وزارة المواصلات
MINISTRY OF TRANSPORT

قطر Qatar 2050
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر

نموذج النقل الإستراتيجي

الكتاب الأول: الملخص

ديسمبر 2020

نقل متكامل ومستدام للجميع

INTEGRATED & SUSTAINABLE TRANSPORT FOR ALL

ملاحظة:

يرجى العلم أن أي إشارة أو ذكر لـ "وزارة المواصلات والاتصالات" واختصارها "MOTC" في هذا التقرير، أصبحت تشير حالياً إلى "وزارة المواصلات" و اختصارها "MOT".

Note:

Please note that any reference or mention of the "Ministry of Transport and Communications" and its abbreviation "MOTC" in this report, now refers to the "Ministry of Transport" and its abbreviation "MOT".

تنويه

قامت وزارة المواصلات والاتصالات بإعداد هذا التقرير وفقاً لأحدث الممارسات العالمية في هذا المجال وبناءً على المعلومات، الإحصائيات والبيانات المتوفرة عند إعداد هذا التقرير. وعليه يجب التأكيد على أن وزارة المواصلات والاتصالات، لا تجيز أو تتعهد أو تُصادق على أن تكون المعلومات المتضمنة في هذا التقرير خالية من أي نوع من العيوب أو القصور.

لذا إن استخدام هذا التقرير لأي عمل، لا يعفي المستخدم من استخدام أحدث الممارسات العالمية، وإتباع الأساليب الهندسية الصحيحة وفقاً لأحدث التقنيات العالمية المتبعة، كما أنه لا يخول للمستخدم المطالبة أو استلام أي نوع من التعويض عن الأضرار أو الخسائر التي يمكن أن تُعزى إلى هذا الاستخدام.

يجب التقدم بطلب رسمي من وزارة المواصلات والاتصالات في دولة قطر للحصول على النسخة الأولى من هذا التقرير. يجوز للمستخدم عرض محتويات التقرير ونسخها وطباعتها لاستخدام الخاص فقط، شريطة أن تحمل جميع النسخ والمطبوعات الخاصة بالمحتويات حقوق النشر وإشعارات الملكية وإخلاء المسؤولية الأخرى المعروضة على التقرير. كما لا يجوز للمستخدم الإعلان أو نشر أو الإفصاح عن البيانات و / أو الكشف عن أي معلومات مدرجة في هذا التقرير على الإطلاق دون موافقة كتابية مسبقة من قبل وزارة المواصلات والاتصالات

بالنسبة إلى التغييرات أو الإصدارات المستقبلية، ستقوم الوزارة بتوفيرها ويمكن الحصول عليها من خلال الاتصال بالإدارة المخولة في الوزارة. وعليه يتوجب على المستخدم التحقق بشكل متواصل بأن لديهم أحدث إصدار من هذا التقرير.

ملاحظة: ستقوم وزارة المواصلات بمواصلة تحديث وتعديل هذا التقرير مع الأخذ بعين الاعتبار النظريات الجديدة وأحدث الأساليب التكنولوجية والمواضيع المُستجدة التي تتعلق بتخطيط وتحليل وتصميم أنظمة النقل والمرور.

إن وزارة المواصلات والاتصالات تشجع المستخدم على تقديم الملاحظات والاقتراحات والتعليقات وردود الأفعال وذلك من خلال قنوات الاتصال الخاصة بالوزارة حيث سوف يتم مراجعة هذه الملاحظات والاقتراحات ومن ثم تقييمها وإمكانية إدراجها ضمن الإصدار القادم من التقرير.

حقوق النشر © 2020 . كل الحقوق محفوظة.

الفهرس

قائمة المصطلحات i
الاختصارات v
01 تمهيد (Background) 1-1
1.1 تطوير خطة استراتيجية شاملة للنقل 1-1
1.2 مميزات نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر 1-4
1.3 انجازات المشروع الرئيسية والمخرجات 1-6
02 مبادئ تطوير نموذج النقل ومعالجة البيانات(Modelling Basis and Data Input) 2-1
2.1 مراجعة البيانات المتوفرة والتقارير الحالية أو السابقة المتعلقة بالنقل البري في دولة قطر 2-1
2.2 أفضل الممارسات العالمية 2-6
2.3 المسوحات والبيانات المستخدمة في تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر 2-12
2.3.1 شبكة الطرق 2-14
2.3.2 شبكة النقل العام 2-14

2.3.3 المقابلات الأسرية 2-15
2.3.4 المسوحات المرورية 2-17
03 نموذج الطلب على النقل (Demand Model) 3-1
3.1 نظرة عامة على نموذج الطلب على النقل 3-1
3.2 بنية نموذج الطلب (Demand Model) 3-2
3.3 مواصفات تصميم نموذج النقل QABM 3-3
3.4 نموذج تمثيل التركيبة للسكان (Popgen) 3-5
3.5 نموذج إمكانية الوصول خلال ساعات اليوم (Accessibility Indicators) 3-9
3.6 توقعات أنشطة السكان الأساسية واختيار وسيلة النقل (CEMSELTS) 3-11
3.7 محاكاة البرامج اليومية لأنشطة الأفراد واختيار وسيلة النقل للقيام بها (CEMDAP) . 3-11
3.8 البيانات الأساسية المطلوبة في نمذجة الطلب على النقل 3-14
04 نموذج العرض لأنظمة وشبكات النقل (Supply Model) 4-1
4.1 نظرة عامة على نموذج العرض لأنظمة النقل (Supply Model) 4-1
4.2 مناطق التحليل المروري (Traffic Analysis Zones) 4-2
4.3 نموذج شبكة الطرق (Road Network Model) 4-6

4.3.1 ترميز شبكة الطرق (Road Network Coding) 4-6
4.3.2 مواصفات نموذج أنظمة النقل الخاصة (Transport Model Specifications
(Private) 4-11
4.3.3 التحقق من عدم وجود الأخطاء في نموذج شبكة الطرق 4-13
4.4 نموذج النقل العام (Public Transport Network Model) 4-14
4.4.1 عناصر نموذج النقل العام (Public Transport Model Features) 4-14
4.4.2 التحقق من عدم وجود الأخطاء في نموذج النقل العام (Error Checking) 4-18
4.4.3 معايرة نموذج النقل العام 4-20
4.5 نموذج مواقف المركبات 4-21
4.6 نموذج خدمة "اركن وتنقل" 4-25
4.6.1 مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" 4-28
4.6.2 معايرة نموذج خدمة "اركن وتنقل" 4-30
05 تكامل نموذج النقل (Integrated QABM) 5-1
5.1 عناصر نموذج النقل QABM 5-1
5.2 خصائص التقارب في نموذج النقل QABM 5-3

5.3 البنية العامة لنموذج النقل QABM 5-4
5.4 الزمن التشغيلي لنموذج النقل QABM 5-6
06 معايرة ومطابقة نموذج النقل لسنة الأساس (QABM Calibration and Validation) 6-1
6.1 معايرة نموذج النقل (QABM Calibration) 6-3
6.1.1 معايرة نموذج الطلب على النقل 6-4
6.1.2 معايرة معاملات الطرق والتقاطعات في نموذج شبكة النقل 6-6
6.1.3 معايرة نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام 6-10
6.2 مطابقة نتائج نموذج النقل (QABM Validation) 6-11
6.2.1 مطابقة نموذج الطلب على النقل (نموذج محاكاة انشطة السكان) 6-12
6.2.2 التحقق من صحة نموذج شبكة الطرق 6-14
6.2.3 التحقق من صحة نتائج نموذج شبكة النقل العام 6-18
07 النماذج المرجعية للسنوات المستقبلية (Horizon Years Models) 7-1
7.1 تعريف السنوات المستقبلية المرجعية 7-1
7.2 بيانات التخطيط للسنوات المستقبلية المرجعية 7-1
7.2.1 السكان 7-2

7.2.2 الوظائف 7-4
7.3 توقعات الطلب على النقل 7-7
7.3.1 المستقبلي لعام 2025م QABM نموذج النقل 7-7
7.3.2 المستقبلي لعام 2030م QABM نموذج النقل 7-7
7.3.3 المستقبلي لعام 2035م QABM نموذج النقل 7-8
7.3.4 المستقبلي لعام 2050م QABM نموذج النقل 7-8
7.4 نماذج شبكات النقل 7-9
7.4.1 نموذج شبكة الطرق 7-9
7.4.2 نموذج شبكة النقل العام 7-12
7.5 أداء نظام النقل في السنوات المستقبلية 7-14
7.5.1 شبكة النقل الخاص 7-15
7.5.2 شبكة النقل العام 7-17
08 حساسية النموذج لخيارات سياسات النقل (QABM Sensitivity) 8-1
8.1 تحليل خيارات سياسات النقل 8-1
8.2 الخيارات الاستراتيجية لتطبيق سياسات النقل 8-2

8.2 الخيارات الاستراتيجية لتطبيق سياسات النقل 8-2
8.3 نتائج تحليل اختبار حساسية النموذج 8-4
8.3.1 تكلفة الوقود (Fuel Cost) 8-5
8.3.2 رسوم استخدام الطرق في المناطق المزدحمة (Charges at Roads Congestion) 8-5
8.3.3 رسوم استخدام مواقف المركبات 8-6
8.4 تحليل فرص تطوير شبكة النقل وأولوياتها - سيناريو اختبار الاجهاد 8-7
8.4.1 منهجية نمذجة سيناريو اختبار الاجهاد 8-7
8.4.2 نتائج سيناريو اختبار الاجهاد على شبكة الطرق 8-9
8.4.3 نتائج سيناريو اختبار الاجهاد على شبكة النقل العام 8-10
8.5 استراتيجيات تطوير استخدامات الأراضي والتكامل مع نظام النقل 8-11
09 برامج نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر (QABM Software) 9-1
9.1 وصف واجهة المستخدم التوضيحية في برنامج تشغيل النموذج 9-1
9.2 خصائص واجهة المستخدم التوضيحية (GUI) 9-3
9.3 إجراءات التشغيل 9-3

10 منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي (Transportation Model Visualizer (Qatar 10-1

11 الاستنتاجات والتوصيات (Conclusion and Recommendations) 11-1

الجداول

جدول 1.1: مراحل ومهام تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM) 1-7

جدول 1.2 : المسوحات التي أجريت لتطوير نموذج النقل QABM 1-8

جدول 1.3: المخرجات الرئيسية والتقارير النهائية للمشروع 1-10

جدول 2.1: قائمة التقارير التي تمت مراجعتها 2-2

جدول 2.2: مقارنة صفات نماذج النقل المستخدم ضمن مراجعة أفضل الممارسات العالمية
لتخطيط النقل 2-8

جدول 2.3: تحليل نقاط القوة والضعف وفرص نجاح والمخاطر الكامنة في منهجية تطوير ن
موذج النقل QABM 2-12

جدول 2.4: نتائج الرحلات من المقابلات الأسرية HHI 2-17

جدول 3.1: مقارنة بين الإحصاءات الفعلية والتركيبة الحسابية للسكان على مستوى دولة قطر 3-7

جدول 3.2: مقارنة بين الإحصاءات الفعلية ونتائج نموذج تمثيل التركيبة الحسابية للسكان على
مستوى البلديات 3-8

جدول 4.1: ملخص لعناصر شبكات النقل في نموذج النقل QABM 4-2

جدول 4.2: التعديلات والتحديثات التي أجريت على نموذج النقل العام 4-18

جدول 4.3: احصائيات الاختبار لمعايرة نموذج النقل العام 4-21

جدول 4.4: أسماء منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" ضمن نموذج النقل QABM 4-29

جدول 6.1: معاملات معادلات حجم/تأخير مروري (VDFs) ضمن نموذج النقل QABM حسب التصنيف
الوظيفي للطرق 6-9

جدول 6.2: نتائج معايرة نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام 6-11

جدول 6.3: نتائج التحليل الإحصائي حسب معيار "(Goodness-of-Fit)" لتعيين مسارات الرحلات في
شبكة النقل العام 6-19

جدول 8.1: الاستراتيجيات المقترحة وآليات تنفيذ خيارات سياسات النقل 8-3

الاشكال

شكل 2.1 : بيانات تركيب نموذج الامداد 2-13
شكل 2.2 : بيانات تركيب نموذج الطلب 2-13
شكل 2.3 : بيانات المسوح(الدراسات الاستقصائية) 2-16
شكل 2.4 : مواقع المسوحات المرورية 2-17
شكل 3.1 : مخطط الهيكلية العامة لنموذج النقل QABM 3-3
شكل 3.2 : مناطق التحليل المرورية - خرائط تظهر مؤشرات سهولة الوصول خلال 20 دقيقة في
ساعة الذروة الصباحية 3-10
شكل 3.3 : مثال على جدول يومي لأسرة مكونة من 3 أشخاص 3-14
شكل 4.1 : مثال على التعديلات التي أجريت على حدود مناطق التحليل المروري السابقة في
لكي تتوافق وحدود مربعات التعداد السكاني QSTM نموذج 4-3
شكل 4.2 : توافق حدود مناطق التحليل المروري وحدود مناطق التخطيط السكاني 4-4
شكل 4.3 : توافق حدود مناطق التحليل المروري الحالية وحدود البلديات في دولة قطر 4-5
شكل 4.4 : التحقق من صحة بيانات طوبولوجيا الطرق وتحديث تصنيفها 4-7

شكل 4.5 : تطور نموذج شبكة الطرق 4-8
شكل 4.6 : دقة التفاصيل المستخدمة في ترميز شبكة الطرق 4-9
شكل 4.7 : تصنيف الطرق على المستوين الوطني (جهة اليسار) ومنطقة الدوحة الكبر (جهة اليمين) 4-10
شكل 4.8 : تطور نموذج النقل العام 4-15
شكل 4.9 : مخرجات نموذج الركن وتكامل نموذج النقل ونموذج شبكة الطرق 4-24
شكل 4.10 : الطاقة الاستيعابية المتبقية خلال ساعات الليل في منطقة الدوحة الكبرى (أ)
للمواقف الجانبية للطرق و(ب) مواقف المنشآت 4-25
شكل 4.11 : عملية ربط نموذج خدمة "اركن وتنقل" بنموذج قطر للنقل QABM 4-28
شكل 4.12 : مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" ضمن نموذج النقل QABM 4-30
شكل 5.1 : تكامل اجراءات نموذج النقل 5-2
شكل 5.2 : الاجراء الكلي لنموذج النقل 5-7
شكل 6.1 : معايرة والـتأكد من صحة نتائج نموذج النقل 6-3
شكل 6.2 : مقارنة التوزع النسبي لمتوسط المدة الزمنية لأنشطة السكان اليومية بين نموذج
النقل وبيانات المقابلات الأسرية 6-5
شكل 6.3 : أنماط توزع أنشطة السكان على ساعات اليوم لكل نشاط 6-6

شكل 6.4 : مقارنة توزع نسب استخدام وسائل النقل من الرحلات اليومية بين مخرجات نموذج ونتائج المقابلات الأسرية QABM النقل 6-13

شكل 6.5 : مقارنة وتيرة التوقف أثناء جولات الأفراد اليومية بين مخرجات نموذج النقل 6-14

شكل 6.6 : خطوط المسح الشعاعية (اللون الأزرق) والدائرية (باللون الأحمر) لتحديد مواقع العد الآلي للمركبات واستخدامها في التحقق من صحة نتائج نموذج النقل QABM..... 6-17

شكل 6.7 : مقارنة بين زمن الرحلات الممسوحة ميدانياً من جهة والمتوقعة في نموذج QABM من جهة أخرى خلال ساعات الذروة الصباحية (على اليسار) والمسائية (على اليمين) 6-18

شكل 7.1 : حجم السكان وتصنيفه في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 7-4

شكل 7.2 : حجم الوظائف وتصنيفها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 7-6

شكل 7.3 : توقعات الطلب على النقل في نموذج النقل QABM -إجمالي النقل (يسار) والنقل العام (يمين) 7-9

شكل 7.4 : تطور شبكة الطرق في نموذج النقل QABM لسنة الأساس 2018م حتى عام 2050م 7-11

شكل 7.5 : شبكة النقل العام في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية -2025 2030م 7-13

شكل 7.6 : شبكة النقل العام في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية -2025 2050م 7-14

شكل 7.7 : المسافة الكلية المقطوعة بالمركبة وزمن الرحلة الكلي في فترة الذروة الصباحية 7-16

شكل 7.8 : المسافة المقطوعة للركاب، إجمالي عدد الرحلات والتحويلات باستخدام وسائل النقل العام في فترة الذروة الصباحية 7-18

شكل 8.1 : إطار النمذجة واختيار السياسات 8-4

شكل 8.2 : التوجه في الطلب المتوقع-استخدام المركبات(يسار) واستخدام النقل العام (يمين) 8-6

شكل 8.3 : نسبة استخدام وسائل النقل خلال فترة الذروة الصباحية - السنة الأساس (يسار) و التصور لاختبار الاجهاد (يمين) 8-9

شكل 8.4 : نسبة الحجم المروري إلى الطاقة الاستيعابية للتصور الأساسي للسنة المستقبلية 2050 خلال الذروة الصباحية 8-12

شكل 8.5 : الحجم المروري و اتجاهات الطلب على طريق الدوحة السريع 8-14

شكل 9.1 : واجهة المستخدم التوضيحية في نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر QABM 9-2

شكل 9.2 : اجراءات المحاكاة للنموذج المتكامل (QABM) 9-4

شكل 10.1 : رسم توضيحي لعمليات وأدوات منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي والربط مع نظام المعلومات الجغرافية 10-2

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

قائمة المصطلحات

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

قائمة المصطلحات

الرقم	المقابل بالإنجليزية	المقابل بالعربية	التعريف
1	Access Time	زمن الوصول	الزمن المستغرق للتنقل من مركز منطقة التحليل المروري على الرابط (Connector) للوصول إلى أقرب نقطة في شبكة الطرق
2	BPR function	المعادلة BPR	هي دالة تقدير التكلفة تم تطويرها من قبل إدارة الطرق العامة في الولايات المتحدة الأمريكية ويتم استخدامها لتقدير زمن الرحلة في نموذج النقل نسبة إلى درجة تشبع (Saturation) الطرق.
3	Calibration	المعايرة	تقنية تهدف إلى تقليل الفرق بين نتائج النمذجة والبيانات التي تم جمعها من خلال المسوحات والمقابلات.
4	Connector	الرابط	المسارات ومعلومات تفصيلية عن أوقات المغادرة والوصول من وإلى شبكة الطرق
5	Convergence	التقارب	توازن أو وضع متوازن بين نتائج نموذجين مترابطين. تعيين التقارب أو التطابق هو الذي تكون فيه توزيع التدفقات المرورية وقيم تكاليف التنقل الناتجة من النموذجين متسقة.
6	Convergence Criteria	معايير التقارب	قيم مقاييس التقارب المسلم بها على أنه تم التوصل إلى مستوى كاف من التقارب أو التوازن من خلال هذه القيم.
7	CT-RAMP	نماذج CT-RAMP	مجموعة من النماذج التي تم تطويرها في الولايات المتحدة الأمريكية التي تشترك في تصميم نمذجة النقل المنسق - تصميم نمذجة أنشطة السكان الإقليمي ومنصة برمجيات لتمثيل تداخل هذه الأنشطة بين أفراد الأسرة.
8	DaySim	برنامج DaySim	برنامج لنمذجة ومحاكاة أنشطة السكان والتنقل لكل شخص في الأسرة ضمن منطقة جغرافية معينة
9	Egress Time	زمن الوصول	في تمثيل النموذج ، الوقت المستغرق في التنقل من شبكة الطرق على الرابط إلى مركز منطقة التحليل المروري.
10	GDA	منطقة الدوحة الكبيرة	منطقة الدوحة الكبيرة
11	Headway-Based Assignment	تعيين المسارات على أساس فترة التباعد	نموذج لتوزيع الركاب على خطوط النقل العام على أساس فترة التباعد بما يحقق أقل زمن للرحلات على شبكة النقل العام.
12	Highway Assignment Model	تعيين المسارات على شبكة الطرق	نموذج لتوزيع مسارات رحلات المركبات للركاب والشحن على نموذج شبكة الطرق.

(يتبع في الصفحة التالية)

الرقم	المقابل بالإنجليزية	المقابل بالعربية	التعريف
13	In-Vehicle Time	زمن الرحلة داخل المركبة	الزمن المستغرق للتنقل داخل مركبة النقل العام
14	Journey Time	زمن الرحلة	الزمن الفعلي المستغرق للرحلة للوصول من المنشأ إلى المقصد
15	KML	لغة KML	احدى لغات البرمجة التي تستخدم في الشرح الجغرافي والتصوير ضمن خرائط متعددة الابعاد
16	KMZ file	ملف KMZ	ملف يقوم بتخزين مواقع الخرائط المعروضة في تطبيق جوجل ايرث
17	Level-of-Service ((LOS	مستوى الخدمة	مقياس كمي أو نوعي لفعالية أداء البنية التحتية لشبكة النقل.
18	Link Types	انواع وصلات الطرق	هو تصنيف لوصلات الطرق ذات الخصائص نفسها في برنامج VISUM حيث يتم استخدامها لتعيين سمات الارتباط القياسية التي تحدد الخصائص المرورية للطرق مثل السعة وعدد المسارات والسرعة الحرة.
19	LTPD 2016	نموذج LTPD 2016	أحد إصدارات نموذج QSTM من قبل إدارة تخطيط النقل البري لسنة الأساس ٢٠١٦م
20	Micro-Simulation Model	نموذج المحاكاة الدقيقة	نموذج ديناميكي يحاكي قرارات السائق الفردية ومسارات المركبات على شبكة النقل
21	Mowasalat	مواصلات	الشركة العامة لإدارة خطوط النقل العام بالحافلات في دولة قطر.
22	Number Transfers	عدد التحويلات	إجمالي عدد التحويلات لكل رحلة بين خطوط النقل العام
23	Off-Vehicle time	الزمن خارج المركبة	الزمن المستغرق الكلي للتنقل للرحلة خارج مركبة النقل العام مثل زمن المشي للوصول من وإلى محطة النقل العام
24	Origin Wait Time	زمن الانتظار عند المنشأ	الزمن المستغرق عند المحكة في انتظار الصعود إلى وسيلة النقل العام
25	Park 'n' Ride	مواقف اركن وتنقل	منطقة مواقف مركبات عند محطات النقل العام للوصول إلى خدمات النقل العام، تحتوي أيضا على مناطق لتحميل وتزيل الركاب
26	Pedestrian	المشاة	رحلات التنقل بالمشي من دون استخدام مركبات النقل العام
27	Perceived Journey Time	زمن الرحلة الحسي	الزمن الملموس من قبل الشخص للوصول من المنشأ إلى المقصد لكل رحلة
28	PTrips Linked >2	رحلة بأكثر من تحويلان	إجمالي عدد الرحلات التي يتم من خلالها التحويل لأكثر من خطين بين خطوط النقل العام أثناء الرحلة الواحدة

(يتبع في الصفحة التالية)

قائمة المصطلحات

الرقم	المقابل بالإنجليزية	المقابل بالعربية	التعريف
29	PTrips Linked 0	رحلة من غير تحويلات	عدد رحلات ركاب النقل العام بدون تحويلات أثناء الرحلة الواحدة
30	PTrips Linked 1	رحلة بتحويل واحد	عدد رحلات ركاب النقل العام مع تحويل واحد فقط بين خطوط النقل العام أثناء الرحلة الواحدة
31	PTrips Linked 2	رحلة بتحويلان	عدد رحلات ركاب النقل العام مع تحويلين بين خطوط النقل العام أثناء الرحلة الواحدة
32	QRail	قطر ريل	شركة سكك الحديد القطرية (الريل)، والمسؤولة عن تنفيذ وتشغيل النقل بالسكك الحديدية في دولة قطر.
33	QSTM 1.0	نموذج قطر للنقل الاستراتيجي 1.0	أحد إصدارات نموذج قطر للنقل الاستراتيجي QSTM من قبل إدارة تخطيط النقل البري
34	QSTM 2.0	نموذج قطر للنقل الاسترتيجي 2.0	أحد إصدارات نموذج قطر للنقل الاستراتيجي QSTM من قبل إدارة تخطيط النقل البري
35	QSTM 2.0b	نموذج قطر للنقل الاسترتيجي b2.0	أحد إصدارات نموذج قطر للنقل الاستراتيجي QSTM من قبل إدارة تخطيط النقل البري
36	Route choice	اختيار المسار	عملية اختيار المسار الأمثل بين مسارات الطرق البديلة على أساس زمن التنقل أو التكلفة
37	Timetable-Based Assignment	تعيين المسارات على أساس الجدول الزمني	نموذج لتوزيع الركاب على خطوط النقل العام على أساس الجدول الزمني المفصل بما يحقق أقل زمن للرحلات على شبكة النقل العام.
38	TModel	نموذج T	معادلة التكلفة لتمثيل أو التنبؤ بمتوسط زمن التأخير عند تقاطعات الطرق اعتمادًا على إجمالي حجم حركة المرور.
39	Total Num Transfers	العدد الكلي للتحويلات	إجمالي عدد التحويلات بين خطوط النقل العام لجميع الرحلات التي تمت بواسطة مركبات النقل العام.
40	Transfer Wait Time	زمن الانتظار خلال التحويل	الزمن المستغرق خلال الانتظار أثناء التحويلات بين خطوط النقل العام
41	Validation	مطابقة النموذج	مقارنة مخرجات النموذج والبيانات الفعلية من المسوحات المرورية والمقابلات
42	Validation Acceptability	قبول النموذج	النسبة المقبولة من الحالات التي يتم فيها استيفاء معايير التحقق من صحة النموذج.
43	Validation Criteria	معايير مطابقة النموذج	المعايير المستخدمة ضمن عملية مطابقة النموذج وتحديد من خلالها قبول النموذج ومقاربته للوضع الفعلي.

(يتبع في الصفحة التالية)

الرقم	المقابل بالإنجليزية	المقابل بالعربية	التعريف
44	VISEM	نموذج VISEM	نموذج الطلب حسب مبدأ سلوك التنقل للأفراد (يستند إلى سلسلة النشاط)
45	VISEVA	نظام نمذجة VISEVA	نظام نمذجة الطلب للنقل التجاري أو الشحن داخل المدن والإقليمي
46	VISUM	برنامج VISUM	برنامج لتحليل حركة المرور والتنبؤ المستقبلي للنقل.
47	Volume Delay (Function (VDF	دالة للعلاقة بين الحجم المرورية إلى التأخير	معادلة تستخدم في نماذج تعيين حركة المرور، يتم استخدام VDF للتعبير عن زمن التنقل على الطرق (أو من خلال التقاطعات) كدالة للتأخير حسب حجم حركة المرور والطاقة الاستيعابية.
48	Walk Time	زمن المشي	الزمن المستغرق في المشي على شبكة النقل للرحلة

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

الاختصارات

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

الاختصارات

الرقم	الاختصار	المعنى	الرقم	الاختصار	المعنى
1	ABM	نموذج قائم على الأنشطة	30	OP	الموقف عند بداية الرحلة (المنشأ)
2	ACT	وقت الدخول	31	OVT	الزمن خارج المركبة
3	AM	فترة الذروة الصباحية	32	P	موقف
4	ATC	عدادات مرور اوتوماتيكية	33	Park & Ride	مواقف اركن وتنقل
5	BPR	إدارة الطرق العامة	34	PD	الموقف عند نهاية الرحلة (المقصد)
6	BRT	خط باص سريع	35	PM	فترة الذروة المسائية
7	CBD	منطقة عمل مركزية	36	PopGen	نموذج تمثيل التركيبة السكانية
8	CEMDAP	النموذج الاقتصادي القياسي لمحاكاة الأنشطة ونمط التنقل اليومي للسكان	37	PrT	النقل الخاص
9	CEM-SELTS	النموذج الاقتصادي القياسي الشامل لمحاكاة الخصائص الاجتماعية-الاقتصادية واستخدام الأراضي وأنظمة النقل	38	PT	النقل العام
10	EGT	زمن الوصول	39	PUMS	عينة البيانات الجزئية لاستخدام العامة
11	GB	جيجا بايت	40	PuT	النقل العام
12	HGV	مركبات نقل البضائع الثقيلة	41	QABM	نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر
13	HHI	مقابلة الأسرة	42	QAR	ريال قطري
14	HIS	مسح (استبيان) الأسر	43	QBROS	دراسة تشغيل خطوط حافلات النقل العام في دولة قطر
15	IPF	نسبة الثبات التكراري	44	QSTM	نموذج قطر الاستراتيجي للنقل
16	ITS	نظام نقل ذكي	45	RAM	ذاكرة الدخول العشوائية
17	IVT	الوقت داخل المركبة	46	ROW	حرم الطريق

(يتبع في الصفحة التالية)

الاختصارات

الرقم	الاختصار	المعنى	الرقم	الاختصار	المعنى
18	JRT	وقت الرحلة	47	RSI	مقابلات على جانب الطرق
19	LGV	مركبات نقل البضائع الخفيفة	48	SRMSE	المتوسط المعياري للجذر التربيعي للخطأ
20	LTPD	إدارة تخطيط النقل البري	49	TAZ	منطقة تحليل مروري
21	MCC	تعداد تصنيفي للمركبات	50	TMC	تعداد حركة الالتفافات المرورية على التقاطعات
22	MD	فترة الذروة عند الظهيرة	51	TMPQ	خطة النقل الشاملة لدولة قطر
23	MDPS	وزارة التخطيط التنموي والاحصاء (سابقا) حاليا جهاز التخطيط والاحصاء	52	TOR	المراجع
24	MME	وزارة البلدية والبيئة	53	TWT	زمن الانتظار أثناء التحويل
25	MMUP	وزارة البلدية والتخطيط العمراني	54	UPDA	هيئة التطوير والتخطيط العمراني
26	MOTC	وزارة المواصلات والاتصالات	55	VBS	نص لغة فجوال بيسك
27	MSA	طريقة المتوسطات المتتالية	56	VDF	دالة للعلاقة بين الحجم المرورية إلى التأخير
28	NTR	عدد التحويلات	57	WebTAG	إرشادات تحليل النقل المتوفر في الويب لمدينة لندن
29	O-D	المسافة من المنشأ للمقصد	58	WKT	وقت المشي

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

القسم 1

تمهيد
(BACKGROUND)

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

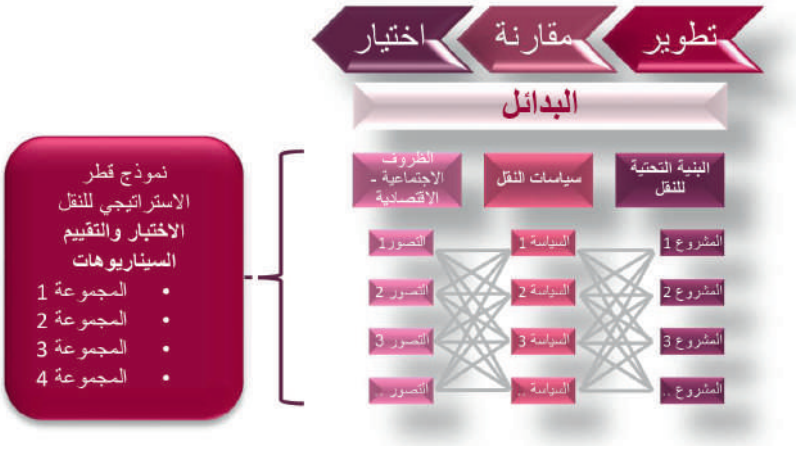
القسم 1

1 تمهيد (Background)

نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM)

1.1 تطوير خطة استراتيجية شاملة للنقل:

يعتبر قطاع النقل هو العصبُ الرئيسي والمحرّك الفعال للاقتصاد والتنمية المستدامة في بلدان العالم كافة خصوصاً في دولة قطر التي تشهد خطوات متسارعة في التنمية الاقتصادية والنمو السكاني، حيث يستخدم السكان شبكة النقل باستمرار للقيام بأنشطتهم اليومية بالإضافة إلى أهمية شبكة النقل في شحن البضائع بين مراكز الإنتاج إلى المستهلك. كما تشكل شبكة النقل الفعالة جزءً أساسياً من الحياة اليومية للسكان من حيث ربط مناطق السكن بمراكز العمل والمرافق الصحية والتعليمية والترفيهية ببعضها البعض. بالتالي فإن تخطيط وبناء شبكة نقل متكاملة وموثوقة من خلال ربط أفضل للمناطق وتقليل الازدحامات المرورية تعتبر العمود الفقري للنمو الاقتصادي المستدام والمرن القادر على خلق فرص العمل أيضاً.



تكمن أهمية تخطيط وتطوير أنظمة النقل في تأثيرها على العديد من الجوانب البيئية والصحية والاجتماعية تؤدي غالباً إلى تعارض بين العرض والطلب على أنظمة النقل المتعددة. لذلك عند تطوير الخطط الاستراتيجية للنقل البري ممثلة بخطة النقل الشاملة لدولة قطر (TMPQ)، يجب إدارة الطلب على النقل بطريقة آمنة وفعالة اقتصاديا ومستدامة بيئيا ومنصفة اجتماعيا حيث تأخذ جميع هذه المعايير بعين الاعتبار لتحقيق رؤية وأهداف قطاع النقل البري في الدولة التي تطمح إلى توفير نظام نقل متكامل ومستدام يدعم الاقتصاد وجودة حياة أفضل لجميع شرائح المجتمع مع الحفاظ على الهوية الوطنية.

حيث يتم تقديم دراسات تتضمن اقتراح الحلول والبدائل متعددة لتطوير البنية التحتية وخدمات النقل بما يتوافق مع استخدامات الأراضي ومن ثم اختيار أفضل الحلول الممكنة. يتطلب عمل هذه الدراسات الاستراتيجية تطوير نموذج استراتيجي للنقل قادر على التنبؤ بالطلب على النقل وتقييم الأثر المروري للرحلات على أنظمة وشبكات النقل المختلفة كما هو موضح في الشكل أدناه.

ولتحقيق رؤية قطر الوطنية 2030م وتماشياً مع الأهداف المذكورة أعلاه، أخذت وزارة المواصلات والاتصالات على عاتقها المسؤولية الأولى والمطلقة بالتنسيق مع الشركاء الرئيسيين في تطوير نموذج النقل الاستراتيجي (QABM) كأحد مخرجات مشروع: تحديث خطة النقل الشاملة لدولة قطر - المرحلة الثالثة، وهو أول نموذج نقل في الشرق الأوسط يحاكي أنشطة السكان ويتم ربطه ببرامج تخطيط النقل، يمكن من خلاله تحليل ومعالجة تأثير المشاريع والسياسات الحالية والمستقبلية على أنشطة السكان واحتياجات النقل للسكان والمشاريع الاقتصادية.

يرتكز مشروع تطوير نموذج النقل الاستراتيجي (QABM) على الاستخدامات المستقبلية للأراضي، حسب النمو والتوسع العمراني المستقبلي للدولة والذي يعتبر أحد مخرجات الخطة العمرانية الشاملة لدولة قطر، التي دشنتها وزارة البلدية والبيئة. حيث إن نموذج النقل هو تمثيل حسابي يجمع العرض لأنظمة النقل المتمثل بشبكات النقل مثل الطرق وخطوط النقل العام من جهة، والطلب على النقل والقيام بالرحلات والأنشطة اليومية من جهة أخرى حسب استخدامات الأراضي المعتمدة. حيث يقوم نموذج النقل بتوقع الطلب المستقبلي على أنظمة النقل المتعددة من خلال محاكاة العرض والطلب معاً استناداً على سلوك

المستخدم والعوامل التي من شأنها التأثير على قراراته في التنقل، وتخلص المحاكاة إلى توزيع الرحلات على شبكات النقل الخاص والعام، وتحديد وقت ووسيلة النقل لكل رحلة متوقعة. كما تكمن أهمية نموذج قطر الاستراتيجي للنقل بقدرته على تحديد الأثار المختلفة لقرارات الركاب وسياسات صانعي القرار مجتمعةً على شبكة وأنظمة النقل. توضح النقاط التالية أهم المجالات لاستخدام نموذج النقل الاستراتيجي (QABM):

- يوفر نموذج نقل مروري محدث ومتطور يمكن من خلاله عمل دراسات علمية دقيقة لشبكات وسياسات النقل المقترحة والتنبؤ بالآثار المحتملة.
- يوفر تحليل ومعالجة تأثير المشاريع والسياسات الحالية والمستقبلية على أنشطة السكان واحتياجات النقل للسكان والمشاريع الاقتصادية.
- يوفر القاعدة الأساسية لجميع المستخدمين من قبل جميع الوزارات، والمؤسسات والهيئات الحكومية، القدرة على تخطيط وتصميم نظام النقل البري في قطر ويأخذ بعين الاعتبار احتياجاتهم وتطلعاتهم وضمان الاستخدام الأمثل في جميع مشاريع النقل البري.
- يوفر القاعدة الأساسية لإنجاز الدراسات المرورية للمشاريع التطويرية في الدولة من قبل المطورين والاستشاريين للحد من التأثيرات على شبكة النقل بما يتوافق مع الإجراءات الحالية في رخص البناء.

على مدى العقدين الماضيين، شهدت قطر نمواً مميزاً في جميع المجالات الاقتصادية والاجتماعية حيث تم اتخاذ العديد من الخطوات الأساسية لتحسين جودة الحياة لسكانها ليلمع اسم دولة قطر عالمياً. أدى هذا التطور السريع إلى زيادة سكانية وتطور على كافة الأصعدة فاق كل التوقعات.

وبفضل اقتصادها المزدهر في مجالات الصناعة والإسكان والتجارة والسياحة والتعليم والرياضة والعلوم والتكنولوجيا، من المتوقع أن يستمر النمو السكاني في الزيادة بوتيرة سريعة مما سيؤدي إلى مجموعة من الآثار والتحديات التي سيكون النقل أهمها. حيث عمّدت دولة قطر منذ عام 2008م لتطوير نموذج نقل يواكب التطور التكنولوجي لنمذجة النقل ليكون الأداة الرئيسية لتخطيط شبكات وأنظمة النقل المستقبلية.

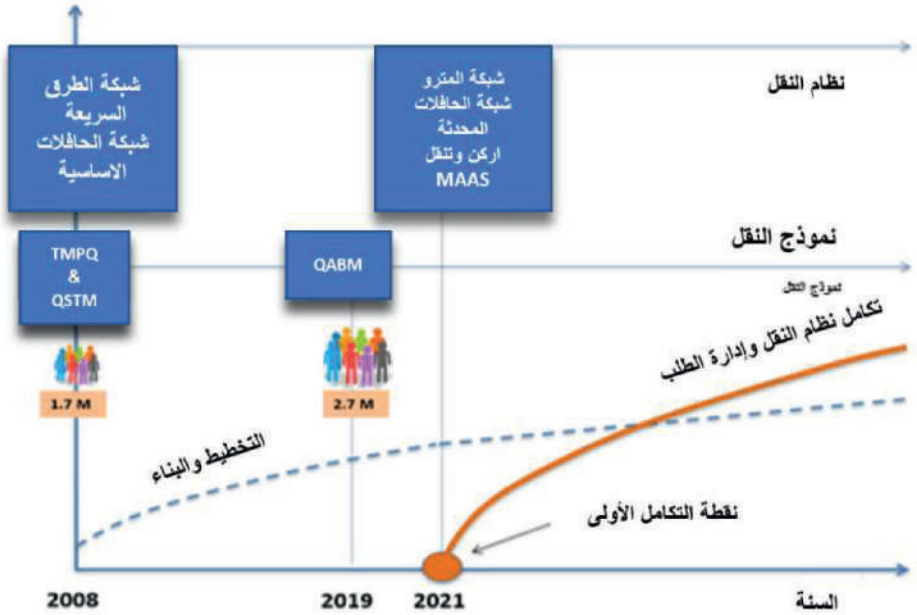
في عام 2019م قامت وزارة المواصلات والاتصالات بتطوير نموذج النقل الاستراتيجي (QABM) ليكون عنصراً أساسياً لتطوير خطة النقل الشاملة لدولة قطر لما له دوراً مهماً في صياغة سياسات النقل المستقبلية للمضي قدماً في دعم النمو المتسارع في دولة قطر وتحقيق رؤية قطر الوطنية 2030 من خلال توفير شبكات نقل آمنة ومستدامة للسكان والمقيمين والزوار. انطلاقاً من هنا، تكمن الحاجة إلى نموذج نقل يستند بشكل أساسي على سلوكيات السكان ليكون قادر على التنبؤ بالآثار المختلفة لتدابير وسياسات النقل وهو ما تم مؤخراً تطويره من خلال هذا المشروع نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM).

تعد دولة قطر موطناً لبوتقة متنوعة من المواطنين والمقيمين الذين تتنوع احتياجاتهم وتتطور باستمرار حيث تؤثر الخصائص الديموغرافية والمهنية والاجتماعية للسكان دورًا رئيسيًا في الأنشطة والقرارات اليومية لكل فرد، وبالتالي تبرز الحاجة الملحة إلى نموذج نقل فعال وسريع لمحاكاة هذه الأنشطة والتنبؤ بالطلب على النقل.

1.2 مميزات نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر:

يختلف نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM) عن نماذج النقل التقليدية الأخرى، حيث أن العديد من نماذج النقل شائعة الاستخدام تقوم على وحدة أساسية وهي "الرحلة" التي يقوم بها الفرد من التنقل من مكان الانطلاق إلى نقطة الوصول باستخدام وسيلة نقل معينة (مثلاً سيارة خاصة) ولا يأخذ بعين الاعتبار الأنشطة المشتركة لأفراد الأسرة الواحدة أو الوحدة السكنية المشتركة مثل العمال. ولكن نماذج النقل القائمة على الرحلات لها نقاط ضعف عديدة منها فرضية استقلالية الرحلات عن بعضها البعض. على سبيل المثال، إذا اختار الفرد الذهاب إلى العمل عن طريق المترو بدلاً من السيارة، في الواقع إن السيارة لن تكون وسيلة نقل متاحة للعودة إلى المنزل بينما تكون متاحة في النماذج القائمة على الرحلات وهو غير دقيق علمياً ولا يحاكي بشكل دقيق الواقع. في المقابل، يتجاوز نموذج النقل QABM مفهوم "الرحلة" إلى مفهوم "النشاط" باعتباره الوحدة الأساسية للتنقل، حيث يعتبر توقع الطلب على النقل مستمداً من أنماط الأنشطة اليومية للسكان والمشتركة ويشمل نمذجة هذه الأنشطة من حيث (متى؟ وأين؟ كم من الوقت؟ ومع من؟).

يرتكز نموذج النقل QABM على الخصائص السكانية والظروف المحلية الموجودة في دولة قطر. يتعامل هذا النموذج مع الأنشطة على أنها مترابطة حيث تؤثر قرارات الفرد المتخذة بشأن رحلة واحدة على رحلاته الأخرى مما يعزز قدرة هذا النموذج في تمثيل استجابة السكان لسياسات النقل، وآليات فرض الرسوم على الازدحام المروري، فضلاً عن كيفية استخدام الأراضي والتغيرات الاجتماعية والاقتصادية مقارنةً مع نماذج النقل التقليدية القائمة على الرحلات.



إن نماذج النقل القائمة على أنشطة السكان هي في طليعة نماذج النقل القادرة على توقع الطلب على النقل ومحاكاة سلوك التنقل بشكل دقيق. نظرًا للاختلاف الزماني والمكاني للرحلات، يعالج نموذج النقل QABM بشكل ديناميكي أنماط الرحلات للأنشطة اليومية للأشخاص ويتنبأ بأنماط التنقل عبر جميع وسائل النقل بما في ذلك المركبات الخاصة ووسائل النقل العام والدراجات الهوائية وصولاً إلى المشي. على سبيل المثال، يمكن لنموذج النقل QABM التنبؤ بخيارات التنقل المشتركة داخل الأسرة مثل مرافقة أحد الأبوين للأطفال

إلى المدرسة قبل الذهاب إلى العمل. وبما أن أفراد الأسرة عادة ما يكون لديهم أنشطة ووجهات مختلفة، لذلك فإن رحلاتهم وخيراتهم لوسائل النقل قد تتأثر إذا كانت الأسرة على سبيل المثال تملك مركبة واحدة فقط وهنا تكمن قدرة هذا النموذج بأخذ كل هذه الظروف بعين الاعتبار. كما لدى نموذج النقل QABM القدرة على اختبار وتقييم الآثار الناجمة عن سياسات النقل المختلفة مثل الرسوم على الازدحام المروري ورسوم استخدام مواقف المركبات على خصائص سلوك التنقل بما يشمل ما يلي:

1. خيارات التنقل لكل فرد.
2. الأنشطة أو الرحلات المشتركة لأفراد الأسرة الواحدة وتأثيره على تحديد خيارات التنقل اليومية لكل فرد.
3. خيارات التنقل اليومية لكل فرد من أفراد الأسرة من خلال النموذج الاقتصادي القياسي الشامل لمحاكاة الخصائص الاجتماعية-الاقتصادية واستخدام الأراضي وأنظمة النقل (CEMSELTS).
4. آثار استخدام خدمة "اركن وتنقل" ورسوم استخدام مواقف المركبات على التوزع الجيوغرافي للأنشطة.
5. تأثير عدد وتجمعات الركاب داخل محطات ومركبات النقل العام والتي لا تشكل حاليا مشكلة كبيرة في دولة قطر ولكن قد تصبح كذلك في المستقبل مع نظام المترو الجديد.

1.3 انجازات المشروع الرئيسية والمخرجات:

لقد بدأ تطوير نموذج النقل QABM من خلال مراجعة التقارير السابقة وجمع البيانات لتحليل وضع النقل الحالي في دولة قطر، مروراً بتحليل البيانات التي تم جمعها، وتحديث وتطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM)، وصولاً إلى إعداد التقارير وإقامة ورش عمل للتدريب على استخدام النموذج النقل الجديد QABM. حيث قامت الوزارة بإنجاز هذا المشروع خلال عامين ونصف العام من خلال برنامج مكثف من المهام حسب ما هو موضح في الجدول التالي.

جدول 1.1: مراحل ومهام تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM)

المرحلة الأولى	المرحلة الثانية
المهمة -4.1 مراجعة البيانات المتوفرة والتقارير الحالية أو السابقة المتعلقة بالنقل البري في دولة قطر	المهمة -5.1تحديث وتطوير نموذج النقل
المهمة -4-2 مراجعة لأفضل الممارسات العالمية	المهمة 5.2 نموذج النقل لسنة الأساس
المهمة -4.3جمع مساهمات الشركاء الاستراتيجيين	المهمة -5.3معايرة والتحقق من صحة النموذج
المهمة -4-4إطار تقييم النقل	المهمة 5.4 نماذج السنوات المستقبلية
	المهمة -5.5 تطوير السيناريوهات لشبكة النقل وسياسات النقل المقترحة

يحتوي نموذج النقل QABM على نمذجة مفصلة لكافة شبكات النقل الحالية والمخطط لها داخل دولة قطر ليضم حوالي 183,000 مقطع لشبكة الطرق والنقل العام و6,500 تقاطع.

حيث شملت الجهود المبذولة في المشروع لتطوير نموذج النقل QABM ما يلي:

- مشاركة أكثر من 80 اختصاصي وخبير لإنجاز هذا المشروع
- التعاون مع جامعات عالمية في مجال تطوير نماذج النقل التي تحاكي أنشطة السكان مثل جامعة "لا سابينزا" و"روما تري" في إيطاليا، و"سانتا باربرا كاليفورنيا" و"تكساس" و" أريزونا " في الولايات المتحدة الأمريكية.
- إقامة أكثر من 200 اجتماع لمناقشة أمور تقنية.
- إعداد وتزويد نموذج النقل QABM بأكثر من 143,000 ملف بيانات واستخراج أكثر من 170,000ملف بيانات من النتائج.

- إعداد دليل للمستخدم والتقارير النهائية التي فاقت 2000 صفحة.
- تحليل نتائج أكثر من 14 مسحاً مختلفاً أقيم في جميع أنحاء دولة قطر (المدرجة في الجدول التالي) لاستخراج البيانات اللازمة لإعداد نموذج النقل QABM.

جدول 1.2 : المسوحات التي أجريت لتطوير نموذج النقل QABM

نوع المسح	عدد المسوحات	نوع المسح	عدد المسوحات
العد الآلي للمركبات	500	المقابلات الأسرية 1	10,082
تعداد حركة الالتفاف على التقاطعات	500	المقابلات الأسرية 2	2,146
تعداد تصنيف المركبات	100	مقابلات العمال	1,044
مسح زمن الرحلة	75	استبيان التفضيل المعلن	3,123
تعداد المشاة وراكبي الدراجات الهوائية	25	مقابلات السائقين على جانب الطريق	18,599
مقابلات مع المشاة وراكبي الدراجات الهوائية	1,233	مقابلات السائقين في مواقف المركبات	1,148
استبيان مستخدمي النقل العام	1,589	استبيان زوار الفنادق	1,067
مقابلات المسافرين في المطار	1,174		

تتضمن تقارير المشروع شرح تفصيلي لمخرجات مهام والأعمال التي نفذت في المشروع والتي يمكن تلخيص محتواها بما يلي:

- جمع ومراجعة البيانات المتوفرة والتقارير الحالية أو السابقة المتعلقة بالنقل البري في دولة قطر بالإضافة إلى مراجعة أفضل الممارسات العالمية واختيار مواصفات ومنهجية العمل.
- جمع البيانات وتحليلها.
- وضع المواصفات ومعايرة والتحقق من صحة جميع نماذج العرض والطلب الخاصة بالنقل التي يتكون منها نموذج النقل QABM
- إعداد نموذج النقل لسنة الأساس ونماذج النقل لخمس سنوات.
- مستقبلية حتى عام 2050م وفقا لمشاريع النقل المقترحة وخصائص السكان الاجتماعية والديمغرافية المتوقعة واستخدامات الأراضي المستقبلية.
- تحليل واختبار حساسية النموذج لخيارات سياسات النقل الممكن تطبيقها.

كما قد تم تطوير وإدراج أدوات وبرامج عدة داخل نماذج النقل لسنة الأساس والسنوات المستقبلية وتجهيز خصائصها وبياناتها بما يناسب كل سنة. كما تم تطوير واجهة توضيحية للمستخدم (GUI) لتسهيل استخدام وتشغيل نموذج النقل QABM. يوضح الجدول أدناه المخرجات الرئيسية والتقارير النهائية للمشروع.

جدول 1.3: المخرجات الرئيسية والتقارير النهائية للمشروع

المرحلة الأولى- التقارير النهائية	المرحلة الثانية - التقاريرالنهائية
تقرير مراجعة البيانات المتوفرة والتقارير الحالية أو السابقة المتعلقة بالنقل البري	تقرير تحديث وتطوير نموذج النقل
تقرير مراجعة أفضل الممارسات العالمية	تقرير نموذج النقل للسنة الأساس
تقرير مساهمات الشركاء الاستراتيجيين	تقرير معايرة والتحقق من صحة النموذج
تقرير مؤشرات أداء شبكات النقل التي يوفرها النموذج	تقرير نماذج السنوات المستقبلية
	تقرير اختبار حساسية النموذج
المخرجات الرئيسية للمشروع	
ملخص التنفيذي للمشروع	
نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر (QABM) لسنة الأساس 2018 والسنوات المستقبلية 2025، 2030، 2035 و2050	
دليل المستخدم لنموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر QABM	
ربط نموذج النقل الاستراتيجي مع نظام المعلومات الجغرافية (GIS)	
منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي (Qatar Transportation Model Visualizer)	
المكتبة الرقمية	
دليل التدريب على نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في دولة قطر	

Qatar 2050 قطر
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

القسم 2

مبادئ تطوير نموذج النقل ومعالجة البيانات
(MODELLING BASIS AND DATA INPUT)

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

2 مبادئ تطوير نموذج النقل ومعالجة البيانات (Modelling Basis and Data Input)

مراجعة البيانات والوثائق المتوفرة.

2.1 مراجعة البيانات المتوفرة والتقارير الحالية أو السابقة المتعلقة بالنقل البري في دولة قطر

خلال المرحلة الأولى من المشروع، تم مراجعة جميع المراجع والبيانات والمبادئ التوجيهية والدراسات المعدة من قبل جهات حكومية مختلفة. وتكمن أهداف هذه المراجعة فيما يلي:

- الاطلاع والفهم الجيد لمحتوى المراجع الحالية المتوفرة فيما يتعلق بالنقل البري.
- تسليط الضوء على المعلومات المهمة في المراجع الحالية التي يمكن الاستفادة منها في تطوير نموذج النقل. QABM
- وضع تصور لكيفية الاستفادة من هذه المعلومات في تطوير نموذج. QABM

يبين الجدول التالي المراجع والبيانات الحالية المتوفرة التي تمت مراجعتها وتبلغ حوالي 64 تقرير

جدول 2.1: قائمة التقارير التي تمت مراجعتها

الرقم	التقرير	الرقم	التقرير
1	رؤية قطر الوطنية 2030 (QNV)	33	بناء النموذج (VISUM)
2	استراتيجية التنمية الوطنية (وغيرها من الاستراتيجيات	34	حلول قصيرة الأجل - نطاق العمل والمخططات ذات اولوية
3	دليل إجراءات دراسات النقل	35	تقييم وتقديم توصيات بشأن الحلول القصيرة الأجل (VISSIM -Modeling)
4	دليل تصميم الطرق في قطر (QHDM)	36	آثار وفوائد النقل
5	بحث بعنوان "نحو الاستثمار المتقدم في النقل العام مع تقييم اقتصادي المتعدد المستويات"	37	استعراض التقييم الاقتصادي للسيناريوهات المفضلة
6	النموذج المالي لخطة العمل التابعة للحافلات في دولة قطر	38	الظروف الحالية والسياسات المتعلقة بالسلامة المرورية
7	الاستراتيجية الوطنية للسلامة المرورية	39	خطة استراتيجية للسلامة المرورية في قطر (RSSPQ)
8	استراتيجية أنظمة النقل الذكية (ITS)	40	أنظمة المواصلات الذكية الحالية في جميع أنحاء العالم
9	مراجعة الاستخدام الحالي للأراضي في قطر	41	التعديلات المحتملة على مسارات شبكات الخدمات داخل حرم الطرقات
10	القضايا الحالية للهندسة المرورية ومناقشة الحلول المحتملة على المدى القصير	42	شبكة مسار الشاحنات وسياسات تشغيل الشاحنات - الظروف الحالية والأمور ذات صلة
11	جمع وتحليل البيانات المرورية	43	بحث تطوير شبكة مسار الشاحنات والسياسات المرتبطة بها
12	بيانات شبكة الطرق الحالية	44	سياسات نقل البضائع
13	العوامل المحلية ومعايير تحليل الحركة المرورية.	45	نظام وزن الشاحنات المتنقلة
14	مراجعة نظام إدارة البيانات الحركة المرورية	46	شبكة النقل العام الحالية
15	تقرير التوصية من إدارة نظام بيانات النقل (TDMS)	47	أهداف قطر للنقل العام
16	مراقبة وتقييم أثر التنمية الحالية في قطر	48	شبكة النقل العام في قطر
17	دليل إجراءات دراسات التأثير المروري للمشاريع في دولة قطر	49	الظروف الحالية لمواقف المركبات

(يتبع في الصفحة التالية)

القسم 2

جدول 2.1: قائمة التقارير التي تمت مراجعتها

الرقم	التقرير	الرقم	التقرير
18	تصنيف الطرق الحالية	50	الاحتياجات المستقبلية لمواقف المركبات
19	معايير تصنيف الطرق	51	الظروف الحالية لمواقف المركبات
20	دليل تخطيط الطرق في قطر	52	السياسات وخطط العمل لمواقف المركبات
21	تقرير مراجعة المشاريع التطويرية الرئيسية	53	الخطة الاستراتيجية لأنظمة المواصلات الذكية
22	ورقة مناقشة تصميم مواقف المركبات	54	إدارة الطلب على النقل في قطر
23	إرشادات تصميم مواقف المركبات	55	آليات التنسيق بين الجهات الحكومية - قضايا التنسيق الحالية
24	مراجعة وتوسيع شبكة المشاة	56	آليات التنسيق بين الجهات الحكومية - التوصيات
25	إرشادات مرافق المشاة	57	خطط تنفيذ مشاريع النقل
26	مراجعة خطة شبكات الدراجات الهوائية	58	تقييم الخطة الاستراتيجية لتنفيذ مشاريع النقل
27	دليل التحكم المروري لدولة قطر (QTCM)	59	تقييم مشروع تطوير الطريق الدائري الأول وشارع المنتزه
28	السناريوهات الحالية والمستقبلية لأعداد السكان والوظائف واستخدامات الأراضي	60	خطة العمرانية الشاملة لمدينة الخور
29	تطوير السيناريوهات	61	خطة العمرانية الشاملة لمدينة الوكرة
30	معايير تقييم واختبار السيناريوهات	62	إطار التنمية الوطنية لدولة قطر
31	مواصفات وتطوير نموذج النقل	63	مخططات التنمية المكانية للبلديات
32	معايرة والتحقق من صحة نموذج لسنة الأساس 2006)	64	دليل دراسة الأثر البيئي

حيث صُنِفت هذه التقارير المذكورة أعلاه تحت خمسة أقسام:

- الخطط الرئيسية والدراسات الحالية والمشاريع
- بيانات النقل والحركة المرورية وتحليلها
- نمذجة النقل/وحركة المرور
- تطوير السياسات
- تنفيذ مشاريع النقل

من أجل توحيد وتبسيط عملية مراجعة البيانات وتحديد المخرجات من هذه المرحلة، تم وضع قالب موحد للمراجعة من أجل تحقيق الأهداف المذكورة أعلاه. حيث يتضمن القالب الموحد العناوين الرئيسية التالية:

أ. **ملخص عن البيانات والتقارير والمعلومات الرئيسية**. يوفر هذا الفصل معلومات مفصلة حول:
- المؤلف
- المنهجية والمراجع التي استند عليها في الدراسة
- متى أجريت الدراسة؟ وأين؟ ولماذا؟

ب. **النتائج الرئيسية وكيفية استخدامها في تطوير نموذج النقل QABM.**

ت. **الاستنتاجات والتوصيات. في هذا الفصل، يتم الإجابة على الأسئلة التالية:**
- هل تتطلب المعلومات الواردة في الدراسة أي تحديث؟
- ما هي الإجراءات المطلوبة، لسد النقص أو الثغرات الكامنة في المعلومات؟
- ما هي الاستنتاجات والتوصيات التي تم التوصل إليها من خلال مراجعة الدراسات والتقارير الحالية والسابقة؟

يمكن الاطلاع على تقرير مراجعة المراجع والبيانات الحالية والمتوفرة في دولة قطر الذي يتضمن نتائج المراجعة التي تمت لكل التقارير المدرجة في الجدول 1-2. فيما يلي ملخص عن الاستنتاجات والتوصيات الرئيسية المتعلقة بتطوير نموذج النقل QABM:

1. **صيغة البيانات وتحديثها:** تشكل الصيغة المتبعة في إدخال البيانات واستخراجها من نموذج النقل عامل أساسي في عملية مشاركة البيانات المحدثة بين الشركاء الرئيسيين في المستقبل. ومع تنامي الحاجة للتحديث المستمر لنموذج النقل بشكل تلقائي وسهل، تظهر الحاجة لاعتماد صيغة ثابتة وموحدة لقواعد البيانات المتعلقة بحركة تنقل السكان والبضائع وخصائص استخدام الأراضي والبيئة وغيرها ليتم تبادلها مع الشركاء وتحديثها باستمرار في نموذج النقل.
يوجد العديد من الأساليب المتقدمة لمشاركة البيانات الضخمة خدمةً لأغراض متعددة يشمل تخطيط وإدارة النقل من خلال تحليل بيانات حركة المرور ووضع التنبؤات المستقبلية لها. وللاستفادة الكاملة من هذه الأساليب، يجب توحيد صيغة البيانات ومواصفاتها وتحديد قواعد معينة لجمع البيانات وترميزها وتحديثها وتجهيزها واستخدامها في الحاجات المستقبلية.
2. **التقدم البارز في جمع بيانات ونمذجة النقل**: أدى التقدم السريع والمستمر في أساليب الجمع التلقائي للكثير من البيانات وحفظها وتحليلها بطرق فعالة إلى اتاحة الفرصة أمام تحديث والتحسين المستمر في نماذج الطلب على النقل كالنماذج التي تحاكي أنشطة السكان (ABM). بعبارة أخرى، يمكن لهذا النوع من نماذج الطلب على النقل الاستفادة من القدرة على جمع بيانات كاملة عن أنشطة السكان مرفقة بالإحداثيات والأوقات وبيانات تظهر حجم الازدحام في الاماكن العامة مثل المجمعات والمراكز التجارية والمكاتب والمتاحف وغيرها. كما يخدم هذا التقدم البارز في مجال البيانات في تحديث والتحسين المستمر في عملية نمذجة العرض لأنظمة النقل. لذا فإن التوسع في نطاق جمع البيانات الحية حول حركة مرور المركبات والركاب سيمكن اختصاصي النقل من تطوير وتحديث نماذج موثوقة قادرة على محاكاة التغيرات المؤقتة والدائمة في أنظمة وشبكات النقل. وبالنتيجة، سيكون من المفيد جداً استخدام هذه النماذج لدراسة الأثر الناجم عن كافة أنواع الازدحام أثناء المناسبات الكبرى، والتخطيط لها وإدارتها من خلال توقع الآثار المحتملة على أنظمة النقل وتوفير أفضل الحلول المناسبة.

3. **تحديث وتطوير النموذج.** ساهمت مراجعة نموذج قطر الاستراتيجي للنقل (QSTM)الحالي بشكل كبير في تطوير نموذج النقل QABM. فلقد تم الاستفادة من الجهود التي بذلت بالسابق لتطوير وتحسين نموذج QSTM خصوصاً فيما يتعلق بمكوناته وأدواته وخصائصه وصيغة إدخال البيانات واستخراجها منه حيث تم استخدم العديد منها في تطوير نموذج QABM. كما أبرزت مراجعة نموذج QSTM إلى ضرورة وضع صيغة مشتركة للبيانات التي يتم إدخالها إلى واستخراجها من نموذجي النقل QSTM وQABM ليتم ربطهما في إطار موحد لتقييم النقل يمكن من خلاله تحديد آثار استراتيجيات وسيناريوهات النقل بحسب توقعات كل من النموذجين. كما أظهرت المراجعة نفسها أن هناك كم هائل من بيانات التخطيط العمراني المتوفرة في نموذج النقلQSTM يمكن استخدامها والاستفادة منها في تطوير نموذج النقل QABM.
4. **اختبار حساسية النموذج** إن هذه الخطوة مهمة في تطوير نموذج النقل لاختبار مدى استجابته للتغيرات في سياسات ورسوم النقل على سبيل المثال تأثير أسعار الوقود ورسوم استخدام مواقف المركبات على سلوك التنقل وفعالية أنظمة النقل. حيث تم تحليل نطاق واسع من السياسات المقترحة تتراوح بين إجراءات صارمة أو مخففة لهذه السياسات والرسوم.

2.2 أفضل الممارسات العالمية

لقد تمت مراجعة أفضل الممارسات العالمية في نماذج النقل للاستفادة منها في تطوير نموذج النقل QABM. وبعد مراجعة الخطط الشاملة ونماذج النقل التي تم إعدادها لتسعة عشر مدينة في العالم، تم انتقاء خمسة منها كمراجع للاستعانة بها في تطوير QABM وهي تلك النماذج الموجودة في مدينة أبو ظبي في الإمارات العربية المتحدة، وفيلادلفيا وشيكاغو في الولايات المتحدة الأمريكية، وأوكلاند في نيوزيلندا، وروما في إيطاليا. حيث أظهرت مراجعة خطط النقل الشاملة لهذه المدن فهماً شاملاً لهذه النماذج وكيفية تطبيقها في إعداد خطط وسياسات النقل من خلال استخدام نماذج إضافية كنموذج لمحاكاة أنشطة السكان ABM، ونموذج مواقف المركبات، ونموذج خدمة "اركن وتنقل"، ونموذج تجمعات الركاب في محطات ومركبات النقل العام وربطها بنموذج النقل الرئيسي.

يمكن الاطلاع على المراجعة لأفضل الممارسات العالمية في خطط ونماذج النقل للمدن الخمسة المذكورة أعلاه في تقرير مراجعة أفضل الممارسات العالمية والذي يشمل:

1. الخطط والسياسات في مجال النقل والإجراءات واللوائح التنفيذية المرتبطة بها.
2. منهجية وخصائص إعداد نماذج النقل
3. إمكانية تطبيق هذه الممارسات في سياق دولة قطر ونموذجها الجديد للنقل QABM

كما أظهرت هذه المراجعة بأنه يمكن الاستعانة بأفضل الممارسات والأساليب الحديثة في نمذجة النقل واستراتيجيات إدارة النقل المطبقة في تلك المدن في تطوير نموذج النقل QABM والتي توفر حلولاً مناسبة لتحسين استجابة نموذج النقل QABM لمحاكاة آثار التغيرات العرض والطلب الخاص بأنظمة النقل.

يبين الجدول أدناه ملخصاً لمميزات نماذج النقل لأفضل الممارسات العالمية في المدن الخمسة التي تم ذكرها سابقاً. حيث تم اختيار هذه المدن انطلاقاً من مميزات نماذج النقل المستخدمة فيها (النوع، ومستوى الوحدات المكانية، والبرامج الحاسوبية المستخدمة لتعيين مسارات الرحلات) وخططها للنقل.

جدول 2.2: مقارنة صفات نماذج النقل المستخدم ضمن مراجعة أفضل الممارسات العالمية لتخطيط النقل

الموقع	عدد السكان	النماذج	الوحدة	البرنامج	خطط النقل
قطر	2,169,000 (The rest of population are in labor Camps)	نموذج محاكاة أنشطة السكان ABM، نموذج مواقف المركبات، نموذج خدمة "اركن وتنقل"، نموذج ازدحام الركاب في محطات ومركبات النقل العام	منطقة تحليل مرورية (1839)	VISUM	الخطة الشاملة للنقل
أبو ظبي	2,800,000 (1,200,000)	نموذج أبو ظبي للنقل	منطقة تحليل مرورية (1900)	CUBE	الخطة الشاملة للنقل
أوكلاند	1,400,000	نموذج النقل ذو المراحل الأربعة	منطقة تحليل مرورية (512)	EMME	برنامج النقل البري الإقليمي 2025-2015 برنامج النقل المتكامل 2041-2012 الخطة الإقليمية للنقل العام 2013 استراتيجية مواقف المركبات
شيكاغو	10,000,000 (2,800,000)	CT-RAMP1 نموذج محاكاة أنشطة السكان ABM ذات التعيين الديناميكي لمسارات الرحلات DTA	منطقة تحليل مرورية (1944 داخلية 17 خارجية)	EMME / DYNA SMART	الحركة المرورية، النقل العام وعبور المشاة

(يتبع في الصفحة التالية)

القسم 2

جدول 2.2: مقارنة صفات نماذج النقل المستخدم ضمن مراجعة أفضل الممارسات العالمية لتخطيط النقل

الموقع	عدد السكان	النماذج	الوحدة	البرنامج	خطط النقل
فيلادلفيا	6,000,000 (1,500,000)	نموذج محاكاة الأنشطة ABM الصيغة: الأسرة - الفرد	منطقة تحليل مرورية (3399)	VISUM	الخطة الشاملة للنقل
روما	4,000,000 (2,875,000)	نموذج تمثيل التداخل بين استخدام الأراضي والنقل	منطقة تحليل مرورية (1331 داخلية 8 خارجية)	TransCAD	الخطة العامة لحركة المرور في المناطق العمرانية، خطة تحسين جودة الهواء، الخطة الاستراتيجية للنقل المستدام، خطة البلدية للسلامة المرورية، خطة روما للدراجات الهوائية

كما أبرزت مراجعة أفضل الممارسات العالمية إلى التركيز على جوانب مهمة للإسهام وتوجيه عملية تطوير وتطبيق نموذج النقل: QABM

1. **استخدامات وتطبيقات نموذج محاكاة أنشطة السكان ABM**: يعد نموذج محاكاة أنشطة السكان (ABM) من أهم الابتكارات في نمذجة النقل، لذلك تم اختيار اثنين من المدن التي تستخدم نموذج ABM. الأولى فيلادلفيا التي تستخدم برنامج DAYSIM لمحاكاة الأنشطة اليومية للسكان وبرنامج VISUM لتعيين مسارات الرحلات داخل شبكة النقل والمستخدم أيضاً في دولة قطر. ولقد تم التركيز في مراجعة نموذج ABM في فيلادلفيا على حجم منطقة الدراسة التي يشملها وعدد السكان ومقارنة هذه الأرقام بتلك الموجودة في دولة قطر لتقييم جدوى استخدام نموذج فيلادلفيا في تطوير نموذج النقل QABM على أن يكون الزمن التشغيلي للنموذج مقبول عملياً. ولقد استخدمت المقاربة نفسها في مراجعة نموذج ABM في شيكاغو.

ولقد تبين أن أعداد مناطق التحليل المرورية متقاربة بين نموذجي نقل لقطر وشيكاغو ويفوقهما العدد الموجود في نموذج النقل لفيلادلفيا، في حين أن كلا النموذجين في شيكاغو وفيلادلفيا قادران على محاكاة عدد أكبر بكثير من عدد سكان دولة قطر خلال زمن تشغيلي مقبول.

2. **نموذج مواقف المركبات ونموذج خدمة "اركن وتنقل":** يعتبر هذين النموذجين من النماذج المتقدمة والمستخدمة حالياً في روما وأوكلاند وشيكاغو والتي يمكن إضافتها على نموذج النقل QABM. في نموذج روما، يعتبر زمن البحث عن موقف للسيارة عامل أساسي في اختيار مكان الموقف. فكلما زاد زمن البحث، قل احتمال استخدام الموقف في منطقة معينة خلال ساعات الذروة. أما في نموذج مواقف المركبات في شيكاغو المحصور داخل منطقة الأعمال المركزية، يتم التمييز بين مواقف المركبات على طرقات وخارجها وهذا يمكن تطبيقه في دولة قطر حيث تتوفر المواقف المجانية بشكل كبير على الطرق في دولة قطر.
3. **امتداد النموذج:** يتميز نموذج ABM في شيكاغوCT-RAMP بمحاكاة الأنشطة اليومية للسكان ويتم تعيين مسارات الرحلات باستخدام برنامج EMME على امتداد مدينة شيكاغو في حين يتم استخدام برنامج DYNASMART للتعيين والمحاكاة الديناميكية الدقيقة لمسارات الرحلات في المناطق المزدحمة. كما يحتوي نموذج النقل في شيكاغو على تمثيل دقيق لشبكة النقل العام ومحاكاة نموذج تجمع الركاب داخل محطات ومركبات النقل العام. وتشكل هذه الميزات مكونًا رئيسيًا لنموذج النقل QABM.
4. **الترابط مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS)**: في نموذج النقل لمدينة روما، يتميز النموذج بقدرته على ربط نموذج النقل بنظم المعلومات الجغرافية، حيث تسمح هذه الخاصية بتحليل وإدارة كمية هائلة من البيانات بطريقة سهلة الاستخدام من خلال إنشاء خرائط مكانية وحرارية تبين أنواع مختلفة من المعلومات.
5. **استراتيجيات إدارة النقل**: أظهرت مراجعة خطط النقل الشاملة أن استراتيجيات إدارة النقل تتضمن إجراءات وسياسات متنوعة تستخدم بالتوازي كما هو مطبق في مدينة أوكلاند.

6. **نمذجة وسائل النقل العام:** أظهرت مراجعة أفضل الممارسات العالمية الحاجة إلى نموذج نقل متقدم قادر على التنبؤ بالطلب على جميع أنظمة النقل العام الموجودة حالياً والمتوقع وجودها في المستقبل. وقد تم الاستعانة بأفضل الممارسات المعتمدة في مدينة أبو ظبي بالمقارنة مع المدن الخليجية الأخرى. حيث لدى نموذج أبو ظبي للنقل القدرة على محاكاة الرحلات التي يقوم بها الأفراد بشكل مستقل أو مع أسرهم حيث يقوم بتوزيع وجهات الرحلات بين المناطق ثم تحديد وسيلة النقل لكل منها وصولاً إلى تعيين مساراتها داخل شبكات النقل المختلفة. وتقوم استراتيجيات النقل العام التي تعتمدها مدينة أبو ظبي على التدرج الهرمي لمواقف ومحطات وتقاطعات النقل العام وربطها بمسارات للدراجات وخدمات النقل الأخرى للوصول إلى أفضل خدمة وتجربة للركاب.
كما أظهرت المراجعات وجود ممارسات عالمية يمكن اعتمادها في نموذج النقل QABM كتلك المعتمدة في بنموذج شيكاغو للنقل الذي يوفر نموذج لتأثير تجمعات الركاب داخل محطات ومركبات النقل العام. بينما يوفر نموذجي روما وأوكلاند للنقل نموذج حسابي لاحتساب تعرفة رحلات النقل العام بين المناطق. ولهذا تم تطبيق هذه المميزات في عمل نمذجة تجمعات الركاب داخل محطات ومركبات النقل العام وتعرفة رحلات النقل العام بشكل متكامل في نموذج النقل QABM لما لهذه النماذج والأدوات تأثير مهم على تعيين مسارات الرحلات داخل شبكة النقل العام.
7. **البيانات المطلوبة ومعايرة نموذج النقل:** يتطلب تطوير نموذج النقل QABM كم هائل من البيانات والمعلومات المفصلة حول خصائص الأفراد والأسر وتنقلاتهم اليومية. كما أن معايرة هذا النوع من نماذج النقل الذي يحاكي أنشطة السكان يختلف بشكل كبير عن معايرة نماذج النقل التقليدية كنموذج النقل ذات المراحل الاربعة بحيث ان كل نموذج فرعي يجب معايرته بشكل مستقل لضمان دقة وأداء النموذج بكامله. بعد استخلاص أفضل الممارسات العالمية في مجال نمذجة النقل، تم تحليل نقاط القوة والضعف وفرص نجاح والمخاطر الكامنة في منهجية تطوير نموذج النقل QABM والملخصة في الجدول التالي.

جدول 2.3: تحليل نقاط القوة والضعف وفرص نجاح والمخاطر الكامنة في منهجية تطوير نموذج النقل QABM

القوة	الفرص
• **وجود نموذج يحاكي أنشطة السكان ABM** • **وجود نموذجي مواقف المركبات وخدمة "اركن وتنقل"**	• تمثيل مفصل وواقعي لوضع النقل العام) نموذج الازدحام الركاب داخل محطات ومركبات النقل العام وأدوات تعرفة النقل العام) • اختبار سياسات النقل بشكل شامل لجميع وسائل النقل المتعددة
الضعف	المخاطر
• **تتطلب كم هائل من البيانات والمعلومات** • **تتطلب معلومات مفصلة ودقيقة عن السكان**	• النمو والتوسع السكاني السريع • أهمية تجنب المبالغة في التفاصيل

2.3 المسوحات والبيانات المستخدمة في تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر

إن تطوير نموذج النقل QABM يحتاج إلى مجموعة متنوعة من البيانات والمعلومات التي يمكن تصنيف مصادرها كالآتي:

- المسوحات والمقابلات والاستبيانات الميدانية
- بيانات الجهات الحكوميةش

وتعتبر هذه البيانات والمعلومات النواة لتطوير نماذج العرض والطلب الخاصة بأنظمة النقل كجزء من نموذج النقل المتكامل QABM. حيث يبين الشكل المجاور العناصر الرئيسية لنماذج شبكات النقل (العرض) والتي صممت باستخدام العديد من البيانات التي تم جمعها وتحليلها، في حين يوضح الشكل أدناه البيانات المعلومات التي استخدمت في بناء نماذج الطلب على أنظمة النقل.

شكل 2.1 : بيانات البنية الأساسية لنماذج شبكات النقل (العرض)

شكل 2.2 : بيانات البنية الأساسية لنمذجة الأنشطة اليومية (الطلب على أنظمة النقل)

يوفر تقرير "مراجعة البيانات والمسوحات الميدانية المستخدمة في تطوير نموذج النقل QABM" كل المعلومات والبيانات والمسوحات الميدانية والمقابلات الأسرية التي تم استخدامها في بناء نماذج العرض والطلب الخاصة بأنظمة النقل كجزء من نموذج النقل المتكامل QABM. فيما يلي عرض ملخص لأنواع ومصادر هذه البيانات:

2.3.1 شبكة الطرق

لعمل نمذجة لشبكات الطرق في نموذج النقل QABM، تم التواصل مع هيئة الأشغال العامة للحصول على المعلومات الأساسية لشبكة الطرق الحالية والمستقبلية والتي تشمل على سبيل المثال أصول الطرق الحالية ومخططات الطرق المستقبلية مثل مخططات الطرق، السرعات المرورية المعلنة على الطرق وتصميم وتوقيتات الإشارات الضوئية. كم تم استخدام وتحليل المسح الجوي عبر تطبيق غوغل (Google Earth) لاستكمال البيانات الغير متوفرة في مخططات أصول الطرق أو من خلال والقيام بالزيارات الميدانية للتحقق من حالة بعض الطرق خصوصاً في مشاريع الطرق الجديدة أو التحويلات المرورية في المشاريع قيد الإنشاء. كما تم الاستعانة بالمسوحات المرورية لمعايرة ومطابقة نموذج شبكات الطرق في سنة الأساس.

2.3.2 شبكة النقل العام

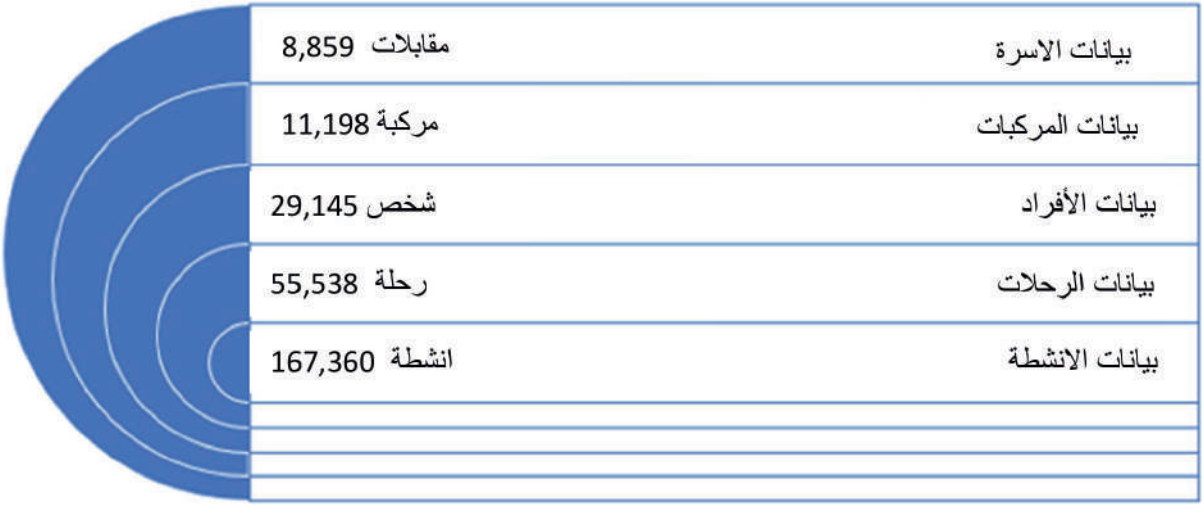
تعتبر شركة "مواصلات" المصدر الرئيسي للبيانات المستخدمة لنمذجة خطوط حافلات النقل العام في نموذج النقل QABM. تم استخدام بيانات خطوط خدمة الحافلات النقل العام الحالية كالمسارات والجداول الزمنية ومواقع المواقف والمحطات الرئيسية. وبالإضافة إلى ذلك، تم التواصل مع شركة "مواصلات " للحصول على قاعدة بيانات تذاكر الركاب ونقاط التتبع الجيوغرافي للرحلات اليومية لحافلات خطوط النقل العام (GPS tracking Points) والتي استخدمت في معايرة ومطابقة نموذج شبكات النقل العام في سنة الأساس .

أما بالنسبة، لنمذجة خطوط السكك الحديدية والمترو داخل نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية، تم جمع البيانات المطلوبة من شركة "قطر للسكك الحديدية" وشملت هذه البيانات مخططات ومعلومات عن مشاريع شبكة المترو ومشروع قطار النقل الخفيف في مدينة لوسيل.

ولقد تم جمع المزيد من المعلومات المرتبطة بأنظمة وشبكة النقل العام من خطط التطوير العمراني الخاصة لمطورين محليين ومن دراسات النقل التابعة لها . ولقد تم إضافة هذه الأنظمة ونمذجتها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية.

2.3.3 المقابلات الأسرية

لقد أجريت المقابلات الأسرية مع أفراد الأسر خلال عام 2018 من أجل جمع المعلومات المفصلة عن أنشطتهم ورحلاتهم اليومية وربطها بالخصائص الاجتماعية والاقتصادية للأسرة، حيث تم تحليلها واستخدامها لبناء نموذج محاكاة أنشطة السكان. في الشكل التالي ملخص عن نوع البيانات التي جمعت من المقابلات الأسرية.



شكل 2.3 : بيانات المقابلات الأسرية

بينما يقدم الجدول أدناه لمحة عامة عن معدلات الرحلات خلال أيام العمل وأيام نهاية الأسبوع داخل مدينة الدوحة وخارجها المستنبطة من المقابلات الأسرية.

القسم 2

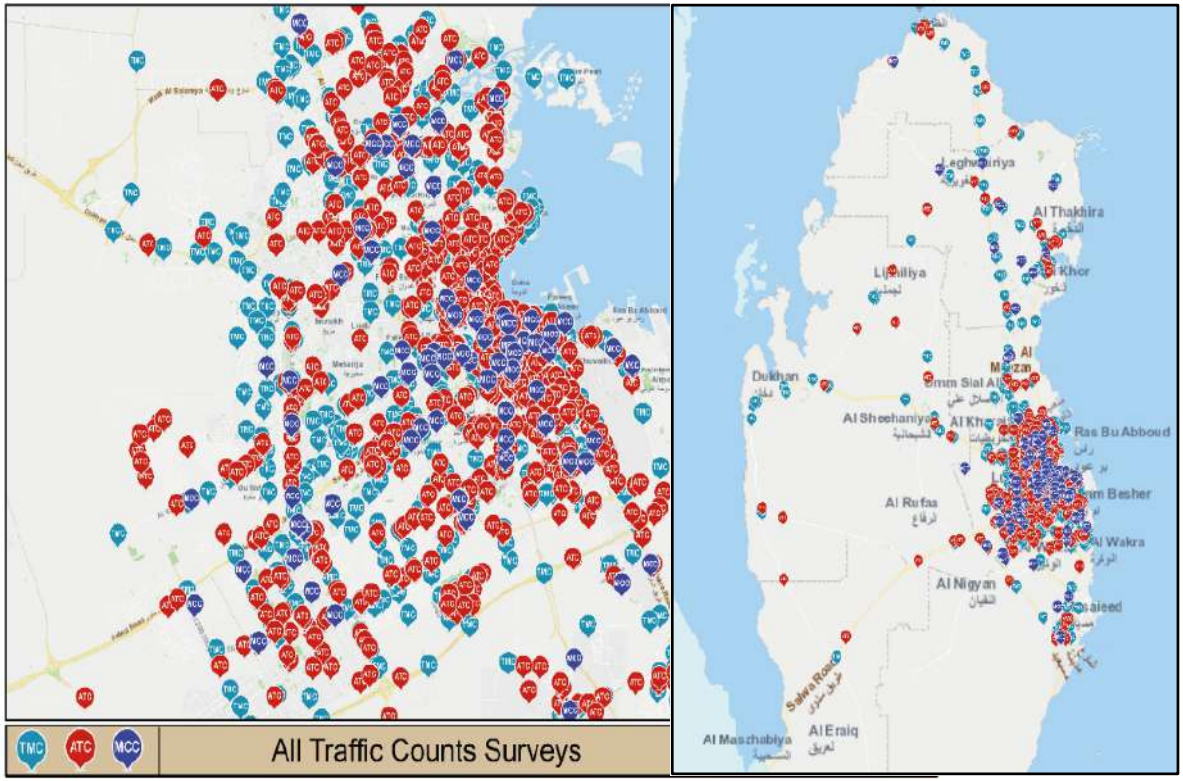
جدول 2.4: نتائج الرحلات من المقابلات الأسرية HHI

سكان المناطق الأخرى - أيام العمل	سكان الدوحة - أيام العمل
متوسط عدد الرحلات اليومية للشخص الواحد 2.27: ▪ للذين يعملون 2.91: ▪ للذين لا يعملون 1.35: نسبة الأفراد الذين لا يقومون برحلات 32%: نسبة الرحلات في المركبات الخاصة: 82% ▪ نسبة الرحلات في مركبات بداخلها شخص واحد: 47%	متوسط عدد الرحلات اليومية للشخص الواحد 2.29 : ▪ للذين يعملون 2.95: ▪ للذين لا يعملون1.05 : نسبة الأفراد الذين لا يقومون برحلات : 27% نسبة الرحلات في المركبات الخاصة 77% : ▪ نسبة الرحلات في مركبات بداخلها شخص واحد: 44%
سكان المناطق الأخرى-عطلة نهاية الأسبوع	**سكان الدوحة-عطلة نهاية الأسبوع**
متوسط عدد الرحلات اليومية للشخص الواحد 1.84: ▪ للذين يعملون 2.12 : ▪ للذين لا يعملون 1.29 : نسبة الأشخاص الذين لا يقومون برحلات 36%: نسبة الرحلات في المركبات الخاصة: 78% ▪ نسبة الرحلات في مركبات بداخلها شخص واحد: 26%	متوسط عدد الرحلات اليومية للشخص الواحد 2.05: ▪ للذين يعملون 2.47 : ▪ للذين لا يعملون 1.44 : نسبة الأشخاص الذين لا يقومون برحلات 39%: نسبة الرحلات في المركبات الخاصة: 83% ▪ نسبة الرحلات في مركبات بداخلها شخص واحد: 27%

2.3.4 المسوحات المرورية

تم إجراء معظم المسوحات المرورية في عام 2018 على العديد من مقاطع ومسارات الطرق الرئيسية والتجميعية بالإضافة إلى معظم التقاطعات الواقعة على الطرق الرئيسية. ولقد تم تحديد مواقع المسوحات المرورية عن طريق وضع منهجية علمية متقدمة تتضمن عمليات حسابية لتغطية أكبر قدر ممكن من شبكة الطرق الحالية. أولاً، لقد هدفت هذه المنهجية إلى تحقيق أكبر انتشار لمواقع المسوحات على امتداد الطرقات والتقاطعات باختلاف أنواعها في دولة قطر. ثانياً، هدفت المنهجية نفسها إلى اختيار المواقع التي

تجتازها أعلى نسبة من مجموع الرحلات التي تحدث خلال ساعات الذروة. يبين الشكل أدناه مواقع المسوحات المرورية التي شملت كافة البلديات في دولة قطر.



شكل 2.4 : مواقع المسوحات المرورية

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

القسم 3

نموذج الطلب على النقل
(DEMAND MODEL)

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

3 نموذج الطلب على النقل (Demand Model)

نمذجة النقل استناداً على أنشطة السكان

3.1 نظرة عامة على نموذج الطلب على النقل

تم الاعتماد في تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM بشكل أساسي على الخصائص والأسس المتوفرة في نموذج النقل في جنوب كاليفورنيا (SimAGENT) لمحاكاة أنشطة السكان وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن استخدام شبكات النقل والذي يتضمن عدة تحسينات باستخدام أفضل الممارسات والخبرات التي طبقت على النموذج من قبل مجلس مدينة نيويورك. حيث صُمم نموذج النقل في جنوب كاليفورنيا (SimAGENT) لدعم مشروع قانون مجلس الشيوخ في ولاية كاليفورنيا رقم 375 الذي يدعو الجهات المختصة في المدينة لتحقيق معدلات مقبولة لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في السنوات المقبلة.

وعليه، فلقد تم تصميم نموذج النقل QABMلاختبار شريحة واسعة من سياسات النقل التي تم وضعها لتتناسب مع تطلعات دولة قطر. ومن الخطأ الاعتقاد بأن دولة قطر تحتاج إلى نموذج نقل مبسط بسبب صغر حجمها وعدد سكانها بالمقارنة مع الدول المتقدمة الأخرى. بالعكس، لقد صمم نموذج النقل QABM ليستخدم في وضع خطط نقل متكاملة ذات أنظمة نقل متعددة ومتشابكة تلبي التطلعات المختلفة لكافة الشركاء وأصحاب القرار في دولة قطر. حيث تم تطوير النموذج الجديد ليكون قادراً على محاكاة التنوع السكاني الكبير للأفراد في دولة قطر ومن المتوقع ان يكون هذا النموذج أداةً رائدة يُعتمد عليها في العديد من دراسات التخطيط القادمة في المجالات كافة.

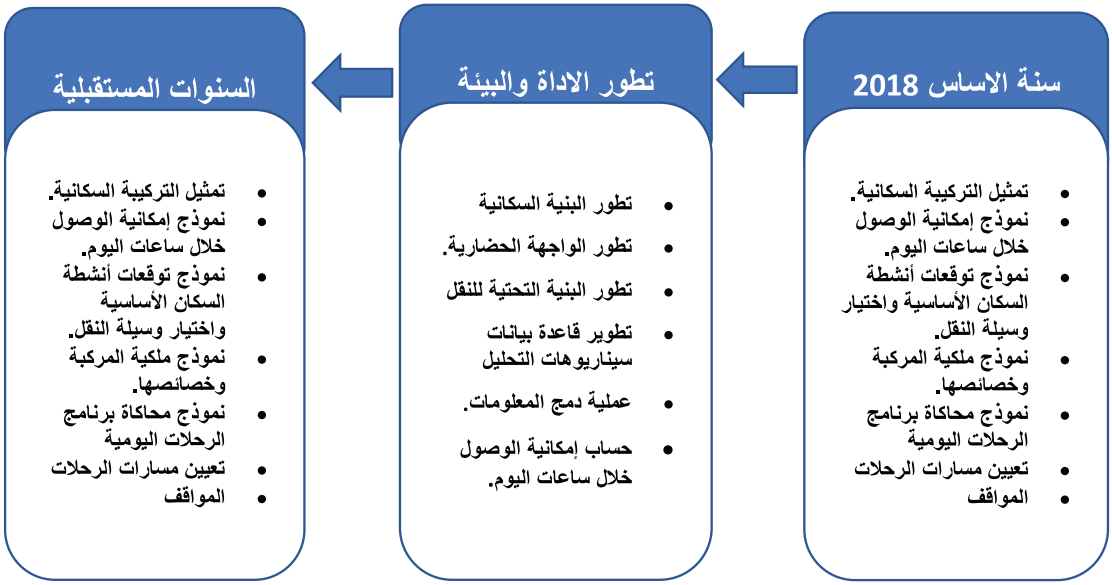
تم تطوير منهجية النمذجة الأساسية التي تم اعتمادها في نموذج النقل QABM أولاً في مدينة لوس أنجلوس وتستخدم حالياً في مدينة نيويورك. هذه المنهجية هي أفضل وأحدث ما استخدم في النماذج الموجودة لمحاكاة أنشطة السكان. للاطلاع على مزيد من التفاصيل، يرجى مراجعة تقرير " إعدادات ونمذجة نماذج الطلب على النقل".

من خلال هذا المشروع، عملت وزارة المواصلات والاتصالات في دولة قطر نقلة نوعية في نماذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان من خلال قدرة نموذج النقل QABM على ربط جميع نماذج العرض والطلب في إطار متكامل مما تسمح هذه الميزة بإعادة التشغيل التلقائي والكلي للنموذج بعد انتهاء مرحلة تعيين مسار الرحلات داخل شبكات النقل. حيث لدى نموذج النقل QABM القدرة على استخدام نتائج مصفوفات والحركة المرورية على شبكات النقل للبدء مرةً اخرى بالعمليات الحسابية وتحقيق نتائج أفضل مع كل تكرار حتى تحقيق معايير التقارب. كما يتميز نموذج النقل QABM بأنه يتضمن نموذج ديناميكي لمواقف المركبات الذي يستفيد من نتائج محاكاة الأنشطة اليومية التي تحدد أوقات وصول جميع الرحلات إلى الوجهات المقصودة ومدة توقف أي رحلة للقيام بنشاط ما. كما يتمتع نموذج النقل QABM بميزة فريدة عن غيره من نماذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان وذلك بقدرته على تمثيل التداخل بين أنظمة النقل الخاص والعام واحتساب أثرها على الاخير كوقت وصول حافلات النقل العام إلى محطات النقل العام بسبب الازدحام المروري على الطرق.

3.2 بنية نموذج الطلب (Demand Model)

يظهر الشكل أدناه مخطط للهيكل العام لنموذج النقل QABMوالتي بمكن تصنيفها إلى ثلاث مجموعات. تحتوي المجموعة الأولى على نماذج العرض والطلب التي صممت لمحاكاة ونمذجة شبكات النقل لسنة الأساس 2018 في نموذج النقل .QABM الأمر نفسه ينطبق على المجموعة الثالثة والتي تحتوي على نسخة مشابهة من النماذج ولكن لمحاكاة وتمثيل نماذج النقل في السنوات المستقبلية. أما المجموعة الثانية في منتصف الشكل فهي عبارة عن سيناريوهات النمو السكاني واستخدام الأراضي ومشاريع البنية التحتية وتغيرات الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية المتوقعة أن تحصل في السنوات المستقبلية. كما يبين هذا الشكل التقنيات والنماذج الإحصائية التي تم تطويرها لمحاكاة أنشطة السكان والتي تتضمن مجموعة من العناصر والأدوات لحساب مؤشرات سهولة الوصول إلى منطقة التحليل مرورية للفرد للقيام بنشاط معين وتفاعلها مع سلوك الفرد المتنقل بما يشمل المراحل الأساسية التالية:

- مرحلة استنساخ أو تمثيل كل فرد ضمن الحجم السكاني وبما يتضمن الخصائص الاقتصادية والاجتماعية مثل (العمر، الوظيفة، الجنس،.....).
- مرحلة تكوين الجدول الزمني للأنشطة اليومية للفرد بشكل تفصيلي (الزماني والمكاني ووسيلة النقل المستخدمة)
- مرحلة تعيين حركة النقل على شبكات النقل مثل الطرق والنقل العام بالإضافة إلى الحاجة إلى احتساب الحاجة إلى المواقف.



شكل 3.1 : مخطط بياني للبنية العامة لنموذج النقل QABM

توفر هذه البنية لمستخدمي نموذج النقل QABM باختبار وتقييم تأثير سياسات النقل من خلال تتبع الرحلات لكل فرد بشكل تفصيلي وانعكاساتها على النتائج الكلية على النموذج. على سبيل المثال، يمكن استخدام نموذج النقل QABM لاختبار سياسة زيادة كثافة الاستخدامات على الأراضي أو تحويلها إلى أراضي ذات استخدامات متنوعة وتتبع تأثير هذه السياسة على التوزع الجغرافي للأنشطة الاقتصادية، ووجهات الأنشطة والرحلات، ومعدل ملكية المركبات ونسبة الرحلات في مركبات بداخلها شخص واحد.

3.3 مواصفات تصميم نموذج النقل QABM

يتكون نموذج النقل QABM من أربعة نماذج رئيسية لكل منها دور معين.

أولاً، PopGen وهو نموذج حسابي لاستنساخ وتمثيل التركيبة للسكان بما يشمل الخصائص الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية لجميع سكان دولة قطر من أفراد وأسر بالاعتماد على التعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت المعتمد في دولة قطر.

ثانياً، CEMSELTS هو النموذج الاقتصادي القياسي الشامل لمحاكاة الخصائص الاجتماعية-الاقتصادية واستخدام الأراضي وأنظمة النقل والمستخدم لإعطاء خصائص ديموغرافية واجتماعية واقتصادية إضافية لكل فرد في التركيبة الحسابية للسكان وتحديد خياراته للأنشطة التي يجب القيام بها بشكل يومي من قبل الفرد مثل التعليم أو العمل. يستخدم هذا النموذج البيانات المتعلقة بالمدارس وخصائصها ودخل الأسرة أو الفرد وخصائص أخرى تم جمعها من المقابلات الأسرية التي قامت وزارة المواصلات والاتصالات في عام 2018م. يهدف هذا النموذج بشكل أساسي إلى إنشاء قواعد البيانات عن جميع الأفراد والأسر لإدخالها إلى نموذج محاكاة الأنشطة والتنقلات اليومية للسكان.

ثالثاً، CEMDAP وهو نموذج اقتصادي قياسي لمحاكاة الأنشطة والتنقلات اليومية للسكان تم تطويره بناءً على سلوكيات الأفراد والأسر في دولة قطر للتنبؤ بالبرنامج اليومي لأنشطة ورحلات كل فرد في التركيبة الحسابية للسكان. يتم دمج جداول الرحلات لجميع الأفراد لاحتساب المجموع الرحلات المنطلقة من والمتجهة

إلى أي منطقة من مناطق التحليل المرورية وتحديد وسيلة نقل والفترة الزمنية للأنشطة خلال يوم كامل.، ثم يتم جمع هذه النتائج في مصفوفات لاستخدامها في النموذج التالي لتعيين مسارات الرحلات.

رابعاً، VISUM وهو برنامج حاسوبي تم استخدامه لنمذجة جميع شبكات وأنظمة النقل ومناطق التحليل المرورية للقيام بالعمليات الحسابية لتعيين مسارات الرحلات داخل شبكات النقل بأحدث الطرق العلمية بعد تزويده بمصفوفات الرحلات بين مناطق التحليل المرورية لوسائل النقل العام والخاص.

3.4 نموذج تمثيل التركيبة للسكان (Popgen)

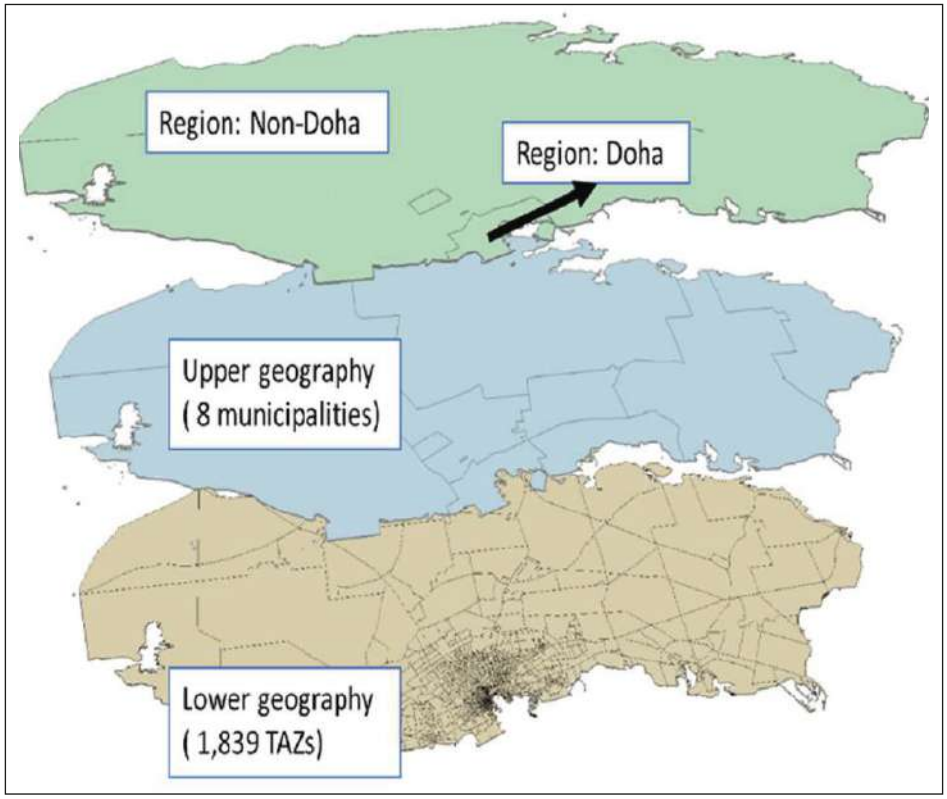
تبدأ أولى المراحل التشغيلية لنموذج قطر للنقل QABM مع نموذج PopGen الذي يقوم بتمثيل التركيبة الحسابية للسكان وتعيين الخصائص الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية لجميع سكان دولة قطر من أفراد وأسر.

تتضمن المدخلات لنموذج PopGen قوائم فيها معدلات ومجاميع تعود لخصائص ديموغرافية واجتماعية واقتصادية متنوعة على مستوى مناطق التحليل المرورية (1,839) والتي يتم احتسابها من التعداد السكاني. تشكل هذه البيانات القائمة على التعداد السكاني متغيرات التحكم بالعملية الحسابية القائمة على التوزيع التكراري النسبي لهذه الخصائص على أفراد وأسر في التركيبة الحسابية للسكان. كما يتم تزويد النموذج نفسه بعينة سكانية لأفراد وأسر يتم جمعها من المقابلات الأسرية لتكون نواةً لانطلاق العملية الحسابية في نموذج PopGen.

في التالي شرح لمتغيرات التحكم التي تم استخدامها في نموذج PopGen لتمثيل التركيبة الحسابية للسكان:

متغيرات التحكم على مستوى الأسر:

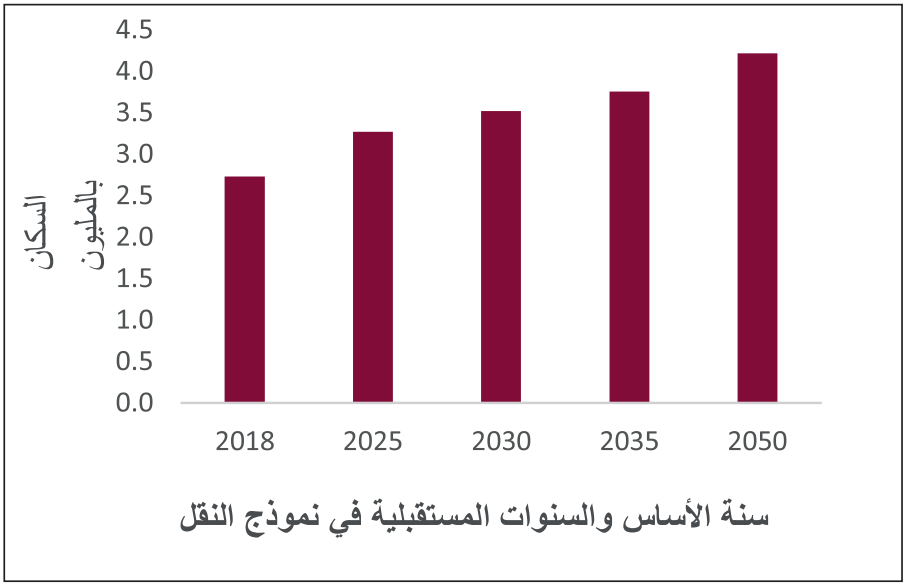
تتضمن متغيرات التحكم على مستوى الأسر مجموع الأسر وتوزعها حسب نوع الوحدة السكنية وعدد افراد الأسرة.



متغيرات التحكم على مستوى الأفراد والعمال:

تتضمن متغيرات التحكم على مستوى الأفراد المعدلات السكانية حسب النوع والفئات العمرية والجنسية. يرجى الملاحظة بأنه يوجد تمايز بين متغيرات التحكم على مستوى الأفراد التي تعود للأشخاص الذين يعيشون ضمن أسر ومتغيرات التحكم على مستوى العمال والتي تعود للأشخاص الذين يعيشون ضمن التجمعات العمالية.

في الجداول التالية مقارنة لمجموع الأسر والأفراد والعمال لسنة الأساس 2018 بين نتائج نموذج تمثيل التركيبة السكانية (التي يقدمها نموذج PopGen) والإحصاءات الفعلية للسكان حسب التعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت المعتمد في دولة قطر.



جدول 3.1: مقارنة بين الإحصاءات الفعلية والتركيبة الحسابية للسكان على مستوى دولة قطر

الخصائص	المنطقة الهامشية	التركيبة السكانية	الفرق
مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	1,086,437	1,077,561	+0.8%
مجموع عدد الأفراد بدون أسر	1,647,109	1,647,105	0.0%
مجموع عدد السكان	2,733,546	2,724,666	+0.3%
مجموع عدد الأسر	228,936	228,944	0.0%

جدول 3.2: مقارنة بين الإحصاءات الفعلية ونتائج نموذج تمثيل التركيبة الحسابية للسكان على مستوى البلديات

البلدية	الخصائص	التعداد الفعلي للسكان على مستوى البلدية	نموذج تمثيل التركيبة السكانية	الفرق
الدوحة	مجموع عدد الأسر	109,831	109,840	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	426,964	425,066	0%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	660,355	660,354	0%
الريان	مجموع عدد الأسر	70,799	70,796	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	407,420	404,724	1%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	281,061	281,051	0%
الوكرة	مجموع عدد الأسر	19,682	19,687	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	89,898	88,184	2%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	249,985	249,988	0%
أم صلال	مجموع عدد الأسر	7,914	7,914	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	57,369	55,385	3%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	45,878	45,877	0%
الضعاين	مجموع عدد الأسر	5,490	5,489	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	34,173	33,897	1%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	27,635	27,638	0%
الخور والذخيرة	مجموع عدد الأسر	8,677	8,678	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	38,543	38,577	0%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	191,081	191,080	0%

(يتبع في الصفحة التالية)

جدول 3.2: مقارنة بين الإحصاءات الفعلية ونتائج نموذج تمثيل التركيبة الحسابية للسكان على مستوى البلديات

البلدية	الخصائص	التعداد الفعلي للسكان على مستوى البلدية	نموذج تمثيل التركيبة السكانية	الفرق
الشمال	مجموع عدد الأسر	897	896	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	4,664	4,663	0%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	5,332	5,333	0%
الشحانية	مجموع عدد الأسر	5,646	5,644	0%
	مجموع عدد الأفراد داخل الأسر	27,406	27,065	1%
	مجموع عدد الأفراد بدون أسر	185,782	185,784	0%

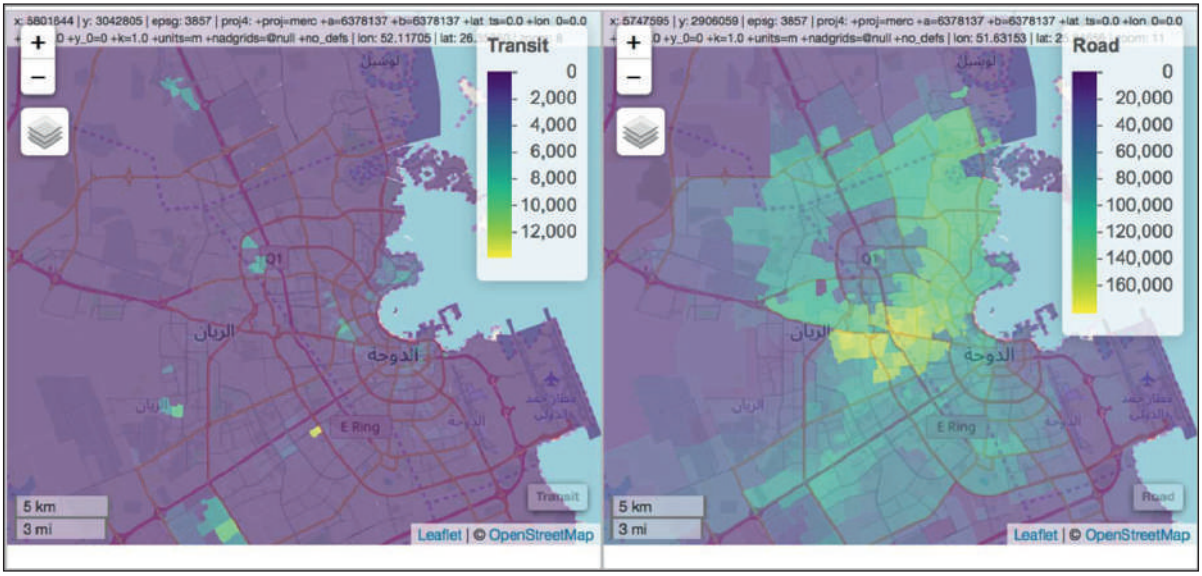
3.5 نموذج إمكانية الوصول خلال ساعات اليوم (Accessibility Indicators)

لتمثيل فرص قيام السكان بالأنشطة كالعمل والتسوق وزيارة الأصدقاء والترفيه وغيرها، يتم احتساب مؤشرات إمكانية وصول الأفراد إلى جميع مناطق التحليل المرورية خلال ساعات اليوم. فيحتوي نموذج النقل QABM على نموذج لتمثيل إمكانية الوصول خلال ساعات اليوم على شكل مؤشرات إمكانية الوصول من منطقة تحليل مرورية إلى منطقة أخرى ضمن فترة زمنية محددة (خلال 10 دقائق، من 10 إلى 20 دقيقة ومن 20 إلى 50 دقيقة) أو مسافة معينة (إلى حد 2 كلم، من 2 إلى 5 كلم ومن 5 إلى 20 كلم). وبالتالي، عند وجود فرصة للقيام فرد ما بنشاط معين، يقوم نموذج النقل QABM بترتيب جميع المناطق التحليل المرورية القادرة على استقطاب هذا النشاط في مجموعات حسب بعدها الزماني والمكاني عن مكان وجود الفرد، ومن بعدها يتم احتساب احتمالية قيام الفرد بهذا النشاط في المنطقة التي تعتبر المقصد لهذا النشاط.

ومن المنطقي جداً أن يكون هناك اختلاف كبير في مؤشرات إمكانية الوصول إلى مناطق التحليل المرورية بين ساعات الذروة وساعات اليوم الأخرى حسب ما هو موضح في الشكل التالي، وذلك بسبب التفاوت في مستوى الازدحام المروري بالنسبة للطرق أو النقل العام خلال ساعات اليوم الواحد. كما يتضمن هذا النموذج

أداة لاحتساب مؤشرات إمكانية الوصول لتأخذ بعين الاعتبار أوقات العمل في جميع القطاعات المُستقطبة للأنشطة وانعكاس ذلك على عدم وجود فرصة لقيام الفرد بنشاط ما في مكان مغلق أو خارج أوقات عمل هذه القطاعات. كما تتغير هذه المؤشرات مع تغير سنة التحليل المرورية في النموذج بسبب الاختلاف في توزع الأنشطة الاقتصادية والتحسينات في شبكة الطرق التي من المتوقع أن تنجز في السنوات المستقبلية.

باختصار، يقوم نموذج النقل QABM باستخدام تمثيل التركيبة للسكان بخصائصهم الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية مع مؤشرات إمكانية وصول أي فرد في هذه التركيبة السكانية للقيام بنشاط معين كمدخلات أساسية لتوقع النمط اليومي للأنشطة والتنقل في نموذج النقل QABM.



شكل 3.2 : مناطق التحليل المرورية - خرائط تظهر مؤشرات سهولة الوصول خلال 20 دقيقة في ساعة الذروة الصباحية

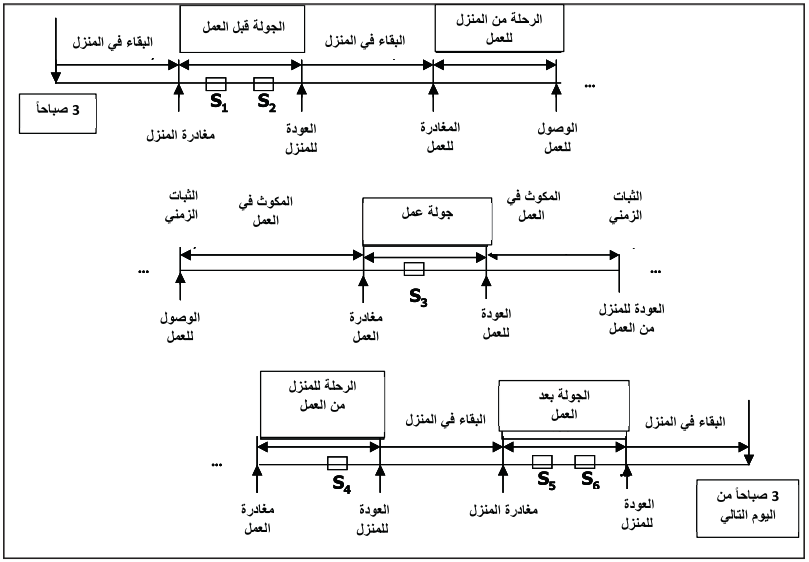
3.6 توقعات أنشطة السكان الأساسية واختيار وسيلة النقل (CEMSELTS)

تتضمن التركيبة الحسابية للسكان التي يمكن تقديرها من خلال نموذج تمثيل التركيبة للسكان PopGen خصائص ديموغرافية واجتماعية واقتصادية متنوعة لكل أسرة ولكل فرد داخل أسرة في دولة قطر. ولكن هناك العديد من الجوانب الأخرى المرتبطة بالأوضاع الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية للأسر والأفراد والتي لا يشملها نموذج PopGen كخيارات الفرد على المدى المتوسط والطويل التي لا يمكن استنتاجها بشكل سهل ومباشر من خلال معرفة خصائص الفرد. وهنا يكمن دور النموذج الاقتصادي القياسي الشامل لمحاكاة الخصائص الاجتماعية-الاقتصادية واستخدام الأراضي وأنظمة النقل (CEMSELTS) المكون من مجموعة من النماذج الجزئية للتنبؤ بأنشطة السكان الأساسية (العمل والأنشطة التعليمية) واختيارهم لوسائل النقل للقيام بها، كما يقوم هذا النموذج بتمثيل خصائص إضافية للأفراد والأسر في التركيبة الحسابية للسكان. على سبيل المثال، يتضمن نموذج CEMSELTS نموذج لاختيار مناطق التحليل المرورية (الوجهة/المقصد) التي تتواجد فيها مدارس وجامعات من قبل الطلاب، ونموذج آخر لتحديد الأفراد العاملين في الأسر استناداً إلى أعمارهم وأنواعهم ومستواهم التعليمي ووجود الأطفال داخل أسرهم من ثم توقع مجال ومكان وأوقات العمل للأفراد الذين تم تحديدهم. كما يقوم نموذج CEMSELTS بتحديد الأفراد الحاملين لرخصة قيادة استناداً إلى خصائص العمر والنوع والجنسية. وفقاً لهذه الخصائص، يقوم أيضاً نموذج CEMSELTS بالتنبؤ بالدخل السنوي للأفراد والأسر ونوع مكان السكن وملكية المركبات من حيث العدد والنوع والوقود المستخدم داخل كل أسرة. بحيث يتم استخدام هذه النماذج المتفرعة من نموذج CEMSELTS كمدخلات لمحاكاة البرامج اليومية لأنشطة ورحلات الأفراد. كل هذه النماذج طورت من خلال هذا المشروع خصيصاً لنموذج النقل لدولة قطر حسب نتائج الاستطلاعات والمقابلات الأسرية التي قامت بها الوزارة كما ذكر سابقاً.

3.7 النموذج الاقتصادي القياسي لمحاكاة الأنشطة ونمط التنقل اليومي للسكان (CEMDAP)

يقوم النموذج الاقتصادي القياسي لمحاكاة الأنشطة ونمط التنقل اليومي للسكان (CEMDAP) بالتنبؤ بالبرنامج اليومي لأنشطة ورحلات كل فرد وكل أسرة في التركيبة الحسابية للسكان لجميع ساعات اليوم

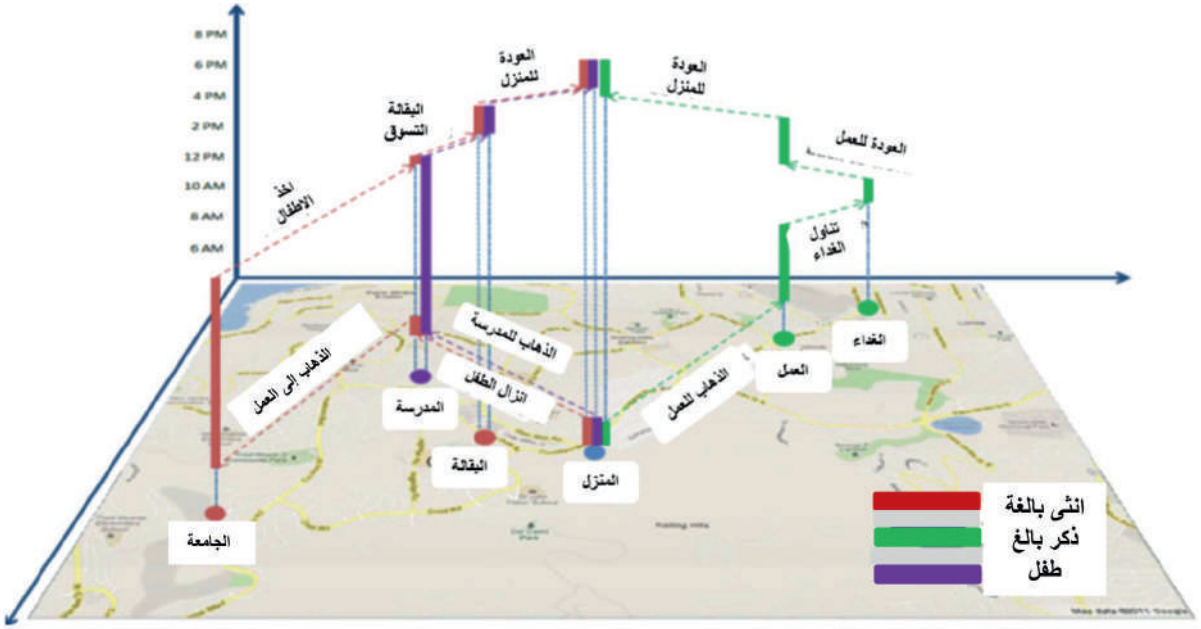
(24 ساعة). تم من خلال هذا المشروع تطوير نموذج معدل من نموذج CEMDAP تستند على سلوكيات الأفراد والأسر في دولة قطر. يرتكز عمل هذا النموذج على مرحلتين كما هو موضح في الشكل 3.3:



1. **مرحلة التنبؤ بالأنشطة اليومية للأفراد**: في هذه المرحلة يتم التنبؤ بأوقات الأنشطة الرئيسية التي حددت سابقاً من مخرجات نموذج CEMSELTS كأنشطة العمل والأنشطة التعليمية. كما يقوم النموذج أيضاً بتحديد مرافقي الأطفال من أفراد الأسر الحاملين لرخص القيادة وقيامهم برحلات مشتركة في الذهاب والعودة من المدارس بالإضافة إلى تنبؤ بكافة الأنشطة والرحلات التي من الممكن ان يقوم بها أفراد من الأسرة سوياً.
2. **مرحلة ترتيب البرامج اليومية لرحلات الأفراد**: في هذه المرحلة يتم ترتيب التسلسل المتوقع لكل أنشطة الفرد اليومية وتحديد مدة كل نشاط، ومكان حدوثه ووقت الوصول إليه والمغادرة منه، وتحديد سيلة النقل المستخدمة لتنقل بين مكان نشاط وآخر.

بذلك، ينتج عن نموذج CEMDAP تحديد دقيق لأنشطة كل فرد من أفراد الأسرة وأماكنها وأوقاتها ووسائل النقل المستخدمة للقيام بكل نشاط. كما يأخذ نموذج CEMDAP بعين الاعتبار المشاركة في الأنشطة والرحلات بين أفراد الأسرة حيث يقوم بالتنبؤ بالرحلات التي يقوم بها بعض أفراد الأسرة معاً باستخدام وسيلة نقل مشتركة مثل المركبات الخاصة أو الليموزين. ففي مرحلة التنبؤ بالأنشطة اليومية للأفراد، يقوم نموذج CEMDAP أولاً بالتنبؤ بأوقات ذهاب أفراد الأسرة العاملين إلى أماكن العمل والطلاب إلى المدارس. وبناءً عليه، تتم محاكاة جميع رحلات اليومية لأفراد الأسرة وتحديد إمكانية حدوث رحلات مشتركة خاصة بالأنشطة الرئيسية كتوصيل الطلاب إلى واصطحابهم من مدارسهم من قبل أفراد الأسرة العاملين خلال رحلة الذهاب ورحلة العودة من العمل. ولا تقتصر المحاكاة التي يقوم بها نموذج CEMDAP فقط على تحديد إمكانية القيام برحلات مشتركة خاصة بالأنشطة الرئيسية لأفراد الأسرة الواحدة، بل تتعداها إلى الرحلات الخاصة بالأنشطة الثانوية للأفراد كالتسوق والترفيه والزيارات الاجتماعية للأقارب أو الأصدقاء وتناول الطعام خارج المنزل وغيرها. إن قدرة نموذج CEMDAP على تمثيل تشارك الرحلات بين أفراد الأسرة الواحدة يسمح بترتيب برامج رحلات يومية متداخلة لأفراد الأسرة الواحدة وهذا يعد أفضل محاكاة لواقع التداخل بين رحلات أفراد الأسرة وله مردود إيجابي في تبسيط عمل نموذج CEMDAP بمحاكاة أفضل للواقع وتقليل من العمليات الحسابية مقارنةً بتلك التي يحتاجها النموذج للتنبؤ بأنشطة ورحلات كل فرد على حدة. أما في المرحلة الثانية، يتم ترتيب رحلات الأفراد في جولات تبدأ وتنتهي في نفس المكان مثلاً المنزل أو مكان العمل.

يبين الشكل التالي مثالاً على مخرجات نموذج CEMDAP لتحديد الجدول اليومي للأنشطة والرحلات لأفراد أسرة واحدة تتضمن ذهاب الأب بشكل مستقل إلى العمل وتناول الغداء خارجاً ثم العودة مجدداً إلى العمل وبالنهاية العودة إلى مكان السكن. بينما تقوم الأم بإيصال الطفل إلى المدرسة صباحاً ثم التوجه إلى مكان العمل والرجوع مجدداً لاصطحاب الطفل من المدرسة والتوجه إلى التسوق معاً ومن ثم العودة إلى المنزل. يظهر الشكل الرحلات وأماكن التوقف وأنواع الأنشطة وأوقات بدئها وانتهائها لكل فرد وإظهار الرحلات المشتركة.



شكل 3.3 : مثال على جدول يومي لأسرة مكونة من 3 أشخاص

3.8 البيانات الأساسية المطلوبة في نمذجة الطلب على النقل

إن البيانات الأساسية المستخدمة في نماذج الطلب على النقل داخل نموذج النقل QABM مصدرها الاستبيانات الأسرية لعينة ممثلة لسكان قطر التي قامت بها وزارة المواصلات والاتصالات في عام 2018م كما تم ذكره في الفصل 2.3.3.. خلال هذه الاستبيانات الأسرية، تم جمع معلومات عن الانشطة والرحلات اليومية لجميع أفراد الأسر ومعلومات أخرى يمكن تلخيصها كالتالي:

1. خصائص على مستوى الأسرة (موقع السكن، نوع السكن، نوع حيازة السكن (ملك أم إيجار، التركيبة الأسرية، الدخل، ملكية المركبات، ملكية الدراجات وغيرها).
2. خصائص على المستوى الفرد (مثل العمر، النوع، الجنسية، المستوى العلمي، مكان المدرسة أو الجامعة للطالب، مجال العمل للفرد العامل ومكان وأوقات العمل، ملكية رخصة القيادة).
3. معلومات عن نشاطات ورحلات الفرد وتتضمن: سبب الرحلة، الجهة المقصودة، وقت انطلاق ووصول الرحلة، ووسيلة النقل المستخدمة في الرحلة، معلومات عن الأنشطة التي قام بها الفرد طوال النهار ومدتها كأوقات مكوثه بالمنزل وفي العمل واماكن أخرى.
4. معلومات عن المركبات التي تملكها الأسرة كالنوع وسنة التصنيع وعدد المقاعد وغيرها.

بالإضافة إلى بيانات المقابلات الاسرية، تم جمع العديد من البيانات واستخدامها في نماذج الطلب على النقل داخل نموذج النقل QABM ومنها بيانات عن:

1. مخططات استخدام الأراضي المعتمدة من وزارة البلدية والبيئة.
2. مواقع المساكن الأسرية ونوعها حسب بيانات المؤسسة العامة للماء والكهرباء
3. أماكن عمل الأفراد
4. أماكن مدارس الطلاب وسعتها
5. شبكة الطرق (تصنيف الطرق وعدد المسارات وطاقتها الاستيعابية وسرعاتها المرورية المعلنة وغيرها)
6. شبكة النقل العام (خطوط النقل العام ومساراتها ومواقفها ومحطاتها وترددتها وجداولها الزمنية وسرعة مركباتها وغيرها)

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

القسم 4

نموذج العرض لأنظمة وشبكات النقل
(SUPPLY MODEL)

4 نموذج العرض لأنظمة وشبكات النقل (Supply Model)

تحديث وتطوير نماذج شبكات النقل

4.1 نظرة عامة على نموذج العرض لأنظمة النقل (Supply Model)

تم من خلال المشروع نمذجة لأنظمة وشبكات النقل الحالية والمخطط لها مستقبلياً بشكل دقيق وعالي الجودة في تمثيل جميع شبكات النقل من طرق وخطوط النقل العام. لهذا الغرض، تم جمع بيانات متعددة حول شبكة الطرق كتصنيفها وطاقتها الاستيعابية وسرعاتها المرورية المعلنة وعدد المسارات والتقاطعات من جهة، وبيانات خطوط النقل العام بما يشمل المسارات ومحطات التوقف والمحطات والترددات والجداول الزمنية وسرعة مركبات النقل العام من جهة أخرى. حيث تم ترميز وإدخال جميع هذه البيانات في نموذج العرض لأنظمة النقل التي تتلخص عناصره في الجدول أدناه. كما تم نمذجة التقاطعات بشكل مفصل على اختلاف أنواعها (تقاطع بدون إشارة، دوار، تقاطع بإشارات ضوئية، دوار بإشارات ضوئية وتقاطع متعدد المستويات) وتمثيل حركات الالتفاف الرئيسية ومخططات وتوقيتات الإشارات الضوئية عند وجودها. يمكن الاطلاع على تقرير " إعدادات ونمذجة نماذج العرض لأنظمة النقل" الذي يقدم معلومات مفصلة.

يتميز نموذج النقل QABM باستحداث نمذجة للترابط بين أنظمة النقل من خلال إعداد نموذج لمواقف المركبات ونموذج خدمة "اركن و تنقل" وتمثيل التفاعل مع أنظمة النقل الأخرى. حيث أن النموذج قادر على حساب أثر الازدحام المروري على خدمة الحافلات والتأثير على الجدول الزمني للخدمة. كما تم إعداد نموذج لتجمعات الركاب في محطات ومركبات النقل العام لاحتساب الازدحام المتوقع في خدمة المترو عند الانتهاء من بناء كامل الشبكة وتزايد الطلب على خدمات النقل العام.

جدول 4.1: ملخص لعناصر شبكات النقل في نموذج النقل QABM

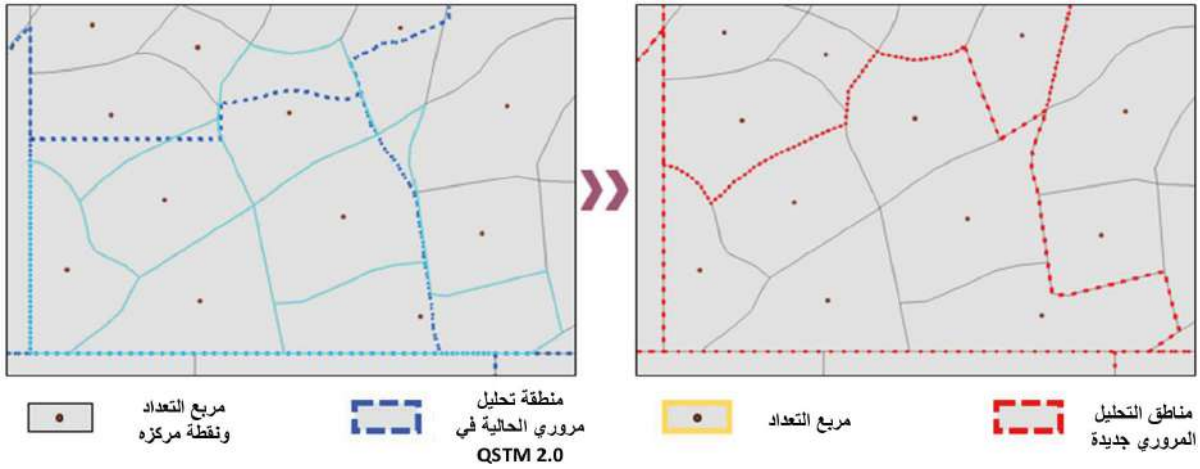
الخاصية	الأعداد
وصلات الطرق	182,502
نقاط التقاطع	64,769
الالتفافات على نقاط التقاطع	553,328
نقاط التقاطع الرئيسية	1,344
الالتفافات على الطرق الرئيسية	76,694
مواقع المسوحات المرورية	1,242

4.2 مناطق التحليل المروري (Traffic Analysis Zones)

لقد تم إنشاء نظام تقسيم مناطق التحليل المروري يتماشى مع القدرات المتطورة لنموذج النقل QABM. كما ذكر سابقاً، إن نموذج النقل QABM يستخدم مجموعة كبيرة ومتنوعة من البيانات والمعلومات عن السكان واستخدام الأراضي وغيرها التي تم جمعها من الشركاء الاستراتيجيين أو المسوحات والاستبيانات التي قامت بها وزارة المواصلات والاتصالات على مستويات جغرافية مختلفة. حيث يوفر التعداد العام للسكان والمساكن والمنشآت المعتمد في دولة قطر مسح وتعداد على مربعات التعداد السكاني مروراً بالأحياء السكنية ثم مناطق التخطيط العمراني وصولاً إلى البلديات وتتخطاها إلى تجزئة المساحة الكلية لدولة قطر إلى منطقتين هما منطقة الدوحة الكبرى وخارجها. لذلك، تم نمذجة حدود مناطق التحليل المروري لتتوافق مع حدود الإدارية المذكورة بهدف تسهيل عملية الجمع البيانات حسب المستويات الجغرافية المذكورة. فلقد صممت مناطق التحليل المرورية لتضم الواحدة منها مربع التعداد السكاني أو أكثر ولتكون جزءً من حي سكني.

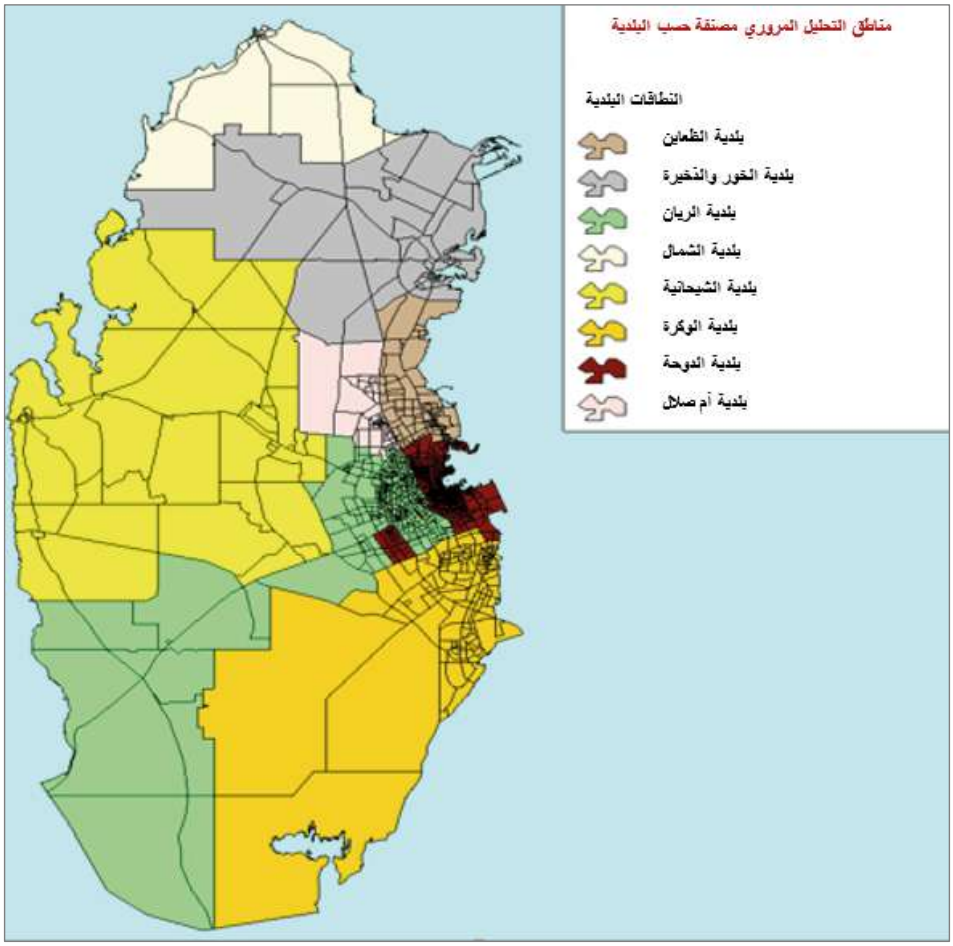
كما ترميز ونمذجة حدود مناطق التحليل المروري بما يتوافق مع الحدود الإدارية لمشاريع التطوير العمراني الكبرى وحرم الطرق الرئيسية والسكك الحديدية وغيرها من الحواجز الطبيعية والإدارية. كما تم إضافة مناطق تحليل مروري خاصة لتمثل نمذجة لمحطات المترو والمحطات الرئيسية للحافلات والمواقف العامة للمركبات التي تستخدم في خدمة "اركن وتنقل" جانب محطات النقل العام بالإضافة إلى مولدات الرحلات الخارجية كالحدود مع السعودية ومطار حمد الدولي وميناء حمد ليصبح مجموع عدد مناطق التحليل المرورية 1,839.

تبين الأشكال التالية مثالاً على التعديلات التي أجريت على حدود مناطق التحليل المروري في النموذج السابق QSTM للتوافق مع حدود مربعات التعداد السكاني ومع حدود البلديات في دولة قطر.



شكل 4.1 : مثال على التعديلات التي أجريت على حدود مناطق التحليل المروري السابقة في نموذج QSTM لكي تتوافق وحدود مربعات التعداد السكاني

شكل 4.2 : توافق حدود مناطق التحليل المروري وحدود مناطق التخطيط السكاني



شكل 4.3 : توافق حدود مناطق التحليل المروري الحالية وحدود البلديات في دولة قطر

4.3 نموذج شبكة الطرق (Road Network Model)

تم تحديث نموذج شبكة الطرق من خلال عدة مراحل متتالية باستخدام البيانات التي جمعت لهذه الغاية. يبين الشكل أدناه المراحل التي شملت مرحلة ترميز مسارات الطرق ومرحلة تحديث تصنيفها وترميز البيانات الطوبولوجية للطرق من خلال القيام بزيارات ميدانية أو الحصول عليها من الصور الجوية من برنامج غوغل (Google Earth) للتحقق من بعض الحالات مثل الطرق الجديدة أو الطرق قيد الإنشاء والتحويلات المرورية.

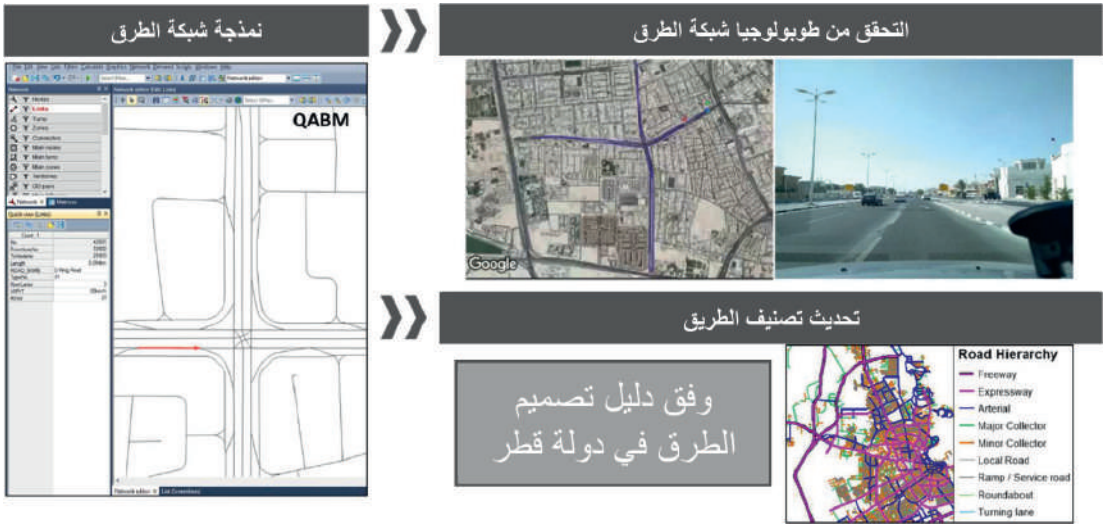
4.3.1 ترميز شبكة الطرق (Road Network Coding)

امتداد شبكة الطرق: تمتد شبكة الطرق التي نمذجتها لتغطي جميع الطرق الحالية والمخطط لها في كافة أنحاء دولة قطر. وقد تم بناء شملت نمذجة شبكة الطرق لتمثل السنوات التالية:

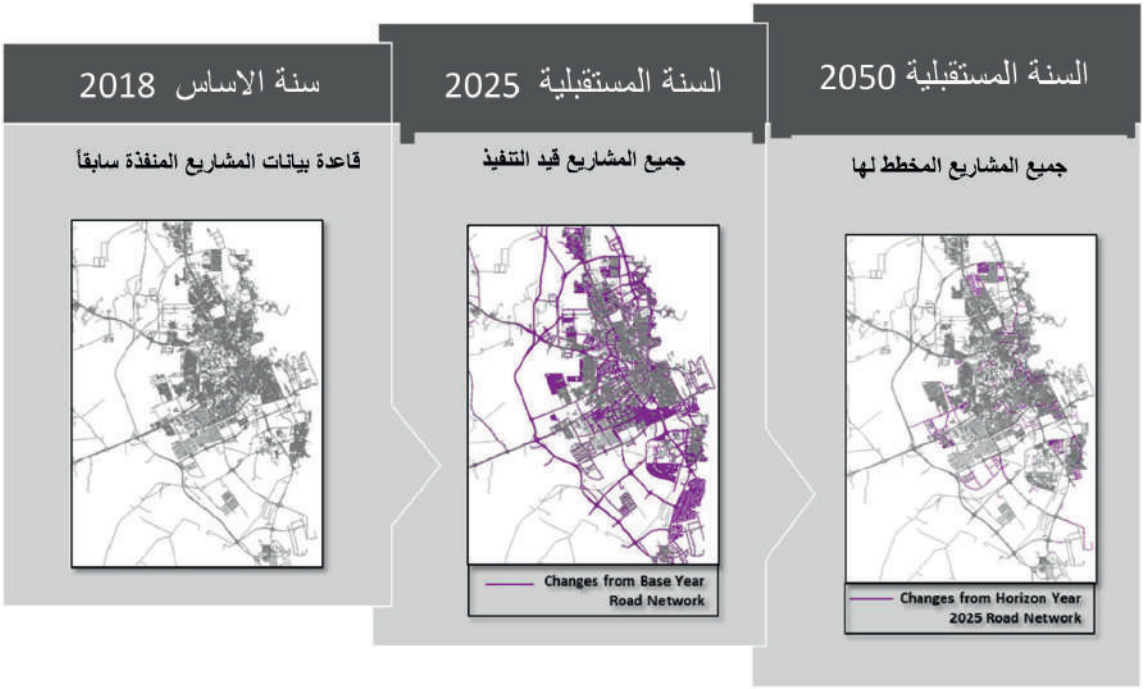
- شبكة الطرق الحالية في نموذج النقل QABM لسنة الأساس 2018.
- شبكة الطرق في نموذج النقل QABM المخطط لها للسنوات المستقبلية 2025، 2030، 2035، 2050.

تشمل شبكة الطرق في سنة 2025 شبكة الطرق الحالية بالإضافة إلى مشاريع الطرق المحلية والسريعة المعتمدة لتنفيذها قبل عام 2022م. أما شبكات الطرق في السنوات المستقبلية الاخرى فتتضمن مشاريع الطرق المحلية والرئيسية المخطط لها والمتوقع إنجازها ما بعد سنة 2022 حيث تم توزيعها على السنوات المستقبلية حسب أهميتها وبناءً على أولويات تنفيذها التي جمعت من الهيئة العامة للأشغال.

يوضح الشكل التالي التطور التدريجي في نموذج شبكة الطرق من سنة الأساس 2018 وصولاً لشبكة الطرق النهائية بعام 2050.

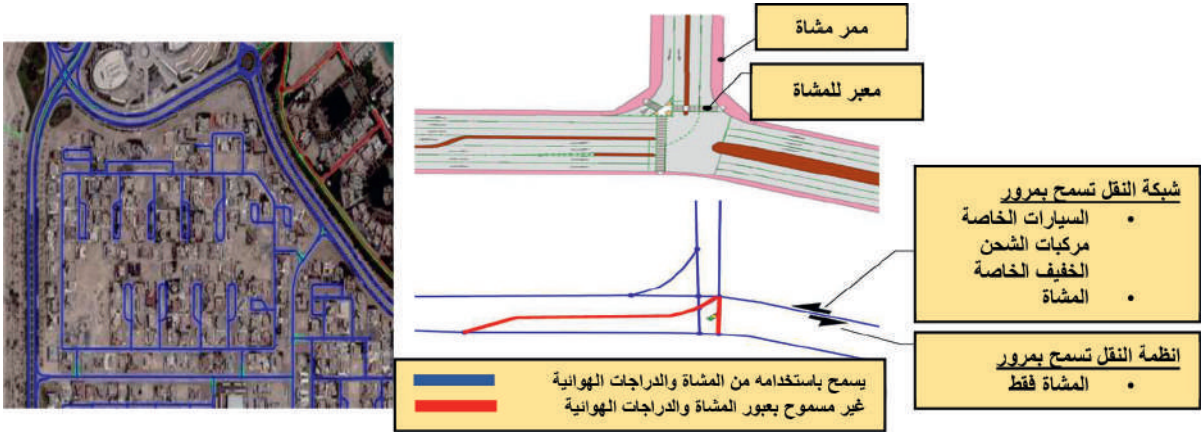


شكل 4.4 : التحقق من صحة بيانات طوبولوجيا الطرق وتحديث تصنيفها



شكل 4.5 : تطور نموذج شبكة الطرق

يوفر نموذج شبكة الطرق أيضاً تصنيف الطرق التي تتراوح بين طريق حر، طريق السريع، طريق شرياني، طريق تجميعي رئيسي، طريق تجميعي ثانوي وطريق محلي. ولقد تم ترميز شبكة الطرق لتراعي أدق التفاصيل كالتأثير والتداخل بين حركة التفاف الحافلات والمركبات الخاصة والتداخل بين حركة عبور المشاة والدراجات الهوائية مع مرور المركبات. كما تم ترميز مسارات المشاة والدراجات الهوائية على امتداد شبكة الطرق من خلال نمذجة نظام نقل المشاة والدرجات الهوائية على الوصلات التي تمثل جسور المشاة والطرق المسموح لهم باستخدامها أو نمذجتها على التقاطعات بإشارات ضوئية. الشكل التالي يوضح مدى التفاصيل المستخدمة في ترميز شبكة الطرق وربطها مع المباني.



شكل 4.6 : دقة التفاصيل المستخدمة في ترميز شبكة الطرق.

تصنيف الطرق: تم تحديث تصنيف الطرق في نموذج النقل QABM ليتوافق مع المعايير المحددة في دليل قطر لتصميم الطرق وليكون أكثر تمثيلاً لأوضاع الطرق ووظائفها من الناحية التخطيطية ويتماشى مع متطلبات النموذج. تم من خلال هذا المشروع تصنيف الطرق ومن ثم نمذجتها استناداً إلى المعايير التالية:

- نوع المنطقة التي يخدمها الطريق (حضرية/ غير حضرية).
- عدد المسارات في كل اتجاه
- السرعة المعلنة
- عرض حرم الطريق
- نوع استخدام الأراضي الواقعة بمحاذات الطريق

وتم تحديث تصنيف الطرقات في نموذج النقل QABM على مرحلتين.

المرحلة الأولى تخللها مراجعة تصنيفات الطرق المعتمد في نموذج النقل QSTM والتأكد من مطابقته للمعايير المحددة في دليل قطر لتصميم الطرقات.

المرحلة الثانية تخللها استخدام منهجية علمية تهدف إلى تحديث قاعدة البيانات للطرق في النموذج لتتناسب مع المعايير التي يحددها دليل قطر لتصميم الطرق.

يبين الشكل التالي تصنيف الطرق لسنة الأساس 2018 في نموذج النقلQABM .

شكل 4.7 : تصنيف الطرق على المستوين الوطني (جهة اليسار) ومنطقة الدوحة الكبر (جهة اليمين).

4.3.2 مواصفات نموذج أنظمة النقل الخاصة (Private Transport Model Specifications)

تم تقسيم أنظمة الطلب على النقل الخاص المستخدمة في نموذج النقل QABM إلى الأنواع التالية:

- مركبات خاصة مملوكة من ذوي الدخل المرتفع
- مركبات خاصة مملوكة من ذوي الدخل المتوسط
- مركبات خاصة مملوكة من ذوي الدخل المحدود
- حافلات تابعة للشركات الخاصة مثل حافلات العمال أو الحافلات المدرسية
- مركبات أجرة (الليموزين أو التكسي)
- مركبات نقل البضائع الخفيفة.
- شاحنات نقل البضائع الثقيلة دون قيود
- شاحنات نقل البضائع الثقيلة ضمن قيود
- المشاة والدراجة الهوائية

تم تطوير نموذج النقل QABM بحيث يكون تمثيل الطلب على النقل الخاص في مصفوفات (المنشأ-المقصد) من ثم استخدامها لتعيين مسارات الرحلات على شبكة الطرق.

يشكل مؤشر قيمة الوقت لأنواع المستخدمين العنصر الأهم في تحديد كلفة النقل للمستخدم حيث تم تحديده استنادا إلى بيانات الدخل الشهري للمستخدم والتي تم جمعها من خلال الاستبيانات و المقابلات الأسرية. حيث يبلغ المؤشر الحالي لقيمة الوقت للمستخدمين كما يلي:

- أقل من 10 ريالات قطرية/ساعة لذوي الدخل المحدود.
- أكثر من 26 ريال قطري/ساعة لذوي الدخل المرتفع.

وتشمل كلفة النقل عناصر أخرى مرتبطة بمسافة وزمن الرحلة (سعر الوقود) ورسوم استخدام مواقف المركبات ورسوم استخدام بعض الطرق.

خصائص وصلات الطرق- في نموذج شبكة الطرق، كل وصلة طريق لديها العديد من الخصائص الوظيفية مثل:

- الطاقة الاستيعابية
- سرعة التدفق المروري الحر
- الحد الأدنى للسرعة
- عدد المسارات في كل اتجاه
- أنواع المركبات المسموح لها بعبور الطريق
- السرعات القصوى المسموح بها لأنظمة النقل المتعددة
- السرعة المخصصة لحساب زمن الرحلة لحافلات النقل العام

كما تم إدخال خاصية محددة لوصلات الطرق في نموذج النقلQABM والتي يتم فيها احتساب سرعة حافلات النقل العام بالتفاعل مع سرعات المركبات الخاصة.

إن وصلات الطرق التي تتشارك نفس الخصائص الأساسية تعطى نفس النوع الرقمي. يسمح برنامج VISUM بإنشاء 100 نوع رقمي لوصلات الطرق التي يمكن استخدامها لتمييز بين الطرق حسب تصنيفها وخصائصها الواردة أعلاه.

وسائل النقل الخاصة المستخدمة في نموذج النقلQABM هي التالية:

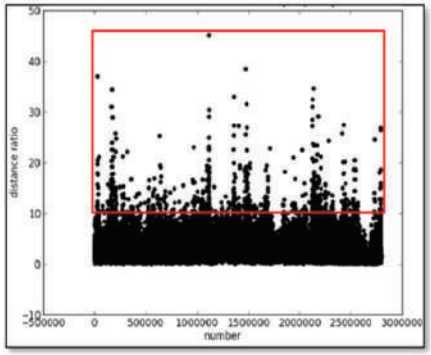
- مركبة خاصة
- حافلة خاصة تابعة لشركة (حافلات العمال والحافلات المدرسية)
- مركبات نقل البضائع الخفيفة.
- شاحنات نقل البضائع الثقيلة دون قيود
- شاحنات نقل البضائع الثقيلة ضمن قيود
- المشاة والدراجة الهوائية

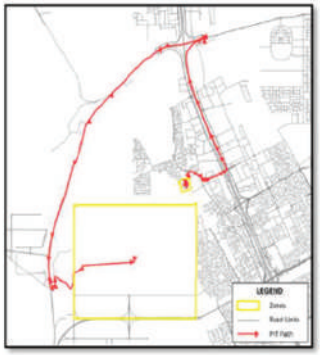
4.3.3 التحقق من عدم وجود الأخطاء في نموذج شبكة الطرق

يعد الترميز الدقيق والمفصل لشبكة طرق ضخمة ومتشابكة كتلك الموجودة في نموذج النقل لدولة قطر عملية شاقة ومعقدة وتحتمل وجود بعض الأخطاء في الترميز التي ليس من الممكن تجنب حدوثها ولكن يجب مراجعتها. لذلك، قامت الوزارة من خلال هذا المشروع بإعداد منهجية علمية تلقائية لاكتشاف الأخطاء الوارد حدوثها في جميع عناصر نموذج شبكة الطرق من أخطاء طوبولوجية وأخطاء في إدخال البيانات وتطبيق الإعدادات وتصحيحها لضمان نموذج سليم ودقيق لشبكة نقل مترابطة.

كما قامت الوزارة بتطوير أدوات وإجراءات آلية بحيث يتم اكتشاف مثل هذه الأخطاء بشكل تلقائي من خلال التعرف على القيم الغير منطقية للسرعات والقدرات الاستيعابية وعدم التوافق في الأنواع الرقمية لوصلات الطرق وغيرها.

لمزيد من التفاصيل حول عملية التحقق من الأخطاء في نموذج شبكة الطرق وتصحيحها يرجى مراجعة تقرير "إعدادات ونمذجة نماذج العرض لأنظمة النقل"





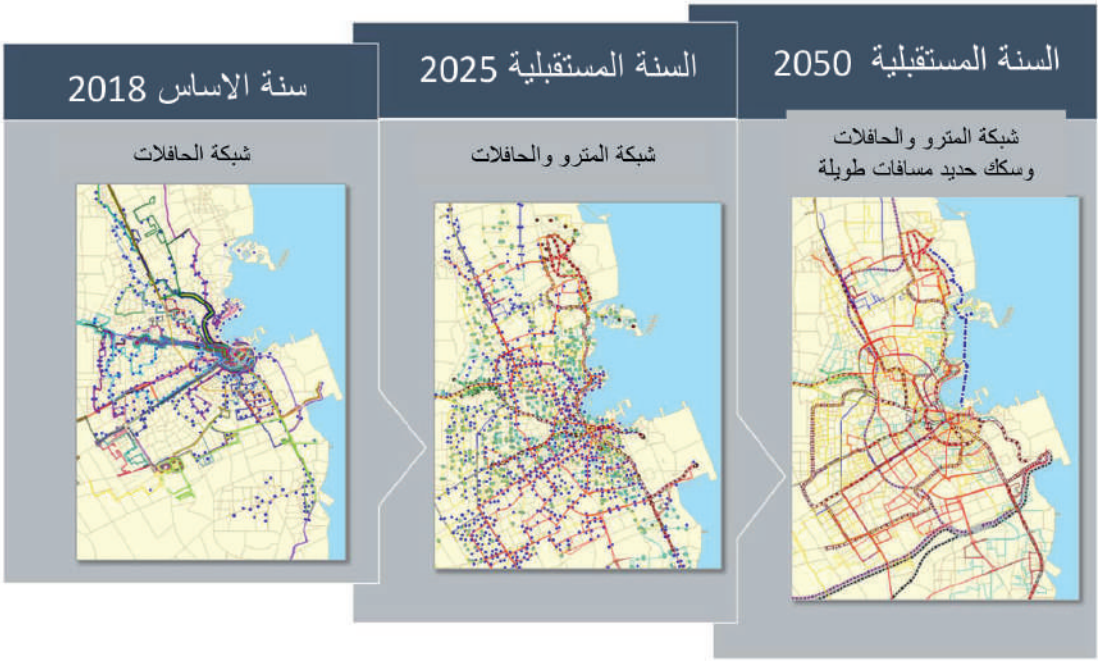
Type Number	Control Type	Number of Nodes
0 or 1	None	21,606
31	Priority Control	8,453
38	Merging	3,416
51	Uncontrolled	22,916
99	Part of Main Node	8,060
	Total	64,451

4.4 نموذج النقل العام (Public Transport Network Model)

4.4.1 عناصر نموذج النقل العام (Public Transport Model Features)

تضمنت عملية تطوير نموذج النقل العام في نموذج قطر للنقل QABM العناصر التالية:

إعداد وترميز شبكة النقل العام: تشمل هذه المرحلة إعداد شبكة النقل العام لسنة الأساس 2018 وشبكات النقل المخطط لها في السنوات المستقبلية ضمن نموذج النقل QABM من خلال ترميز كافة خطوط ومسارات خطوط النقل العام والمواقف والمحطات التابعة لها. كما تم عمل نمذجة للربط بين شبكة الحافلات وشبكة المترو على سبيل المثال. يوضح الشكل التالي التطور التدريجي في نموذج شبكة النقل العام من سنة الأساس 2018 وصولاً للسنة المستقبلية البعيدة



شكل 4.8 : تطور نموذج النقل العام

تعيين مسارات رحلات النقل العام: تم تعيين مسارات رحلات النقل العام على أساس الجدول الزمني في السنة الأساس 2018 والتي تتضمن بشكل أساسي خدمة الحافلات فقط التي توفرها شركة مواصلات. حيث قامت وزارة المواصلات والاتصالات بجمع بيانات جداول الرحلات اليومية على جميع خطوط الحافلات وترميزها في نموذج النقل QABM. أما بالنسبة لنماذج السنوات المستقبلية 2025، 2030، 2035 و2050 تم تعيين المسارات رحلات النقل العام على أساس فترة التباعد (Headway based) بين رحلات الحافلات لخطوط النقل العام المخطط لها مستقبلياً وذلك بعد جمع هذه المعلومات من الجهات المعنية.

إدخال نموذج التجمعات للركاب في محطات ومركبات النقل العام: يؤدي تجمع العديد من الركاب في محطات ومركبات النقل العام إلى الازدحام والتأثير سلباً على راحة الركاب وإحداث تأخير في الجداول الزمنية لرحلات النقل العام . كما قد تؤدي إلى عدم قدرة الراكب على إيجاد مكان للصعود إلى المركبة وانتظاره وصول المركبات التالية. لذلك تم إعداد وتطوير هذا النموذج ضمن نموذج النقل QABM لاحتساب تأثير هذه الظاهرة على أداء خدمات النقل العام والطلب عليها.

نمذجة نظام تعرفة النقل العام: في نموذج سنة الأساس 2018، تم ترميز نظام تعرفة للنقل العام على أساس مسافة الرحلة ليتناسب مع نظام الدفع عبر البطاقة المعتمد حالياً من شركة مواصلات. أما في نماذج السنوات المستقبلية، فقد تم ترميز نظم تعرفة للنقل العام بناءً على نتائج دراسة "تشغيل خطوط الحافلات في قطرQBROS" التي أعدتها إدارة الشؤون الفنية في وزارة المواصلات والاتصالات. ويتضمن نظام التعرفة هذا ما يلي:

- تذكرة موحدة تمنح الراكب إمكانية التحويل المجاني بين خدمة المترو وقطار النقل الخفيف والحافلات ضمن منطقة الدوحة الكبرى.
- تذكرة خاصة بخدمة قطار النقل الخفيف حيث تعرفة الرحلة 3 ريال.

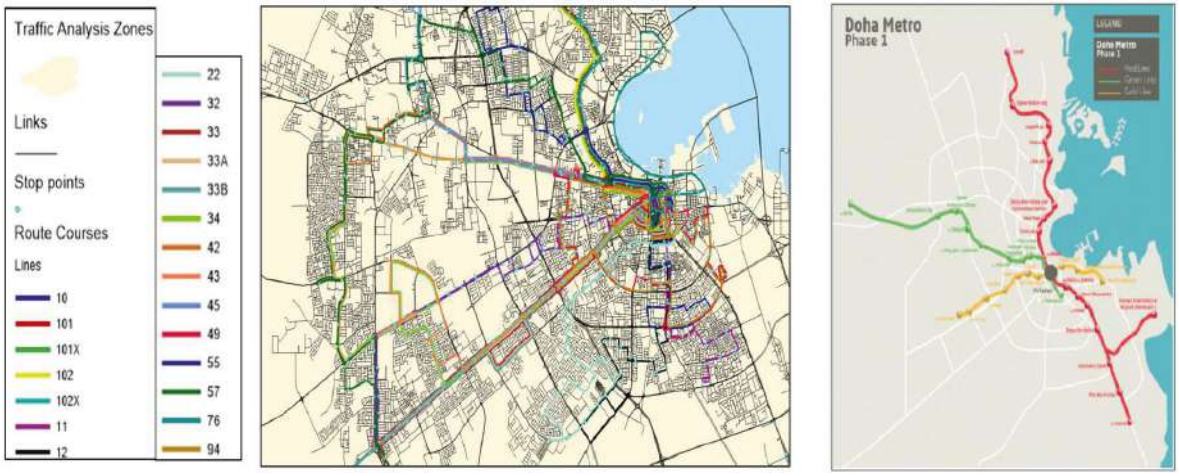
- تذكرة خاصة بخدمة الحافلات شبيهة بالموجودة حالياً حيث تحتسب التعرفة أساس مسافة الرحلة.
- تذكرة خاصة بخدمة التاكسي المائي حيث تحتسب التعرفة على أساس منطقة الانطلاق ومنطقة الوصول ويكون التحويل من وإلى خدمة الحافلات مجاني.

نمذجة التداخل والتأثير بين أنظمة النقل الخاص والعام: كان من المهم جداً إظهار تأثير مستوى الازدحام على الطرق على زمن رحلة حافلات النقل العام وذلك بسبب مشاركتهم نفس الحيز المكاني للطريق. لذا، تم إدخال خاصية محددة في نمذجة وصلات الطرق في نموذج النقل QABM بحيث يتم فيها حساب سرعة حافلات النقل العام وزمن الرحلة استناداً إلى السرعة المتوقعة للطريق حسب مستوى الازدحام. ومن ثم تحديث زمن الرحلات للحافلات في نموذج النقل العام واحتساب تأثير الازدحام على الجدول الزمني وأداء خدمة الحافلات خاصةً وخدمات النقل العام.

يظهر الجدول أدناه التعديلات التي أجريت على نموذج النقل العام خلال تطوير نموذج النقل QABM

جدول 4.2: التعديلات والتحديثات التي أجريت على نموذج النقل العام

التعديلات والتحديثات الرئيسية	التطبيقات والنماذج الجديدة
نمذجة خطوط الحافلات في نموذج النقل QABM لسنة الأساس حسب وضعها خلال شهر فبراير 2018 .	تطوير نموذج تجمعات الركاب في محطات ومركبات النقل العام
نمذجة الجداول الزمنية لرحلات الحافلات في نموذج النقل QABM للسنة الأساس.	احتساب التفاعل بين أنظمة النقل الخاص والعام
نمذجة شبكة الحافلات المستقبلية استناداً إلى دراسة "تشغيل خطوط الحافلات في قطرQBROS" في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية.	نمذجة نظام تعرفة النقل العام
نمذجة شبكات المترو والقطار في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية.	
نمذجة شبكة ترام مدينة مشيرب والمدينة التعليمية في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية.	

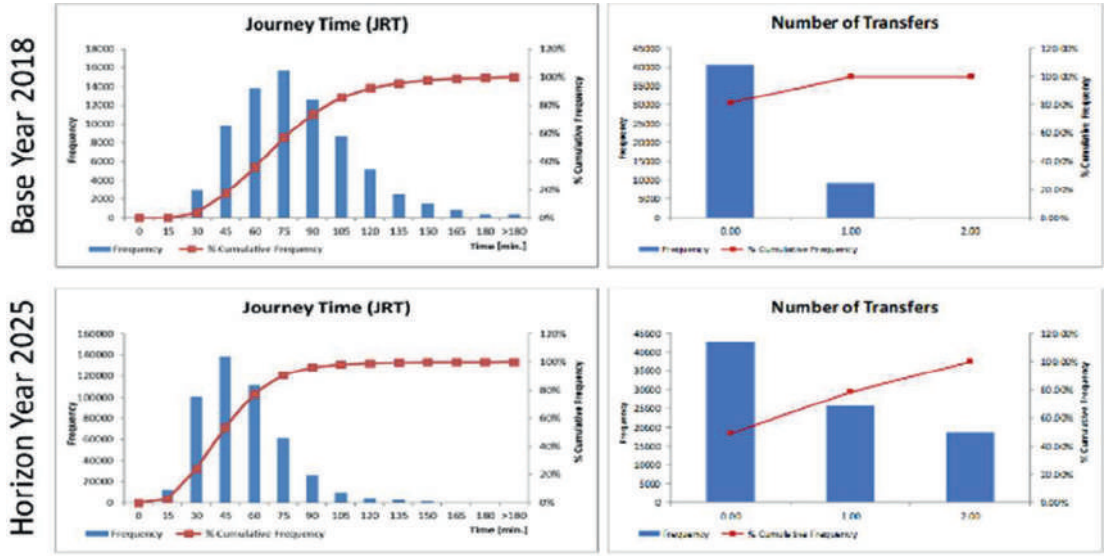


4.4.2 التحقق من عدم وجود الأخطاء في نموذج النقل العام (Error Checking)

قامت الوزارة من خلال هذا المشروع بإعداد منهجية علمية تلقائية لاكتشاف الأخطاء الوارد حدوثها في جميع عناصر نموذج النقل العام الوارد حدوثها في جميع عناصر نموذج النقل العام شبيهة بالتي تم استخدامها في نموذج شبكة الطرق. كما قامت الوزارة بتطوير أدوات وإجراءات آلية بحيث يتم اكتشاف بعض هذه الأخطاء بشكل تلقائي، فيما يلي ملخص لهذه الإجراءات:

- **التناسق في شبكات النقل العام داخل برنامج VISUM**، حيث يتم التأكد من:
  - وجود روابط بين جميع مناطق التحليل المروري وشبكة النقل العام
  - بيانات خصائص وصلات الطرق المستخدمة في ترميز مسارات مركبات النقل العام
  - الترابط بين موقف ومحطات وتقاطعات خدمات النقل العام
  - التناسق في مقاطع الرحلات لشبكة النقل العام

- **إحداثيات وطوبولوجيا خطوط ومسارات وأماكن توقف ومحطات خدمات النقل العام** باستخدام:
  - أدوات برنامج نظم المعلومات الجغرافية ARCGIS
  - الفحص اليدوي
- **صحة إدخال المعلومات المتعلقة بخدمات النقل العام** كالسرعات والجداول الزمنية وفترات التباعد ونظم التعرفة وغيرها
- **منطقية نتائج مصفوفات المعوقات الخاصة بشبكة النقل العام** كمعدل السرعة ومعدل تكلفة الرحلة ومعدل زمن الرحلة بين مناطق التحليل المروري والتأكد من عدم وجود قيم خارج النطاق المقبول به في مجال التخطيط للنقل.



4.4.3 معايرة نموذج النقل العام

تم معايرة زمن الرحلات للحافلات في نموذج النقل العام لسنة الأساس 2018 باستخدام بيانات الإركاب التي تم الحصول عليها من شركة مواصلات المشغل الحصري لحافلات النقل العام في قطر. تتضمن هذه البيانات سجلات لحركة صعود ونزول الركاب في مواقف الحافلات خلال الفترة الممتدة من نوفمبر 2017 حتى مايو 2018 والتي تضمنت 5,236,000 حركة. ومن خلال استخدام أوقات صعود الركاب إلى الحافلات، تم تقدير معدل زمن الرحلات بين جميع محطات توقف حافلات خطوط النقل العام خلال ساعات الذروة وذلك في أيام العمل.

حيث تم معايرة سرعات الحافلات على مقاطع الطرق والذي انعكست تلقائياً على المقاطع الزمنية لخطوط النقل العام وعلى جداولها الزمنية وترددتها. شملت هذه المعايرة طريقة تعيين مسارات الرحلات على أساس الجدول الزمني وطريقة التعيين الأخرى على أساس فترات التباعد. وكان لهذه المعايرة أثر مهم لتمثيل قيم

السرعات الجديدة للحافلات لاحتساب التفاعل بين الحافلات والمركبات الخاصة. كما استخدم حجم وأوقات صعود/نزول الركاب من الحافلات في التحقق من صحة نموذج النقل العام في السنة الأساس.

وتتم المعايرة من خلال عملية حسابية تلقائية تهدف إلى تحقيق نتائج أفضل مع كل تكرار من خلال إحداث تغيير المعاملات ضمن النماذج الحسابية والتي يمكن الحصول على تفاصيل هذه العمليات في تقرير "معايرة والتحقق من صحة النموذج". جدول 4,3 يظهر احصائيات الاختبار لمعايرة النموذج.

نظرًا لأن المعايرة تتم باستخدام البيانات المجمعة (عدد الركاب عند محطات التوقف)، لذا تم استخدام معيار جودة الملائمة للإحصائيات والمؤشرات المرتبطة بها مثل متوسط الخطأ المطلق (MAE) ومتوسط الجذر التربيعي للخطأ (RMSE) ومعامل التحديد (R2). يوضح الجدول التالي نتائج المعايرة وقيم المؤشرات المرتبطة بها.

جدول 4.3: احصائيات الاختبار لمعايرة نموذج النقل العام

اختبار حسن المطابقة	تعيين مسارات الرحلات على أساس الجدول الزمني		تعيين مسارات الرحلات على أساس فترات التباعد	
	القيمة الأولية	القيمة المثلى	القيمة الأولية	القيمة المثلى
المتوسط المطلق للأخطاء	2.94	2.70	2.94	2.70
الجذر التربيعي لمتوسط مربع الأخطاء	14.70	11.58	14.70	11.58
معامل التحديد	0.81	0.89	0.81	0.89

4.5 نموذج مواقف المركبات

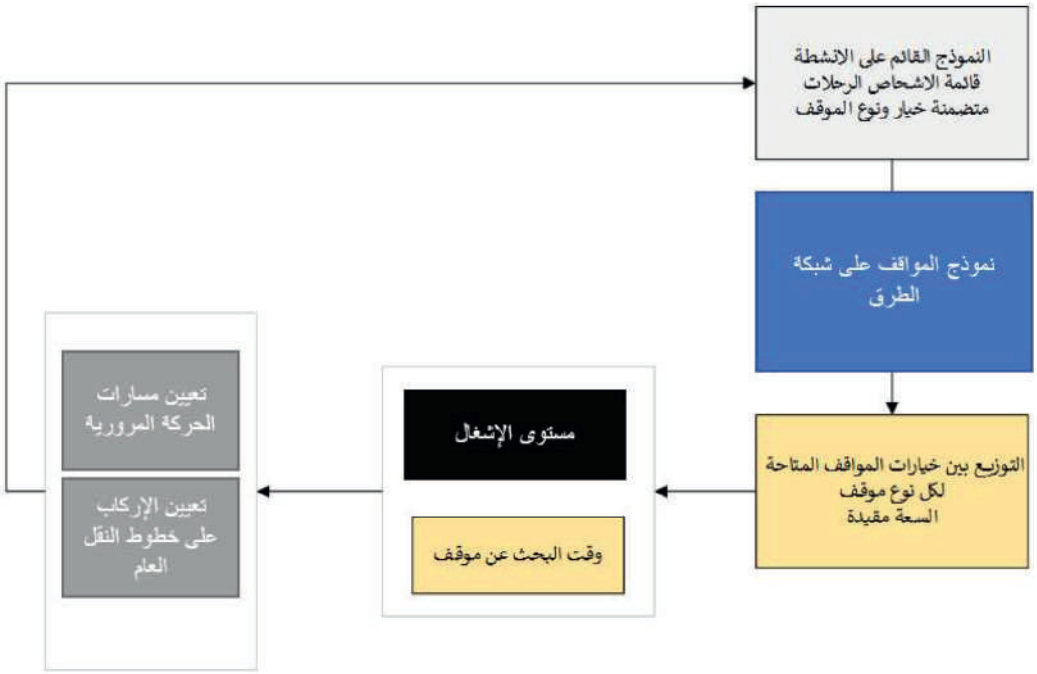
تم من خلال هذا المشروع تطوير نموذج مواقف المركبات ضمن نموذج قطر للنقل QABM والذي يندرج إلى قسمين:

- الفصل الأول عبارة عن نموذج لتمثيل الطلب على مواقف المركبات ليحاكي سلوك سائقي المركبات في اختيار المواقف لكل رحلة وحسب وجهة النهائية ومدة الوقوف .
- الفصل الثاني هو أداة لتعيين المواقف مدرجة ضمن نموذج شبكة الطرق وتقوم بتحديد عدد المواقف المشغولة والغير المشغولة في كل منطقة تحليل مروري بعد توزيع الطلب باستخدام آلية الطاقة الاستيعابية المقيدة من خلال تقليص التكلفة وزيادة المنفعة لكل شرائح السائقين. لهذا يتم التمييز في هذه الآلية بين:
  - أنواع المواقف: وفقاً للخطة الشاملة للمواقف في دولة قطر، تم تحديد أنواع المواقف للتضمن مواقف الجانبية على الطرق دون رسوم استخدام، مواقف المنشآت دون رسوم استخدام، مواقف جانبية على الطرق خاضعة لرسوم استخدام ، مواقف المنشآت خاضعة لرسوم استخدام.
  - شرائح السائقين: تم إدراج جميع شرائح السائقين مصنفة حسب الجنسية (السائقين قطرين وغير قطرين) أو الدخل (السائقين ذوي الدخل المرتفع والمتوسط والمحدود) مما يوفر القدرة على اختبار تأثير سيناريوهات إضافة رسوم استخدام المواقف على سلوك السائقين من خلال استخدام مؤشر قيمة الوقت.

يوفر نموذج مواقف المركبات أدوات ونماذج حسابية لتعيين المواقف على مستوى مناطق التحليل المرورية وتقوم بالبداية بتحديد مواقف المركبات المتوفرة ضمن نطاق كل منطقة وتشمل مواقف المركبات الموجودة داخلها وداخل المناطق الأخرى المجاورة التي يمكن استخدامها بسبب قربها من الوجهة النهائية للفرد (لا تتخطى 400 متر مشياً على الأقدام). حيث يتم من خلال هذه المرحلة تحديد مصفوفات اتجاه الطلب لرحلات مركبات النقل الخاص ضمن نموذج QABM. المرحلة الثانية من نموذج مواقف المركبات هي تعيين المواقف باختيار المواقف للرحلات المتجهة إلى كل منطقة تحليل مروري من مجموعة المواقف التي تم تحديدها في السابق على أساس تقليص التكلفة وزيادة المنفعة للسائقين. إن مدة البحث عن موقف ضمن نطاق

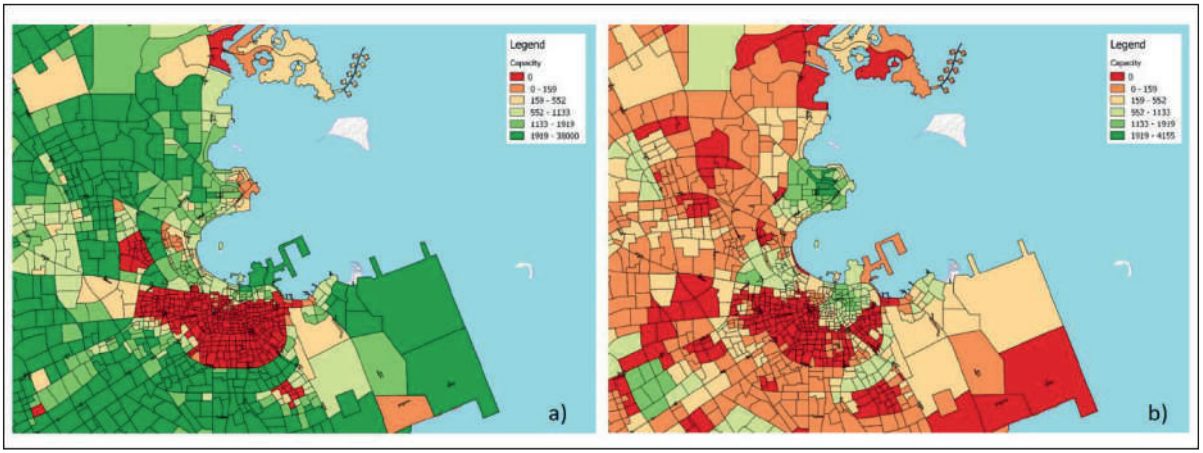
أي منطقة تحليل مرورية مرتبط بمستوى إشغال المواقف بحيث تزيد مدة البحث مع زيادة معدل المواقف المشغولة. وبالنتيجة، ينتج عن أداة تعيين المواقف بيانات عن عدد المواقف المشغولة وغير المشغولة في كل منطقة تحليل مرورية كما هو موضح في الشكل التالي. للاطلاع على تفاصيل إضافية، يرجى مراجعة تقرير "" إعدادات ونمذجة نماذج الطلب على النقل".

يقوم نموذج الطلب على مواقف المركبات باستخدام مخرجات نموذج CEMDAP بالتنبؤ برحلات كل فرد من حيث ترتيب رحلات المركبات الخاصة حسب أوقات وصولها إلى كل منطقة تحليل مرورية واحتساب فرصة إشغال المركبة لموقف في الوجهة النهائية أو المقصد باستخدام معادلات حسابية لمحاكاة تفصيلية لكل رحلة. إن فرصة إشغال المركبة لموقف في منطقة مجاورة لمنطقة المقصد تضل معدومة حتى إشغال جميع المواقف داخل منطقة المقصد بعدها يتم احتساب فرصة إشغال المركبة لموقف في أي منطقة مجاورة تبعد مسافة مشي لا تتعدى 400 متر. وتجدر الإشارة أن نموذج الطلب على مواقف المركبات هو نموذج يحسب الاحتمالات ولكن في النتيجة توزع المركبات على المواقف وفق مبدأ واحد أو لا شيء، حيث لا يمكن تقسيم المستخدمين على أكثر من موقف.



شكل 4.9 : مخرجات نموذج الركن وتكامل نموذج النقل ونموذج شبكة الطرق

بالإضافة إلى محاكاة إشغال المركبات للمواقف في مناطق المقصد، يقوم النموذج نفسه بتمثيل إخلاء المركبات للمواقف نفسها عند انتهاء الأنشطة والمغادرة أماكن حدوثها. يبين الشكل التالي الطاقة الاستيعابية المتبقية خلال ساعات الليل للمواقف الجانبية للطرق (أ) ومواقف المنشآت (ب) في منطقة الدوحة الكبرى.



شكل 4.10 : الطاقة الاستيعابية المتبقية خلال ساعات الليل في منطقة الدوحة الكبرى (أ) للمواقف الجانبية للطرق و(ب) مواقف المنشآت

نظراً لعدم توفر البيانات الكافية لمعايرة نموذج مواقف المركبات خلال فترة تطوير نموذج النقل QABM، فقد تم تحديد قيم معاملات النماذج الحسابية من خلال مراجعة نماذج مماثلة لمواقف المركبات استخدمت في مراجع عالمية ودول أخرى.

4.6 نموذج خدمة "اركن وتنقل"

يعد استحداث نموذج خدمة "اركن واكب" ضمن نموذج النقل QABM ضرورياً لتمثيل احتمال اختيار الفرد لوسائل نقل متعددة خلال نمط الرحلات اليومية. لذا قامت وزارة المواصلات والاتصالات من خلال هذا المشروع تطوير نموذج لمحاكاة خدمة "اركن وتنقل" وإضافته على نموذج النقل QABM. حيث يعتبر هذا التطوير بالغ الأهمية في اختبار سيناريوهات النقل المستقبلية التي يوجد فيها العديد من أنظمة النقل العام. ولا تكمن أهمية نموذج خدمة "اركن واكب" فقط في قياس مدى أثر هذه الخدمة في تقليل من نسبة الرحلات باستخدام

وسائل النقل الخاص، بل يساعد أيضاً في انتقاء أفضل المواقع لبناء منشآت لمواقف المركبات وتحديد طاقتها الاستيعابية المطلوبة ورسوم الاستخدام الخدمة فيها. ولقد تم تخصيص مناطق تحليل مروري لتمثل مواقع مواقف خدمة "اركن واكب" كما ورد في قسم 4.2.

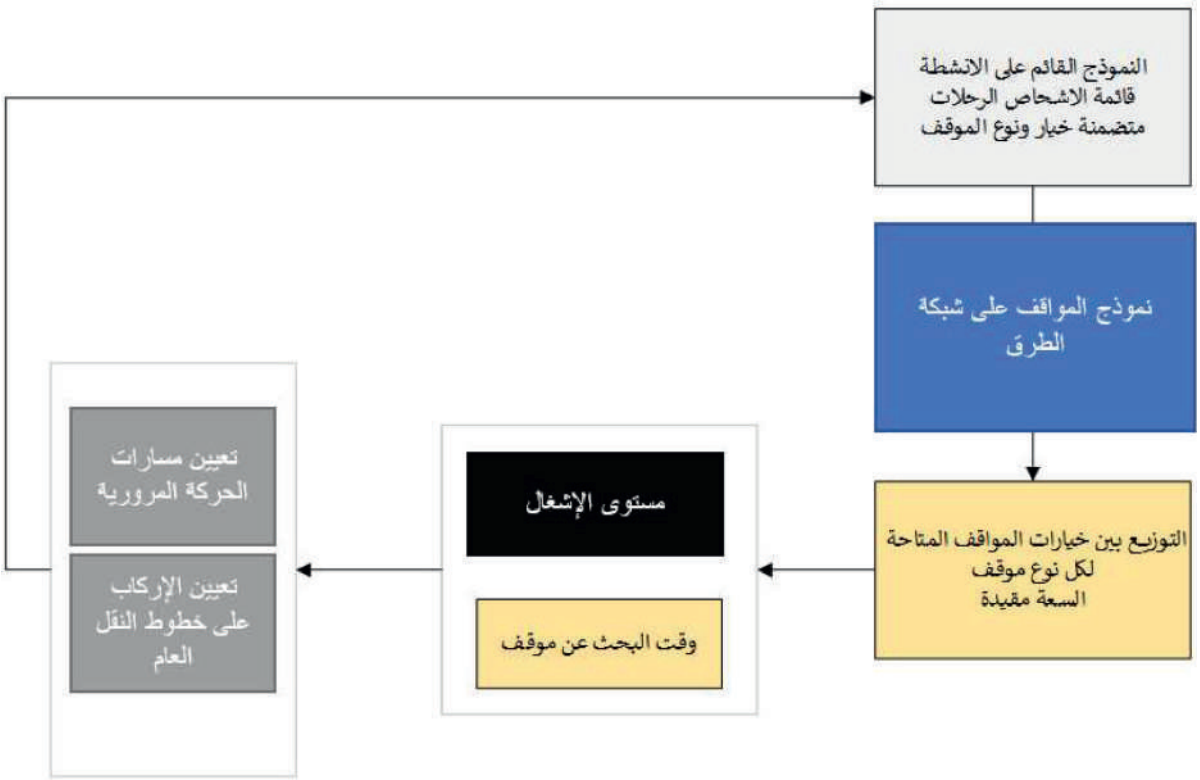
من خلال نموذج CEMDAP، يتم تحديد الطلب على خدمة "اركن وتنقل" وترتيب جداول رحلات الأفراد اليومية ووسائل النقل المستخدمة بها. ولتسهيل عملية نمذجة هذه الخدمة، تم تخصيص وسيلة نقل " اركن وتنقل" وتعيينها للرحلات التي يكون مقصدها المؤقت أحد مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل". من بعدها تقوم أداة تعيين مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" بمحاكاة رحلات الأفراد التي تبدأ من المنشأ باستخدام مركبات النقل الخاص ثم ركنها في مواقع مواقف خدمة "اركن وتنقل" المجاورة لمحطات المترو واستخدام النقل العام للوصول إلى مقصد أو الوجهة النهائية. بنفس الطريقة ولكن بشكل معكوس، يقوم الفرد باستخدام المترو مجدداً للوصول إلى مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" واستخدام مركبات النقل الخاص للعودة إلى أماكن انطلاق رحلاتهم في البدء أو المنشأ.

في حين أن تعريف مجال التأثير في "نموذج مواقف المركبات" يعتمد بشكل أساسي على مسافة المشي المقبولة والتي لا تزيد عن 400 متر ، بينما مجال التأثير على المناطق في نموذج مواقف خدمة "اركن وتنقل" يعتمد على عدد من المحددات التي تخدم بشكل أساسي الغرض من الحد من عدد بدائل Park & Ride لكل مسافر ، وتجنب اختيار مواقع Park & Ride غير الواقعية. حيث من خلال هذا النموذج، تقوم أداة تعيين مواقف خدمة "اركن واكب" على إعادة توزيع الطلب على المواقع الأخرى في حال وصول مستوى إشغال أحد المواقع لحدود طاقته الاستيعابية. تستند عملية إعادة التوزيع على المحددات التالية:

- تحديد جميع مواقع مواقف خدمة " اركن وتنقل" التي يمكن استخدامها في أي رحلة ضمن شروط معينة تهدف إلى عدم اختيار مواقع بعيدة نسبياً عن مسار الرحلة.
- استخدام مبدأ تقليص التكلفة وزيادة المنفعة لمستخدم خدمة "اركن واكب" من خلال عمليات حسابية فيها معاملات مرتبطة بمتغيرات عديدة منها:
  - مؤشر قيمة الوقت
  - مدة البحث عن موقف
  - مدة الانتظار في المحطة للصعود إلى مركبة النقل العام
  - مدة الرحلة داخل مركبات النقل العام
  - تكلفة الرحلة باستخدام النقل العام
  - رسوم استخدام موقف خدمة "اركن واكب"

يوضح الشكل التالي عملية ربط وتكامل نموذج خدمة "اركن وتنقل" بنموذج قطر للنقل QABM والتي تتلخص كالآتي:

- تحديد مستوى إشغال مواقع مواقف خدمة "اركن وتنقل" ومدة البحث عن موقف للمركبة خلال أي فترة في اليوم بصيغة مصفوفات.
- تحديثات مصفوفات الطلب على لوسيلة نقل " اركن وتنقل"



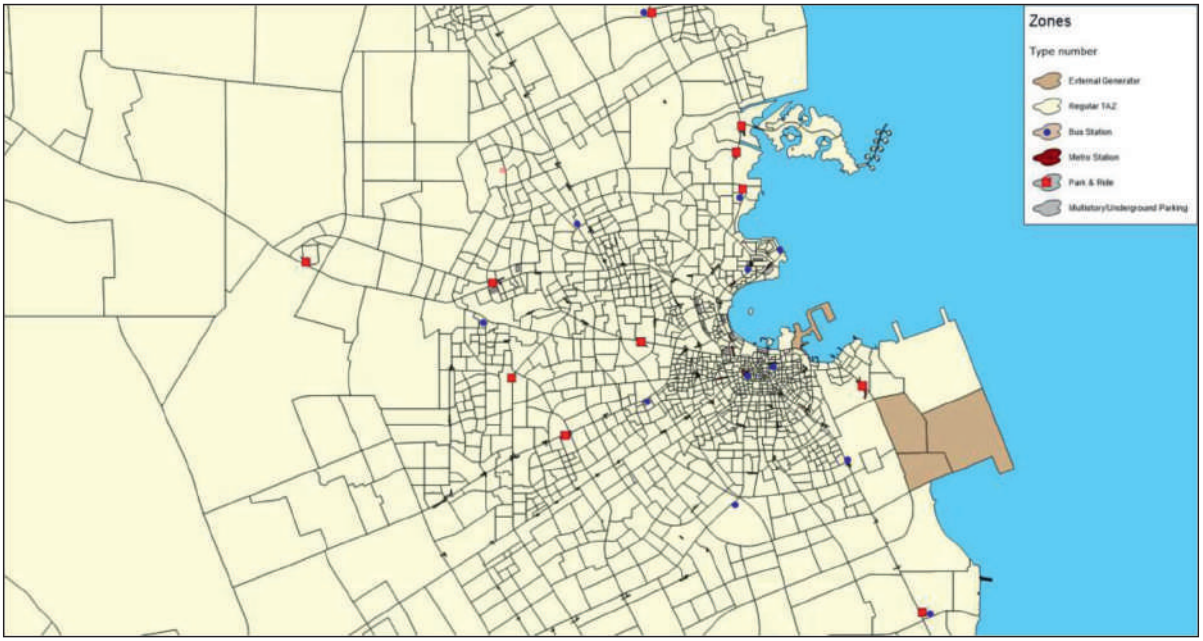
شكل 4.11 : عملية ربط نموذج خدمة "اركن وتنقل" بنموذج قطر للنقل QABM

4.6.1 مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل"

تم تحديد أحد عشر موقعًا لمنشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" ضمن نموذج النقل QABM الحالية أو المخطط لها. الجدول والشكل أدناه يوضحان أسماء ومواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" وتوزيعها الجغرافي.

جدول 4.4: أسماء منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" ضمن نموذج النقل QABM

رقم الموقع	الموقع / اسم الموقع
1	الوكرة
2	المطار القديم
3	أسباير
4	المسيلة
5	الرفاع
6	المدينة التعليمية
7	كتارا
8	ليقطيفية
9	لوسيل
10	القصار
11	نادي الفروسية



شكل 4.12 : مواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" ضمن نموذج النقل QABM

4.6.2 معايرة نموذج خدمة "اركن وتنقل"

خلال إعداد ومعايرة نموذج خدمة "اركن وتنقل"، تم وضع العديد من المعايير والمحددات لنمذجة رحلة الفرد واختيار لمواقع منشآت مواقف خدمة "اركن وتنقل" المدرجة ضمن نموذج النقل QABM وإعادة توزيع الطلب عليها بعد تحديد جميع الرحلات التي تستخدم خدمة " اركن وتنقل" من قبل نموذج CEMDAP. تشمل هذه المعايير والمحددات ما يلي:

1. عدم إمكانية استخدام مواقف خدمة "اركن وتنقل" للرحلات التي تقل مسافتها عن 3 كلم.
2. عدم إمكانية اختيار مواقع خدمة "اركن وتنقل" للرحلات التي تستخدم مواقف خدمة "اركن وتنقل" في حال أن منطقة المنشأ للرحلة ضمن 400 متر أو أقل.
3. عدم إمكانية اختيار أي موقع لمنشأة مواقف خدمة "اركن وتنقل" تكون خطوط المترو أو القطار التي تمر بجواره تبعد أقرب محطاتها أكثر من 11.5 دقيقة باستخدام حافلات التغذية عن مقصد الرحلة.
4. عدم إمكانية اختيار أي موقع لمنشأة مواقف خدمة "اركن وتنقل" تكون خطوط المترو أو القطار التي تمر بجواره تبعد أقرب محطاتها أو مواقف حافلات التغذية التابعة لها أكثر من 400 متر مشياً على الأقدام عن مقصد الرحلة.
5. لا يمكن اختيار أي موقع لمنشأة مواقف خدمة "اركن وتنقل" تكون من خلاله نسبة زمن أو مسافة المقطع الأول من الرحلة (من منشأ الرحلة إلى موقع لمنشأة مواقف خدمة "اركن وتنقل") ونسبة زمن أو مسافة المقطع الثاني من الرحلة (من موقع لمنشأة مواقف خدمة "اركن وتنقل" إلى مقصد الرحلة) كالتالي:
   - نسبة زمن أو مسافة المقطع الأول من الرحلة تتخطى الحد الأقصى (α) 0,71
   - نسبة زمن أو مسافة المقطع الثاني من الرحلة تتخطى الحد الأقصى (β) 1,07

تم حساب الحد الأقصى لمسافة المشي لاستخدامها في معايرة نموذج خدمة "اركن وتنقل"، من مقابلات مستخدمي مواقف المركبات. أما الحدود القصوى المسموح بها لنسبة زمن او مسافة المقطعين الأول والثاني من رحلات التي تستخدم وسيلة النقل" اركن وتنقل"، فقد تم استخلاصها من مراجعة أفضل الممارسات العالمية.

Qatar 2050 قطر
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

القسم 5

تكامل نموذج النقل
(INTEGRATED QABM)

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

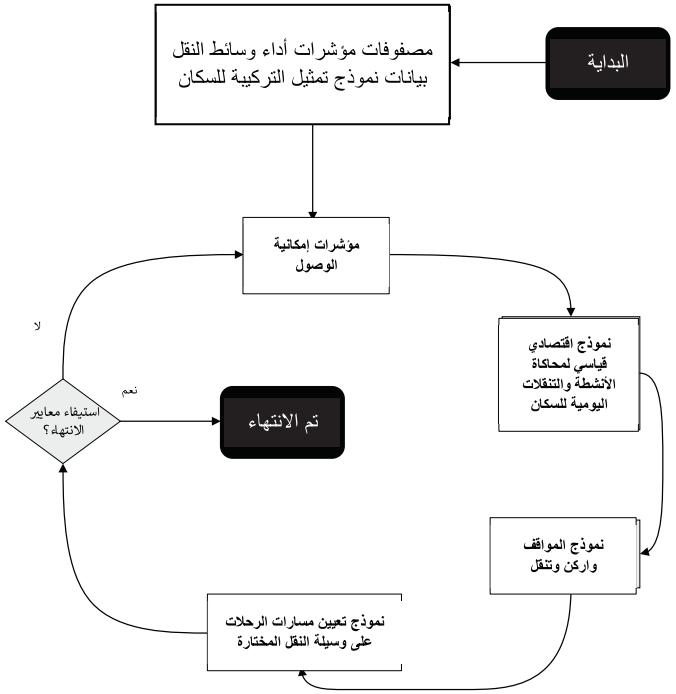
5 تكامل نموذج النقل (Integrated QABM)

النماذج والبرامج لتحقيق التفاعل بين العرض والطلب الخاص بأنظمة النقل

5.1 عناصر نموذج النقل QABM

يعد نموذج النقل QABM أحد نماذج النقل الفريدة في العالم التي توفر القدرة على الربط بين نماذج الطلب التي تحاكي أنشطة السكان من جهة والبرامج الحسابية لتعيين مسارات الرحلات على شبكات النقل التي يوفرها برنامج VISUM من جهة أخرى. وبالرغم من أن الطلب على النقل يعتمد بالأساس على توزيع استخدام الأراضي والخصائص الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية للسكان، إلا أنه يتأثر بشكل كبير بأداء شبكات النقل وتأثير حجم الطلب على استخدام خدمات النقل والتي يمكن استخراج مؤشراتها من خلال عملية تعيين مسارات الرحلات وتحديد التأخيرات والتأثيرات الناتجة عنها داخل شبكات النقل بأنواعها. كما يتميز نموذج النقل QABM بقدرته على تمثيل جميع أشكال التفاعل بين نماذج العرض والطلب الفرعية الخاصة بأنظمة النقل والمترابطة داخله وذلك من خلال برنامج وإطار متكامل ضمن واجهة توضيحية تُمكن مستخدم النموذج على تحقيق هذا الغاية بشكل تلقائي وسهل.

يبين الشكل أدناه عملية تكامل نموذج النقل QABM وترابط نماذجه الفرعية الخاصة بالعرض والطلب على النقل. يوفر تقرير " تكامل نماذج العرض والطلب الخاصة بأنظمة النقل " شرح مفصل عملية تكامل نموذج النقل QABM.



شكل 5.1 : تكامل اجراءات نموذج النقل

تبدأ عملية تشغيل نموذج النقل المتكامل QABM من خلال إعداد المصفوفات الحسابية الأولية لمؤشرات أداء شبكات النقل بشكل تلقائي. من ثم يقوم البرنامج بجمع هذه المصفوفات بالإضافة إلى مخرجات نموذجي POPGEN و CEMSELTS كمدخلات أساسية لبرنامج احتساب مؤشرات إمكانية الوصول (Accessibility In-dicators tool) التي تعتبر مخرجاتها من أهم المدخلات إلى نموذج CEMDAP بشكل تلقائي. حيث يقوم نموذج CEMDAP بترتيب جداول الرحلات لجميع الأفرد والأسر في التركيبة الحسابية للسكان. في الخطوة التالية، يقوم البرنامج بإدخال مخرجات نموذج CEMDAP إلى نموذجي مواقف المركبات وخدمة "اركن وتنقل" لإعادة توزيع الرحلات حسب توفر مواقف المركبات إلى طاقتها الاستيعابية في الوجهة النهائية

للرحلة. من ثم يقوم البرنامج بتجميع الرحلات ضمن مصفوفات لاتجاه الطلب لكافة وسائل النقل بين مناطق التحليل المروري ويتم تعيين مسارات الرحلات في جميع شبكات النقل في نموذج العرض باستخدام برنامج VISUM لساعات الذروة الصباحية وعند الظهيرة والمسائية. وفي المرحلة الأخيرة، يقوم البرنامج وبعد الانتهاء من تعيين مسارات الرحلات باستخراج مؤشرات أداء شبكات النقل بشكل تلقائي. يعتمد البرنامج على مقارنة معايير التقارب وتكرار تشغيل نموذج النقل المتكامل QABM بشكل تلقائي في حال لم يتم استيفاء هذه المعايير. في حال تم تحقيق هذه المعايير يقوم البرنامج بإيقاف عملية التكرار التلقائي. حيث تعتمد معايير التقارب على قيم الفروقات بين مصفوفات مؤشرات أداء شبكات النقل.

5.2 خصائص التقارب في نموذج النقل QABM

تنقسم البنية الأساسية لمرحلة التقارب في نموذج النقل QABM على مرحلتين:

- مرحلة جزئية: تقارب الحلول لعملية تعيين مسارات الرحلات في شبكات النقل داخل برنامج نمذجة النقل VISUM
- مرحلة كلية: تقارب الحلول الكلي يشمل جميع عمليات تشغيل نموذج النقل QABM وتفاعل نماذج العرض والطلب الخاصة بأنظمة النقل.

بالنسبة إلى تقارب الحلول الجزئية للحلقة الداخلية ضمن برنامج VISUM، يحدث تكرار لتعيين مسارات الرحلات ويتوقف تلقائياً عند استيفائه للمعايير الحسابية في النموذج. وبذلك يعتمد الزمن التشغيلي لبرنامج VISUM على قدرات الأداء لجهاز الحاسوب المشغل للبرنامج. ولكن هناك بعض الحالات التي يكون فيها تقارب الحلول خلال تكرار تعيين مسارات الرحلات غير مضمون عملياً بسبب محاكاة الالتفافات على التقاطعات على سبيل المثال وما ينجم عنه من زيادة كبيرة في التعقيدات الحسابية والوقت المستغرق متخطياً للمعدلات الزمنية المسموح بها في مجال نمذجة النقل. لذلك، لقد تم اعداد عملية تكرار تعيين مسارات الرحلات بشكل يسمح لكل تكرار بالبدء من نتائج التكرار الذي سبقه. تم عمل مجموعة من الاختبارات والتحسينات على عملية تعيين المسارات ومعايير تقارب الحلول، حيث تمكنت الوزارة من خلال هذه الاختبارات من الوصول إلى تقارب

الحلول في تكرار تعيين المسارات بشكل سهل بحيث يمكن للنموذج تحقيق معايير التقارب بعد **رابع** تكرار تلقائي للحلقة الكلية لتشغيل نموذج النقل المتكامل QABM ولا يتجاوز **سابع** تكرار للحلقة الداخلية لتعيين مسارات الرحلات وبالتالي إيقاف التكرار التلقائي.

أما بالنسبة لتكرار الحلقة الكلية لتشغيل نموذج النقل QABM، فقد أظهر احتساب فروقات مصفوفات اتجاه الطلب وزمن الرحلات بين مناطق التحليل المروري لنموذج سنة الأساس والسنوات المستقبلية أن نتائج النموذج تصبح متقاربة ومتناسقة إلى حد كبير بدءاً من **خامس** تكرار بمقارنته مع نتائج التكرار السابق ومستوفية لمعايير إيقاف التكرار التلقائي.

تتضمن المعايير الحسابية لإيقاف عملية تكرار التلقائي للحلقة الكلية لتشغيل نموذج النقل المتكامل QABM التالي:

a) احتساب الفرق المطلق لمصفوفات زمن الرحلات بين مناطق التحليل المروري لتكرارين متتاليين ومقارنته بقيمة محددة مسبقاً من قبل مستخدم النموذج وتكون عادةً 120 ثانية.
b) تحديد الحد الأقصى المسموح به لعملية التكرار والتي تحدد من قبل مستخدم النموذج وتكون عادةً 5 تكرارات.

5.3 البنية العامة لنموذج النقل QABM

يبين الشكل التالي مخطط توضيحي لبنية نموذج النقل QABM والعمليات المترابطة والتداخل بين نماذج العرض والطلب الخاصة بأنظمة النقل. حيث يوفر هذا المخطط ترميزاً لعمليات والنماذج الفرعية المتعددة من خلال استخدام عدة ألوان لكل منها دلالة معينة. حيث اللون الرمادي يرمز إلى البيانات المستخدمة كمدخلات إلى كل نموذج فرعي. أما لون الازرق فيرمز إلى النماذج الفرعية بينما يرمز اللون الأخضر إلى مخرجات كل نموذج فرعي. بمعنى آخر، يتم تغذية كل نموذج فرعي ببيانات محددة مسبقاً وتنتج عن تشغيله مخرجات

وبيانات أخرى تعتبر كمدخلات إلى باقي النماذج. كما ترمز الأسهم باللون الأحمر إلى الترابط بين جميع النماذج الفرعية ضمن نموذج النقل المتكامل QABM.

يمكن تلخيص النماذج الفرعية المتداخلة ضمن نموذج النقل QABM كالتالي:

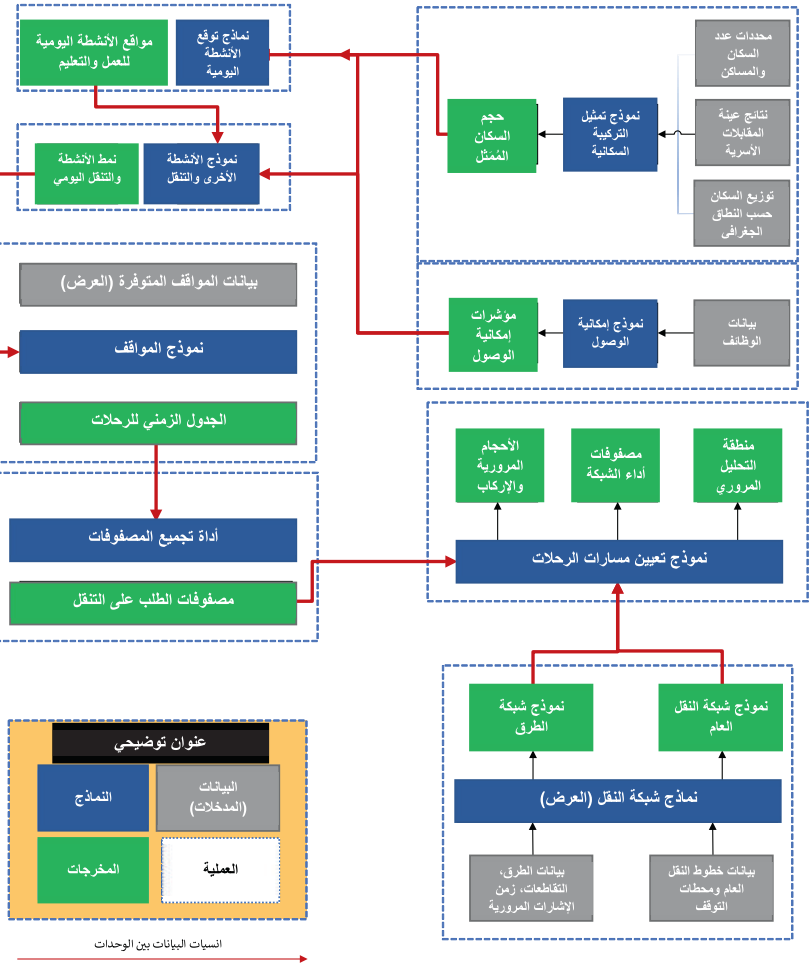
- نموذج POPGEN ونموذج CEMSELTS وهما نموذجان منفصلان خارج الحلقة الكلية وتستخدم مخرجاتها لباقي النماذج ضمن نموذج QABM
- أداة لاحتساب مؤشرات إمكانية الوصول إلى مناطق التحليل مروري
- نموذج CEMDAP لمحاكاة أنشطة ورحلات السكان اليومية
- نموذج مواقف المركبات
- نموذج خدمة "اركن وتنقل"
- أداة تجميع المصفوفات حيث تقوم هذه الأدارة بتجميع جداول رحلات السكان وتحويلها إلى مصفوفات لاتجاه الطلب على الرحلات بين مناطق التحليل المروري
- برنامج VISUM الذي يتضمن نمذجة لشبكات وأنظمة النقل (العرض) وأداة تعيين مسارات الرحلات. كما يقوم VISUM بإدارة التكامل بين هذه النماذج الفرعية في نموذج النقل QABM والتحكم بالحلقة الكلية لتشغيله التي تؤمن التفاعل بين نماذجه الفرعية وترابطه استناداً إلى الإعدادات والخيارات التي يتم إدخالها وانتقائها من خلال الواجهة التوضيحية للمستخدم.

5.4 الزمن التشغيلي لنموذج النقل QABM

استناداً إلى الاختبارات الأولية التي أجريت على نموذج النقل QABM للسنة الأساس 2018، فقد استغرق الزمن التشغيلي للنموذج من دون أي تكرار حوالي 42 ساعة. تم من خلال هذا المشروع عمل شيفرة وبعض التحسينات على إعدادات النموذج من شأنها توزيع العمليات الحسابية على عدة مشغلات. باستخدام هذه الشيفرة والتحسينات تم خفض الزمن التشغيلي للنموذج من دون أي تكرار90% من 42 ساعة إلى أقل من 4 ساعات.

لتشغيل النموذج بشكل ناجح يتوافق مع المدة المحددة أعلاه، يجب على المستخدم استخدام مواصفات الحاسوب التالية لتشغيل نموذج النقل QABM:

- 2 x Intel Xeon Gold 5118 2.3Ghz, 3.2Ghz Turbo, 12Core, 10.4GT/s2 UPI, 16MB Cache, HT (105W) DDR4-2400
- GB (12x16GB) DDR4 2666Mhz RDIMM ECC 192
- M2 2TB SSD
- NVIDIA Quadro P1000 4GB Graphics



شكل 5.2 : الاجراء الكلي لنموذج النقل

القسم 5

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

القسم 6

معايرة ومطابقة نموذج النقل لسنة الأساس
(QABM CALIBRATION AND VALIDATION)

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

6 معايرة ومطابقة نموذج النقل لسنة الأساس (QABM Calibration and Validation)

تمثيل الوضع الحالي للنقل في عام 2018 من خلال سيناريو سنة الأساس

تمت معايرة نموذج النقل QABM من خلال تطوير طريقة علمية تلقائية تهدف إلى إحداث تغييرات في ثوابت ومعاملات المعادلات الحسابية التي يتم استخدامها في تشغيل نموذج النقل QABM للوصول إلى تقارب نتائج النموذج للسنة الاساس 2018 مع بيانات المسوحات المرورية والمقابلات الأسرية والاستبيانات التي جمعت في السنة نفسها. وبعد الانتهاء من معايرة النموذج، تم مطابقة مخرجات ونتائج النموذج بإعادة مقارنتها مع مجموعة أخرى من المسوحات المرورية والمقابلات والاستبيانات مختلفة عن تلك التي تم استخدامها في مرحلة المعايرة. بعبارة أخرى، تم تقسيم المسوحات المرورية والمقابلات والاستبيانات التي جمعت في السنة لأساس 2018 إلى مجموعتين حيث استخدمت المجموعة الأولى في مرحلة معايرة النموذج والثانية في مرحلة مطابقة نتائجها. يبين الشكل الآتي مخطط توضيحي لعمليات ومراحل المعايرة ومطابقة النموذج والبيانات المستخدمة في كل عملية. ضمن هذه المرحلتين، تم استخدام معادلات احصائية حسابية لاختبار أداء النموذج حيث تم حساب الفروقات بين نتائج النموذج وبيانات المسوحات المرورية والمقابلات والاستبيانات ومقارنتها بحدود القيم المسموح بها لاعتبار النموذج لائق عند استخدامه كأداة تحليل في التخطيط لمشاريع وسياسات النقل.

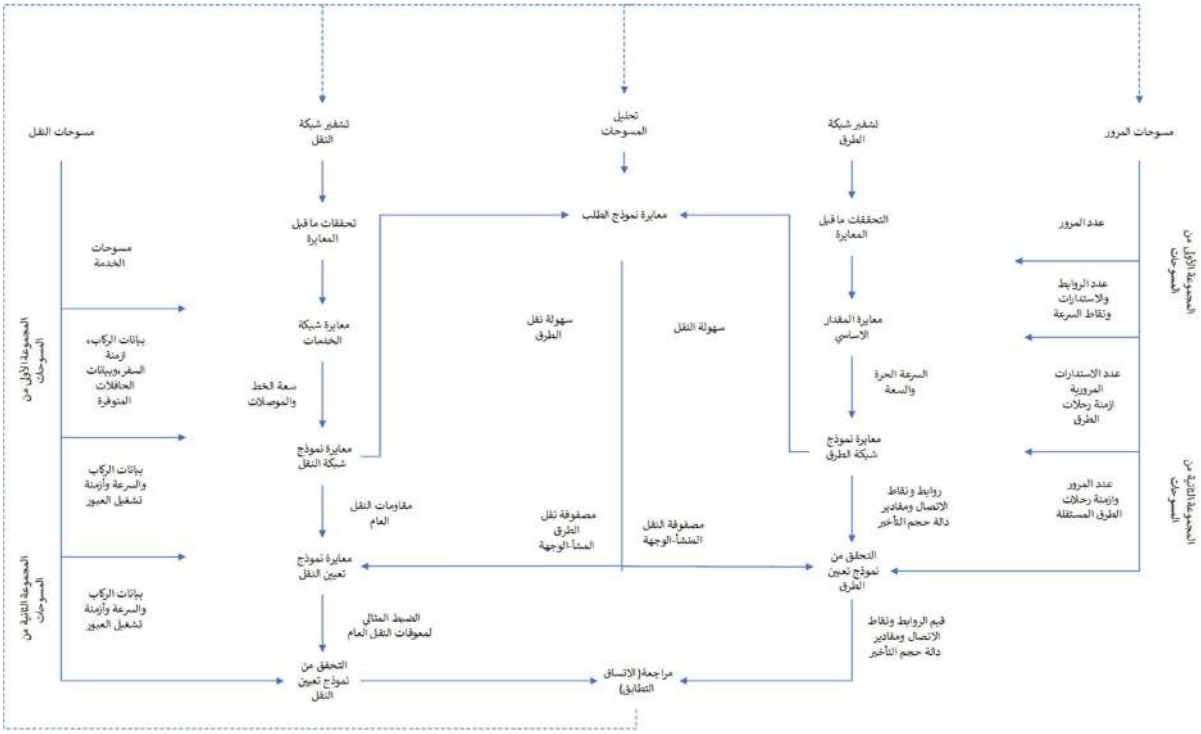
من خلال مراجعة أفضل الممارسات العالمية في تطوير نماذج أخرى، يتم بالعادة تقسيم البيانات والمسوحات المرورية والمقابلات والاستبيانات التي جمعت في السنة الأساس إلى مجموعتين لتستخدم الأولى في مرحلة معايرة النموذج والثانية في التحقق من صحة. ولكن هذه العملية لا يعد تطبيقها عملياً في سياق معايرة واختبار أداء نموذج النقل QABM لأنه يتم بناء نماذج الطلب على نقل استناداً إلى خصائص السكان الاجتماعية والديمغرافية والاقتصادية وسلوكياتهم وأنشطتهم التي جمعت من المقابلات الأسرية والاستبيانات الميدانية المختلقة بمعزل عن المسوحات المرورية لمداخل مناطق التحليل المرورية. ومن هنا يجب مراعاة هذه الخاصية

للنموذج بكونه يقوم بتمثيل التركيبة الحسابية للسكان ومحاكاة خصائصهم المختلفة وأنشطتهم وتنقلاتهم اليومية من خلال نماذج اقتصادية قياسية كنموذجي CEMSELTS وCEMDAP. وعليه، تم في هذا المشروع تقسيم المسوحات المرورية والمقابلات الاسرية والاستبيانات التي جمعت في عام 2018م إلى مجموعتين الأولى تضمن نتائج المقابلات الاسرية والاستبيانات التي استخدمت لمعايرة نماذج الطلب على النقل والثانية تضمنت المسوحات المرورية التي استخدمت لمطابقة نموذج شبكة الطرق ومسارات الرحلات عليها بالإضافة إلى استخدام بيانات حركة صعود ونزول الركاب في مواقف الحافلات لسنة 2018م التي تم الحصول عليها من شركة مواصلات لمطابقة نموذج شبكة النقل العام.

يتضمن نموذج CEMDAP ضمن نموذج النقل في منطقة جنوب كاليفورنيا (SimAGENT)، لمحاكاة أنشطة السكان وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن استخدام شبكات النقل، ثوابت ومعاملات لمعادلات حسابية تعكس سلوكيات وخيارات سكان كاليفورنيا حيث تم من خلال هذا المشروع تطوير نماذج مشابهة ومعايرة المعاملات الحسابية لتتناسب مع الأنشطة اليومية ونمط التنقل الممثلة للتركيبة الحسابية للسكان في دولة قطر. حيث هناك العديد من الاختلافات الملحوظة بين سكان دولة قطر وسكان مدينة كاليفورنيا. على سبيل المثال، ينتهي دوام عمل موظفي القطاع العام في دولة قطر عند الثانية بعد الظهر بينما يمتد دوام عمل موظفي القطاع العام إلى الساعة الخامسة مساءً في مدينة كاليفورنيا. كما يختلف بداية ونهاية الدوام المدرسي للطلاب بين دولة قطر ودولة الولايات المتحدة الأمريكية.

للاطلاع على مزيد من المعلومات حول معايرة والتحقق من صحة نتائج نموذج النقل QABM، يرجى مراجعة التقارير التالية:

- تقرير إعدادات ونمذجة نماذج الطلب على النقل
- تقرير إعدادات ونمذجة نماذج العرض لأنظمة النقل
- تقرير معايرة ومطابقة نتائج نموذج النقل



شكل 6.1 : معايرة والتأكد من صحة نتائج نموذج النقل

6.1 معايرة نموذج النقل (QABM Calibration)

كان من ضروري معايرة العديد من نماذج العرض والطلب الخاصة بالنقل التي يتكون منها نموذج النقل QABM قبل ربطها ببعضها البعض لتعمل حسب البنية التصميمية لنموذج النقل QABM. تضمنت هذه العملية معايرة النماذج التالية:

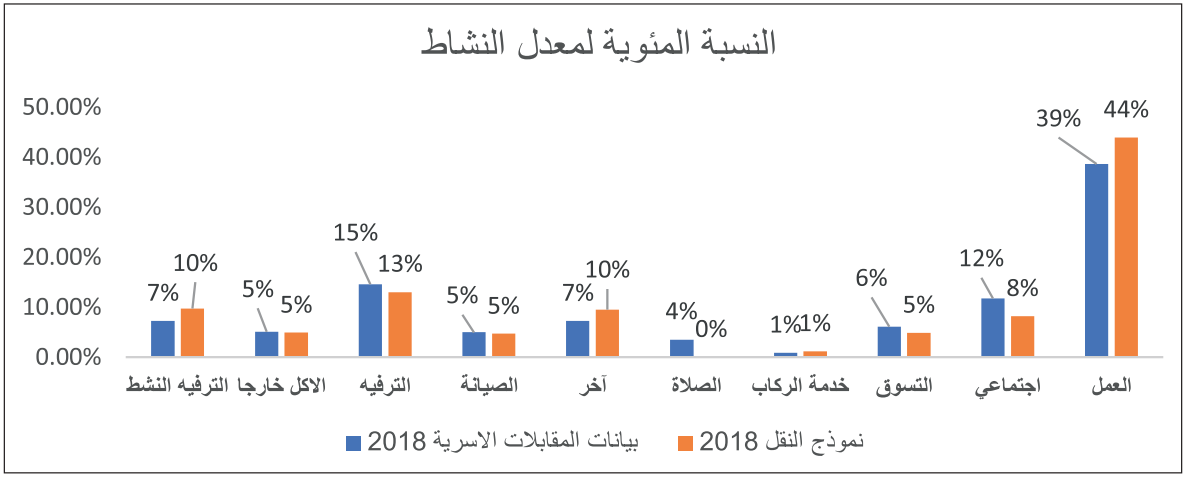
- نماذج الطلب على النقل كنموذج التركيبة الحسابية للسكان POPGEN ونموذج CEMSELTS لتمثل توقعات أنشطة السكان الأساسية واختيار وسيلة النقل كالعمل والتعليم.
- نموذج تعيين مسارات الرحلات على شبكة الطرق
- نموذج تعيين مسارات الرحلات على شبكة النقل العام

6.1.1 معايرة نموذج الطلب على النقل

لقد تم معايرة نموذج الطلب على النقل ضمن نموذج النقل QABM لسنة الأساس 2018م من خلال اختبار معايير التقارب بين مخرجات هذا النموذج والنتائج التي استنبطت من المقابلات الأسرية التي تم جمعها من قبل وزارة المواصلات والاتصالات في السنة نفسها. حيث تشكل نتائج هذه المسوحات والمقابلات نواةً لعمل نموذج التركيبة الحسابية للسكان POPGEN ونموذج CEMSELTS لتعيين الخصائص الديموغرافية والاجتماعية والاقتصادية لجميع سكان دولة قطر من أفراد وأسر كما ورد شرحه في الفصل الثالث في هذا التقرير. وقد تخلل اختبار معايير التقارب مقارنة بين مخرجات نموذج الطلب على النقل ونتائج المقابلات الأسرية وخصوصاً بعض مؤشرات النقل وانماط الأنشطة والتنقلات اليومية للسكان والتي تتلخص بما يلي:

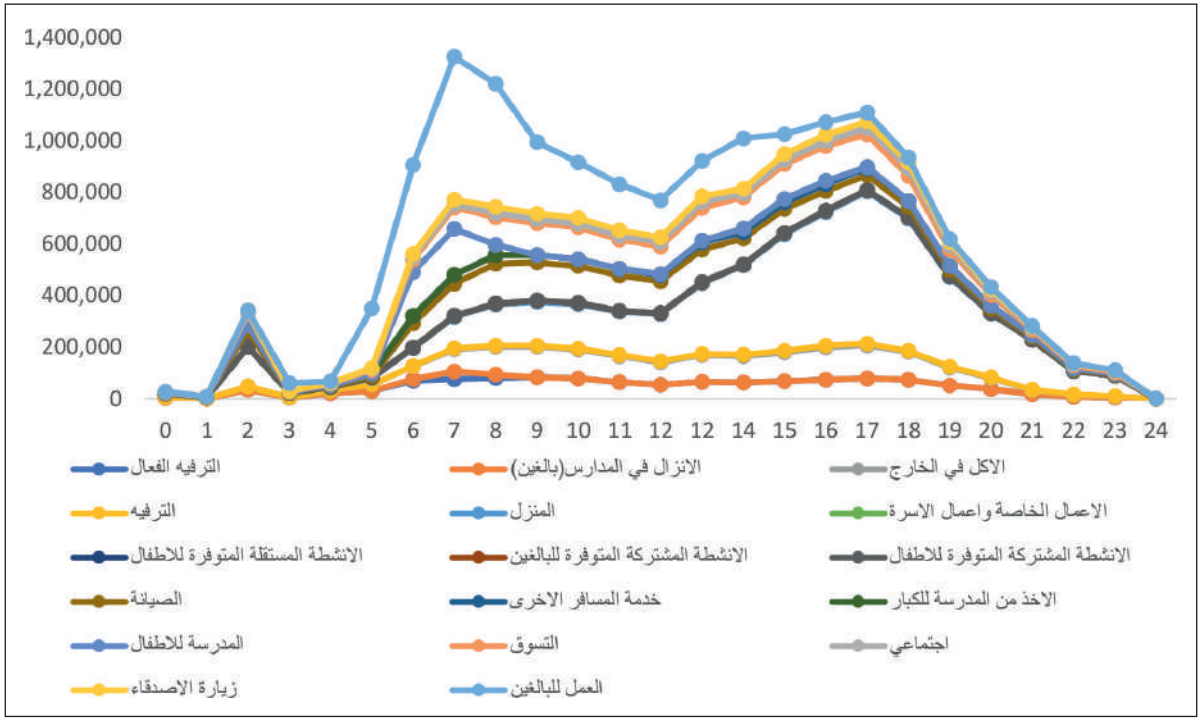
- التوزع النسبي لمتوسط المدة الزمنية لأنشطة السكان اليومية بأنواعها.
- أنماط توزع أنشطة السكان وترتيبها حسب ساعات اليوم.
- عدد الجولات وعدد الرحلات ومتوسط زمن الجولة ومتوسط زمن الرحلة للأفراد داخل الأسر والأفراد حسب الجداول الزمنية لرحلاتهم.
- التوزع النسبي لعدد الرحلات اليومية للأفراد ومدة ومسافة الرحلات حسب وسيلة النقل.
- التوزع النسبي لعدد الجولات اليومية للأفراد ومدة ومسافة حسب وسيلة النقل.

يوضح الشكلين التاليين مثالاً لنوع مخرجات نموذج النقل ومقارنتها مع نتائج المقابلات الأسرية التي تم استخدامها لمعايرة ومطابقة دقة النموذج.



شكل 6.2 : مقارنة التوزع النسبي لمتوسط المدة الزمنية لأنشطة السكان اليومية بين نموذج النقل وبيانات المقابلات الأسرية

القسم 6



شكل 6.3 : أنماط توزع أنشطة السكان على ساعات اليوم لكل نشاط

6.1.2 معايرة معاملات الطرق والتقاطعات في نموذج شبكة النقل

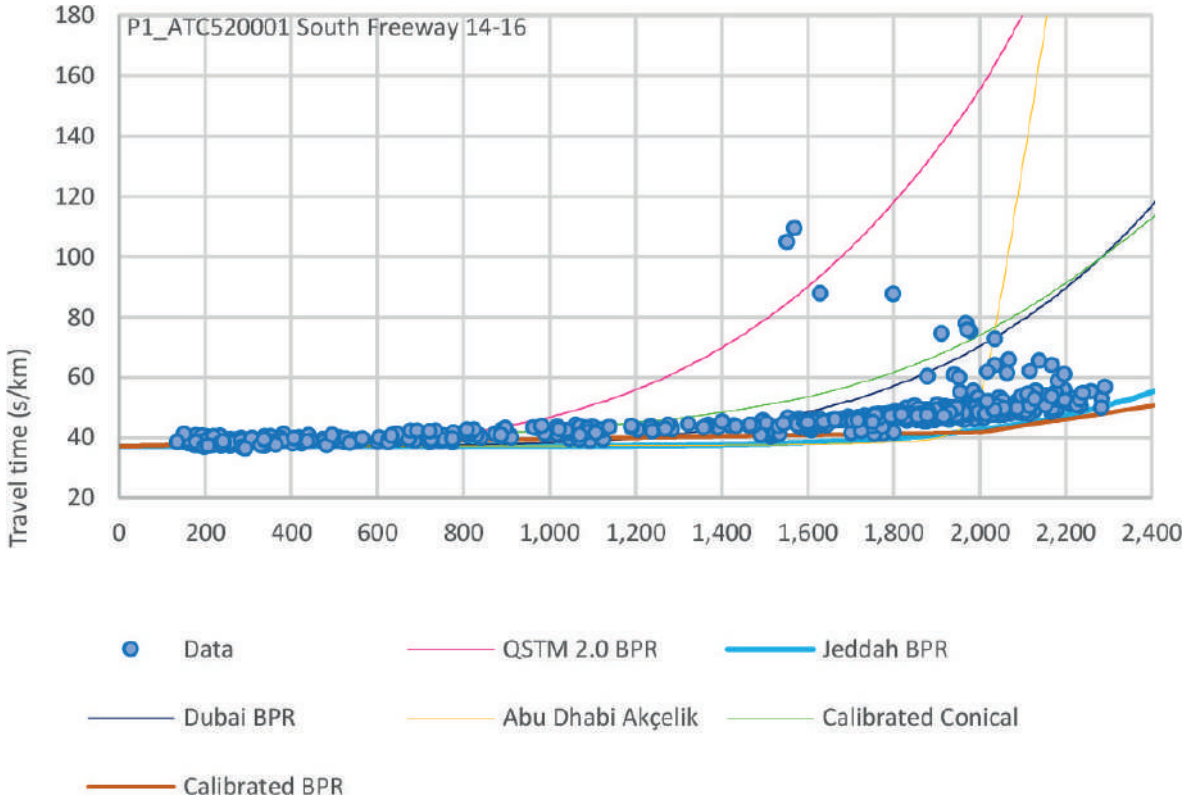
إن طريقة نمذجة أداء أي عنصر من عناصر شبكة الطرق كوصلات الطرق ونقاط التقاطع يعتمد على معادلات حسابية لتمثيل التفاعل بين زمن الرحلة أو التأخيرات وحجم التدفق المروري حسب التصنيف الوظيفي ومواصفات هذه العناصر تسمى بمعادلة حجم/تأخير المروري Volume-Delay Function (VDF). فكلما زاد حجم التدفق المروري على وصلات الطرق ونقاط التقاطع زادت معه التأخيرات المرورية والزمن المطلوب لاجتيازها في نموذج شبكة الطرق.

تختلف المعادلات الحسابية لحجم/تأخير مروري (VDFs) ومعاملاتها بحسب التصنيف الوظيفي ومواصفات الطريق ونوع التقاطع داخل نموذج شبكة الطرق. وقد تمت معايرة هذه المعادلات من خلال استخدام بيانات المسوحات المرورية في السنة الأساس 2018 كما تم شرحه في الفصل 2,3,4 من هذا الملخص.

يبين الجدول التالي قيم المعاملات للمتغيرات في معادلة حجم/تأخير المروري (VDFs) حسب تصنيف الطرق المحدد في برنامج VISUM.

كما تم تحديد المعادلات الحسابية لحجم/تأخير مروري (VDFs) لكل نوع من نقاط تقاطع الطرق. بينما تم نمذجة زمن التأخير للتقاطعات بإشارات ضوئية من خلال حساب التأخير المروري على أساس تصاميم الإشارات الضوئية وتواقيتها. ولأن حجم التدفق المروري هو المؤثر الأساسي في مقدار التأخيرات المرورية على التقاطعات، تم تطوير طريقة علمية تلقائية لمعايرة المعاملات ضمن معادلات حجم/تأخير مروري (VDFs) على نقاط التقاطع باستخدام نتائج مسح زمن الرحلات على مسارات الطرق التي قامت بها وزارة المواصلات والاتصالات في عام 2018م لتحقيق أفضل تقارب مع الزمن المتوقع للرحلات على المسارات نفسها داخل نموذج شبكة الطرق.

تمت معايرة المعاملات ضمن معادلات حجم/تأخير المروري (VDFs) على وصلات الطرق ونقاط التقاطع باستخدام منهجية علمية تلقائية يمكن إعادة تكرارها في أي وقت يتم فيه الحصول على مسوحات مرورية جديدة.


P1_ATC520001 South Freeway 14-16
Travel time (s/km)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
200
400
600
800
1,000
1,200
1,400
1,600
1,800
2,000
2,200
2,400
Data
QSTM 2.0 BPR
Jeddah BPR
Dubai BPR
Abu Dhabi Akçelik
Calibrated Conical
Calibrated BPR

جدول 6.1: معاملات معادلات حجم/تأخير مروري (VDFs) ضمن نموذج النقل QABM حسب التصنيف الوظيفي للطرق

تصنيف الطرق	السرعة المرورية المعلنة (كم / الساعة)	نوع وصلة الطريق	نوع الدالة	الثوابت
طريق حر	100 ,120	**من 2 إلى 12**	BPR3	a=0.44, b=3.00, c=1.00, d=0.03
	80	**من 13 إلى 17**	BPR3	a=0.44, b=3.00, c=1.00, d=0.03
طريق سريع	100 ,120	**من 18 إلى 27**	BPR3	a=1.00, b=2.60, c=1.00, d=0.05
	80	**من 28 إلى 32**	BPR3	a=1.00, b=4.20, c=1.00, d=0.05
طريق شرياني	100 ,120	**من 34 إلى 38**	BPR	a=1.20, b=2.40, c=1.00
	80	**من 39 إلى 42**	BPR	a=1.20, b=2.40, c=1.00
	50	**من 43 إلى 46**	BPR	a=1.20, b=2.40, c=1.00
طريق تجميعي رئيسي	50	**من 48 إلى 56**	BPR	a=1.40, b=2.20, c=1.00
طريق تجميعي ثانوي	40	**من 57 إلى 60**	BPR	a=1.40, b=2.20, c=1.00
طريق محلي	30	**من 61 إلى 63**	BPR	a=1.75, b=2.40, c=1.00

6.1.3 معايرة نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام

يتضمن نموذج شبكة النقل العام للسنة الأساس 2018م على خطوط خدمة الحافلات النقل العام المشغلة من قبل شركة مواصلات حيث أن خطوط مشروع مترو الدوحة كانت قيد الإنشاء وتم تشغيلها لاحقاً في عام 2019م. وتتضمن شبكة الحافلات للسنة الأساس 2018 نحو 52 خطاً و 94 مساراً و 1532 محطة للحافلات. ولقد استخدمت البيانات التالية التي تم الحصول عليها من شركة مواصلات لمعايرة نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام:

- بيانات نظام تحديد المواقع للرحلات اليومية لحافلات خطوط النقل العام خلال مايو 2018.
- بيانات حركة صعود ونزول الركاب في مواقف الحافلات
- بيانات استخدام تذاكر خدمة الحافلات

يبين الجدول التالي نتائج معايرة معاملات نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام.

جدول 6.2: نتائج معايرة نموذج تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام

المتغير	وفقاً لتعيين مسارات الرحلات على أساس الجدول الزمني	وفقاً لتعيين مسارات الرحلات على أساس فترات التباعد
زمن الرحلة بالمركبة	1.00	1.00
الزمن المشي من المنشأ إلى محطة الحافلات	6.00	6.00
الزمن المشي من محطة الحافلات إلى الوجهة النهائية	6.00	6.00
زمن المشي	6.00	6.00
زمن الانتظار للتحويل بين المحطات	1.40	1.40
عدد التحويلات	5	5
زمن الانتظار عند المنشأ	2.50	2.50
زمن الرحلة الملموس	1.00	1.00
التعرفة	1.71	1.71
دلتا T (باكراً)	1.40	1.40
دلتا T (متأخرا)	2.00	2.00

6.2 مطابقة نتائج نموذج النقل (QABM Validation)

بعد اتمام مرحلة معايرة نموذج النقل QABM، تم إجراء مطابقة نتائج نموذج النقل QABM باستخدام مجموعة أخرى من بيانات المقابلات الأسرية والمسوحات المرورية، وذلك للتحقق من صحة نتائج نماذج العرض والطلب الخاصة بالنقل التي يتكون منها نموذج النقل QABM وتتضمن:

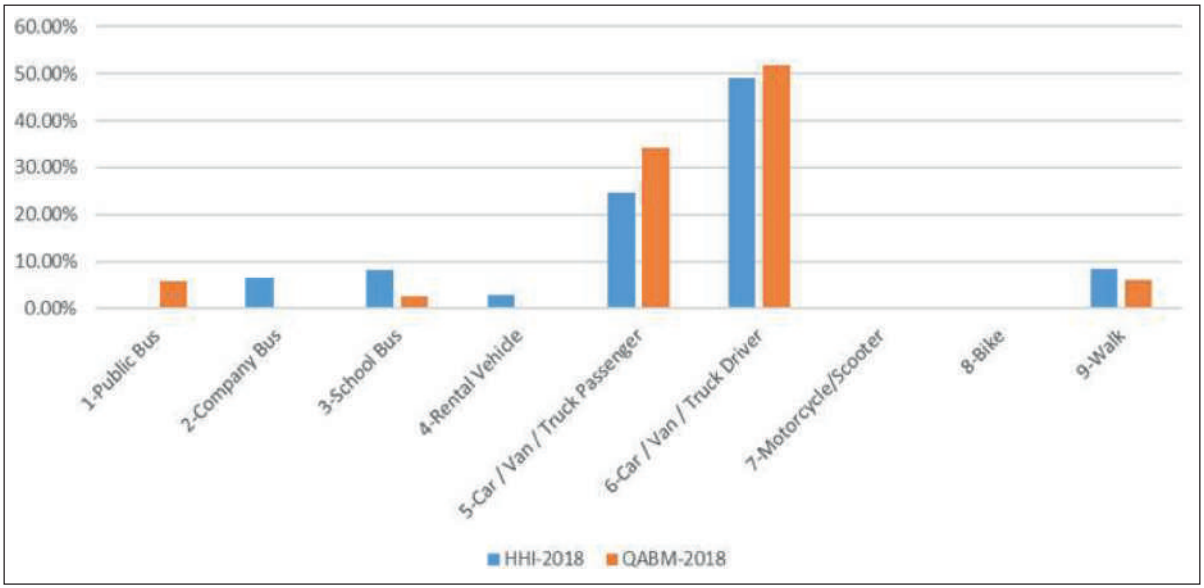
- نماذج الطلب على النقل
- نموذج تعيين مسارات الرحلات على شبكة الطرق
- نموذج تعيين مسارات الرحلات على شبكة النقل العام

6.2.1 مطابقة نموذج الطلب على النقل (نموذج محاكاة انشطة السكان)

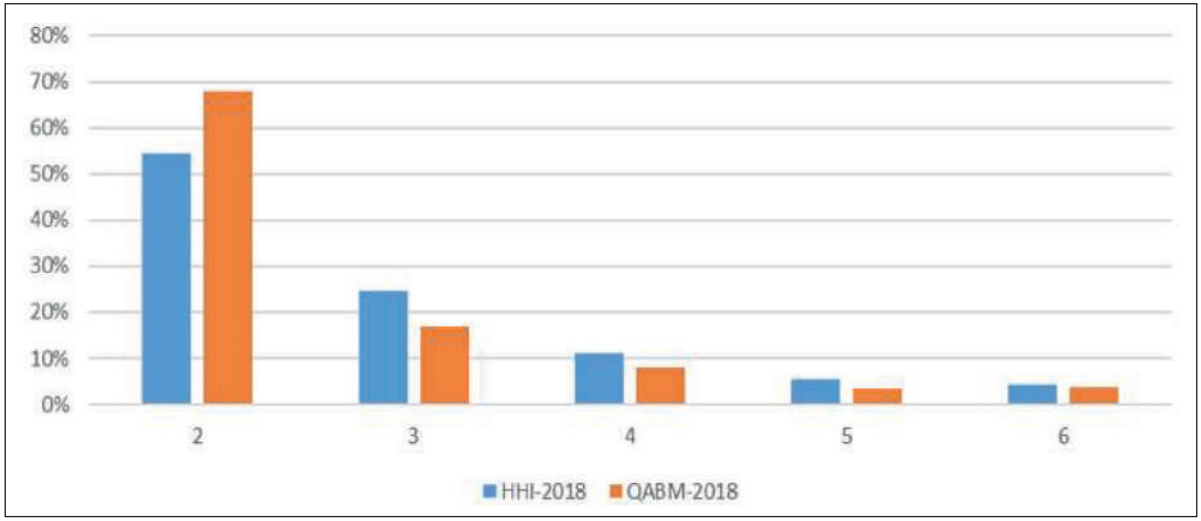
تم مطابقة نموذج الطلب على النقل لسنة الأساس 2018م من خلال مقارنة مخرجات نموذج النقل المتكامل QABM باستخدام نتائج المقابلات الأسرية التي أجريت في السنة نفسها من حيث خصائص السكان وأنماط أنشطتهم وتنقلاتهم اليومية والتي تتلخص بما يلي:

- التوزع النسبي للخصائص الاجتماعية والاقتصادية للأسر كملكية السيارة وعدد أفراد الأسرة الحاملين لرخصة قيادة والدخل السنوي
- أنماط الأنشطة اليومية للأفراد مثل توزع الأنشطة حسب النوع والجنسية وتوزع متوسط مسافة الرحلات حسب نوع النشاط
- أنماط التنقلات اليومية مثلاً توزع متوسط زمن الرحلات حسب نوع النشاط، ونسب استخدام وسيلة نقل حسب نوع النشاط، وتوزع تكرار الرحلات اليومية المشتركة بين أفراد الأسرة حسب نوع النشاط، وتوزع مجموع مسافات الرحلات اليومية حسب نوع الفرد وجنسيته، وتوزع الرحلات الداخلية حسب نوع النشاط التي يكون منشأها ومقصدها ضمن نفس منطقة التحليل المروري.

أظهرت عملية مطابقة نموذج الطلب على النقل للتحقق من صحة نتائج النموذج وجود تطابق جيد بين مخرجات النموذج ونتائج المقابلات الأسرية كما هو موضح في الشكلين التاليين.



شكل 6.4 : مقارنة توزع نسب استخدام وسائل النقل من الرحلات اليومية بين مخرجات نموذج النقل QABM ونتائج المقابلات الأسرية



شكل 6.5 : مقارنة وتيرة التوقف أثناء جولات الأفراد اليومية بين مخرجات نموذج النقل QABM ونتائج المقابلات الأسرية

6.2.2 التحقق من صحة نموذج شبكة الطرق

تم التحقق من صحة نموذج شبكة الطرق من خلال المقارنة بين نتائج المسوحات المرورية مثل العد الآلي للمركبات ومسح زمن الرحلات من جهة، التي أجريت بمعظمها على تقاطعات الطرق الرئيسية مع خطوط المسح (screen lines)، وأحجام التدفقات المرورية وأزمنة الرحلات المتوقعة على مقاطع الطرق نفسها بعد تعيين مسارات الرحلات في نموذج شبكة الطرق. تم تحليل نتائج هذه المقارنات من خلال تحليل إحصائي لتمثيل حجم التقارب بين نتائج المسوحات ومخرجات نموذج QABM. يمكن تلخيص نتائج هذا التحليل كالآتي:

1- **المقارنة بين نتائج العد الآلي للمركبات من جهة وأحجام التدفقات المرورية المتوقعة في نموذج QABM من جهة أخرى على مقاطع الطرق**: لقد أظهر التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Goodness-of-Fit)" بأن نتائج النموذج مقبولة حيث تراوحت قيمة معامل التحديد (R^2) بين 0,59 و 0,61. بينما بلغ معامل الميل الانحدار الخطي 1,0 في ساعات الذروة الصباحية، و0,76 في ساعات الظهيرة، و 1,28 في ساعات الذروة المسائية. حيث يتقاطع الانحدار الخطي الإحصائي للعلاقة بين نتائج النموذج والمسوحات المرورية عند النقطة صفر على المحور الصادي (Y-intercept) في جميع ساعات الذروة.

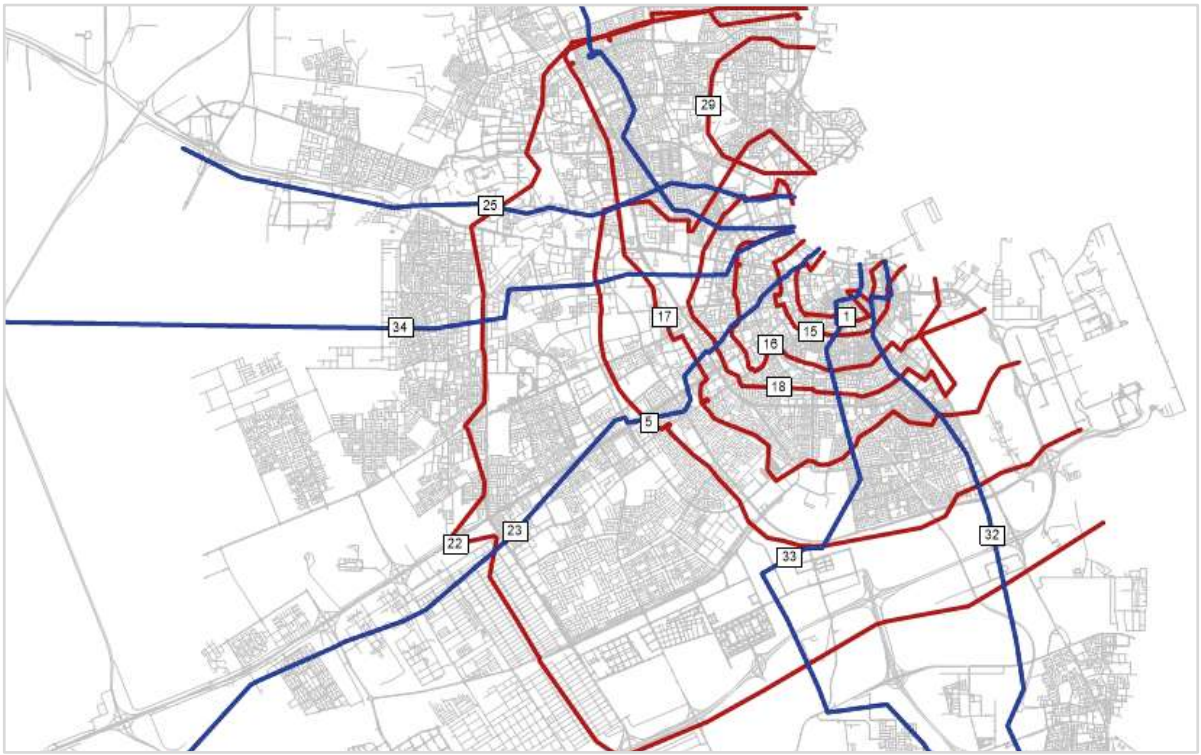
2- **المقارنة بين نتائج العد الآلي من جهة وأحجام التدفقات المرورية المتوقعة في نموذج QABM من جهة اخرى لحجم التفافات المركبات على تقاطعات الطرق الرئيسة**: لقد أظهر التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Goodness-of-Fit)" بأن نتائج النموذج مقبولة حيث تراوحت قيمة معامل التحديد (R^2) بين 0,59 و0,61.

3- **المقارنة بين نتائج العد الآلي للمركبات من جهة وأحجام التدفقات المرورية المتوقعة في نموذج QABM من جهة أخرى على مقاطع الطرق الرئيسية المتقاطعة مع خطوط المسح (screen lines):** تمثل خطوط المسح (screen lines) التي يبينها الشكل التالي حدود افتراضية بين القطاعات الجغرافية المختلفة لعدة مناطق في دولة قطر. حيث تم تحديد هذه الحدود وعمل المسوحات المرورية لاستخدامها في مشروع تطوير نموذج النقل QABM. حيث صنفت هذه الحدود الافتراضية إلى نوعين وهي خطوط المسح الدائرية وخطوط المسح الشعاعية.

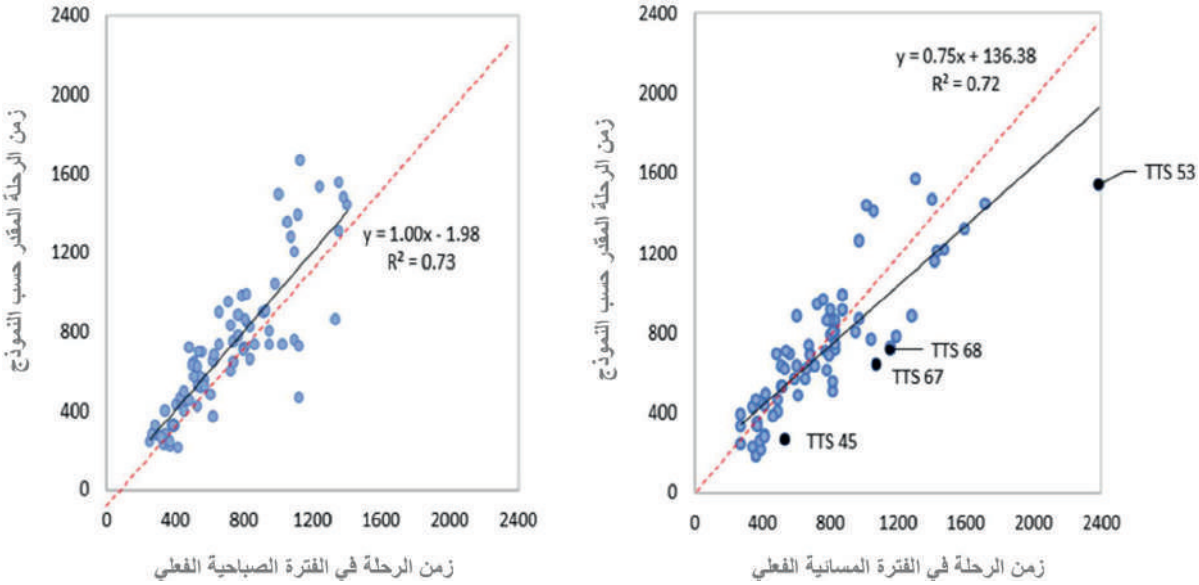
أظهر التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Goodness-of-Fit)" بأن نتائج النموذج على خطوط المسح الشعاعية مقبولة . حيث بلغ متوسط الخطأ المطلق أقل من 9% في ساعات الذروة الصباحية وقيمة 13% في ساعات الذروة المسائية.

أما بالنسبة لخطوط المسح الدائرية ، أظهر التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Good-ness-of-Fit)" بأن نتائج النموذج على خطوط المسح الدائري مقبولة إلى حد ما حيث بلغ متوسط الخطأ المطلق قيمة 21% في ساعات الذروة الصباحية وقيمة 28% في ساعات الذروة المسائية. وبينما بلغ متوسط الخطأ المطلق قيمة عالية نسبياً حوالي 42% في ساعات الظهيرة حيث أظهرت النتائج الإحصائية بأن أحجام التدفقات المرورية المتوقعة في نموذج النقل QABM منخفضة نسبياً مقارنةً بنتائج العد الآلي للمركبات على تقاطعات الطرق الرئيسية وخطوط المسح الدائرية خلال ساعات الظهيرة. وقد يكون سبب هذا الاختلاف هو أن جزء كبير من رحلات الأفراد الذين لا يحملون رخصة قيادة لم يتم ذكرها وتدوينها في المقابلات الأسرية.

4- **المقارنة بين أزمنة الرحلات الممسوحة ميدانياً من جهة والمتوقعة في نموذج QABM من جهة أخرى على مسارات للطرق:** تراوحت قيمة متوسط الخطأ المطلق بين 17% و 20% عند مقارنة أزمنة الرحلات من المسح المروري مع تلك المتوقعة في نموذج QABM والتي تعتبر مقبولة في مجال نمذجة النقل. بناءاً على الممارسات العالمية يجب ان لا يتخطى متوسط الخطأ المطلق 18%. وتراوحت قيمة معامل التحديد (R^2) بين 0,72 و0,75 كما هو موضح في الشكل أدناه. كما تم عدم إدراج بعض القيم المتطرفة من مسح زمن الرحلات والمشار إليها باللون الأسود كونها قد لا تكون ممثلة للواقع أو متأثرة بظروف استثنائية لا يمكن تطبيقها في يوم عمل عادي.



شكل 6.6 : خطوط المسح الشعاعية (اللون الأزرق) والدائرية (باللون الأحمر) لتحديد مواقع العد الآلي للمركبات واستخدامها في التحقق من صحة نتائج نموذج النقل QABM



شكل 6.7 : مقارنة بين زمن الرحلات الممسوحة ميدانياً من جهة والمتوقعة في نموذج QABM من جهة أخرى خلال ساعات الذروة الصباحية (على اليسار) والمسائية (على اليمين)

6.2.3 التحقق من صحة نتائج نموذج شبكة النقل العام

خلال معايرة نموذج شبكة النقل العام، تم استخدام بيانات صعود الركاب في محطات الحافلات المستنبطة من قاعدة بيانات تذاكر الركاب لمعايرة ثوابت النموذج المرتبطة بمتغيرات عديدة منها مدة المشي للوصول إلى المحطة، زمن الرحلة بالمركبة، مدة المشي بعد مغادرة المحطة، وزمن الانتظار خلال التحويل كما ورد في الفصل 6,1,3. ومن أجل تقدير مدى فعالية المعايرة التي تم القيام بها، تم إعادة تعيين مسارات رحلات النقل العام وإجراء التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Goodness-of-Fit)" من أجل مقارنة بيانات نزول الركاب عند محطات الحافلات (المستنبطة من بيانات تذاكر الركاب) من جهة وحركة نزول الركاب المتوقعة في النموذج للمحطات نفسها من جهة أخرى.

يبين الجدول التالي نتائج التحليل الإحصائي حسب معيار "حسن المطابقة (Goodness-of-Fit)" بعد تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام على أساس الجدول الزمني من جهة وفترات التباعد من جهة أخرى، مع مراعاة كون حركة نزول الركاب تتأثر أيضاً باختيار المسار خصوصاً عند وجود أكثر من مسار لحافلات النقل العام يربط منشأ رحلة بمقصدها.

جدول 6.3: نتائج التحليل الإحصائي حسب معيار "(Goodness-of-Fit)" لتعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام

معايير "حسن المطابقة"	تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام على أساس الجدول الزمني		تعيين مسارات الرحلات في شبكة النقل العام على أساس فترات التباعد	
	القيمة بعد المعايرة	القيمة بعد التحقق من صحة نتائج النموذج	القيمة بعد المعايرة	القيمة بعد التحقق من صحة نتائج النموذج
المتوسط المطلق للأخطاء	2.70	2.71	2.94	2.95
الجذر التربيعي لمتوسط مربع الأخطاء	11.58	6.25	14.45	8.11
معامل التحديد	0.89	0.85	0.81	0.77

القسم 6

Qatar 2050 قطر
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

القسم 7

النماذج المرجعية للسنوات المستقبلية
(HORIZON YEARS MODELS)

أنت في الطابق
You are on Level
-2
خروج
Way Out
-1
إلى القطارات
To Trains
-2

7 النماذج المرجعية للسنوات المستقبلية (Horizon Years Models)

نمذجة نمط التنقل المستقبلي في يوم عمل عادي

7.1 تعريف السنوات المستقبلية المرجعية

تم من خلال هذا المشروع تعريف نماذج السنوات المستقبلية المرجعية على أنها نمذجة لمشاريع النقل قيد التنفيذ والمخطط لها حسب البرنامج المعد من قبل الجهات التنفيذية على افتراض أنه تم أيضاً تطوير استخدامات الأراضي ونمو عدد السكان حسب توقعات النمو السكانية والمعلومات التخطيطية لهذه السنوات المستقبلية مع الحفاظ في نفس الوقت على الخصائص الاجتماعية والاقتصادية للسكان الحالية. وقد تم توضيح ذلك بشكل أوسع في تقرير نمذجة السنوات المستقبلية. والجدير بالذكر أن السنوات المستقبلية التي أخذت بعين الاعتبار في النمذجة والتحليل هي السنوات: 2025 و 2030 و 2035 و 2050.

7.2 بيانات التخطيط للسنوات المستقبلية المرجعية

تتضمن البيانات التخطيطية المطلوبة كمدخلات في نموذج النقل QABM (على مستوى منطقة التحليل المروري) المجموعة التالية من المتغيرات:

- إجمالي عدد السكان، التعداد السكاني للأسر، والتعداد السكاني للأفراد على مستوى منطقة التحليل المروري (TAZ)
  - o متغيرات التحكم على مستوى الأسر: إجمالي عدد الأسر، وتوزيعها حسب حجم الأسرة ونوع الإقامة.
  - o متغيرات التحكم على مستوى الأفراد: إجمالي عدد السكان مصنفة حسب النوع، الفئات العمرية، والجنسية (قطري وغير قطري).
- متغيرات التحكم على مستوى الوظائف: إجمالي عدد العمال مصنفة حسب توزيعها على القطاعات الاقتصادية.

بالنسبة لنموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM، فإن الفئات السكانية المطلوبة هي السكان الذين يعيشون ضمن أسر والسكان الذين يقطنون في مساكن جماعية (للعمال) أو كأفراد في وحدات سكنية.

7.2.1 السكان

تم استخدام التوقعات السكانية المعتمدة من قبل خطة قطر الشاملة للنقل TMPQ. وتستند هذه التوقعات إلى خطط استخدامات الأراضي المعتمدة في الخطة العمرانية الشاملة لدولة قطر. حيث يبلغ مجموع السكان المتوقع في عامي 2035 و 2050:

3,570,000 نسمة و 4,210,000 نسمة على التوالي.

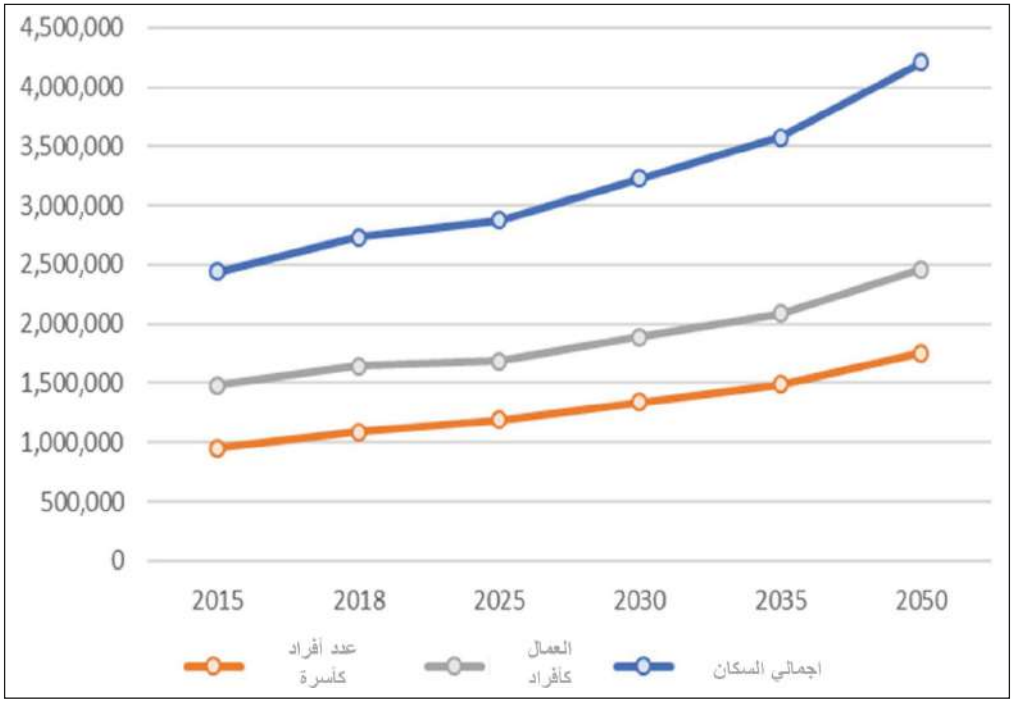
تم من خلال هذا المشروع، توزيع إجمالي عدد السكان إلى سكان ضمن أسر والسكان من الأفراد والعمال باستخدام النسب المحددة في نموذج سنة الأساس لكل منطقة التحليل المروري (TAZ).

الملخص التالي يوضح المنهجية المتبعة في إعداد البيانات التخطيطية الخاصة بالسكان في النماذج المرجعية للسنوات المستقبلية:

1. تم استخدام الخصائص الأساسية للسكان التي تم الحصول عليها من جهاز التخطيط والاحصاء (وزارة التخطيط التنموي والاحصاء سابقاً) في إعداد نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM .

2. نظراً لعدم وجود توزيع للنمو السكاني حسب تعريف السنوات المستقبلية المرجعية للنموذج من قبل الجهات التخطيطية، لذا تم استخدام توزيع التوقعات السكانية للسنوات المستقبلية في نموذج النقل الحالي (QSTM 2.0) والمعدة حسب خطط استخدامات الأراضي المعتمدة في الخطة العمرانية الشاملة لدولة قطر لتشكل بدورها مراحل النمو السكاني في نموذج النقل QABM. وقد استخدمت واجهة استخدام الأراضي في نموذج النقل QSTM 2.0 حيث أن إجمالي عدد السكان للعام النهائي 2031 في QSTM وعام 2050 في نموذج النقل QABM متشابهة بشكل كبير جدا. كما تم إجراء بعض التعديلات الضرورية لتحديد عدد السكان حسب منطقة التحليل المروري للسنوات القادمة 2025 و 2030 و 2035 و 2050.
3. نظراً لاختلاف نظام وحدود تقسيم مناطق التحليل المروري في نموذج النقل QABM عن نظام وحدود تقسيم مناطق التحليل المروري في نموذج النقل الحالي QSTM 2.0، لذا تم عمل نظام لربط كلا النظامين لتقسيم المناطق التحليل المروري، وذلك لتوزيع إجمالي الحجم السكاني على مناطق التحليل المروري نسبة إلى فروقات المساحة المغطاة لكل المنطقة.

يبين الشكل أدناه إجمالي عدد السكان مصنفة إلى أسر وإلى أفراد أو عمال، واتجاه النمو للسنوات المستقبلية في نموذج النقل QABM.



شكل 7.1 : حجم السكان وتصنيفه في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية

7.2.2 الوظائف

تم من خلال هذا المشروع تطوير منهجية لإعداد توقعات نمو الوظائف وأنواعها للسنوات المستقبلية بشكل مشابه إلى حد كبير للمنهجية المتبعة لإعداد عدد السكان في نموذج النقل QABM والتي تعتمد على خطط استخدامات الأراضي المعتمدة في الخطة العمرانية الشاملة لدولة قطر.

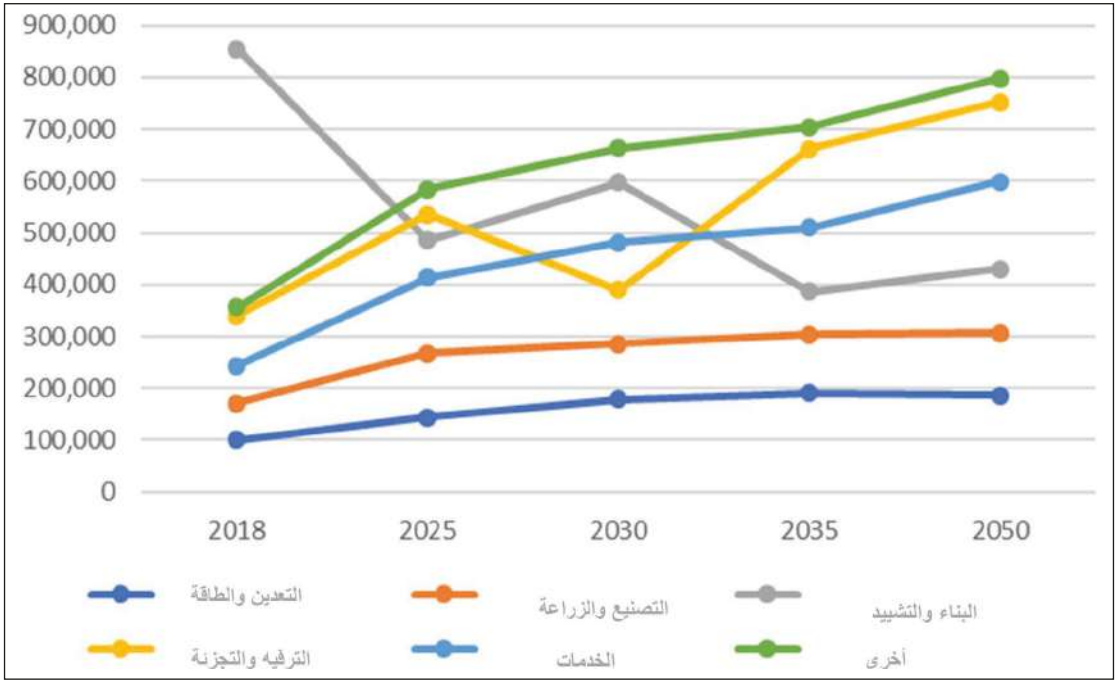
الملخص التالي يوضح المنهجية المتبعة في إعداد البيانات التخطيطية الخاصة بالوظائف في النماذج المرجعية للسنوات المستقبلية:

1. تم استخدام الخصائص الأساسية لتوقعات الوظائف وأنواعها التي تم الحصول عليها من جهاز التخطيط والاحصاء (وزارة التخطيط التنموي والاحصاء سابقاً). ونظراً لطبيعة النموذج كان لا بد من إجراء مزيد من التحسينات على القيم النهائية.
2. نظراً لعدم وجود لحجم وتوزيع الوظائف حسب تعريف السنوات المستقبلية المرجعية للنموذج من قبل الجهات التخطيطية، لذا تم استخدام التوقعات المتوفرة في نموذج النقل الحالي (QSTM 2.0) والمعدة حسب خطط استخدامات الأراضي المعتمدة في الخطة العمرانية الشاملة لدولة قطر لتشكل بدورها مراحل الزيادة في حجم ونوع الوظائف في نموذج محاكاة الأنشطة لدولة قطر. وقد استخدمت واجهة استخدام الأراضي في نموذج النقل QSTM 2.0 حيث أن إجمالي عدد الوظائف للعام النهائي 2031 في QSTM وعام 2050 في نموذج النقل QABM متشابهة بشكل كبير جدا. كما تم إجراء بعض التعديلات الضرورية لتحديد عدد الوظائف حسب منطقة التحليل المروري للسنوات القادمة 2025 و 2030 و 2035 و 2050.
3. نظراً لاختلاف نظام وحدود تقسيم مناطق التحليل المروري في نموذج النقل QABM عن نظام وحدود تقسيم مناطق التحليل المروري في نموذج النقل الحالي QSTM 2.0، لذا تم عمل نظام لربط كلا النظامين لتقسيم المناطق التحليل المروري، وذلك لتوزيع إجمالي الوظائف على مناطق التحليل المروري نسبة إلى فروقات المساحة المغطاة لكل المنطقة.
4. صنفت أنواع الوظائف إلى خمس مجموعات حسب القطاع الاقتصادي وفقا لتصنيف جهاز التخطيط والإحصاء:

أ. التعدين بما في ذلك الصناعات الهيدروكربونية؛
ب. الصناعة التحويلية بما في ذلك الزراعة؛
ت. المباني والتشييد؛
ث. الخدمات التجارية والمالية والنقل والاتصالات،
ج. الخدمات الاجتماعية غير التجارية، والخدمات الحكومية، والخدمات المنزلية، بالإضافة إلى المرافق العامة.

تم توزيع الوظائف حسب الفئات أ وب و ت كما هي موضحة أعلاه. بينما تم جمع مجموعة الوظائف ("ث+ج") ليتم إعادة تصنيفها إلى ثلاث فئات جديدة هي : الترفيه والبيع بالتجزئة، والخدمات، وفئات أخرى. حيث تم استخدام النسب المتوفرة في نموذج سنة الأساس لتوزيع الوظائف إلى :37% لفئات الترفيه والبيع بالتجزئة من مجموع قيم ("ث+ج") ، و27% لفئة الخدمات لتمثل نسبة 27% مجموع قيم ("ث+ج") ، وللفئات الأخرى نسبة 37% من مجموع قيم ("ث+ج") .

يوضح الشكل أدناه إجمالي توقعات حجم الوظائف مصنفة حسب الفئات ووفقا للمنهجية المذكورة أعلاه، واتجاه النمو للسنوات المستقبلية في نموذج النقل QABM.



شكل 7.2 : حجم الوظائف وتصنيفها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية

7.3 توقعات الطلب على النقل

يوضح الشكل 7,3 توقعات الطلب على النقل ونسبة استخدام الرحلات لوسائل النقل العام في نموذج النقل QABM للسنوات القادمة 2025 و 2030 و 2035 و 2050م.

7.3.1 نموذج النقل QABM المستقبلي لعام 2025م

من المتوقع أن يبلغ الطلب على النقل في عام 2025م حوالي 845 ألف رحلة في فترة الذروة الصباحية (AM)، و630 ألف رحلة في فترة ذروة الظهيرة(Mid-Day)، و825 ألف رحلة في فترة الذروة المسائية (PM). بالمقارنة مع نموذج النقل QABM في سنة الأساس، من المتوقع أن يزيد الطلب على النقل بنحو ٪12، ٪15 و٪14 لكل من فترات الذروة AM وMD وPM على التوالي. كما من المتوقع أن تبلغ حصة استخدام الرحلات لوسائل النقل العام منها حوالي 11٪ في فترة الذروة الصباحية، و 9٪ في فترة ذروة الظهيرة، و9٪ في فترة الذروة المسائية. وتتماشى هذه الزيادة في استخدام وسائل النقل العام ما هو متوقع بعد افتتاح خطوط المترو.

7.3.2 نموذج النقل QABM المستقبلي لعام 2030م

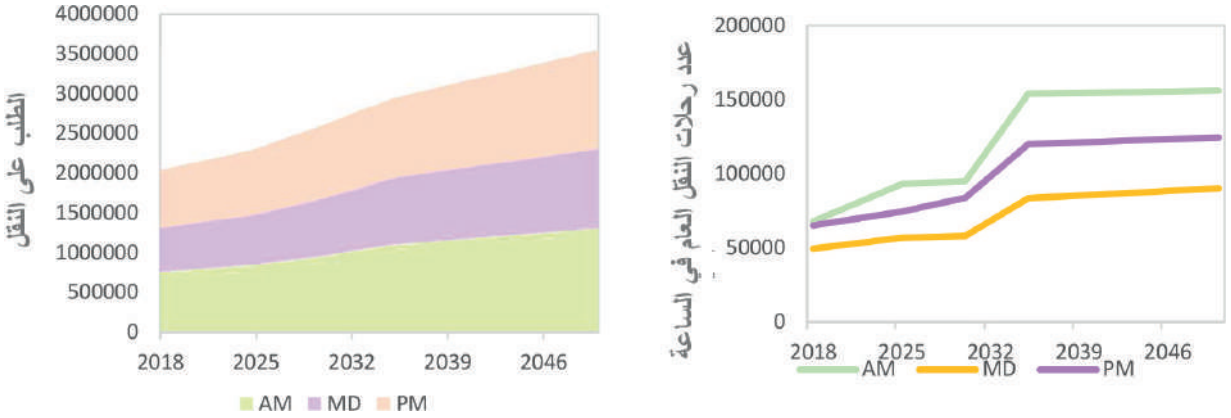
من المتوقع أن يبلغ الطلب على النقل في عام 2030م حوالي 950 ألف رحلة في فترة الذروة الصباحية (AM)، و725 ألف رحلة في فترة ذروة الظهيرة(Mid-Day)، و930 ألف رحلة في فترة الذروة المسائية (PM). بالمقارنة مع نموذج النقل QABM في عام 2025، من المتوقع أن يزيد الطلب على النقل بنحو ٪13، ٪15 و٪13 لكل من فترات الذروة AM وMD وPM على التوالي. كما من المتوقع أن تكون نسبة استخدام وسائل النقل العام مشابهة للنسب المذكورة أعلاه في السنة المستقبلية 2025.

7.3.3 نموذج النقل QABM المستقبلي لعام 2035م

بحلول العام 2035، من المتوقع أن يستمر نمو الطلب على النقل، بنحو 15٪ مقارنة بعام 2030، ليصل إلى حوالي 1,1 مليون رحلة في فترة الذروة الصباحية، و 835 الف رحلة في فترة ذروة الظهيرة، و 1 مليون رحلة في فترة الذروة المسائية. ومن المتوقع أن ترتفع نسبة استخدام وسائل النقل العام إلى حوالي 14٪ في فترة الذروة الصباحية، و 10٪ في فترة ذروة الظهيرة، و 12٪ في فترة الذروة المسائية، ويرجع ذلك بشكل رئيسي إلى بناء وتشغيل المزيد من خطوط المترو بحلول عام 2035.

7.3.4 نموذج النقل QABM المستقبلي لعام 2050م

أما في السنة 2050م، فإنه من المتوقع أن يصل الطلب على النقل إلى حوالي مليون 1,3 رحلة في فترة الذروة الصباحية، و1 مليون رحلة في فترة ذروة الظهيرة، وحوالي 1,245 مليون رحلة في فترة الذروة المسائية. كما إنه من المتوقع أن يكون معدل الطلب على النقل الخاص يفوق معدل الطلب على النقل العام. ومن المتوقع أن تكون نسبة استخدام وسائل النقل العام (PT) حوالي 12٪ في فترة الذروة الصباحية، و 9٪ في فترة ذروة الظهيرة، و 10٪ في فترة الذروة المسائية.



شكل 7.3 : توقعات الطلب على النقل في نموذج النقل QABM-إجمالي النقل (يسار) والنقل العام (يمين)

7.4 نماذج شبكات النقل

7.4.1 نموذج شبكة الطرق

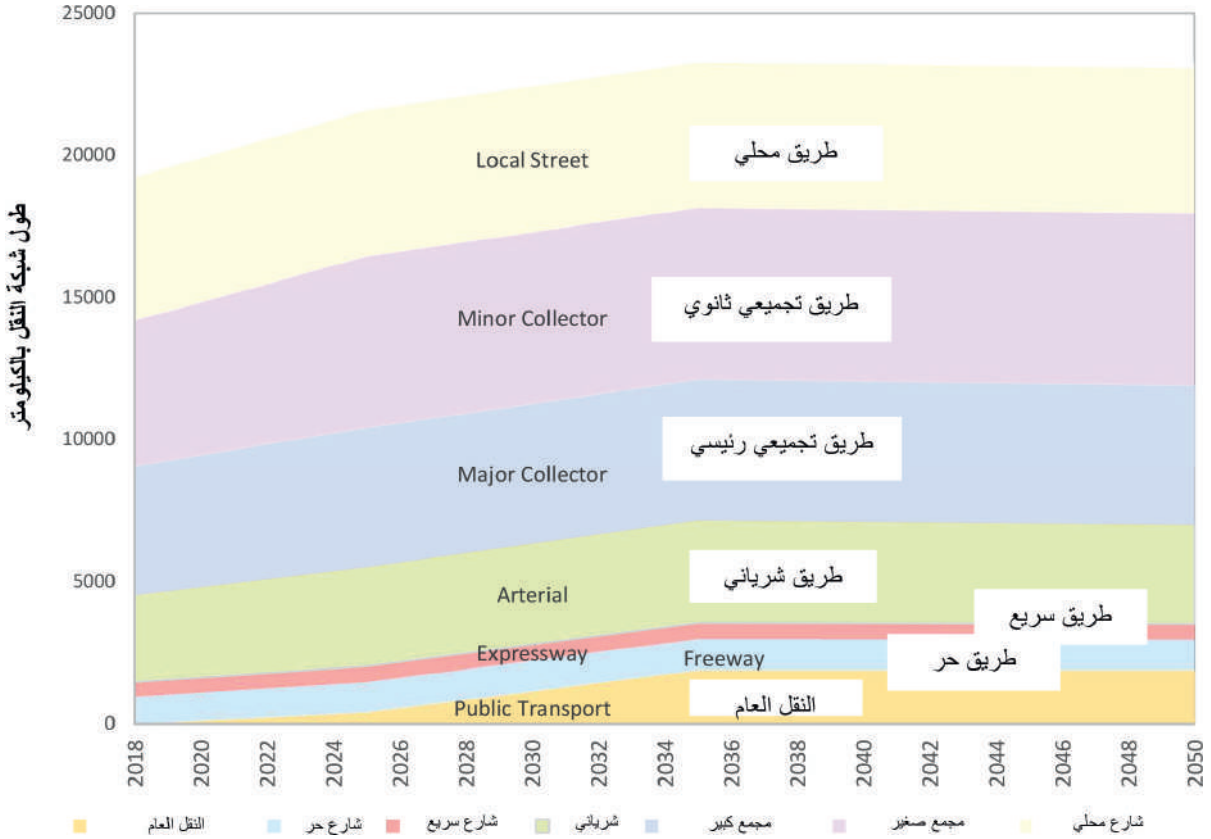
تم استخدم نموذج سنة الأساس كنقطة انطلاق لنمذجة شبكة الطرق للسنوات المستقبلية. حيث تم جمع البيانات التي تتعلق بمشاريع الطرق السريعة المخطط لها والجاري تنفيذها والتي تبلغ 48 مشروعاً حسب البرنامج الزمني التنفيذي المقدم من قبل هيئة الأشغال العامة. ومن ثم استخدامها لتحديد قائمة مشاريع الطرق لنمذجتها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية.

ووفقاً للخطة التنفيذية لهيئة الأشغال العامة، فإنه من المقرر إنجاز حوالي 30 مشروعاً من مشاريع الطرق السريعة بحلول عام 2022، وبالتالي تم أخذ هذه المشاريع بعين الاعتبار في نموذج السنة المستقبلية 2025. أما بالنسبة للمشاريع الثمانية عشر المستقبلية المخطط لها، تم إجراء تقييم كمي لترتيب أولويات هذه المشاريع حسب فعاليتها لتخفيف الازدحام المروري. وبناءً على ذلك التقييم، تم تحديد سبعة مشاريع للطرق السريعة

لنمذجتها كجزء من السيناريو المرجعي للسنة المستقبلية 2035م والمشاريع الأخرى لنمذجتها ضمن السيناريو المرجعي للسنة المستقبلية 2050م.

بالإضافةً إلى نمذجة مشاريع الطرق السريعة، تم من خلال هذا المشروع ترميز المشاريع المقترحة في إطار برنامج الطرق المحلية والصرف الصحي في نموذج النقل QABM. ونظراً لعدم توفر خطة تنفيذية مفصلة لمشاريع برنامج الطرق المحلية والصرف الصحي. حيث قدمت هيئة الأشغال العامة أولويات المشاريع فقط، لذا تم صياغة افتراضات لترميز قائمة المشاريع في نموذج السنة المستقبلية 2025 وتحديد المشاريع التي سيتم تأجيلها إلى ما بعد السنة المستقبلية 2025 حسب الأولويات المحددة من قبل هيئة الأشغال العامة. أما فيما يتعلق بالسنة المستقبلية 2035، فقد تم اختيار المشاريع ضمن برنامج الطرق المحلية والصرف الصحي استنادا إلى التقييم المشار إليه أعلاه.

كما تم نمذجة شبكة النقل في السيناريو المرجعي للسنة المستقبلية2050م بحيث تتضمن جميع المشاريع الحالية وقيد التنفيذ والمخطط لها من طرق سريعة وطرق محلية. كما يوضح الشكل التالي تمثيلًا بيانياً لطول شبكة الطرق حسب تصنيفات الطرق المختلفة للسنوات المستقبلية في نموذج النقل QABM.



شكل 7.4 : تطور شبكة النقل في نموذج النقل QABM لسنة الأساس 2018م حتى عام 2050م

القسم 7

7.4.2 نموذج شبكة النقل العام

تم نمذجة شبكة النقل العام في نموذج النقل QABM المستقبلي لعام 2025م و2030م، حيث تتضمن هذه النماذج المرحلة الأولى من مشروع مترو الدوحة قيد التنفيذ (3 خطوط: الأحمر، الذهبي والأخضر) ، و4 خطوط لشبكة لوسيل LRT، وخطوط الترام في المدينة التعليمية (People Mover Network)، ونظام (street-car) في مشيرب قلب الدوحة.

بالإضافة إلى ما سبق، فإن سيناريو السنة المستقبلية 2035م يتضمن تطوير شبكة السكك الحديدية الوطنية طويلة المسافات (للركاب والشحن)، التي ستشكل إلى جانب شبكة المترو العمود الفقري لشبكة النقل العام. كما سيتم تنفيذ أنظمة النقل المساندة التالية :

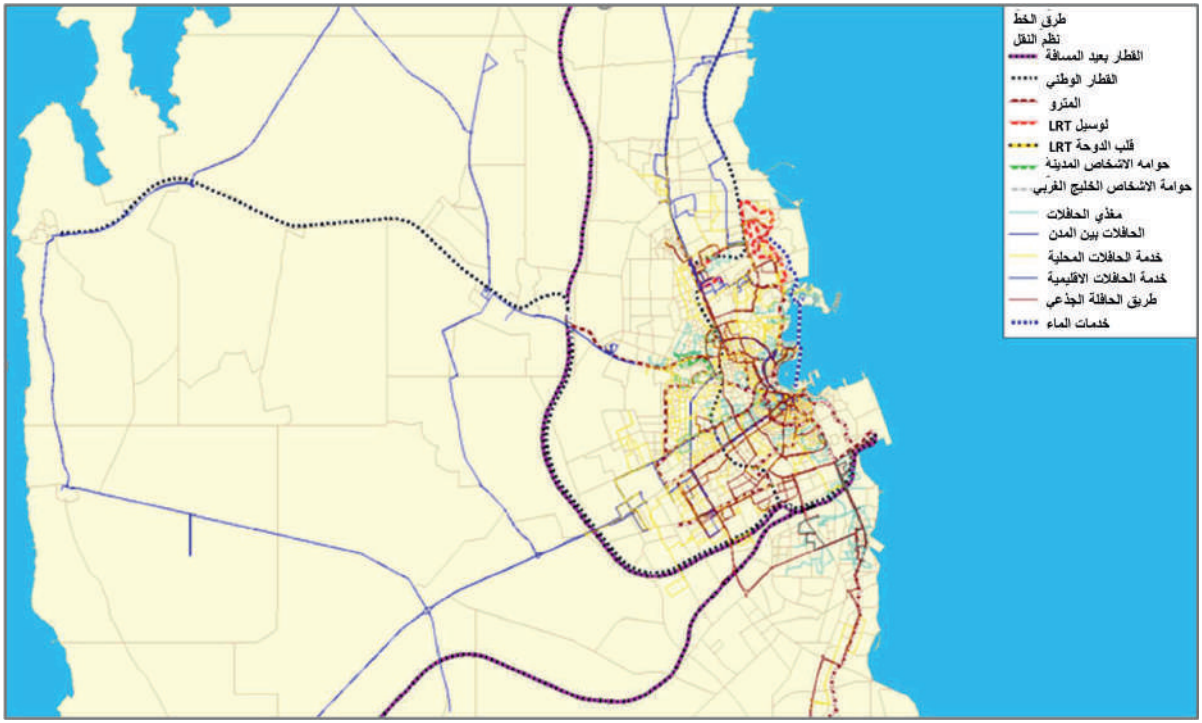
- مشروع نقل الركاب الاوتوماتيكي في منطقة الخليج الغربي (The Automated People Mover)
- خدمة التاكسي المائي التي تربط ميناء الدوحة - الخليج الغربي - اللؤلؤة - لوسيل مارينا - لوسيل. (Water Taxi)

أما بالنسبة سيناريو السنة المستقبلية 2050م، بالإضافة إلى شبكة النقل العام التي تم نمذجتها في سيناريو السنة المستقبلية 2035، فقد تم ترميز مشاريع المرحلة الثانية من مشروع شبكة المترو وشبكة ترام لوسيل وإضافتها إلى نموذج النقل QABM لسنة 2050.

يوضح الشكل التالي شبكة النقل العام التي تمت نمذجتها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 2025 و2030 داخل حدود منطقة الدوحة الكبرى .

شكل 7.5 : شبكة النقل العام في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 2025- 2030م

كما يوضح الشكل التالي شبكة النقل العام التي تمت نمذجتها في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 2035 و2050 داخل حدود منطقة الدوحة الكبرى .



شكل 7.6 : شبكة النقل العام في نموذج النقل QABM للسنوات المستقبلية 2025- 2050م

7.5 أداء نظام النقل في السنوات المستقبلية

يُمكن من خلال نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر (QABM) استخراج مجموعة واسعة وتفصيلية من النتائج، بما في ذلك، على سبيل المثال، نوع الأنشطة لكل فرد، وعدد مرات التوقف أثناء جولات الأنشطة والرحلات، بالإضافة إلى مؤشرات أساسية متعلقة بأداء نظام النقل التي تشمل على سبيل المثال الزمن والمسافة المقطوعة للرحلات على شبكة النقل، ومستويات الازدحام التي يتم حسابها من خلال تعيين المسارات المرورية في النموذج. حيث تتلخص نتائج المؤشرات الأساسية لأداء نظام

النقل في نموذج النقل (QABM) للسنوات المستقبلية على النحو التالي.

7.5.1 شبكة النقل الخاص

نتيجةً للتغييرات في كل من الطلب على النقل وشبكات النقل للسنوات المستقبلية، فأنه من المتوقع أن تنخفض حدة الازدحام المروري على شبكة الطرق في السنوات المقبلة، مع توقع بأن يتحسن أداء شبكة الطرق وخصوصاً في عام 2025م بسبب افتتاح العديد من مشاريع الطرق السريعة بالإضافة إلى تشغيل 3 خطوط من مشروع مترو الدوحة وأربع خطوط سكك حديد وشبكة الترام بشكل كامل.

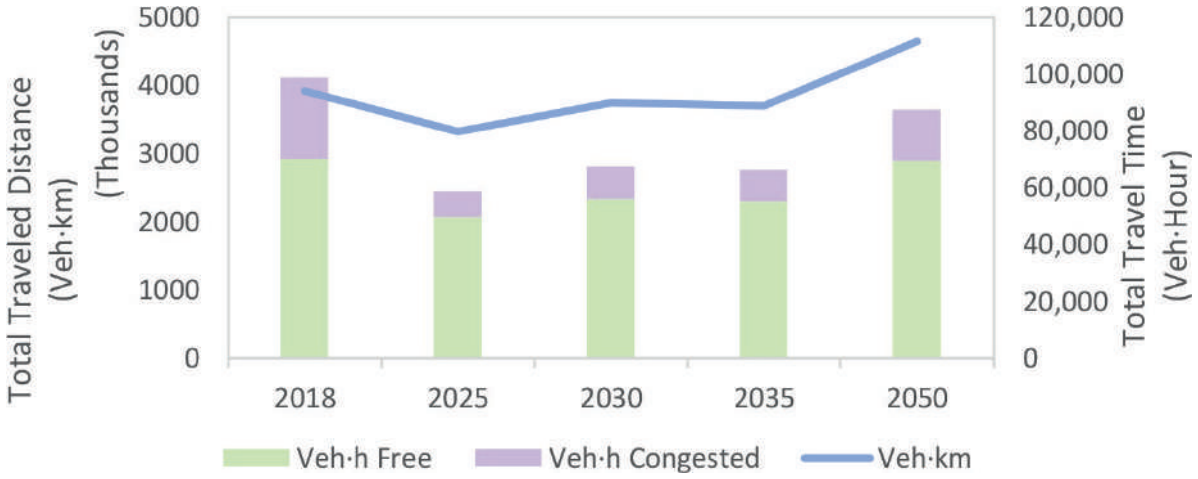
كما هو موضح في الشكل التالي، فإن مجموع المسافة المقطوعة للمركبات في فترة الذروة الصباحية سينخفض من 3,9 مليون مركبة -كم في اسنة الأساس إلى حوالي 3,3 مليون في عام 2025 بانخفاض مقداره (15٪) مقارنة مع سنة الأساس. ونتيجة لزيادة الطلب على النقل بين عامي 2030 و 2035م، فأنه من المتوقع أن تزداد المسافة المقطوعة للمركبات إلى 3,7 مليون ولكنها أقل 4٪ مقارنة بسنة الأساس.

وبالنسبة لنموذج سنة 2050، فأن شبكات ونظام النقل يتوافق مع الشبكات النقل في عام 2035م ولكن مع استمرار النمو السكاني، لذا فإنه من المتوقع زيادة مجموع المسافة المقطوعة للمركبات في فترة الذروة الصباحية إلى 4,7 مليون مركبة -كم، متجاوزة القيمة الحالية بنسبة 18 في المائة.

ونتيجة لإنجاز عدة مشاريع لبناء شبكات طرق جديدة وتحسين أداء الشبكات القائمة، وكذلك بسبب العلاقة غير المتناسبة بين حركة المرور والازدحام المروري، فإن كل من مجموع زمن الرحلة والوقت الذي تستغرقه في ظروف الازدحام المروري سيقل بشكل أكبر من مجموع المسافة المقطوعة في الرحلة.

فإنه من المتوقع في عام 2025 أن ينخفض إجمالي زمن الرحلة للمركبات الخاصة في فترة الذروة الصباحية من القيمة الحالية المقدرة ب 100,000 مركبة-ساعة (29٪ منها في الازدحام) إلى حوالي 60,000 مركبة في الساعة (16٪ ستكون في الازدحام)، وإلى حوالي 67,000 (17٪ سيكون في الازدحام) في عامي 2030 و 2035. وبالنسبة لسنة 2050، سيظل مجموع زمن الرحلة على شبكة الطرق (على الرغم من الزيادة في مسافة الرحلة) أقل من السنة الأساس وسيصل إلى قيمة 87 000 مركبة في الساعة (21 ٪ منها في الازدحام).

كما من المتوقع أن تكون اتجاهات مؤشرات أداء شبكة النقل مماثلة جدا للمكونات الأخرى للحركة المرورية على شبكة الطرق (بما في ذلك، حافلات الشركات ومركبات الشحن الخفيفة والثقيلة) للفترة الصباحية كما هو موضح في الشكل أدناه، وكذلك لفترات ذروة الظهيرة وفترات الذروة المسائية.



شكل 7.7 : المسافة الكلية المقطوعة بالمركبة وزمن الرحلة الكلي في فترة الذروة الصباحية

7.5.2 شبكة النقل العام

بناءاً على مشاريع النقل العام قيد التنفيذ أو المخطط لها، فأن شبكة النقل العام في قطر ستكون أكثر شمولاً بحلول عام 2025م خصوصاً بعد تشغيل خطوط المترو الثلاثة، وشبكة ترام وسكك حديد لوسيل.

حيث من المتوقع أن يزداد الاقبال على استخدام وسائل النقل العام بنحو 25 ضعف مقارنة بالسنة الأساس. على سبيل المثال، من المتوقع أن يصل عدد مستخدمي شبكة النقل العام حوالى 53 الف راكب في ساعة الذروة الصباحية بإجمالي 830 الف كم للمسافة المقطوعة للركاب، و96 الف للتحويلات من خط الى اخركما هو موضح في الشكل أدناه.

تبرز هذه المؤشرات الدور المهم وفعالية شبكة الحافلات المغذية لنقل الركاب من وجهاتهم النهائية إلى محطات المترو، التي توفر التكامل مع شبكة المترو. كما من المتوقع زيادة طفيفة معدل الإركاب في عام 2030م نتيجة للنمو السكاني، ولكن من المتوقع زيادة كبيرة في معدل الإركاب في عام 2035م، نتيجة لاستحداث خط المترو الرابع وخطوط السكك الحديدية الوطنية للمسافات طويلة.

خلال فترة الذروة الصباحية، من المتوقع أن يصل عدد الركاب إلى 100,000 راكب، وسيبلغ إجمالي المسافة المقطوعة 1,6 مليون مسافر*كم، مع حوالي 140,000 للتحويلات من خط الى اخركما هو موضح في الشكل أدناه. وسيرتفع إجمالي الوقت المستغرق في شبكة النقل العام PT إلى ما يقرب من 50,000 ساعة- ركاب.

وأخيراً، من المتوقع في عام 2050م أن يتحول جزء من الطلب على النقل لاستخدام وسائل النقل الخاصة بسبب زيادة الفئات السكانية ذوي الدخل المرتفع حسب التوقعات السكانية لعام 2050م مقارنة مع 2035م. حيث من المتوقع انخفاض الطلب على خدمات النقل العام ليصل مستوى عدد الركاب في الذروة الصباحية 80,000 راكب.

شكل 7.8 : المسافة المقطوعة للركاب، إجمالي عدد الرحلات والتحويلات باستخدام وسائل النقل العام في فترة الذروة الصباحية

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

القسم 8

حساسية النموذج لخيارات سياسات النقل
(QABM SENSITIVITY)

8 حساسية النموذج لخيارات سياسات النقل (QABM Sensitivity)

حلول النمذجة لتحليل خيارات مشاريع وسياسات النقل

8.1 تحليل خيارات سياسات النقل

الهدف الرئيسي من نمذجة وتحليل خيارات سياسات النقل المتاحة هو عمل دراسة مبدئية للبدائل والسياسات الممكنة لإجراء المزيد من التقييم في عملية التخطيط الاستراتيجي للنقل وذلك نسبةً الى سيناريوهات السنوات المستقبلية المرجعية. حيث يشمل السيناريو المرجعي للسنوات المستقبلية المشاريع الجاري تنفيذها أو المشاريع التي تم الانتهاء من التخطيط لها. حيث يوفر اختبار حساسية النموذج لمجموعة من خيارات سياسات النقل القدرة على التحقق من التأثير المتوقع لسياسات النقل ومدى استجابة النموذج لها وإمكانية تطبيقها.

تم عمل من خلال هذا المشروع تحليلاً أولياً لمجموعة من السياسات المختارة، حيث يوفر هذا الاختبار تقييماً لمدى استجابة النموذج لسياسات ومشاريع النقل الاستراتيجية ضمن خطة النقل الشاملة لدولة قطر، حيث تم تحقيق من خلال هذا الاختبار الأهداف التالية:

- تقييم قدرة النموذج على التنبؤ بالتأثيرات الناتجة عن مجموعة مختارة من سياسات ومشاريع النقل
- الحصول على تحليل أولي للآثار المحتملة من تطبيق هذه السياسات والمشاريع

قامت وزارة المواصلات والاتصالات من خلال هذا المشروع بدراسة خيارات سياسات النقل المتعلقة بتكلفة الوقود، وتكلفة رسوم المرور على الطرق في المناطق المزدحمة، وتعرفة النقل العام، ورسوم استخدام مواقف المركبات. حيث تم استخدام التعرفة وقيم الرسوم المقترحة لهذه السياسات بناءاً على نتائج التحليل الاولي لبعض أفضل الممارسات الدولية ذات الصلة بهذه السياسات، ومن ثم توظيف هذا التحليل الأولي للتحقق من اختبار مدى استجابة نموذج النقل QABM اتجاه التغييرات المحتملة والممكنة في حال تنفيذ هذه السياسات.

حيث تم اختبار النموذج من خلال تطبيق مستوى الطلب على التنقل المتوقع للسنة المستقبلية 2035 على شبكات النقل المخطط لها للسنة المستقبلية 2025م. حيث سيتيح هذا الاختبار التعرف على أهم عناصر شبكة النقل المزدحمة وتحديد السياسات والاجراءات الممكنة للحد من مستوى الازدحام.

تم توثيق مزيد من المعلومات حول اختبار خيارات سياسات النقل في تقرير اختبار حساسية نموذج قطر الاستراتيجي للنقل .

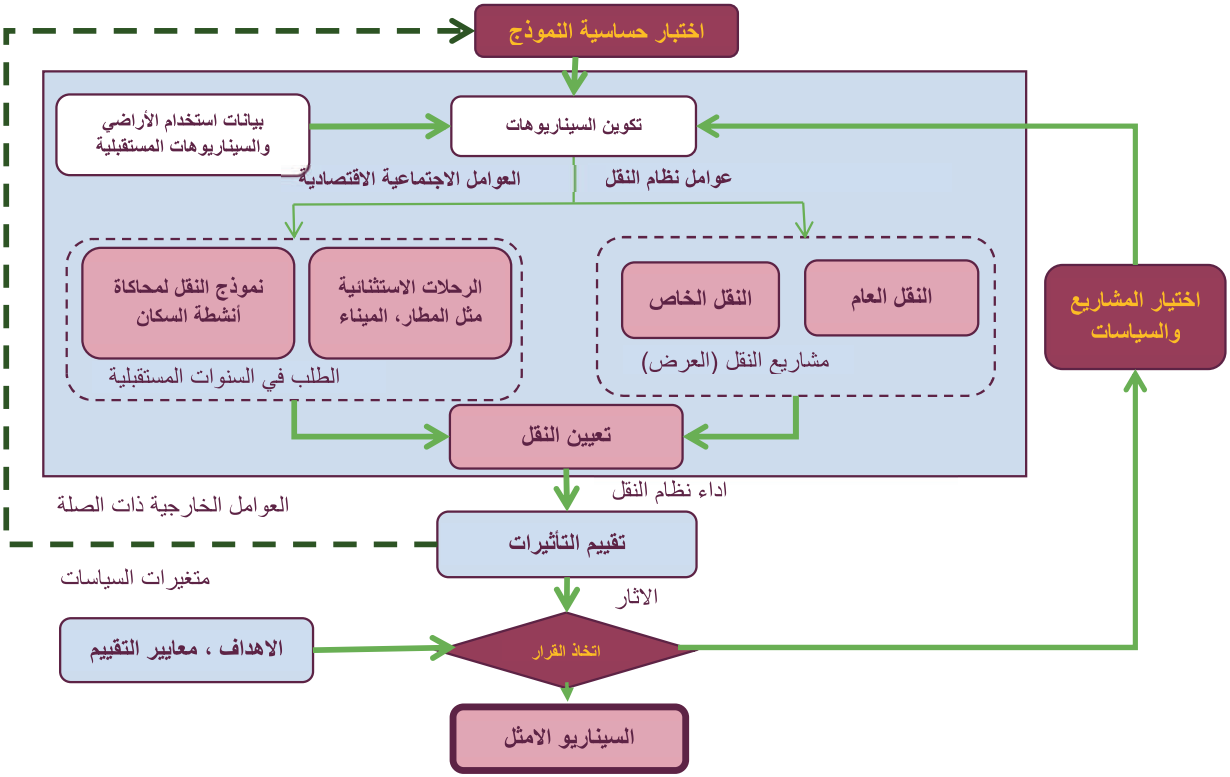
8.2 الخيارات الاستراتيجية لتطبيق سياسات النقل

في هذا الصدد، لا بد أن تشمل الخيارات الاستراتيجية مجموعة من الآليات التي يمكن من خلالها تحقيق رؤية وأهداف قطاع النقل البري، على سبيل المثال، تقليل الانبعاثات الكلية الناجمة عن حركة المرور على الطرق. وقد تم دراسة ستة خيارات استراتيجية هي: خفض عدد الرحلات، والتقليل من مسافة الرحلة للمركبات، والنقل المتعدد الوسائط، وزيادة معدلات اركاب المركبات على الطرق، وتحسين تدفق المركبات على الطرق، وتطوير مواصفات المركبات.

ولاختبار حساسية النموذج لخيارات سياسات النقل، تم تطوير إطار متكامل لعمليات النمذجة باستخدام الخطوات الموضحة في الشكل أدناه لاختبار الاستراتيجيات المذكورة أعلاه وخيارات سياسات النقل والآليات الخاصة بكل استراتيجية حسب ما هو موضح في الجدول التالي.

جدول 8.1: الاستراتيجيات المقترحة وآليات تنفيذ خيارات سياسات النقل

الاستراتيجية	الآلية الممكنة
تقليل الرحلات	استبدال الرحلات: • عمل الأنشطة عن بعد • التحول من تنقل المستخدمين إلى الشحن والتوصيل للمنازل • ربط الرحلات (الرحلة المتسلسلة والرحلات متعددة الأغراض)
تقليل مسافة الرحلة	• تحويل وجهات الرحلات
النقل متعدد الوسائط	• التقليل من استخدام المركبات والتحول لنمط النقل التجميعي واستخدام وسائل النقل الغير آلية مثل المشي
زيادة معامل الحمل للمركبات	• زيادة معامل الحمل للمركبات الفردية والمركبات التجميعية ومركبات والبضائع
تحسين تدفقات المركبات	• اعادة توزيع التدفقات على وصلات الطريق لشبكة النقل عن طريق تحويل زمن الرحلة أو مسار الرحلة • زيادة سعة وصلات الطريق والتقاطعات
تطوير المركبات	• إدخال ونشر التطوير التكنولوجي للمركبات • تطوير الصيانة للمركبات



شكل 8.1 : إطار النمذجة واختيار السياسات

8.3 نتائج تحليل اختبار حساسية النموذج

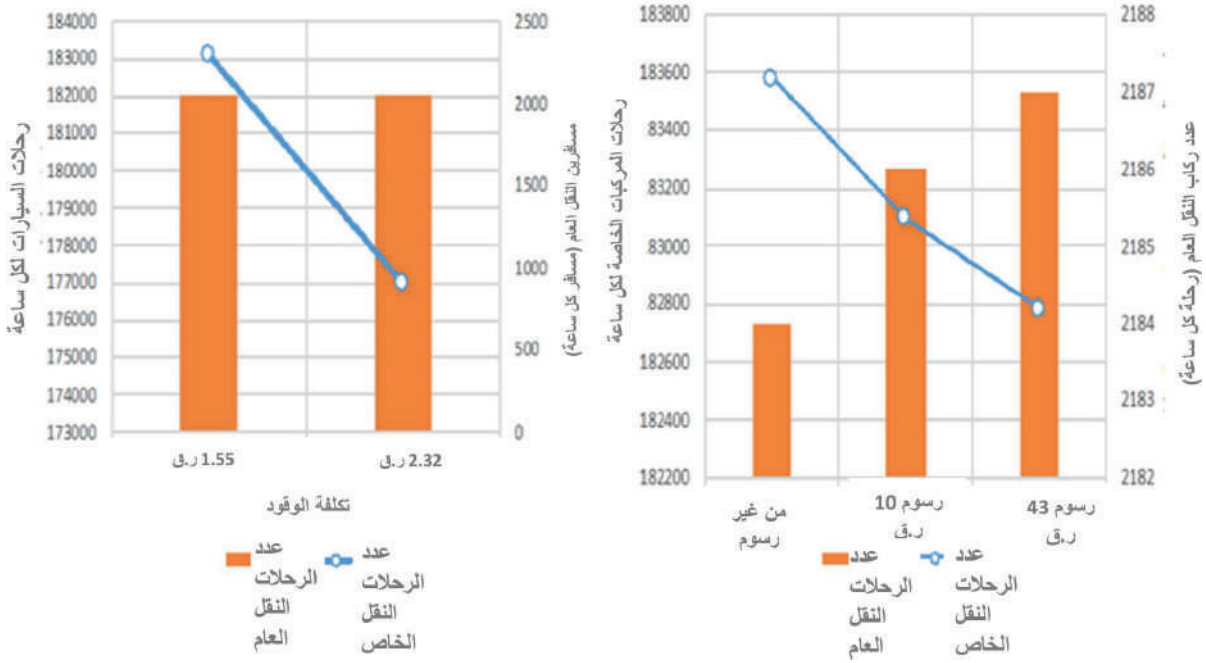
يهدف تحليل حساسية النموذج إلى برهنة أن هيكل نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM يمكن أن يتفاعل بشكل معقول مع التغيرات في وقت الرحلة وتكاليف النقل؛ أي أن مخرجات النموذج تتغير في حال تغير وقت الرحلة أو تكلفة النقل.

8.3.1 تكلفة الوقود (Fuel Cost)

في حال زيادة تكلفة معدل تسعيرة الوقود الحالية من 1.55 ريال قطري/ لتر (لسنة الأساس) إلى 2.325 ريال قطري/لتر سيؤدي إلى انخفاض الحركة المرورية للمركبات الخاصة بنسبة 3.3٪ وسيكون له تأثير ضئيل على نسبة استخدام وسائل النقل العام كما هو موضح في الشكل أدناه.

8.3.2 رسوم استخدام الطرق في المناطق المزدحمة (Congestion Charges at Roads)

تم نمذجة فرض رسوم على الطرق في منطقتين مختارتين، المنطقة الاولى ضمن الطريق الدائري الثالث وحتى طريق الكورنيش، والمنطقة الثانية للطرق المؤدية إلى منطقة الخليج الغربي. حيث تم اختبار مستويين مختلفين من الرسوم تم تقديرها استنادا إلى مراجعة أفضل الممارسات الدولية. يبلغ المستوى الأول من الرسوم 10 ريال قطري/دخول بينما يبلغ المستوى الثاني 43 ريال/دخول. وأكدت نتائج اختبار حساسية النموذج مدى استجابة نموذج النقل (QABM) تجاه فرض رسوم استخدام الطرق في المناطق المزدحمة، على الرغم من أنه لم يظهر نتائج سوى انخفاض محدود لاستخدام الأفراد للمركبات على الطرق مقابل زيادة طفيفة في استخدام الأفراد لوسائط النقل العامة المتوفرة كما هو موضح في الشكل أدناه.



شكل 8.2 : التوجه في الطلب المتوقع-تغيير سعر الوقود(يسار) رسوم استخدام الطرق (يمين)

8.3.3. رسوم استخدام مواقف المركبات

لتقييم مدى استجابة نموذج مواقف المركبات ضمن نموذج النقل (QABM) لسياسات استخدام المواقف العامة، تم نمذجة خيارات استحداث رسوم استخدام مواقف المركبات العامة في منطقتين. المنطقة الاولى للمواقف في المناطق ضمن الطريق الدائري الثالث وحتى طريق الكورنيش، والمنطقة الثانية تشمل المواقف في منطقة الخليج الغربي. حيث تم اختبار مستويين مختلفين من الرسوم تم تقديرها استنادا إلى مراجعة أفضل الممارسات الدولية. يبلغ المستوى الأول من الرسوم 11 ريال قطري/ساعة بينما يبلغ المستوى الثاني 43 ريال/ساعة.

أظهرت نتائج اختبار الحساسية في نموذج النقل (QABM) أنه بالنسبة لفترة الذروة الصباحية، في حال تطبيق رسوم استخدام المواقف، فأنه من المتوقع انخفاض في التوجه لاستخدام المركبات بنسبة تصل الى 5,6٪ تقريبًا وانخفاضًا في مستوى اشغال المواقف بنسبة تصل إلى 3,6٪. ويعود السبب في ذلك بشكل أساسي إلى توجه الأفراد لتغيير مواقف المركبات إلى الأماكن القريبة، وإلى تغيير لاستخدام وسائط النقل العام إذا كانت متوفرة بالقرب من الوجهة النهائية للرحلة.

أما بالنسبة لفترة الذروة المسائية، فإنه من المتوقع انخفاض استخدام المركبات بنسبة تصل الى 14,3٪ تقريبًا وانخفاضًا في مستوى إشغال المواقف بنسبة تصل إلى 1.4٪ فقط، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى الآثار التراكمية المتزايدة لخيارات وقوف المركبات خلال فترات الذروة السابقة الظهيرة والصباحية.

الجدير بالذكر أنه في حال تطبيق رسوم أقل لاستخدام المواقف، فأنه من المتوقع أن يقل التأثير على التوجه لاستخدام المركبات بما لا يزيد عن ٪9.1 و ٪7.7 لمستوى اشغال المركبات للمواقف، بالمقارنة مع ٪27 انخفاض استخدام المركبات و ٪14.3 انخفاض مستوى اشغال المركبات للمواقف في حال تطبيق رسوم استخدام مرتفع.

8.4 تحليل فرص تطوير شبكة النقل وأولوياتها - سيناريو اختبار الاجهاد

8.4.1 منهجية نمذجة سيناريو اختبار الاجهاد

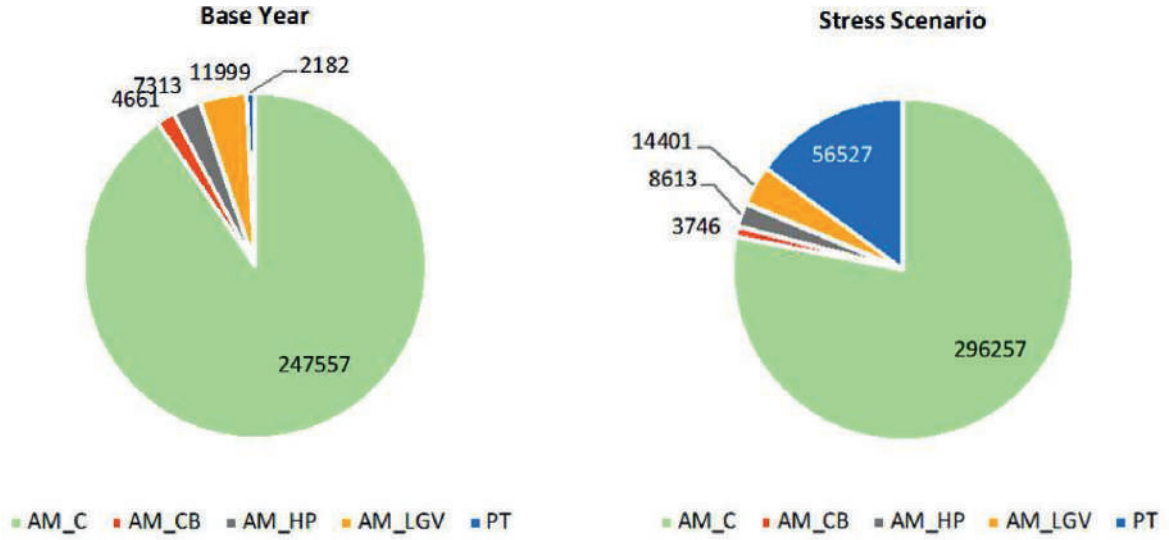
يشكل تطوير الاستراتيجيات البديلة، والسيناريوهات المحتملة فيما يتعلق بأولويات مشاريع النقل باستخدام نماذج السنوات المستقبلية المرجعية تحدياً، بحيث لا بد لها أن تشمل تطوير معايير محددة لاختيار هذه المشاريع وتحديد أولوياتها للمساهمة في عملية صنع القرار. حيث يوفر نموذج النقل (QABM) الأدوات لاختبار هذه البدائل والحصول على المخرجات للمعايير المحددة في عملية صنع القرار وصياغتها بشكلها النهائي خلال تطوير وتحديث خطة النقل الشاملة لدولة قطر.

يرتكز تحليل السيناريوهات للسنوات المرجعية في نموذج النقل (QABM) على نتائج مؤشرات أداء الشبكة خلال فترات الذروة. ومع ذلك، يمكن أن تؤدي تغييرات طفيفة على الطلب على النقل إلى زيادة كبيرة في مستويات الازدحام.

حتى يتم تحليل آثار هذه التغييرات بشكل صحيح، كان لابد من اجراء تحليل لهذه الاستراتيجيات البديلة عن طريق ادخال عدة سيناريوهات لاختبار الاجهاد الذي يحتوي على شبكة النقل للسنة المستقبلية 2025 ومستوى الطلب على النقل للسنة المستقبلية 2035.

يوضح الشكل التالي ملخص عن أهم نتائج سيناريو اختبار الاجهاد الذي تم تطبيقه في نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM ومقارنته مع نموذج سنة الأساس، ومن أهم هذه النتائج خلال ساعة الذروة الصباحية ما يلي:

- زيادة مرور المركبات من 250,000 مركبة/ساعة إلى 300,000 مركبة/ساعة (أي حوالي 20٪)
- زيادة النقل العام من حوالي 2200 راكب / ساعة لتصل إلى حوالي 56500 راكب / ساعة (أي زيادة حوالي 26 مرة بفضل استحداث نظام المترو).



شكل 8.3 : نسبة استخدام وسائل النقل خلال فترة الذروة الصباحية - السنة الأساس (يسار) و التصور لاختبار الاجهاد (يمين)

8.4.2 نتائج سيناريو اختبار الاجهاد على شبكة الطرق

أبرزت نتائج نمذجة سيناريو اختبار الاجهاد أنه في حال زيادة الطلب على النقل إلى مستوى نموذج السنة المرجعية 2035م والإبقاء على شبكة الطرق حسب مشاريع النقل المخطط لها في نموذج النقل للسنة المرجعية 2025م فإنه من المتوقع أن يكون مستوى الازدحام على الطرق أعلى من النموذج المرجعي لعام 2025، ولكنه أقل بكثير من نموذج سنة الأساس 2018م. حيث أن التقاطعات الأكثر ازدحاماً تتمركز بشكل رئيسي في المنطقة المركزية للدوحة، كما يشهد شارع الجامعة بالقرب من الخليج الغربي ازدحاماً ملحوظاً. كما أظهرت النتائج بأنه من المتوقع تعرض طريق سلوى، وطريق الوعب، و بالقرب من منطقة المطار القديم لازدحام شديد في حال زيادة الطلب على النقل حسب ما تم ذكره آنفاً.

كما أظهرت نتائج سيناريو اختبار الاجهاد وجود تأخيرات غير مقبولة للوصول الى منطقة وسط الدوحة ومنطقة الأعمال المركزية حتى وان تم تطبيق تحسينات الطرق المخطط لها في العام 2025. وبما أن خدمات النقل العام متوفرة بشكل جيد ضمن المنطقة المركزية للدوحة، فإن تطبيق رسوم استخدام الطرق في المناطق المزدحمة يشكل ضرورة تهدف لخفض مستوى الطلب على النقل بشكل عام والتحول لاستخدام النقل العام لتخفيف الازدحام المروري، على سبيل المثال يمكن أن يتم تطبيق فرض رسوم على الطريق وعلى استخدام المواقف بالنسبة للمناطق الوقعة ضمن طريق الدائري الثالث حتى الكورنيش.

كما أن تطبيق رسوم على استخدام الطرق على أكثر الطرق ازدحاماً حول الدوحة (مثل طريق الدوحة السريع وطريق الريان)، يمكن أن يساهم بشكل إيجابي وفعال في الحد من الازدحام وتحويل حركة المرور على طرق موازية أخرى، بالإضافة الى تقليل الازدحام في المنطقة المركزية للدوحة.

8.4.3 نتائج سيناريو اختبار الاجهاد على شبكة النقل العام

وفقًا لنتائج سيناريو اختبار الاجهاد على شبكة النقل العام خلال فترة الذروة الصباحية، فإنه من المتوقع زيادة مستوى الإركاب على النقل العام بحوالي 52,000 راكب بما يؤدي إلى ازدحام حافلات النقل العام على 27 خط. ويمكن تصنيف مستوى الازدحام على هذه الخطوط إلى مجموعتين. تضم المجموعة الأولى خطوط الحافلات النقل العام التي تتأثر بالازدحام الشديد، بينما تضم المجموعة الثانية الخطوط المتأثرة بالازدحام بشكل جزئي وليس على كامل مساراتها.

مجموعة الخطوط الأولى المتأثرة بالازدحام الشديد تضم بشكل رئيسي خطوط النقل العام التي تربط الدوحة بمدن دولة قطر الأخرى. بينما تضم المجموعة الثانية بشكل رئيسي مجموعة من خطوط الحافلات التي تربط مناطق توليد الرحلات الرئيسية ومناطق الجذب بشبكة المترو الفرعية. لذا فإن خطوط التغذية وخطوط الحافلات التوزيعية ستعاني من الازدحام أيضاً.

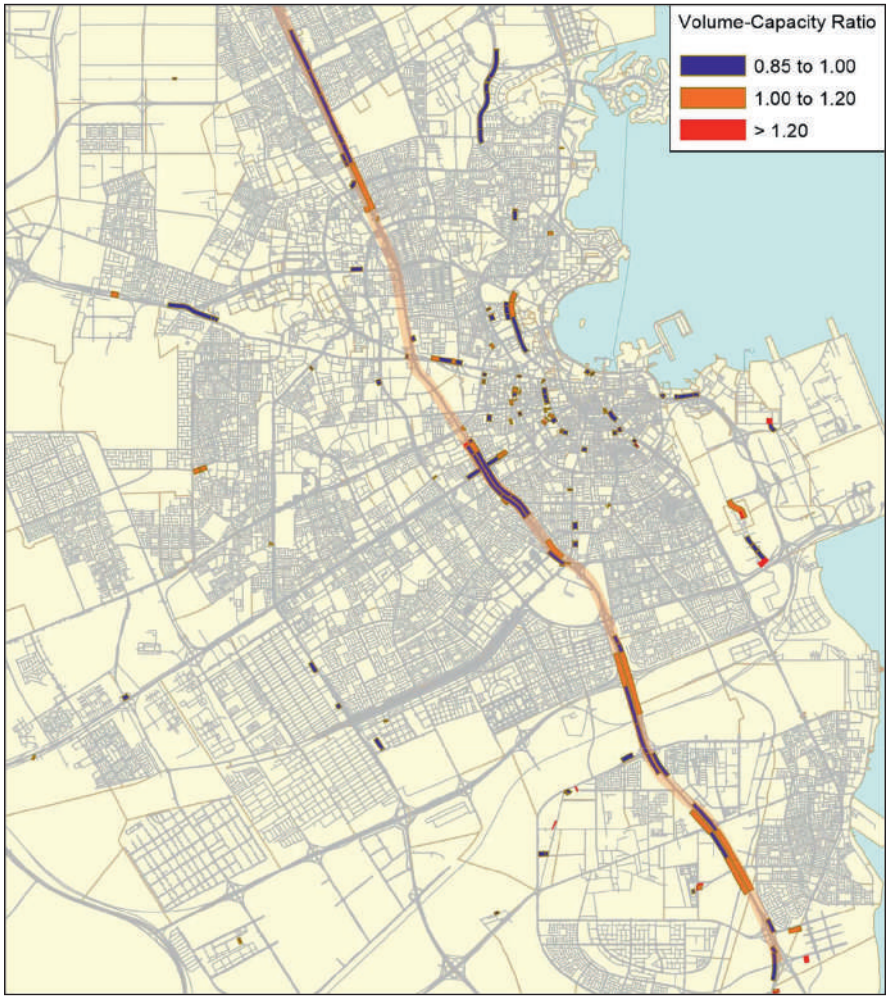
يمكن إيجاد حلول لهذه التحديات من خلال تحسين إدارة التشغيل وزيادة تردد الخط أو زيادة سعة المركبة.

8.5 استراتيجيات تطوير استخدامات الأراضي والتكامل مع نظام النقل

يعتبر تخطيط استخدامات الأراضي ومراحل تطويرها في السنوات المستقبلية من أهم العوامل التي تؤثر على تخطيط شبكات وسياسات النقل وأولويات تنفيذها. كما يمكن من خلال استخدام نموذج النقل توجيه تخطيط وتطوير استخدامات الأراضي بالقرب من شبكات النقل التي تتوفر بها قدرة استيعابية فائضة. لذا تم من خلال هذا المشروع، إعداد منهجية لاختبار بدائل استراتيجيات تطوير استخدامات الأراضي في السنة المستقبلية المرجعية لعام 2050 كما هو موضح في الخطوات التالية:

1. الخطوة 1: تقييم أداء شبكات النقل في النموذج المرجعي للسنة المستقبلية 2050م من أجل تحديد الطرق ذات الازدحام الشديد.
2. الخطوة 2: تحديد الرحلات (المنشأ-المقصد) O-D للأحجام المرورية على مقاطع الطرق ذات الازدحام الشديد.
3. الخطوة 3: تحليل نسب أنواع الأنشطة لهذه الرحلات (المنشأ-المقصد) O-D على مقاطع الطرق ذات الازدحام الشديد وذلك لتحديد الأنشطة الرئيسية التي تولد هذه الرحلات.
4. الخطوة 4: إعادة ضبط البيانات التخطيطية لاستخدامات الأراضي في مناطق التحليل المروري للمنشأ أو المقصد ، أو كليهما المسببة للازدحام المروري على مقاطع هذه الطرق، استنادًا إلى الأنشطة المحددة بالخطوة السابقة. بحيث يمكن إعادة تخطيط استخدامات الأراضي بما يتناسب مع القدرة الاستيعابية لشبكة النقل.

يوضح الشكل أدناه نسبة الحجم إلى الطاقة الاستيعابية على مقاطع الطرق للسنة المستقبلية المرجعية 2050 خلال ساعة الذروة الصباحية. من الواضح من هذا الشكل بأن عدة مقاطع على طريق الدوحة السريع مزدحمة ومن المتوقع أن يزيد الطلب عن القدرة الاستيعابية مما يزيد من الازدحامات والتأخيرات على الطريق على مقاطع الطرق المشار إليها باللون البرتقالي.

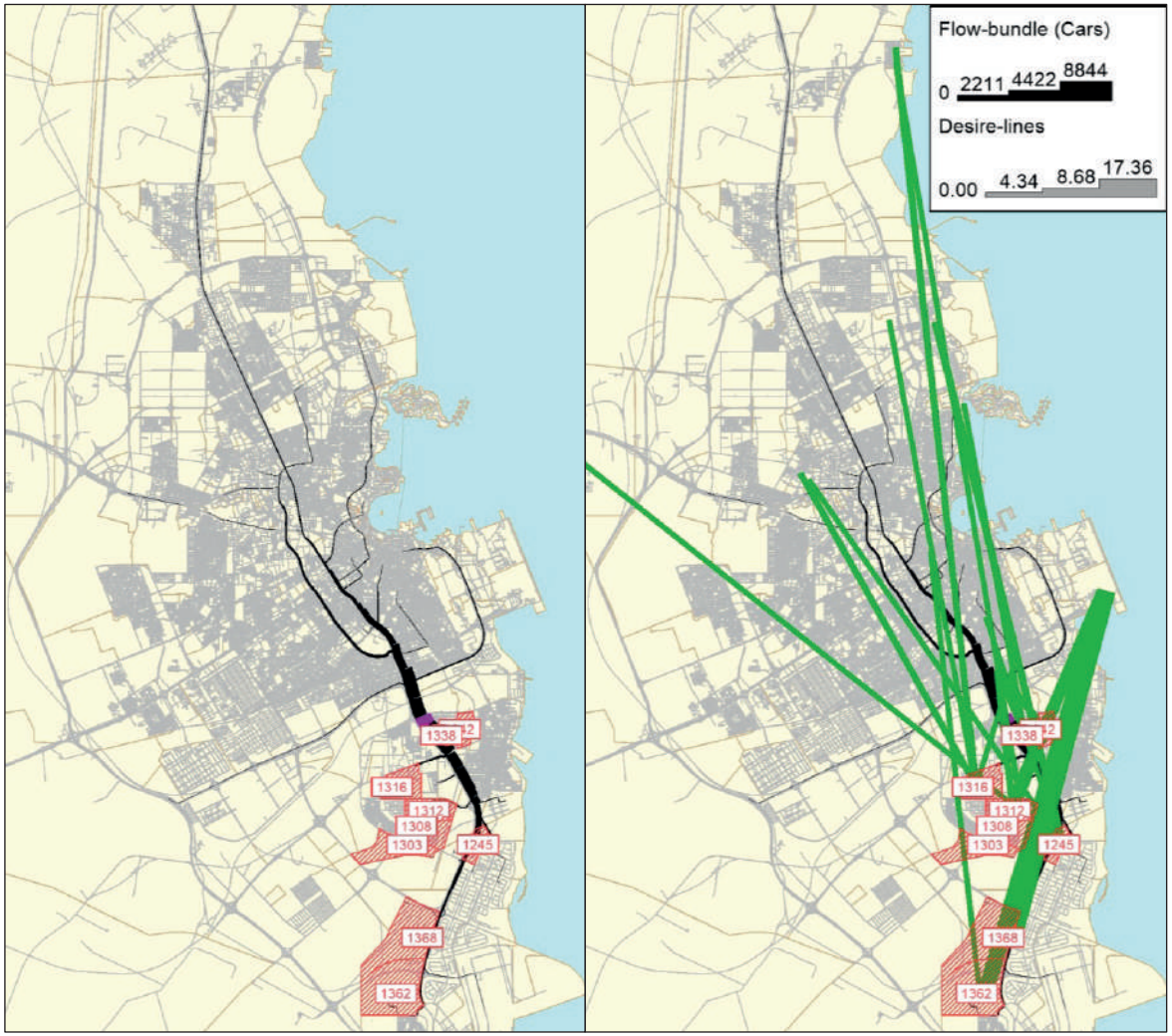


شكل 8.4 : نسبة الحجم المروري إلى الطاقة الاستيعابية للتصور الأساسي للسنة المستقبلية 2050 خلال الذروة الصباحية

يوضح الشكل أدناه كثافة الأحجام المرورية باتجاه الجنوب على الجزء الجنوبي لطريق الدوحة السريع بحيث يوضح الشكل أيضاً أهم اتجاهات طلب (ثنائية) المنشأ والمقصد للرحلات المستخدمة لهذا المقطع وعددها 20 زوج في نفس الشكل على اليمين.

يتضح من اتجاهات الطلب بأن معظم الرحلات على هذا المقطع منشأها مدينة الوكرة للوصول إلى مناطق شمال الدوحة، مثل لوسيل والظعاين وأم صلال علي. ومن الواضح أيضاً أن رحلات المنشأ تتركز بشكل كبير من مناطق تحليل مروري قليلة داخل الوكرة أكثر من المناطق الأخرى، في حين لوحظ أن رحلات المقصد أكثر توزيعاً بين مختلف مناطق التحليل المروري في شمال الدوحة.

كما تم تقييم الأنشطة بين اتجاهات الطلب (ثنائية) المنشأ والمقصد باستخدام بيانات المخرجات نموذج محاكاة البرامج اليومية لأنشطة الأفراد واختيار وسيلة النقل للقيام بها (CEMDAP) وكانت النتائج كما يلي: العمل 58٪، مدرسة 32٪، التسوق / الاجتماعية 7٪، أخرى 4٪. بما أن أغلب الرحلات مرتبطة بأنشطة العمل (58 في المائة) والمدرسة (32٪) ، فإن التخطيط لتوفير مدارس إضافية ضمن هذه المناطق وزيادة فرص العمل في مدينة الوكرة سوف يوفر إمكانية تحويل هذه الرحلات لأنشطة العمل والدراسة ضمن مدينة الوكرة، وبالتالي سوف تقلل من عدد الرحلات وتخفيف الازدحام على طريق الدوحة السريع.



شكل 8.5 : الحجم المروري واتجاهات الطلب على طريق الدوحة السريع

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

القسم 9

برامج نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر
(QABM SOFTWARE)

9 برامج نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر (QABM Software)

كيفية تشغيل نموذج النقل (QABM)

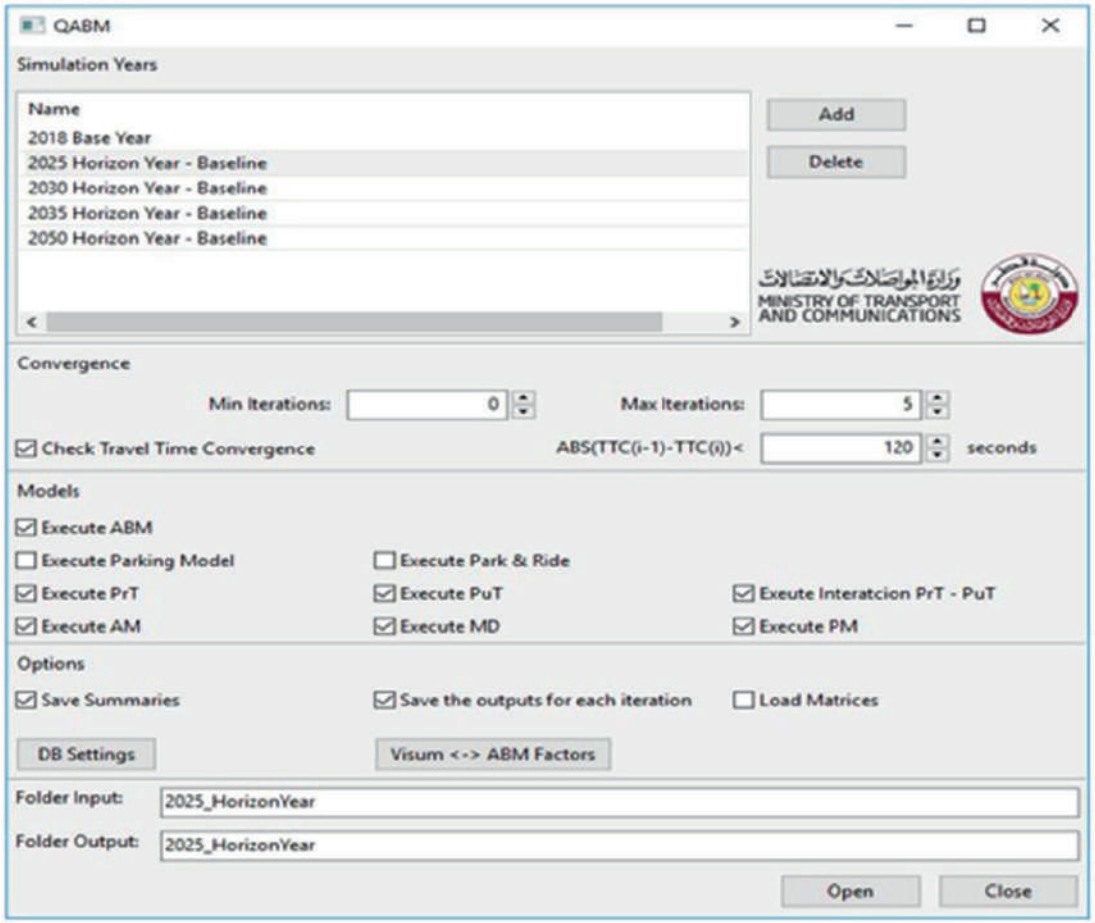
9.1 وصف واجهة المستخدم التوضيحية (GUI) في برنامج تشغيل النموذج

تم تزويد نموذج النقل (QABM) بواجهة مستخدم توضيحية (GUI) والتي تم تصميمها لمساعدة المستخدم في وضع الإعدادات اللازمة لتشغيل النموذج حسب السنة المستقبلية. بحيث توفر واجهة المستخدم التوضيحية للمستخدم بإعداد المعلومات والملفات المطلوبة لتشغيل برنامج VISUM الذي يعتبر القاعدة الأساسية لتشغيل نموذج النقل (QABM) وذلك من خلال تحديد ما يلي:

1. تحديد المجلدات والملفات التي تحتوي على مدخلات نموذج الطلب لمحاكاة أنشطة السكان ABM وSkim مثل مخرجات نموذج تمثيل التركيبة للسكان (Popgen) ونتائج نموذج إمكانية الوصول خلال ساعات اليوم (Accessibility Indicators).
2. تحديد خيارات المحاكاة
3. تحديد مجلد المخرجات

بمجرد إعداد ملف إصدار VISUM، تقوم واجهة المستخدم التوضيحية في النموذج بعمل الإجراءات بشكل تلقائي التي من خلالها يتم تشغيل العملية المتكاملة لتشغيل النموذج.

الشكل التالي يوضح الخيارات التي يقوم المستخدم بتحديدها ضمن واجهة المستخدم التوضيحية في برنامج نموذج النقل المتكامل (QABM)



شكل 9.1 : واجهة المستخدم التوضيحية في نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM

القسم 9

9.2 خصائص واجهة المستخدم التوضيحية (GUI)

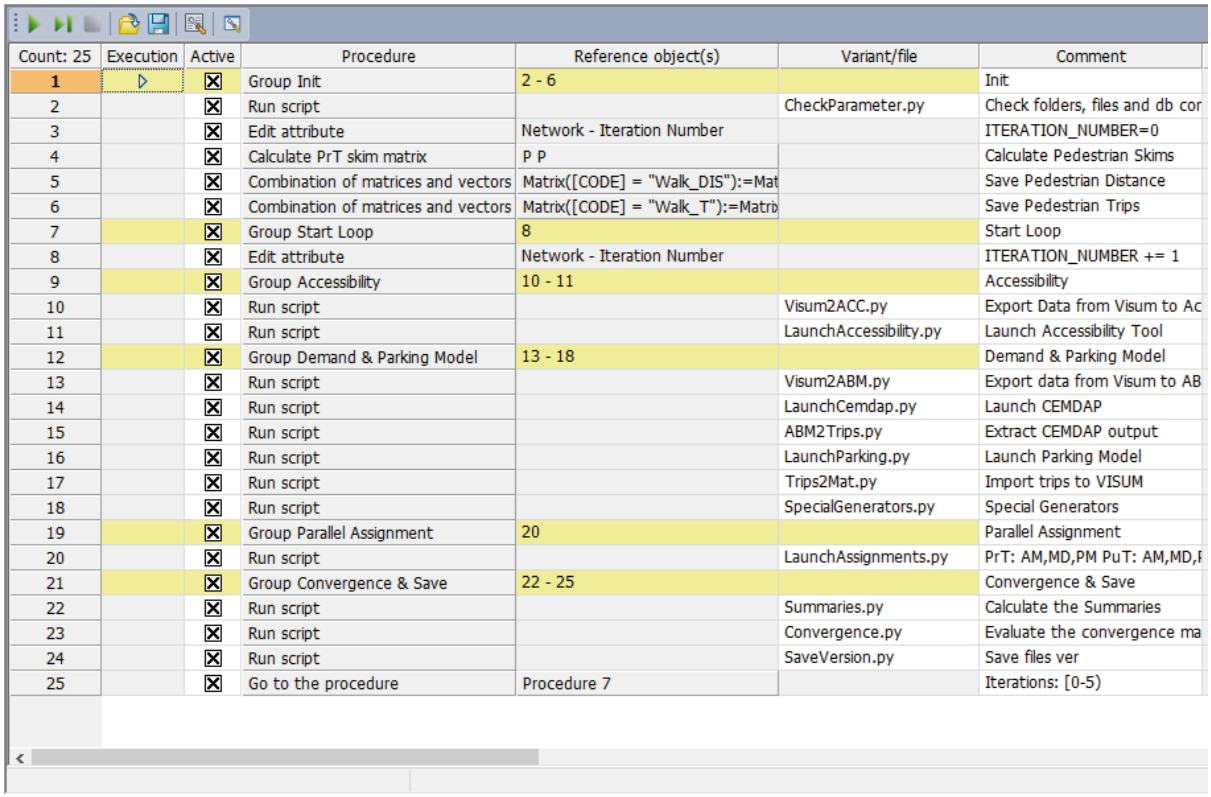
تتكون واجهة المستخدم التوضيحية من ثلاث أجزاء رئيسية:

1. **إدارة السيناريو.** يعرض هذا الجزء قائمة بخيارات جميع سنوات المحاكاة المحتملة داخل النموذج. يمكن للمستخدم اختيار سنة المحاكاة من القائمة لتنفيذ أو إضافة سنوات محاكاة أخرى من قائمة مجلد المدخلات.
2. **خيارات**. في جزء الخيارات، يمكن للمستخدم تحديد الإعدادات لتشغيل النموذج. يمكن تحديد الخيارات التالية: النموذج الفرعي لنموذج محاكاة الأنشطة لدولة قطر، فترات الذروة، ومجموعة من معاملات التقارب. كما يمكن تحديد إعدادات قاعدة البيانات لتخزين المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية للسكان ومتغيرات استخدام الأراضي من خلال هذا الجزء.
3. **المدخلات/المخرجات**. تعرض واجهة المستخدم التوضيحية مجلدات المدخلات والمخرجات المستخدمة خلال تشغيل النموذج. من خلال الربط بين سنة المحاكاة مع مجلدات المدخلات المختلفة، فمن الممكن إنشاء سيناريوهات جديدة تجمع بين شبكات النقل والطلب على النقل المختلفة.

9.3 إجراءات التشغيل

بعد تعريف خيارات التشغيل المذكورة في الأجزاء الثلاثة المذكورة أعلاه، تقوم واجهة المستخدم التوضيحية بتشغيل الإجراءات بشكل تلقائي الذي يقوم بمعالجة البيانات المدخلة مسبقًا وإعداد المخرجات النهائية في برنامج VISUM. كما يمكن للمستخدم التحكم في عملية المحاكاة وإدارتها من خلال نافذة اجراءات داخلية في برنامج VISUM (كما هو موضح بالشكل أدناه)، حيث يتم تمكن هذه الإجراءات الداخلية إمكانية عرض شيفرة لغة البرمجة في نماذج QABM جنبا إلى جنب مع الإجراءات الفرعية اللازمة للوصول إلى بيانات وتصديرها.

كما تم إعداد برنامج باستخدام شيفرة لغة البرمجة لمحاكاة رحلات المستخدمين المتولدة من منشآت رئيسية خاصة مثل الموانئ والمطار والفنادق، والتي لا يتم محاكاتها في نموذج الطلب على النقل القائم على تمثيل التركيبة السكانية.



Count: 25	Execution	Active	Procedure	Reference object(s)	Variant/file	Comment
1		☒	Group Init	2 - 6		Init
2		☒	Run script		CheckParameter.py	Check folders, files and db cor
3		☒	Edit attribute	Network - Iteration Number		ITERATION_NUMBER=0
4		☒	Calculate PrT skim matrix	P P		Calculate Pedestrian Skims
5		☒	Combination of matrices and vectors	Matrix([CODE] = "Walk_DIS"):=Mat		Save Pedestrian Distance
6		☒	Combination of matrices and vectors	Matrix([CODE] = "Walk_T"):=Matrix		Save Pedestrian Trips
7		☒	Group Start Loop	8		Start Loop
8		☒	Edit attribute	Network - Iteration Number		ITERATION_NUMBER += 1
9		☒	Group Accessibility	10 - 11		Accessibility
10		☒	Run script		Visum2ACC.py	Export Data from Visum to Ac
11		☒	Run script		LaunchAccessibility.py	Launch Accessibility Tool
12		☒	Group Demand & Parking Model	13 - 18		Demand & Parking Model
13		☒	Run script		Visum2ABM.py	Export data from Visum to AB
14		☒	Run script		LaunchCemdap.py	Launch CEMDAP
15		☒	Run script		ABM2Trips.py	Extract CEMDAP output
16		☒	Run script		LaunchParking.py	Launch Parking Model
17		☒	Run script		Trips2Mat.py	Import trips to VISUM
18		☒	Run script		SpecialGenerators.py	Special Generators
19		☒	Group Parallel Assignment	20		Parallel Assignment
20		☒	Run script		LaunchAssignments.py	PrT: AM,MD,PM PuT: AM,MD,P
21		☒	Group Convergence & Save	22 - 25		Convergence & Save
22		☒	Run script		Summaries.py	Calculate the Summaries
23		☒	Run script		Convergence.py	Evaluate the convergence ma
24		☒	Run script		SaveVersion.py	Save files ver
25		☒	Go to the procedure	Procedure 7		Iterations: [0-5)

شكل 9.2 : اجراءات المحاكاة للنموذج المتكامل (QABM)

القسم 10

منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي
(QATAR TRANSPORTATION MODEL VISUALIZER)

10 منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي (Qatar Transportation Model Visualizer)

تم من خلال هذا المشروع عمل ربط نظام المعلومات الجغرافية ببيانات ومخرجات نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطر (QABM) من خلال تطوير منصة خاصة لعرض بيانات ومخرجات النموذج، التي تعتبر أول منصة من هذا النوع في العالم، حيث أنها ستوفر واجهة مستخدم بصيغة تطبيقات الانترنت لاستعراض مكونات النموذج من خلال الوصول الى أهم المدخلات والبيانات، مثل التوقعات السكانية واستخدامات الأراضي دون الحاجة الى امتلاك رخصة لبرنامج النمذجة، مما يتيح لجميع المستخدمين من مختلف الإدارات في وزارة المواصلات والاتصالات، والوزارات والمؤسسات والهيئات الحكومية الأخرى الوصول الآمن والمستدام للبيانات والاستفادة منها بالشكل الأمثل لمشاريع النقل البري في دولة قطر.

تم من خلال هذا المشروع، عمل شيفرة بلغة برمجة لاستخراج مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs) ، مثل الحجم المروري وزمن الرحلات ومستويات الازدحام حسب وسائط النقل المتاحة وذلك لتقييم أداء شبكات النقل خلال مراحل تخطيط النقل وتصميمه. حيث تقوم المنصة بالربط مع نموذج النقل QABM واستخراج وعرض مؤشرات الأداء الرئيسية لشبكات النقل.

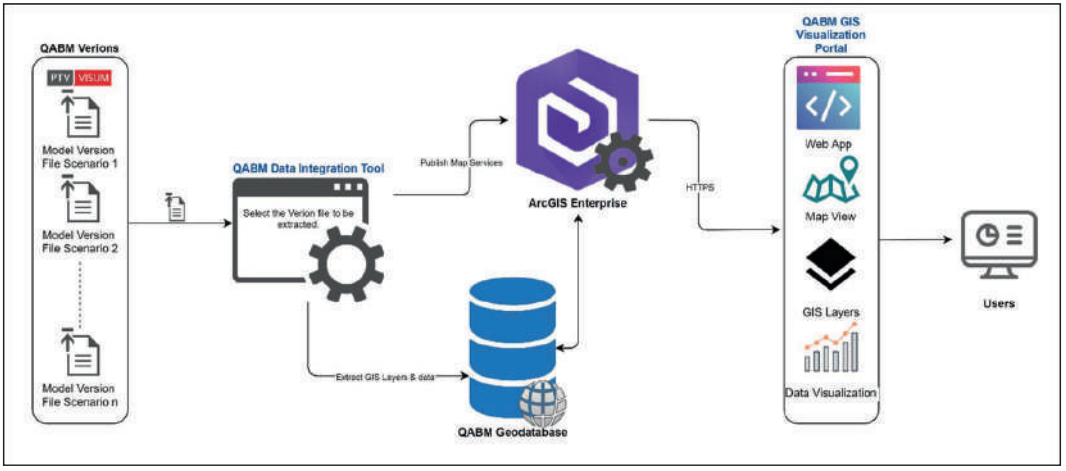
كما توفر هذه المنصة حلاً فريداً للتغلب على التحديات المشتركة التي تنشأ عند الحاجة إلى تبادل البيانات وإمكانية وصول الخبراء واختصاصي تخطيط النقل والمستخدمين الآخرين من الشركاء الاستراتيجيين في مجال النقل بشكل فعال إلى بيانات نموذج النقل. تستخدم المنصة نظم المعلومات الجغرافية لتوفير قاعدة بيانات جغرافية مركزية وآلية سهلة الاستخدام للوصول إلى جميع البيانات من خلال تطبيق تفاعلي سهل الاستخدام.

تشمل منصة عرض بيانات ومخرجات النموذج والربط مع نظم المعلومات الجغرافية العمليات الرئيسية التالية:

1. استخراج البيانات من ملفات نموذج النقل QABM وتخزينها في قاعدة البيانات المركزية.
2. نشر البيانات عبر بروتوكولات خدمات الويب الموحدة باستخدام برنامج نظام المعلومات الجغرافي (ESRI-ArcGIS).
3. عرض البيانات باستخدام صيغة تطبيق تفاعلي سهل الاستخدام.

فيما يلي عرض للعمليات والأدوات التي تطويرها في منصة عرض بيانات ومخرجات النموذج والربط مع نظام المعلومات الجغرافية والموضحة في الشكل أدناه:

1. أداة ربط متكاملة لبيانات نموذج النقل QABM .
2. أداة إعداد قاعدة بيانات نموذج النقل QABM .
3. برنامج نظام المعلومات الجغرافي (ArcGIS)
4. منصة متكاملة لعرض بيانات نموذج النقل QABM



شكل 10.1 : رسم توضيحي لعمليات وأدوات منصة عرض بيانات نموذج النقل الاستراتيجي والربط مع نظام المعلومات الجغرافية

قطر 2050 Qatar
الخطة الشاملة للنقل
Transportation Master Plan

خطة النقل الشاملة لدولة قطر
نموذج النقل الإستراتيجي

القسم 11

الاستنتاجات والتوصيات
(CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Qatar
Open
WTA

11 الاستنتاجات والتوصيات (Conclusion and Recommendations)

يغطي نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM جميع المناطق في دولة قطر بأكملها بالإضافة إلى نمذجة جميع أنظمة النقل البري الحالية والمستقبلية المخطط لها. حيث أنه يعتبر أول نموذج نقل استراتيجي في منطقة الشرق الأوسط يحاكي أنشطة السكان، ويتم ربطه ببرامج تخطيط النقل. كما أن هذا النموذج هو أول نموذج شامل ومتكامل لمحاكاة أنشطة السكان يمكن من خلاله عمل دراسات علمية دقيقة لشبكات وسياسات النقل المقترحة في خطة النقل الشاملة المحدثة لدولة قطر، ويمكن من خلاله تحليل ومعالجة تأثير المشاريع والسياسات الحالية والمستقبلية على أنشطة السكان واحتياجات النقل للسكان والمشاريع الاقتصادية بما يساهم في تحقيق رؤية قطر 2030.

تم تطوير نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM من خلال هذا المشروع لمواكبة أفضل التقنيات في مجال نمذجة النقل بالتعاون مع جامعات عالمية وجهات بحثية. حيث قامت وزارة المواصلات والاتصالات والمختصين فيها بعمل جهود حثيثة ومتواصلة امتدت على مدى أكثر من سنتين ونصف لإنجاز هذا المشروع وتطوير التطبيقات لتسهيل استخدامه من الجهات التخطيطية. حيث تضمن تطوير نموذج النقل QABM الأعمال الرئيسية التالية:

1. جمع وتحليل مجموعة كبيرة من بيانات النقل؛
2. مواءمة أحدث الدراسات لآخر وأحدث المستجدات المتعلقة بنمذجة أنشطة السكان؛
3. إجراء مراجعة شاملة لأفضل الممارسات الدولية والعالمية، مع التركيز على امكانية تطبيق نموذج النقل لمحاكاة الأنشطة على دولة قطر مع مراعاة جميع خصائصها السكانية والاجتماعية والثقافية في نفس الوقت، وتحديد الدروس التي يمكن استخلاصها من التحديث والتطوير المماثل في أماكن أخرى من العالم؛

4. بناء النموذج وتطوير البرامج النصية والتطبيقات البرمجية اللازمة لتوظيفها في النموذج؛
5. معايرة ومطابقة نموذج السنة الأساس؛
6. اختبار مدى استجابة النموذج لمختلف تدابير واجراءات سياسات النقل، من خلال تقييم حساسية النموذج لهذه الاجراءات والسياسات؛
7. تطوير قدرة النموذج على تقييم أداء أنظمة النقل في المستقبل وتوجيه عملية تخطيط النقل؛
8. تطوير منصة عرض بيانات ومخرجات النموذج والربط مع نظام المعلومات الجغرافية بحيث تسمح للمستخدم بسهولة باستعراض مخرجات النموذج.

كما قام قطاع النقل البري بالوزارة بعمل إجراءات فحص صارمة لضمان تكامل جميع مكونات النموذج المختلفة، ولضمان أن النموذج قادر على الاستجابة لمختلف تدابير واجراءات سياسات النقل ومحاكاة تأثيراتها.

وكما هو الحال عند تطوير نماذج نقل معقدة على المستوى الوطني، لا بد أن يكون هناك عمل تحسينات وتحديثات مستمرة على النموذج، لا سيما وأن النموذج يتم تطبيقه في تقييم سيناريوهات وسياسات النقل التي تكلف مبالغ طائلة لتنفيذها. لذا استمرار الاستثمار في تحديث النموذج ضروري أيضاً لإتاحة الفرصة لاستخدام المزيد من البيانات المحدثة (مثل التعدادات السكانية).

كما تعتبر عملية جمع البيانات وتوظيف المعلومات المتوفرة من أهم المهام في تطوير النموذج للحصول على أفضل النتائج الممكنة. كما أن حالة وجود نقص في البيانات، يتم تجاوزها بالبحث في العديد من البدائل المحتملة في حال توفرها، أو الاستخدام الأمثل للافتراضات المنطقية في حال عدم توفر هذه البدائل. ومن الأمثلة على ذلك، كما هو الحال في CEMDAP، حيث كان لا بد من استخدام معاملات نموذج SCAG (Southern California) بشكل أولي ومن تحديثها لمحاكاة خصائص السكان في دولة قطر، ولكن القيام بتحديثات إضافية أمر ضروري لجعل النموذج أكثر تطابقاً لتمثيل الوضع الحالي لأنشطة السكان.

ومن المجالات الأخرى التي يمكن أيضا أن تؤخذ في عين الاعتبار في التحديثات المستقبلية لنموذج النقل QABM هو تقليل الزمن اللازم لتشغيل النموذج. حيث تأخذ نماذج محاكاة أنشطة السكان عادة في عين الاعتبار الأنشطة اليومية على مستوى الفرد. وبالتالي يتطلب هذا الاعتبار وقتًا طويلا في الاجراءات الحسابية. كما لا بد من استخدام أجهزة حاسوب قوية الأداء وعالية الكفاءة لتقليل وقت التشغيل. حيث أن عملية تشغيل النموذج تستغرق بين15 الى 24 ساعة. يمكن التغلب على هذه التحديات من خلال امتلاك الوزارة أفضل أجهزة الحاسوب المتوقع إطلاقها في المستقبل القريب، حيث ستظهر أجهزة حاسوب أكثر قوة يمكن أن تقلل بشكل كبير من وقت التشغيل. من الحلول الممكنة للتغلب على مشكلة وقت التشغيل هو استخدام جهاز حاسوب فائق الأداء والمتواجد حالياً لدى المدينة التعليمية، حيث أن لديه القدرة على اختبار العديد من البدائل في غضون ساعات قليلة.

بالنظر إلى ما سبق من نقاط، لا بد من صيانة وتحديث ورفع مستوى نموذج النقل لمحاكاة أنشطة السكان في قطرQABM بشكل دائم ومستمر لمواكبة التقدم الهائل في نماذج النقل. حيث يعتبر نموذج النقل QABM حجر الأساس ويوفر الإطار العام لمنهج محاكاة أنشطة السكان بشكل دقيق. كما يوفر هذا النموذج البنية الأساسية، والأدوات، والتشفيرات بلغات البرمجة ، وما إلى ذلك، لتصبح عملية مواصلة البناء والتحديث والتطوير على هذه الأدوات والنصوص ممكنة في المستقبل القريب.

وزارة المواصلات

MINISTRY OF TRANSPORT

ص.ب. 24455 P.O. Box
الدوحة, قطر Doha, Qatar
ت 1111 4045 974+ T
motc.gov.qa

نقل متكامل ومستدام للجميع

INTEGRATED & SUSTAINABLE TRANSPORT FOR ALL