

تقنيات الطرق

المعايير والقيود التصميمية

المعايير والقيود التصميمية

—

الوحدة الأولى: المعايير والقيود التصميمية

الجدارة:

يدرس المتدرب كيفية اختيار وتحديد مسارات الطرق والعوامل التي تتحكم في ذلك. ويتعرف كذلك على تصنيفات الطرق وعلى كيفية حساب حجم المرور الحالي والمستقبلي وكيفية تحديد خواص وأداء المركبات على الطريق. كما يدرس المتدرب الاعتبارات الأساسية اللازم اتخاذها عند تخطيط وتصميم الطرق.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

١. تصنيف الطرق حسب أهميتها وسعتها واستعمالاتها.
٢. كيفية اختيار مسارات مناسبة للطريق حسب طبوغرافية وطبيعة الأرض.
٣. تحديد الأعمال المساحية اللازمة التي يتوقف عليها أعمال التخطيط للطريق.
٤. التأكد من اكتمال الرسومات الخاصة بالطرق.
٥. قراءة المخططات التصميمية للطرق.
٦. حساب حجم المرور الحالي والمستقبلي.
٧. تأمين اعتبارات السلامة في مشروعات الطرق.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان المتدرب لهذه الوحدة بنسبة لا تقل عن ٩٥ %.

الوقت المتوقع لإنهاء هذه الوحدة: ٤ ساعات.

متطلبات الجدارة: اجتياز حقيبة المساحة.

المعايير والقيود التصميمية

مقدمة

يدرس علم الطرق الأسس والمبادئ والخطوات التي يتبعها المهندسون لتخطيط وتصميم وإنشاء الطرق وتحديد المتطلبات الضرورية اللازمة لها. ويشمل تحديد خطوط الانتقال وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية وتصميم الانحدارات وتحديد المقاطع العرضية والميول الجانبية ووضع عناصر جسم الطريق والقيام بحساب كميات الحفر والردم، وتصميم طبقات الرصف. ويتطلب الأمر دراسة المواد وتحديد خواصها وصلاحياتها لبناء طبقات الرصف، بالإضافة إلى تصميم الخلطات الإسفلتية ووضع المواصفات اللازمة لطرق الإنشاء والخلط والفرش والدحل، وفحص الطبقات والمواد وتحديد درجة الدمك وغير ذلك.

نبذة تاريخية

لقد ظهرت أول الطرق في التاريخ في العالم القديم في بلاد ما بين النهرين، ويرجع ذلك إلى عام ٣٥٠٠ قبل الميلاد، وظهرت في جزيرة كريت في البحر المتوسط طرق حجرية السطح في عام ١٥٠٠ قبل الميلاد، كما أنشئت طرق بين مصر وبابل بعد عام ٥٣٩ قبل الميلاد. أما في العالم الغربي فلقد وجدت آثار تدل على وجود طرق في عهد المايان والازتك في أمريكا الوسطى والجنوبية. وفي الرومان ظهرت شبكة مكثفة من الطرق الحجرية عام ٣٢١ قبل الميلاد تم إنشاؤها بوسائل شاقة لربط الإمبراطورية الرومانية، والملاحظ أن كثيرا من هذه الطرق مازال قائما حتى الآن. وعلى الرغم من أن قليلا من أعمال بناء الطرق المميزة قد تمت في إنجلترا قبل القرن الثامن عشر فإن أسس قوانين تنظيم وإنشاء الطرق بدأت في الظهور في إنجلترا وبعدها في أمريكا في تلك الأثناء. وتعد الفترة من عام ١٩٢٠ حتى الآن هي عصر السيارة، حيث أصبح يعتمد عليها بالدرجة الأولى في نقل البضائع والأشخاص، مما أدى إلى إنشاء شبكات مكثفة من الطرق في أنحاء العالم. ومع تطور صناعة السيارات وزيادة حمولاتها وسرعاتها جعل من الضروري زيادة الاعتناء بمتانة الطرق وقوتها على تحمل أثقال المركبات، وكذلك الاهتمام بمواصفات الطرق وتصميمها بشكل آمن ومريح، فظهرت علوم جديدة تماما في مجالات تخطيط وتصميم الطرق وكذلك في مجال التربة والمواد المستخدمة في إنشاء الطرق، بالإضافة إلى التقدم الكبير الذي حدث في الآلات المستخدمة في الإنشاء وفي إدارة أعمال الإنشاء نفسها وفي أعمال الصيانة وفي التحكم في حركة المرور، مما جعل تصميم الطرق وصيانتها الآن أكثر كفاءة وأقل تكلفة.

أهمية الطرق وأنواعها

يعتبر قطاع النقل والمواصلات من القطاعات الناهضة جدا للاقتصاد الوطني لما يوفره من تأمين حركة نقل الركاب والبضائع على النطاقين المحلي والدولي، وما يلعبه من دور رائد في دفع حركة الاقتصاد وتقديم الخدمات للقطاعات الإنتاجية والخدمية الأخرى، كما يوفر هذا القطاع فرصا للاستثمار وإيجاد فرص للعمل. فبواسطة الطرق نتمكن من نقل الحاصلات الزراعية من مراكز إنتاجها إلى موانئ التصدير وبواسطتها نتمكن من نقل البضائع والسلع المصنعة والمستوردة من البلاد الأجنبية إلى مراكز الاستهلاك في داخل البلاد وبواسطتها ينقل الأشخاص من أي مكان في العالم إلى مكان آخر. فلجميع هذه الأسباب أصبحت مشاريع الطرق من المشاريع المهمة في مجتمعنا الحاضر لا تنقص أهميتها عن كثير من المشاريع الحيوية الأخرى وأصبحت دراسة الطرق وتصميمها الهندسي وإنشائها وصيانتها من المواضيع الهامة التي يحتاج إليها المهندس في حياته المهنية.

وتشمل أنظمة الطرق أنواعا ودرجات متعددة من الطرق تختلف مسمياتها بحسب أهميتها وسعتها والأداء الذي تؤديه والغرض الذي أنشئت من أجله. وتتدرج مختلف أنواع الطرق من ذات السرعة العالية والحجم الكبير إلى الشوارع المحلية بالمناطق الخلوية التي تحمل حركة مرور قليلة. وحسب نظام الطرق السعودي يمكن تلخيصها في ثلاثة أقسام رئيسة وهي:

- الطرق الرئيسية: وهي تلك الطرق التي تربط بين مدن المملكة الكبرى وتحدد برقمين كما هو موضح في الشكل (١ - ١).
- الطرق الثانوية: وهي تلك الطرق التي تربط بين المدن المتوسطة الأهمية ومن ثم تربطها مع شبكة الطرق الرئيسية وتحدد بثلاثة أرقام كما هو موضح في الشكل (١ - ١).
- الطرق الفرعية: وهي تلك الطرق التي تربط بين القرى والهجر والمزارع وغيرها مع الطرق الأخرى وتحدد بأربعة أرقام كما هو موضح في الشكل (١ - ١).



طريق فرعي



طريق ثانوي



طريق رئيس

شكل (١ - ١): لوحات إرشادية لأقسام الطرق.

وبالإضافة إلى هذه الأنواع الثلاثة توجد تعريفات دقيقة لأنواع أخرى من الطرق مثل الطريق السريع والطريق الرئيس وطريق الخدمة والطرق الزراعية، وعلى وجه العموم فإنه من الممكن التعرف على أي نوع من أنواع الطرق من واقع الاسم المطلق عليه.

الطرق في المملكة العربية السعودية

يعد التطور المذهل الذي شهده قطاع النقل والمواصلات في المملكة العربية السعودية من الإنجازات والعلامات البارزة في التجربة السعودية التنموية، حيث كان التنقل في الماضي من شرق المملكة إلى غربها أو من شمالها إلى جنوبها أو حتى بين المناطق الداخلية أمراً شاقاً يستغرق عشرات الأيام، وذلك نظراً لاتساع المساحة الجغرافية وتباعد الحواضر عن بعضها البعض، وتنوع التضاريس ووعورة مسالكها إضافة إلى قلة الطرق المعبدة وندرة وسائل النقل الحديثة. وقد بدأت الجهود المباركة في العمل على تطوير وسائل المواصلات ومد الطرق منذ عهد الملك عبدالعزيز - رحمه الله - وقد أخذ هذا التحسن في التطور تدريجياً فشق العديد من الطرق في المناطق الجبلية وامتدت الطرق ذات المسار الواحد بين المدن الرئيسية، ولكن التطور المذهل والقفزة الهائلة في مجال بناء شبكة الطرق الرئيسية ووسائل النقل قد ظهرت بواكره منذ أوائل التسعينات الهجرية أي منذ بداية تنفيذ خطط التنمية ثم اكتملت معظم مرافق الطرق ووصلت إلى أوج اتساعها في عهد خادم الحرمين الشريفين الملك فهد بن عبد العزيز آل سعود - رحمه الله - فأصبح الانتقال من شرق المملكة إلى غربها أو من شمالها إلى جنوبها أمراً ميسوراً نظراً لجهود الدولة البارزة في هذا المجال، حيث ربطت معظم مدن المملكة بعضها ببعض بشبكة من الطرق الرئيسية تربط شرق البلاد على ساحل الخليج العربي بغربها على ساحل البحر الأحمر وشمالها بجنوبها إضافة إلى شبكات الطرق الداخلية التي تربط المدن مع بعضها البعض وتصل بين مناطق المملكة الداخلية. وحسب البيانات المنشورة لوزارة النقل السعودية فقد بلغت أطوال شبكة الطرق المعبدة بالمملكة بنهاية عام ١٤١٩ هـ نحو ٤٥٥٠٠ كلم وتربط هذه الشبكة ذات المواصفات العالية جميع المدن وغالبية القرى والهجر. وقد ساهمت هذه الطرق ولله الحمد في عملية البناء والتنمية التي عمت مختلف أرجاء المملكة فانتشرت الخدمات المقدمة للمواطنين في جميع المجالات الصحية والتعليمية والزراعية والاجتماعية والبناء والعمران.

التصنيف الوظيفي للطريق

تقسم الطرق عادة من حيث التخطيط والتصميم والإشراف إلى أربعة أقسام رئيسة وهي:

١. **الطرق السريعة (Freeway Systems):** وهي طرق شريانية مخصصة لخدمة المرور الطولي العابر بين المدن المتوسطة والمدن الكبرى ويسمح فيها بسرعات عالية للعربات ويكون حجم المرور فيها مرتفعاً جداً ويمنع وصول الناس والسيارات من الجوانب إلى هذه الطرق. ويتم الدخول والخروج من وإلى هذه الطرق من خلال نقاط محددة مدروسة ومتباعدة، بحيث تدخل المركبات أو تخرج تدريجياً دون أن تعرض المركبات الأخرى التي على الطريق إلى الخطر أو إلى التخفيض من سرعاتها.
٢. **الطرق الرئيسية (Major Arterial Systems):** وهي طرق شريانية سريعة تستخدم للمرور الطولي العابر بين المناطق المختلفة وعبوراً إلى المدن.
٣. **شوارع التجمع (Collector Street Systems):** وتستعمل هذه الطرق لربط شبكات الطرق الرئيسية مع الشوارع المحلية.
٤. **شوارع محلية (Local Street Systems):** وهي طرق داخلية تستعمل أساساً لخدمة المرور المحلي وربط مواقع السكن أو الأعمال أو الممتلكات المجاورة.

حرم الطريق

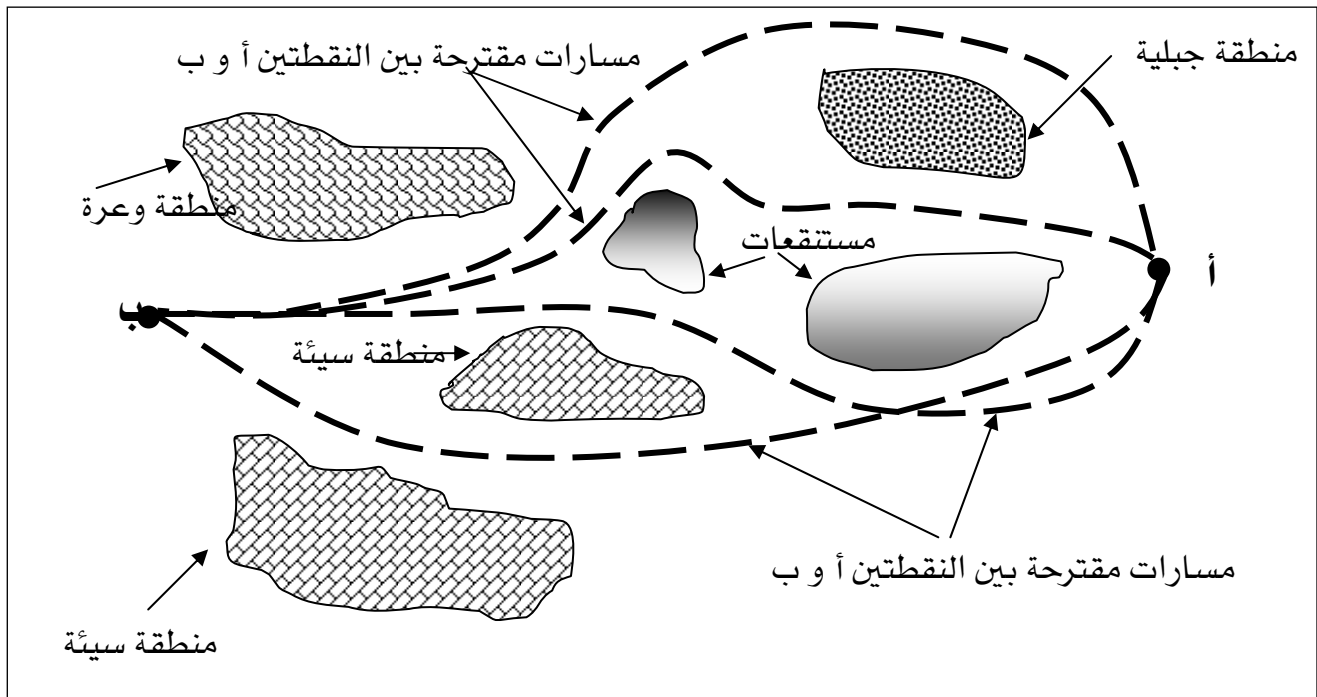
هو كامل العرض المخصص للطريق بجميع أجزائه بالإضافة إلى عرض إضافي يخصص للتوسع في المستقبل. ويجب أن يكون هذا الحرم بعرض كاف لاستيعاب جميع أجزاء قطاعات الطريق المختلفة والتي سيتم التعرض لها بالتفصيل في الباب الرابع.

الطبوغرافية وطبيعة المنطقة

يتوقف اختيار مسار الطريق على عوامل عديدة من أهمها طبوغرافية المنطقة التي سينشأ عليها الطريق حيث تؤثر طبيعة الأرض وتضاريسها على جميع العناصر الأساسية في التصميم مثل الانحدارات والمنحنيات الأفقية والمنحنيات الرأسية ومسافات الرؤية. وحتى نحصل على مسارات آمنة وبأقل التكاليف يجب توفير جميع البيانات المساحية الخاصة بموقع المشروع وكذلك نوع وطبيعة الأراضي المقترحة لمسار الطريق، حيث توفر هذه البيانات كمّاً هائلاً من المعلومات التي تتوقف عليها جميع أعمال التخطيط والتصميم لمشاريع الطرق. وتشمل الأعمال المساحية التي تتطلبها عمليات تخطيط الطرق المراحل التالية:

(١) دراسة الخرائط:

هنالك الكثير من المعلومات والبيانات الأساسية التي يمكن الحصول عليها من خلال الخرائط المتوفرة. وتتم في هذه المرحلة الأولية الاستعانة بجميع الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية والتخطيطات والتقارير والمعلومات المتوفرة للشريط الأرضي الخاص بمشروع الطريق للحصول على المعلومات والبيانات اللازمة لأعمال التخطيط والتصميم. ويمكن أن تكون المقاييس المناسبة للخرائط والصور المستخدمة في هذه المرحلة في حدود (١:٥٠٠٠). أما بالنسبة لعرض المنطقة التي يجب أن تشملها الدراسات الطبوغرافية فتتراوح بين (٠.٤) و (٠.٦) من طول المسافة بين نقطتي بداية المسار المقترح ونهايته. وتستخدم الخرائط والصور في تحديد التحكمات المبدئية مثل الممرات الجبلية أو المعابر المناسبة للأنهار وتوقيع العوائق الرئيسية التي يصعب إزالتها مثل المقابر والمنشآت الصعبة. وبعد جمع وتحليل كل المعلومات والبيانات الأولية يتم وضع تصور مبدئي لعدد من المحاور للطريق وتوقيعها على الخرائط الطبوغرافية المتوفرة كما هو موضح في شكل (١ - ٢).



شكل (١ - ٢): اقتراح مسارات بين موقعين أ و ب.

(٢) الاستطلاع باستخدام المساحة الجوية:

قد تكون الخرائط المستعملة في المرحلة الأولية قديمة نوعاً ما أو غير دقيقة بسبب التغيرات التي حدثت على الموقع، وبالتالي تكون المعلومات والبيانات المعتمدة في الدراسة المكتبية غير كافية لتحديد المسارات البديلة للطريق بشكل دقيق. وعليه فإنه من الضروري القيام بعمليات استطلاع جديدة على الموقع باستخدام المساحة التصويرية الجوية لتصحيح واستكمال الخرائط المتوفرة. وتعد الصور الجوية الرأسية التي تؤخذ بواسطة آلة التصوير الموجهة إلى أسفل أكثر الصور المفيدة لغرض إعداد خرائط الطرق. وتتم عملية تصوير الأماكن المطلوب تغطيتها في عدة طلعات جوية متوازية ومتداخلة في اتجاه الطيران وتكون بمقاييس رسم مختلفة حسب أهمية المرحلة الدراسية للمشروع ونوعية البيانات اللازمة لذلك كما هو موضح في الجدول (١ - ١).

جدول (١ - ١): مقاييس الصور الجوية التي تستخدم في أعمال تخطيط الطرق.

المرحلة	مقاييس الصور الجوية	مقاييس المخططات المستنبطة من الصور	الفترة الكنتورية (متر)
التخطيط الأولي	من ١:٢٥٠٠ إلى ١:١٠٠٠٠	من ١:١٠٠٠٠ إلى ١:٥٠٠٠٠	من ١٠ - ٥ إلى ٥ - ١٠
الدراسات والتصاميم الأولية	من ١:١٥٠٠٠ إلى ١:٢٥٠٠٠	من ١:٥٠٠٠ إلى ١:١٠٠٠٠	من ٥ - ٢ إلى ١٠ - ٥
الدراسات والتصاميم النهائية	من ١:٤٠٠٠ إلى ١:١٠٠٠٠	من ١:١٠٠٠ إلى ١:٢٥٠٠٠	من ١ - ٠,٥ إلى ٥ - ١

وتلعب المساحة الجوية دوراً بارزاً في مجال هندسة الطرق حيث يجري استخدامها في تفسير الظواهر الطبيعية والصناعية واستنباط الحجم الهائل من المعلومات الطبوغرافية والجيولوجية والهيدرولوجية ودراسة حركة المرور وتحديد حرم الطريق وفي تخطيط محور الطريق وغيرها من خلال المتخصصين في المجالات المختلفة وبالإستعانة بأجهزة التجسيم المتنوعة. وتساعد الصور الجوية على التعرف على تفاصيل

الطبيعة البيئية والهيدرولوجية والخدمات للموقع المراد إنشاء الطريق عليه، بحيث يؤدي ذلك إلى استبعاد بعض الخيارات المقترحة ومن ثم التركيز على عدد أقل من المحاور المقترحة.

(٣) المساحة الاستطلاعية:

بعد تحديد وتوقيع المسارات البديلة للطريق المقترح على الخرائط يجب الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الموقع الفعلي لكل محور مقترح. فمهما كانت الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية كاملة ووافية بالمعلومات إلا أنه من الضروري جداً أن يقوم المهندس بالاستطلاع والكشف الشخصي على كل محور وذلك لجمع المعلومات الضرورية التي لم تظهر على الخرائط بشكل واضح والتي ربما يتطلب بسببها تعديلات لازمة للمحاور المقترحة. ومن المساعد جداً أخذ الخرائط المتوفرة للمنطقة وكذلك الصور وبعض أدوات التجسيم وذلك لتسهيل عملية البحث عن المحاور المناسبة لمسار الطريق. والمعلومات الواجب جمعها من عملية الاستطلاع هي:

١. تحديد بشكل أدق الشريط الذي يتوجب إجراء مسح طبوغرافي شامل له.
 ٢. تحديد كل العوائق الرئيسة التي تعترض لها المحاور المقترحة والتي لم تظهر بوضوح على الخرائط مثل المنحدرات الحادة والوديان والبحيرات والمنشآت الحديثة.
 ٣. تحديد الممرات المائية المتقاطعة مع المسارات وبيان عددها وأبعادها وجيولوجيتها ونوعية المنشآت التي ستتطلبها.
 ٤. تحديد نوع وخواص التربة التي سيمر بها المسار وكذلك درجة ثباتها وقابليتها للانزلاق.
 ٥. تحديد أماكن مواد الإنشاء ومصادر المياه اللازمة.
 ٦. تحديد الأهمية الاقتصادية للمسارات المقترحة للطريق.
- وبناء على عملية الاستطلاع هذه يتم تعديل وتصحيح كل المعلومات والبيانات غير الواضحة أو الخاطئة على الخرائط والصور. وبعد دراسة مقارنة ومفاضلة بين المسارات المختارة يتم انتقاء المسار الأفضل للطريق استناداً إلى المعطيات التي تم جمعها وتحديدتها بشكل تفصيلي.

(٤) المسح المبدئي:

الهدف من المسح المبدئي هو تحديد محور المسار المقترح بأكثر دقة باستخدام أجهزة المساحة المختلفة ويتم ذلك كما يلي:

١. رفع وتوقيع جميع الظواهر الطبوغرافية حول المسار المقترح.

٢. تحديد مناسب محور المسار وعمل قطاعات عرضية على أبعاد مناسبة.

٣. الحصول على كل البيانات الأساسية الخاصة بنوع التربة وخواصها ومدى ملائمتها للمنشأة.

٤. تحديد عمق المياه الجوفية ومعرفة مدى تأثيرها على طبقات الرصف.

٥. الحصول على المعلومات الهيدرولوجية اللازمة لتحديد عدد وحجم مصارف المياه السطحية المتقاطعة مع المسار.

٦. تحديد قوة الرياح التي تكون في اتجاه المسار.

وبناء على المعلومات والبيانات المتحصل عليها من عملية المسح المبدئي يتم إنتاج مخططات طبوغرافية تفصيلية بمقاييس من (١:٥٠٠٠) إلى (١:١٠٠٠) وإنجاز البنود التصميمية والحسابات المتعلقة بالمقاطع العرضية والطولية للمسار المعتمد. ويجب أن يتم العمل المساحي في هذه المرحلة بشيء من الدقة والشمولية بحيث يسمح بتعيين أفضل المسارات التي يمكن أن يمر بها مسار الطريق.

(٥) المساحة التفصيلية:

بعد استكمال عمليات المسح المبدئي واختيار المسار النهائي المفضل يشرع في عمليات المساحة التفصيلية اللازمة لتخطيط وتوقيع محور الطريق على الطبيعة. ويتم ذلك بوضع أوتاد خشبية ثابتة على مسافات متقاربة (في حدود ٣٠ متر) على محور الطريق. وتجرى عمليات مسح أرضي مكثفة وبأكبر دقة للحصول على جميع المعلومات اللازمة لعمل دراسة كاملة ومفصلة على المسار المقترح للطريق. وكذلك تعمل قطاعات عرضية متقاربة خاصة في مناطق المنحنيات والانحدارات وتحدد معابر المجاري المائية والوديان بتفصيل كامل وترسم خرائط التربة بدقة من واقع مسح شامل للموقع.

حجم المرور

يقاس حجم المرور على طريق ما بعدد المركبات التي تمر بنقطة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية محددة. ويعتبر من العوامل الأساسية التي يتوقف عليها التصميم الهندسي للطرق على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلاً. ويختلف حجم المرور عن كثافة المرور التي هي عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة من الطريق. وكما يتغير حجم المرور من ساعة لأخرى، وعليه فيجب حساب

حجم المرور على مدار السنة على أساس الحد الأدنى والحد الأقصى للمرور في كل ساعة من ساعات اليوم الواحد، ثم في كل يوم من أيام الأسبوع ومن هنا يتم تحديد الشهر الذي يصل فيه المرور إلى أعلاه أو أدناه. ويمكن التعبير عن حجم المرور بحجم المرور اليومي المتوسط وحجم المرور الساعي التصميمي وحجم المرور المستقبلي التصميمي ويحسب كالتالي:

(١) حساب حجم المرور اليومي المتوسط:

وهو عبارة عن المعدل السنوي اليومي للمرور ويعد من المؤشرات الرئيسة لتحديد حجم المرور على الطريق. ويحسب حجم المرور اليومي المتوسط كالتالي:

$$\text{حجم المرور اليومي المتوسط} = \frac{\text{حجم المرور السنوي}}{365}$$

وكما هو متوقع فإن حجم المرور يتغير تبعا لكل ساعة من ساعات اليوم، وبين يوم وآخر من أيام الأسبوع ولكل شهر من أشهر السنة. وكذلك فإن خصائص حجم المرور تتغير هي الأخرى، فنوع ونسبة المركبات يعتمدان على الوقت من اليوم والاتجاه والمنطقة. ولذلك فإنه من المهم جدا تحديد نسبة تدفق المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة، وهي مهمة عند تصميم سعة الطريق. والمثال المدرج في الجدول (١ - ٢) يوضح الفرق بين حجم المرور ونسبة تدفق المرور لمدة ساعة من الدراسة:

جدول (١ - ٢): مثال يوضح الفرق بين حجم المرور ونسبة تدفق المرور لمدة ساعة.

التوقيت	عدد العربات المارة	نسبة تدفق المرور (عربة/الساعة)
٧,١٥ - ٧,٠٠	١٠٠٠	٤٠٠٠
٧,٣٠ - ٧,١٥	١١٠٠	٤٤٠٠
٧,٤٥ - ٧,٣٠	١٠٠٠	٤٠٠٠
٨,٠٠ - ٧,٤٥	٩٠٠	٣٦٠٠
المجموع	٤٠٠٠	

فمن خلال البيانات المدرجة في الجدول أعلاه نلاحظ أن نسبة تدفق المرور القصوى قد وصلت إلى ٤٤٠٠ عربة في الساعة في فترة الذروة (ما بين ٧,١٥ و ٧,٣٠) رغم أنه لم يمر على الطريق سوى ٤٠٠٠ عربة خلال الساعة الكاملة. من هنا يتضح أن التصميم على أساس حجم المرور اليومي المتوسط دون الأخذ في الاعتبار فترات الذروة قد يؤدي إلى الاختناق في المرور عند ساعات الذروة. كما أن تصميم أي الطريق بحيث لا يكون مزدحماً على الإطلاق لن يكون اقتصادياً وعليه فإنه يجب اختيار حجم المرور التصميمي بعد دراسة مفصلة ودقيقة.

(٢) حساب حجم المرور المستقبلي:

إن حجم المرور يزداد يوماً بعد يوم مع زيادة العمران والسكان وعليه فإنه يجب مراعاة الزيادة المستقبلية في كمية المرور عند تصميم قطاع الطريق والأخذ في الاعتبار مايلي:

١. حجم المرور الحالي على الطريق.
 ٢. الزيادة الطبيعية في عدد المركبات الناتجة عن الزيادة في عدد السكان والتطورات الاقتصادية والسياحية والزراعية والصناعية للمنطقة.
 ٣. الزيادة الناتجة عن إنشاء الطريق.
- ويحسب حجم المرور التصميمي لفترة زمنية كافية باستخدام العلاقة التالية:

$$V_n = V_D (1 + e)^n$$

حيث:

V_n : حجم المرور اليومي التصميمي.

V_D : حجم المرور الحالي.

e : معدل الزيادة السنوي في حجم المرور.

n : عدد السنوات.

مثال:

إذا كان حجم المرور الحالي لطريق محلي 15000 عربة في اليوم، فما هو حجم المرور اليومي التصميمي بعد عشرة سنوات مع العلم أن معدل الزيادة السنوية في حجم المرور ٣٪.

الحل:

$$V_n = V_D (1 + e)^n$$

V_D : حجم المرور الحالي = 15000 عربة

(e) : معدل الزيادة السنوية في حجم المرور = ٣٪

(n) : عدد السنوات = ١٠ سنوات

$$V_n = V_D (1 + e)^n = 15000 \times (1 + 0.03)^{10} = 20159$$

حجم المرور اليومي التصميمي = ٢٠١٥٩ عربة / يوم

خواص وأداء المركبات على الطريق

هناك عدة أنواع من المركبات منها السيارات الخاصة وحافلات النقل والشاحنات الصغيرة والشاحنات الكبيرة وتختلف هذه المركبات عن بعضها بأبعادها وأحجامها وأوزانها. وتسير جميع هذه الأنواع من المركبات تقريبا على كل الطرق، وعليه يلزم معرفة خصائصها لكي تأخذ في الاعتبار أثناء تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع للطريق. ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور. وتشمل هذه الخصائص:

- وزن المركبة .

- الوزن الواقع على كل محور من محاور المركبة.

- الطول الكلي و العرض الكلي للمركبة.

- ارتفاع المركبة.

- قدرة المركبة.

- البعد بين المحور الأمامي والخلفي للمركبة.

- البعد بين مقدمة المركبة والمحور الأمامي.







- البعد بين مؤخرة المركبة والمحور الخلفي.



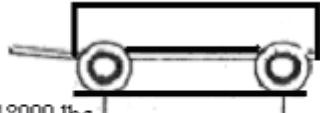
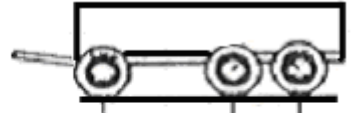
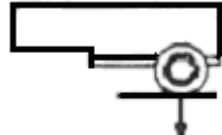
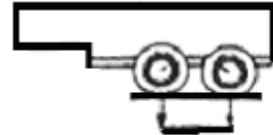
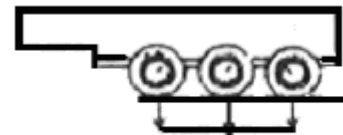
ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور. وقد بينت الدراسات أن للشاحنات تأثيراً كبيراً على رصف

الطريق ويزداد تأثيرها كلما زاد ثقلها. ومن هنا كلاً بد من التعمق في دراسة أنواع مركبات النقل من حيث أبعادها وعدد محاورها ومدى تأثيرها على الرصف. و يعطي الجدول (١ - ٣) الأبعاد الرئيسية للعربات الخاصة ومركبات النقل حسب مواصفات آشتو والشكل (١ - ٣) يبين أنواع المركبات والأحمال القصوى الواقعة على محاورها.

جدول (١ - ٣) الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات هيئة آشتو (AASHTO).

أقصى بعد مسموح به	عربة خاصة	عربة نقل مسافرين	عربة نقل تجارية (بمقطورة)
الطول الكلي (متر)	5.8	12.1	16.7
العرض الكلي (متر)	2.1	2.6	2.6
الارتفاع (متر)	1.3	4.1	4.1
البعد بين العجل الأمامي والخلفي (متر)	3.4	7.6	6.1
البعد بين مقدمة العربة والعجل الأمامي (م)	0.9	1.2	0.9
البعد بين مؤخرة العربة والعجل الخلفي (م)	1.5	1.8	0.6

		
عربة نقل تجارية (محوران)	عربة نقل تجارية (٣ محاور)	عربة نقل تجارية بمقطورة (٥ محاور)
		
عربة نقل تجارية بمقطورة (٥ محاور)	عربة نقل تجارية بمقطورتين (٧ محاور)	عربة نقل تجارية بمقطورة (٩ محاور)

 <p>الوزن على المحور : 18000 lbs إجمالي الوزن : 28000 lbs</p>	 <p>الوزن على المحور : 16000 lbs إجمالي الوزن : 42000 lbs</p>	
 <p>الوزن على المحور : 18000 lbs إجمالي الوزن : 28000 lbs</p>	 <p>الوزن على المحور : 16000 lbs إجمالي الوزن : 42000 lbs</p>	
 <p>إجمالي الوزن : 18000 lbs</p>	 <p>إجمالي الوزن : 32000 lbs</p>	 <p>إجمالي الوزن : 32000 lbs</p>

شكل (١ - ٣): أنواع المركبات والأحمال القصوى الواقعة على محاورها.

السرعة التصميمية

تعرف السرعة التصميمية على أنها السرعة القصوى الآمنة التي يمكن المحافظة عليها فوق قطاع معين من طريق ما عندما تكون الظروف ملائمة لدرجة تسمح للظواهر التصميمية للطريق بالتحكم. وهناك فرق بين سرعة التصميم والسرعة الحقيقية التي يجب أن تسير عليها المركبات وهي أقل من الأولى بسبب الازدحام والظروف المحيطة بالطريق. ويعد اختيار السرعة التصميمية أمراً بالغ الأهمية لارتباطه بسعة الطريق وأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية وحدة الانحدارات ومسافة الرؤية وغيرها من العناصر التصميمية للطريق. فكلما زادت سرعة التصميم كلما كان الطريق مهيناً لاستيعاب أعداد كبيرة من المركبات وكانت منحنياته واسعة وانحداراته غير حادة وزادت فيه مسافة الرؤية.

ويتوقف اختيار السرعة التصميمية على عدة عوامل منها طبوغرافية المنطقة، وحجم المرور، وتركيبه المرور، وتضاريس المنطقة، وقد تتغير على نفس الطريق بسبب التغير في الملامح الطبيعية للطريق، إلا أنه ينصح بتجنب التغييرات المفاجئة في السرعة التصميمية على امتداد أي طريق وبصفة خاصة على الطرق السريعة.

التكلفة والمبالغ المتوفرة

تشمل التكاليف الأولية لإنشاء الطرق أو تحسينها نفقات الأعمال الهندسية والتصميمات وتكاليف التخطيط والمصروفات الأولية للحصول على حرم الطريق وتكاليف إنشاء الطريق والمنشآت والرصف. ويتم تحديد كميات الأعمال التي ستنفذ من خلال المقاطع الطولية والمسقط الأفقي للمشروع بحيث تكون دقة الحسابات عالية، وذلك لإمكانية تحديد تكلفة المشروع الكلية. وتشمل الحسابات أعمال الحفر والردم والقطع الصخري والأعمال الصناعية وطبقات الرصف، وتشمل طبقات ما تحت الأساس وطبقة الأساس والطبقة التأسيسية البيتومينية والطبقة السطحية وأعمال الأرصفة والإنارة وغيرها. ويتم وضع أسعار تقديرية لكل بند من بنود الأعمال المطلوبة طبقاً لأسعار التنفيذ الشائعة في المنطقة. وهناك اعتبارات يجب أخذها في الحسبان عند دراسة التكاليف وهي:

١. لا يؤخذ في الحساب أي نفقات صرفت قبل بدء الدراسة.
٢. إضافة كل النفقات التي لها علاقة بالمشروع واستبعاد تلك التي ليس لها به علاقة.
٣. إضافة نسبة مئوية محددة لتغطية المصروفات المقدرة للأعمال الإدارية.
٤. كثيراً ما تؤدي مشروعات تحسين الطرق إلى تغيير في نفقات الصيانة والتشغيل السنوية.

اعتبارات السلامة

إن الاهتمام بالسلامة المرورية ورفع مستواها يبدأ منذ الخطوات الأولى لتخطيط الطرق وتصميمها، حيث يأتي التفكير في سلامة الطريق من اختيار مساره الذي يضع في الحسبان تحديد الحد الأقصى الممكن من سلامة حركة المرور. ويراعى ذلك أيضاً عند تصميم المنحنيات الأفقية والرأسية وعبور الأودية والشعاب وإنشاء وسائل تصريف المياه. وفي مرحلة التنفيذ يتم تزويد الطريق بكافة وسائل السلامة التي تكفل حماية حركة النقل والمرور مثل اللوحات المرورية (التنظيمية والتحذيرية والتوجيهية) والعلامات الكيلومترية وعلامات الطرق الأرضية كخطوط الدهان وعيون القطط العاكسة وغيرها من العلامات الأرضية التي تحدد الجوانب الخارجية للطريق وتلك التي تفصل بين المسارات، وأضواء التحذير والسيارات المعدنية على جانبي الطريق والجزيرة الوسطية. وفي مرحلة الصيانة يراعى الاحتفاظ بنفس مستوى السلامة على الطرق ومتابعة السلامة المرورية عليها ومحاولة تحسينها عند ظهور أية مشكلات لم يتم أخذها في الاعتبار في المراحل السابقة. كما يجب تأمين سلامة المرور أثناء تنفيذ المشروع ويتم ذلك باتباع الخطوات التالية:

١. وضع لوحات إرشادية على أول الحفرية وآخرها وعند التقاطعات الرئيسية.
٢. تقسيم منطقة الحفرية إلى منطقة تحذير وإشعار متقدم ومنطقة حماية مكان.
٣. توزيع اللوحات الإرشادية على طول الحفر بالمسافات المناسبة لكل عمل وبأماكن ظاهرة.
٤. توفير إضاءة ليلية جيدة ووضع الأسهم المضيئة والعلامات الفسفورية العاكسة عند بداية ونهاية مكان العمل.
٥. وضع جسور لعبور المشاة عند أماكن العمل.
٦. عدم خروج ناتج الحفر أو المعدات عن العرض المسموح به للعمل.
٧. مراعاة رش أتربة الحفر بالماء أثناء العمل حتى لا تتسبب في منع الرؤية.
٨. إزالة الأتربة في نهاية يوم العمل، والمحافظة على نظافة الموقع.
٩. وضع أجهزة امتصاص الصدمات في الأماكن التي يحتمل وقوع اصطدام عندها.
١٠. استخدام الحواجز الخرسانية المطلية بألوان أو شرائط عاكسة في موقع العمل.

أسئلة:

- (١) اشرح أهمية الطرق وما تلعبه من دور في تنمية اقتصاد البلدان؟
- (٢) عرف الطريق السريع والطريق الرئيس وبين الفرق بينهما؟
- (٣) ما هي المعلومات الأساسية التي يمكن الحصول عليها من خلال الأعمال المساحية؟
- (٤) اشرح دور المساحة الجوية في مجال هندسة الطرق؟
- (٥) عرف حجم المرور اليومي المتوسط وحجم المرور المستقبلي وبين الفرق بينهما؟
- (٦) احسب حجم المرور اليومي التصميمي لطريق إذا كان حجم مروره الحالي يساوي ٤٠٠٠ عربة في اليوم ومعدل الزيادة السنوية في حجم المرور هو ٤ %.
- (٧) عرف الخصائص الأساسية للمركبات التي يتم أخذها في الاعتبار أثناء تصميم الأجزاء المختلفة لمشاريع الطرق.
- (٨) عرف السرعة التصميمية وشرح العوامل التي تتوقف عليها؟
- (٩) ما هي الاعتبارات التي يجب أخذها في الحسبان عند دراسة تكاليف مشاريع الطرق.
- (١٠) ما هي الاعتبارات التي يجب توفيرها لتأمين السلامة المرورية؟