجاج الخارج في الفترة ١٣٩٠هـ-١٤٢٠هـ، أمكن تحديد النموذج المناسب للتنبؤ بأعداد حجاج الخارج. وتم تطبيق النموذج المعيار للتنبؤ بالأعداد المتوقعة لحجاج الخارج حتى عام ١٤٣٠هـ، حيث يتوقع أن يصل هذا العدد إلى ١,٤٦٢,١٠٩ حاج.

٥-٢-٢ النمو المستقبلي لحجاج الداخل
تشير الإحصائيات التاريخية لأعداد الحجاج إلى وجود تأثير ملحوظ لحوث وفترة عرفات في يوم الجمعة، حيث تزداد هذه الأعداد بصورة فجائية عن الأعوام السابقة لها مباشرة. وعلى ذلك فقد تم أولاً تحديد نموذج سلسلة زمنية للتنبؤ بأعداد حجاج الداخل بناء على الإحصائيات التاريخية الفعلية للفترة ١٣٩٠هـ-١٤٢٠هـ بدون أي تعديل، والذي تشير نتائجه إلى أن العدد المتوقع لأعداد حجاج الداخل عام ١٤٣٠هـ وفقاً لهذا النموذج هو ٧٨٩,٥١٥ حاج ثم تم إلغاء تأثير أيام الجمع من النموذج، حيث تم تعديل أعداد الحجاج في أعوام أيام الجمع لتساوي متوسط أعداد الحجاج في العام السابق والعام اللاحق لعام يوم الجمعة. وبناء عليه تم تحديد نموذج سلسلة زمنية آخر تشير نتائجه إلى أن العدد المتوقع لأعداد حجاج الداخل لعام ١٤٣٠هـ، باستخدام هذا النموذج، هو ٧٦٧,٥١٤ حاج.
من جانب آخر تشير الإحصائيات الفعلية إلى أن أعداد حجاج الداخل عام ١٤٠٣هـ قد وصلت إلى ١,٤٩٧,٧٩٥ حاج، ثم انخفض هذا العدد في العام التالي مباشرة (عام ١٤٠٤هـ إلى ٧٤٤,٨٠٧ حاج) أي بنسبة ٥٠٪ تقريباً، وذلك بسبب تطبيق سياسة على حجاج الداخل من قبل وزارة الداخلية (الإدارة العامة للجوازات) تسمح لهم بالحج مرة واحدة كل خمس سنوات. ولدراسة تأثير هذه السياسة تم تحديد النموذجين التاليين:

- ١- نموذج عن الفترة ١٣٩٠هـ - ١٤٠٣هـ.
- ٢- نموذج عن الفترة ١٤٠٤هـ - ١٤٢٠هـ.

المكرمة للفتين نحو ٩٣٠,٠٥٣ شخص في عام ١٤٣٠هـ، وذلك بإضافة عدد القادمين من الفئة الثانية (٥٠٠,٠٠٠ شخص) إلى العدد المتوقع من قبل اللجنة الأولى (٤٣٠,٠٥٣ شخص). وبناء على ذلك، يبلغ معامل النمو الإجمالي في هذه الحالة ٦,٤٪ في السنة. وقد تم استخدام هذا المعدل لتقدير المصفوفات المستقبلية للرحلات في رمضان، على أساس فتح باب العمرة.

٥-١-٣ نتائج تقدير الطلب المستقبلي على النقل الجماعي في رمضان بدون طلب كامل
بناء على معاملات النمو التي تم التوصل إليها أعلاه، فإنه يتوقع أن يصل إجمالي رحلات المصفوفة المستقبلية لتتفق رحلات مستخدمي حافلات النقل الجماعي في رمضان، على أساس النمو الطبيعي فقط، إلى ١٢٤,٤٣٣ رحلة-فرد/يوم في عام ١٤٣٠هـ. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي المناطق ٢٠,٦٣٤ رحلة، بنسبة ٤٩٪ من الإجمالي. ويمثل الجذب إلى المنطقة المركزية من باقي المناطق ٢١,٦٦١ رحلة، بنسبة ١٧٪ من الإجمالي.

وفي حال فتح باب العمرة، فإنه يتوقع أن يصل إجمالي رحلات المصفوفة المستقبلية لتتفق رحلات مستخدمي حافلات النقل الجماعي في رمضان إلى ١٢٧,٨٧٠ رحلة-فرد/يوم في عام ١٤٣٠هـ. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي المناطق ٢٢,٣٤٧ رحلة، بنسبة ٤٩٪ من الإجمالي. ويمثل الجذب إلى المنطقة المركزية من باقي المناطق ٢٢,١٠٨ رحلة، بنسبة ١٧٪ من الإجمالي.

٥-٢ تقدير حجم الطلب المستقبلي الناشئ عن النمو السكني في الحج
تم التنبؤ بالأعداد المستقبلية للحجاج عن طريق السلاسل الزمنية (طريقة بوكس وجينكينز، Vandaele, 1983) باستخدام بيانات أعداد الحجاج للأعوام الثلاثين السابقة. ولقد تمت دراسة كل من حجاج الخارج وحجاج الداخل على حدة، باعتبار أن هناك سياسات مختلفة لكل فئة منهم.

كما تم أيضاً حساب متوسط نسبة زيادة عدد الحجاج إذا كان الحج يوم جمعة، والذي وجد أنه يساوي ١,٣٥٪ من إجمالي أعداد الحجاج ليوم عرفات غير جمعة، والتي أخذت في الاعتبار لحساب إجمالي أعداد الحجاج في حالة حدوث وقفة عرفات في يوم جمعة.

وبناء على ذلك تم توقع الطلب المستقبلي في الحج لعام ١٤٣٠م على أساس البديلين التاليين:

١- البديل الأول: على أساس وقوع يوم عرفه في يوم من أيام الأسبوع غير يوم الجمعة (يوم عرفه غير جمعة).

٢- البديل الثاني: على أساس وقوع يوم عرفه في يوم جمعة (يوم عرفه جمعة).

٢-٤ نتائج تقدير الطلب المستقبلي على النقل الجماعي في الحج بدون طلب كامن يتوقع أن يصل إجمالي رحلات المصفوفة المستقبلية لتتفق رحلات مستخدمي الخدمة الداخلية لرحلات النقل الجماعي، على أساس يوم عرفه غير جمعة، إلى ٣٧,٦٥٧ رحلة-فرد/يوم في عام ١٤٣٠م. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي المناطق ١٧,٥٩٠ رحلة ، بنسبة ٢٣٪ من الإجمالي. ويمثل الجذب إلى المنطقة المركزية من باقي المناطق ٩,٢٦٨ رحلة ، بنسبة ٢٥٪ من الإجمالي.

أما على أساس يوم عرفه جمعة، فيتوقع أن يصل إجمالي رحلات المصفوفة المستقبلية لتتفق رحلات مستخدمي حالات النقل الجماعي إلى ٤٠,٤٩٩ رحلة-فرد/يوم في عام ١٤٣٠م. ويمثل الطرد من المنطقة المركزية إلى باقي المناطق ١٣,٥٤٠ رحلة، بنسبة ٣٣٪ من الإجمالي. ويمثل الجذب إلى المنطقة المركزية من باقي المناطق ٩,٩٦٨ رحلة، بنسبة ٢٥٪ من الإجمالي.

٥-٣ حجم الطلب المستقبلي الكامن على النقل الجماعي

بعد تقدير المصفوفة المستقبلية لتتفق رحلات مستخدمي حالات النقل الجماعي (بنون طلب كامن)، تم استنتاج مصفوفات تتفق رحلات وسائل النقل الأخرى (المشاة ومستخدمي

وكانت الأعداد المتوقعة للحجاج الداخل لعام ١٤٣٠م لكل من النموذجين هي ٣,٧٤٠,٩٨٦ حاج، و ٧٤٩,٩٨٦ حاج، على الترتيب. وهذا يوضح أن لجهة السياسة تأثير قوي على الأعداد المتوقعة للحجاج لعام ١٤٣٠م.

وحيث أن هذه السياسة مستمرة فقد تم تحديد نموذج سلسلة زمنية جديدة باستخدام بيانات الفترة ١٤٠٤م - ١٤٢٠م، ولكن بعد تعديل أعداد الحجاج لأعوام أيام الجمع، حيث تشير نتائج تطبيق النموذج إلى أن العدد المتوقع للحجاج الداخل لعام ١٤٣٠م هو ٧٥٠,٨٦٣ حاج. ويلاحظ عدم وجود فرق يذكر بين تقديرات هذا النموذج ونموذج الفترة الكاملة ١٣٩٠-١٤٢٠م السابق ذكره (٧٦٧,٥١٤ حاج).

٥-٣-٢ النمو المستقبلي لحجاج مكة المكرمة (المحلي)

كان إجمالي أعداد الحجاج المشاة في عام ١٤١٥م هو ٤٨٩,٣١٩ حاج، بينما كان تقدير مستخدمي المركبات هو ١,٩٨٧,٧٤١ حاج (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، ١٤١٥م). وبذلك يكون إجمالي العدد الفعلي لحجاج عام ١٤١٥م هو ٢,٤٧٧,٠٦٠ حاج، بينما العدد المعلن عنه، هو ٢,١٢١,٠٠٠ حاج. ويرجع هذا الفرق بين إجمالي عدد الحجاج الفعلي والرسمي المعلن إلى وجود فئة أخرى من الحجاج، هي الحجاج من سكان مكة المكرمة نفسها (حجاج مكة). وبالتالي فإن عدد حجاج مكة لعام ١٤١٥م كان حوالي ٣٥٦,٠٠٠ حاج، ويمثل نسبة مقدارها ١٦,٨٪ من إجمالي الحجاج الرسمي المعلن عنه. كما أن دراسة الحافلات الترددية لعام ١٤١٧م تؤكد هذه النسبة (معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، ١٤١٧م). واستخدمت هذه النسبة (معهد لتقدير عدد حجاج مكة المكرمة (المحلي) من إجمالي عدد الحجاج القادمين من داخل وخارج المملكة.

جدول رقم (١) : أقصى نسبة تحول ممكنة إلى حافلات النقل الجماعي من وسائل النقل الأخرى.

نوع المستخدم	رمضان	الحج
سكان مكة المكرمة	٪٢٨,٥	٪٢٧,٦
زوار مكة المكرمة	٪١٨,٨	٪١٨,٩

جدول رقم (٢) : حجم الطلب الحالي والمستقبلي، على النقل الجماعي في رمضان والحج.

الموسم	أساس النمو	نوع الطلب	حجم الطلب (رحلة-فرد)	
			هـ ١٤٢١	هـ ١٤٣٠
رمضان	على أساس النمو الطبيعي	بيون طلب كامل بتحول أقصى طلب كامل	٧٠,٠٠٠	١٢٤,٤٣٣
	على أساس فتح باب العمرة	بيون طلب كامل بتحول أقصى طلب كامل	٧٠,٠٠٠	١,١٤٧,٦٣٣
	يوم عرفة غير جمعة	بيون طلب كامل بتحول أقصى طلب كامل	٣٤,٥١٨	٣٧,٦٥٧
الحج	يوم عرفة جمعة	بيون طلب كامل بتحول أقصى طلب كامل	٣٤,٥١٨	٢٨٩,٢٣٤
	يوم عرفة جمعة	بيون طلب كامل بتحول أقصى طلب كامل	٣٤,٥١٨	٤٠,٤٩٩
		بتحول أقصى طلب كامل	٢٣١,٧٧٣	٧٤١,٢٤١

السيارات الخاصة ومستخدمي سيارات الأجرة) في رمضان والحج، وذلك بناء على نتائج المقابلات التي تم إجراؤها على عينة من سكان مكة المكرمة وغير سكانها من معتمرين وحجاج. وقد أمكن التعرف على نسبة أولئك الذين يمكنهم التحول من استخدام السيارة الخاصة وسيارات الأجرة إلى استخدام حافلات النقل الجماعي، في حال تحسينها، في موسمي رمضان والحج (جدول رقم ١). ويمكن تقدير أقصى طلب كامل ممكن أن يتحول من وسائل النقل الأخرى إلى حافلات النقل الجماعي فيما لو تم تحسينها من خلال ضرب هذه النسب في مصفوفات تنفق رحلات وسائل النقل الأخرى.

ويخصص الجدول رقم (٢) نتائج تقدير حجم الطلب الحالي والمستقبلي، حتى عام ١٤٣٠هـ، على النقل الجماعي في رمضان والحج، في كل من حالتي تحول أقصى طلب كامل وعدم ذلك.

٢- الخلاصة

سمت هذه الدراسة لتقدير حجم الطلب الحالي والمستقبلي (١٤٣٠هـ) على الخدمة الداخلية لحافلات النقل الجماعي في مدينة مكة المكرمة خلال موسمي رمضان والحج. وقد أمكن تحقيق ذلك من خلال إجراء مسوحات ميدانية مكثفة خلال تلك المواسم واستخدام نموذج رياضي يقرر حجم الطلب بين مناطق التحليل المرورية من خلال بيانات الركاب الصاعدين والنازلين عند كل محطة من محطات توقف عينة من الحافلات العاملة على كل خط من خطوط الخدمة الداخلية في مكة المكرمة. وتشير النتائج إلى أن حجم الطلب الحالي في رمضان يبلغ ٧٠,٠٠٠ رحلة-فرد/يوم، في حين يبلغ فقط حوالي نصف ذلك في أيام الحج. ولا يشكل حجم الطلب الحالي على حافلات النقل الجماعي في رمضان سوى ٪٢,٧٥ من إجمالي الرحلات اليومية التي تتم بمختلف وسائل النقل، وتبلغ النسبة المقابلة في الحج ٪١,٢٥ فقط.

4. Bell, M.G.H. "The Estimation of an Origin-Destination Matrix from Traffic Counts", Transportation Science, Vol. 17(2), pp.198-217, 1983.
5. El-Badawy, Ahmed. "Bus Allocation Procedure and its Application to Shoubra Corridor", Master Thesis, Cairo University 1981.
6. Ortuzar, J.D. and L.G. Willumsen. Modelling Transport. Second Edition Wiley: 1994.
7. Robillard, P. "Estimating the OD Matrix from Observed Link Volumes", Transportation Research, Vol. 9, pp.123-128, 1975.
8. Vandaele, Walter. Applied Time -- Series And Box-Jenkins Models . Academic Press, 1983.
9. Yang, H., T. Sasaki, Y. Iida and Y. Asakura "Estimation of Origin-Destination Matrices from Link Traffic Counts on Congested Networks", Transportation Research-B, Vol.26B(6), pp.417-434, 1992.

وقد تم تقدير الطلب المستقبلي على خدمات النقل العام في مدينة مكة المكرمة لرمضان باستخدام تصورين متوقعين للنمو المستقبلي، أحدهما على أساس النمو الطبيعي فقط، والآخر على أساس فتح باب العمرة، بالإضافة للنمو الطبيعي. أما في الحج، فتم تقدير الطلب المستقبلي في حالة موافقة يوم عرفة ليوم الجمعة وفي حالة عدم ذلك. ويلخص الجدول رقم (٢) حجم الطلب المستقبلي على حافلات النقل الجماعي لتلك التصورات، لحالة تحول أقصى طلب كامل من وسائل النقل الأخرى إلى خدمة حافلات النقل الجماعي، عند تحسينها، وحالة عدم ذلك.

وتشير تلك التقديرات إلى أن حجم الطلب يمكن أن يتضاعف حتى عشرة أمثاله الآن في رمضان و ١٨ مرة في الحج، لو قامت الجهات المسؤولة عن النقل العام بالمدينة باتخاذ كافة التسهيلات التي تتضمن تقديم خدمة نقل عام بالحافلات ذات كفاءة وموثوقية عالية تشجع المتقنين حالياً في وسائل نقل أخرى على التحول نحو خدمة النقل العام بالحافلات، وهذا ما توصلوا به الدراسة.

شكر وتقدير: يتقدم المؤلفون بخالص الشكر والتقدير إلى الشركة السعودية للنقل الجماعي وإلى مكتب البيئة الاستشاري على دعمهم لهذه الدراسة. وبالطبع فإن هذه الورقة تعبر عن آراء كاتبها فقط.

المراجع

١. أمانة العاصمة المقدسة، المخطط الهيكلي لمكة المكرمة، التقرير الفني، ١٤٢٠هـ.
٢. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، دراسة نقل الحاج بالحافلات الترددية، ١٤١٥هـ.
٣. معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج، دراسة نقل الحاج بالحافلات الترددية، ١٤١٧هـ.

Estimating Current and Future Demand on Public Transit in Makkah Al-Mukarramah During Umara and Hajj Seasons

Dr. Saad A. AlGadhi¹, Prof. Ahmed A. Abdelmegeed²,
Eng. Bassam A. Al-Bassam³

1. Associate Professor, Civil Engg. Dept., King Saud University, Riyadh.
2. Researcher, Custodian of the two Holy Mosques Institute for Hajj Reseach, Makkah Al-Mukarramah
3. Intracity Transport Director, Saudi Arabian Public Transport Co., Riyadh

Abstract

Unlike that of other world cities, traffic movement in Makkah city encounter Hajj and Umara peak seasons. Therefore, demand on transport during these periods includes that of the large number of visitors, in addition to that of the residents. This paper have attempted to estimate the current and future (1430H) demand on the intracity bus transit service in Makkah during Ramandan and Hajj seasons. This was accomplished by conducting a number of comprehensive surveys and utilizing a mathematical model that estimates the origin-destination demand matrices, of the 26 traffic analysis zones of the city, based on the on/off passenger count at bus stops along the different routes. The results indicate that the current demand in is 70,000 person-trips per day in Ramadan, and half of that during Hajj. Furthermore, the current demand on public transit buses during Ramadan reprints only 2.75% of total trips by the available different modes; the corresponding percentage during Hajj is only 1.25%. The study also predicted that the future potential demand on bus transit during Ramadan and Hajj could increase by ten and eighteen folds, respectively, if bus transit service is enhanced to be so effective and reliable to attract the huge unserved latent demand.