جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

هندسة النقل والمرور

المحاضرة الأولى

هندسة المرور

أولا : لمحة عن هندسة النقل والمرور :

نشأة هندسة النقل والمرور :

يعتبر علم هندسة النقل والمرور من العلوم الهندسية الحديثة نسبيا، حيث ارتبط هذا العلم وتطوره بظهور السيارة وتزايد استخدامها داخل وخارج المدن.

في الماضي كان تخطيط شبكة الطرق عشوائيا وذلك بسبب:

- عدم وجود عدد كبير من المركبات
- التركيز على نظم النقل العام
- لم يلفت أحدا حينها إلى احتمال ارتفاع درجة تعقيد شبكة المرور
- لم تبرز الحاجة إلى فهم وتطور أداء شبكة النقل

ومع الوقت تغيرت عدة ظروف منها :

- تزايد هجرة السكان من الريف إلى المدن
- أصبح الناس يقللون من استخدام نظم النقل العام ويميلوا لاستخدام سياراتهم الخاصة

مما أدى إلى:

- ازدحمت المدن وازداد عدد الإشارات الضوئية
- أصبحت التقاطعات الطرقية أكثر تعقيدا وتنفذ في عدة مستويات
- بات الاقتصاد الوطني والعالمي معتمدا على سهولة حركة الركاب والعمال والبضائع

وبالتالي نشأ علم جديد يدعى علم هندسة المرور لمعالجة القضايا السابقة

يتميز علم هندسة المرور عن غيره من العلوم الهندسي :

- يرتبط بالتغيرات التكنولوجية والديموغرافية (الاحصائيات السكانية لتعدد السكان)
- يتطور ويتسع باستمرار (يتجدد يومياً)
- يرتبط بالعلوم الأخرى كعلم النفس والعلوم الالكترونية وبعلوم هندسة العمارة
- تشكل هندسة المرور شكلا حضارياً يعكس ما توصل إليه البلد من تفوق علمي ورفاه اجتماعي
- حديثاً اتضحت أهمية هذه الهندسة وأصبحت تأخذ حيزا مهماً لدى المسؤولين وصناع القرار

العلوم التي يرتبط بها علم هندسة النقل والمرور:

- علم النفس : لأنه يتعامل مع السائق وخواصه وحالته النفسية
- العلوم الالكترونية : لأنها تتعامل مع إشارات المرور وأنظمة النقل الذكية
- علم هندسة العمارة : يرتبطان مع بعضهما في كيفية تخطيط المدن والطرق ومواقف السيارات
- علم الاقتصاد (اقتصاد البلد) : لا يمكن أن يتطور دون وجود شبكة نقل عالية الكفاءة تقوم بنقل الركاب والبضائع من مدينة إلى أخرى .
- علم الإحصاء والرياضيات وعلم الاجتماع وعلم الطب وغيرها

تتنوع مجالات دراسة هندسة المرور لتشمل جوانب (تصميمية – تخطيطية - تشغيلية - إدارية) ويندرج تحت كل جانب من هذه الجوانب مواضيع كثيرة ، حيث أصبح هذا العلم في كثير من الجامعات ليس مجرد مقررا واحد بل تجزأ إلى عدة مقررات تحمل أسم : (تصميم المرور – خصائص المرور–هندسة المرور المتقدمة - إدارة المرور – النقل داخل المدن – تخطيط النقل – السلامة المرورية ..الخ)

ثانيا :تعريف هندسة المرور:

هي المسائل والمناهج التي تكفل تفعيل وكفاءة حركة عناصر معينة ضمن شبكة معينة (هذا التعريف يشمل هندسة مرور المعلومات في شبكات الانترنت ومرور الرسائل في شبكات الاتصال وغيرها ، بالإضافة للمرور في مجال المواصلات)

هندسة المرور في مجال المواصلات

هو جزء من الهندسة المختص في التصميم والتخطيط الهندسي بالطرق والشوارع وما يلحق بها بالإضافة إلى تنظيم حركة المرور بهدف خلق الظروف الآمنة والمريحة والاقتصادية لنقل الركاب والبضائع.

ثالثا: أعمال مهندس المرور

- دراسة الخصائص المرورية
- دراسة تصميم المنشأة
- دراسة تقييم الأداء
- دراسة الأثر المروري
- دراسة التحكم المروري
- إدارة المرور
- دراسة السلامة المرورية
- دراسة الأثر البيئي
- دراسة الأثر الاقتصادي

دراسة الخصائص المرورية (Traffic characteristics studies)

ترتكز دراسة الخصائص المرورية على جمع البيانات المرورية وتحليلها ومن ثم توصيفها رياضياً والخروج بنتائج مدروسة

الأمثلة التي نقوم بها عند دراسة الخصائص المرورية هي دراسة (الغزارة المرورية – الطلب المروري – سرعة المشاة – الحوادث – التأخر – وقت الرحلة – السرعة - زمن استيعاب واستجابة السائقين)

وهناك عوامل هامة تؤثر على قياس ودراسة الأمثلة السابقة يجب الإحاطة بها وتوصيفها عددياً أو وصفياً

Damascus University

دراسة تصميم المنشأة (Facility design studies)

الأعمال التي يقوم بها مهندس المرور عند دراسة تصميم المنشأة :

- يقوم مهندس المرور بتصميم منشأة النقل المقترحة من الناحية الوظيفية المرورية ومن النواحي الجيومترية (الهندسية) .
- يعتمد مهندس المرورعلى كودات التصميم المروري أثناء مرحلة التصميم ،لأنه يسعى دائما للحصول على منشأة تعمل بكفاءة وبسلامة وبمستوى خدمة عالية وبمردود مادي أمثلي
- يقوم بدارسة غزارات المرور لجميع مقاطع الطريق وتقاطعاته
- يقوم بتصميم خطوط النقل العام (انشاء حارات خاصة) مثل : حافلات و باصات و ميترو وترام
- يقوم بتصميم مواقف السيارات ومحطات تبادل أنظمة النقل المختلفة
- يقوم بدراسة تأثير المنحنيات على السعة المرورية وتأثير نسبة المركبات الثقيلة ومتطلباتها الجيومترية (الهندسية)

دراسة تقييم الأداء (Performance evaluation)

أهميتها : لتقيم خصائص أو عمليات لمقاطع محددة او منفصلة للمنشأة الطرقية

تقوم الدراسة على قياس جودة المنشأة بناءا على ما يعرف باسم مستوى الخدمة

(LOS: Level Of Service)

تتم دراسة تقيم الأداء بعد الانتهاء من تصميم المنشأة الطرقية وينبغي اجراء هذه الدراسات دورياً لمعرفة مدى تأثير العوامل الاجتماعية والاقتصادية والديموغرافية (التزايد السكاني) والتي تتغير كثيراً مع الزمن .

دراسة الأثر المروري (TIS: Traffic Impact Studies)

تهدف دراسة الأثر المروري إلى تقسيم الاثار الناتجة عن اقتراح بناء منشأة جديدة (فندق – سوق تجاري –مدرسة – جامعة ...) أو الأثار الناتجة عن تطوير البنى التحتية (انشاء طريق جديد - إضافة حارات مرورية - إضافة نفق أو جسر ...)

تشمل دراسة الأثر المروري على :

- توقع (تخمين) الطلب المروري المستقبلي وكيفية تخديمه
- تقدير التأثيرات المحتملة على التقاطعات والطرق المجاورة لمكان المنشأة الجديدة
- دراسة البدائل والاحتياطات التي يفترض اتباعها لمعالجة أي اثار سلبية متوقعة من الشبكة المجاورة

دراسة التحكم المروري (Traffic Control Studies)

تشمل هذه الدراسة تصميم أجهزة التحكم المروري من شاخصات ودهانات طرقية واشارات ضوئية (الشاخصات : هي الأعمدة التي توضع عليها الإعلانات أو قوانين السير)

يعتبر تصميم إشارات المرور الضوئية مجالاً تصميميا واسعاً يشتمل على :

- توقيت الإشارات
- حساب مستوى خدمة التقاطعات ومستوى خدمة أذراع هذه التقاطعات
- حساب مستوى خدمة كل حارة مرورية
- تخديم المشاة

في دراسة التحكم المروري نقوم بتصميم موجة خضراء بين عدة تقاطعات متتالية (يعني متل أوتستراد المزة)

إدارة المرور (Traffic Management)

أمثلة دراسة إدارة المرور :

- تحديد التعرفة المناسبة لأنظمة النقل العام والتي تؤدي لانخفاض استخدام المركبات الخاصة.
- تنظيم أنواع مواقف السيارات مثل : تشريع ومنع الوقوف في أماكن معينة وتسعيرة للوقوف في بعض الأماكن
- وسائل الاكتشاف المبكر للحوادث وسرعة وإسعاف المصابين وسرعة تنظيف الموقع
- تنظيم عمل ورشات الصيانة على الطرق
- إعلام السائقين بوجود حادث على الطريق مهم وتحويل المرور بالوقت المناسب
- أساليب الاخلاء المبكر لسكان الحي أو مدينة حال وجود كارثة معينة

دراسة السلامة المرورية (Safety Analysis Studies)

تتضمن دراسات السلامة المرورية على :

- كيفية تنظيم قواعد البيانات التي تحوي على البيانات التفصيلية بحوادث المدينة أو المنطقة أو الدولة
- رسم مخطط الحوادث باستخدام رموز اصطلاحية خاصة اعتمادا على معادلات رياضية و مناهج إحصائية (مخطط الحوادث : هو مخطط يوضح أنواع الحوادث الشائعة عند كل نقطة)

حيث تقوم السلامة المرورية باتخاذ الأساليب الوقائية للحد من الحوادث وإزالة مسبباتها وذلك عن طريق منح اجازات سوق للعوام ووضع القوانين والعقوبات وغيرها ..

دراسة الأثر البيئي (Environmental impact studies)

نقوم بدراسة أثر المشروع على البيئة المحيطة من خلال:

- الموارد الطبيعية المجاورة
- استملاك الأراضي
- الآثار الاجتماعية
- جودة ونقاوة الهواء
- مستوى الضجيج
- جودة ونقاوة المياه

حيث يقوم مهندس المرور بمناقشة الحالات السابقة ودراسة الغازات المنبعثة من السيارات ومن ثم يقوم باقتراح البدائل والأساليب للتخفيف من الأثر البيئي

دراسة الأثر الاقتصادي (Economical Impact Studies)

كثير من الدراسات تتطلب تقيم الجدوى الاقتصادية لمشاريع المرور والنقل ، مثل :

انشاء طريق ، اضافة حارات مرورية ، تطوير النقل العام ، تطوير العقد وغيرها ..

يأخذ المهندس بعين الاعتبار المدة القريبة والبعيدة معا والتغيرات الاقتصادية المتوقعة في المستقبل كما يطلب من المهندس دراسة الخسائر الاقتصادية الناتجة عن مشكلات مرورية مثل : الازدحام المروري بشكل عام ، انخفاض مستوى السلامة المرورية ، ارتفاع أسعار الوقود ، التوقيت السيء لإشارات المرور، انخفاض استعمال النقل العام.

رابعا: الاحصائيات المرورية وعلاقاتها بهندسة المرور

ظهرت هندسة المرور الحديثة وتطورت بشكلها الأوسع في كل من ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية, حيث بدأ هناك التطور الكبير لصناعة الآليات والعربات في عام (1913) وظهرت أول جمعية مختصة في هندسة المرور حيث أعطت التعريف التالي لهندسة المرور:

إنه الجزء من الهندسة المختص في التصميم والتخطيط الهندسي للطرق والشوارع وما يلحق بها بالإضافة لتنظيم حركة المرور لهدف خلق الظروف الآمنة والمريحة والاقتصادية لنقل الركاب والبضائع

ومما سبق نستنتج أن هندسة المرور تنتمي للعلوم التجريبية الإحصائية : اي ان معظم النظم والقوانين تم وضعها واستنتاجها نسبة إلى نتائج مراقبات ودراسات واحصائيات

أهمية الاختبارات والاحصائيات المرورية :

- التعرف على القوانين الناظمة للحركة
- توفير المعطيات اللازمة لتحليل متطلبات الحركة
- تقديم المعطيات اللازمة لتخطيط وتنظيم واستثمار شبكة النقل

الأمور التي تشملها دراسة الاحصائيات والاختبارات

- خصائص العربة ومستخدمي الطريق
- حجم المرور وتوزعه
- سعة الطريق وقدرات التعريف للتقاطعات
- حوادث السير
- غزارة وظروف حركة المرور
- المواقف
- آثار الحركة والسير على البيئة تقويم الأثر السلبي

خصائص العربات (طولها ، عرضها ، ارتفاعها ، التسارع ، التباطؤ) تحددها جهات خاصة وعلى مهندس المرور أخذ هذه الخصائص بعين الاعتبار أثناء مرحلة التصميم.

يتم معرفة حجم المرور وتركيبة وتوزعه وتغيره مع تغير الزمن عن طريق دراسة غزارة المرور (الإحصاء المروري) أو بواسطة طرق اخرى مختلفة ومتعددة.

أهداف اختيار مواقف العربات هي لتحديد استيعاب ساحات وقوف السيارات ودرجة استغلال هذه الساحات للوقوف وفيما اذا كانت بحاجة للمرآب الطابقية.

إن الغرض من اختبار مواقف العربات هو معرفة أماكن الحركة ويتم رسم مخطط يجدد نوع الحوادث وأسباب حدوثها والاستفادة منها في التصميم الهندسي الأفضل.

في تقويم الأثر البيئي يجب معرفة أثر شبكات النقل وتأثير العربات على البيئة كمثال : تلوث هواء – ضجيج .

خامسا: عناصر حركة المرور

الانسان هو المسبب الرئيسي للحوادث:

- التحليل الخاطئ للوضع المروري
- القرار الخاطئ أو المتأخر
- جهل الإمكانيات الفنية للعربة
- مخالفة أو تجاهل أو جهل قوانين السير

المراحل التي يمر بها السائق بالوضع المروري :

- مرحلة التنبيه للوضع المروري
- مرحلة تحليل الوضع المروري
- مرحلة تنفيذ القرار

القرار الناتج عن السائق يتعلق بحالته النفسية وردة فعله ويزداد رد الفعل هذا عن طريق القيادة لساعات طويلة وتختلف ردات الفعل ايضاً باختلاف العمر والحالة الصحية

تتم الإحصاءات في هندسة المرور

- حساب على المقاطع العرضية للطريق
- حساب تعدادات تيار المرور
- طريقة الاستجواب

الإحصاءات على المقاطع العرضية

المعلومات التي نحصل عليها من جراء الاحصائيات على المقاطع العرضية:

- معرفة غزارة المرور (عدد الأشخاص - عدد السيارات الخاصة - عدد وسائط النقل الجماعية – عدد الركاب الصاعدين والنازلين من وسائط النقل).
- معرفة تركيبة تيار المرور (معرفة أنواع المركبات التي تجتاز مقطع عرضي محدد أو معرفة عدد الركاب حسب تعرفة الركوب).
- معرفة نوع النقل حسب مخطط الغزارة الزمني (أسبوعي أو سنوي بالنسبة للركاب والبضائع).
- معرفة الحمولات على الطريق (تقدير الحمولات حسب عدد الشاحنات وحمولتها).

<u>الإجراءات الواجب القيام بها حتى نحسب الإحصاءات على المقاطع العرضية :</u>

- استمارات أو جداول توزع على سكان الحي.
- أجهزة عد يدوية يتم الضغط عليها مرة واحدة لكل واحدة قياس أو الضغط على ما يسمى بالكمبيوتر الصغير بحيث يتم الضغط على زر معين حسب نوع كل وحدة مقاسة.

تعدادات تيار المرور

تتضمن دراسة تعدادات تيار المرور

- منشأ الرحلة ومقصدها وزمن الرحلة
- الهدف من تغير المكان (الانتقال أو هدف الرحلة)
- واسطة النقل المستخدمة.
- تركيبة النقل (وسائط النقل وتعرفات النقل).
- مخططات الغزارة مع الزمن
- المسار المختار
- مصفوفة النقل (الداخل والخارج)
- توزيع الحمولات على المسارات (حمولة الشبكة)
- معلومات عن (العادات النقلية - اختيار واسطة النقل الحركية - التركيبة الاجتماعية والتوزع الديموغرافي)

حساب تعدادات تيار المرور

1- يتم عن طريق إعطاء بطاقة أو رسالة حيث يعطى الشخص أو سائق السيارة في نقطة محددة بطاقة عد أو رسالة وتسلم هذه الرسالة أو البطاقة في نقطة عد أخرى، ويمكن أن تعطى السيارات بطاقات بألوان مختلفة أو نماذج مختلفة أو بمعلومات مختلفة ومن جراء ذلك يمكن أن يحصل العداد على معلومات مختلفة عن منشأ الحركة أو مقصد الحركة كما يمكن أن يحصل على زمن الرحلة وهذه الطريقة تخدم المناطق الصغيرة وقلما يستخدمها الإنسان حاليا.

2- إشارات التعريف للسيارات : وضع فيديو أو كاميرا تصوير تصور السيارات بأرقامها في مقطع معين وتشاهد السيارات (التي تعرف بأرقامها وإشاراتها عندما تعبر في المقطع الأخر) ويسجل زمن عبور السيارات من المقطع الأول والمقطع المدروس الآخر.

إن الطريقة الثانية ملائمة جدا إذا كان المطلوب معرفة الحركة حسب المنشأ والمقصد أو الحركة العابرة وزمن الرحلة اللازم في منطقة محددة أو محصورة (ضمن خلية نقل محددة) كما أنها جيدة إذا كنا نريد الإحصاءات في قسم محدد من الشبكة (في مقطع أو على محور أو طريق ما أو في شبكة ما)

ضمن حركة النقل الداخلي لا نستخدم هذه الطريقة (تعدادات تيار المرور) كثيرا لارتفاع تكاليفها وبالتالي نقوم باللجوء إلى (طريقة الاستجواب) الأكثر انتشارا

طريقة الاستجواب

يتم الاستجواب شفوي أو كتابي (في المنطقة ذاتها أو خارجها يعني مثلا في مكان العمل أو في المنزل أو في الشارع أو في واسطة النقل) ويمكن إعداد استمارات لهذه الغاية تحوي على كافة المعلومات المطلوبة.

أفكار عامة حول طرائق الاستجواب الشفوي والكتابي:

- من خلال المقابلات الشفوية في واسطة النقل تجري المقابلات بشكل مباشر وهذا لا يؤثر على تدفق واستمرار النقل.
- إن طريقة المقابلات الشفوية في الشوارع ملائمة لمعرفة منشأ ومقصد الرحلات.
- إن المقابلات الكتابية في مجال الطريق أو الشارع تتم بتوزيع استمارات ويتطلب ذلك من مستخدمي الطريق أو الشارع الوقوف وهذا يعيق السير بشكل كبير وهنا يمكن ملء الاستمارات من قبل مستخدمي الطريق وإرسالها عبر البريد أو الفاكس للجهة صاحبة التعداد.
- الاستجوابات الكتابية خارج مجال الشارع تتم بإرسال استمارات تحوي على أسئلة محددة يطلب فيها من بعض الناس إملاؤها في منازلهم وإرسالها إلى مكتب خاص.
- الاستجوابات الشفوية خارج مجال الشارع (أو ما يسمى بالمقابلات التي تحصل في المنازل أو أماكن العمل) يتم من خلالها إرسال بعض الأشخاص إلى مواقع محددة وإختيار أشخاص معينين لمقابلتهم وسؤالهم عن الرحلات التي قاموا بها في اليوم السابق (عدد الرحلات التي قاموا بها - دخل الأسرة - مقدار العبء المالي المصروف على النقل - عدد الأشخاص- مجموع الدخل).

جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

تقدير كميات النقل المستقبلية

المحاضرة الثانية

تقدير كميات النقل المستقبلية

التقدير الصحيح والدقيق لكميات النقل المستقبلية هو العامل الحاسم في تصميم وتخطيط مشاريع النقل في مجالات (السكك الحديدية – الطرق - تصميم المطارات)

يبرز بشكل خاص في المشاريع أو الخطط البعيدة المدى

ويمكن القول إن المبرر الأساسي لإنشاء مشروع ما أو تحسين نوعية نقل ما هو كميات النقل (الغزارات) التي يقوم المشروع بتمريرها .

النماذج (الموديلات) الرياضية التي نستخدمها في تقدير كميات النقل المستقبلية :

1) نماذج المرور ذات المستويات الأربعة (Traffic Models) : تسمى أيضا بالنماذج التقليدية وتستخدم في البلدان النامية .
2) نماذج السلوك الفردي : وهي أدق هذه النماذج وتحتاج إلى معلومات حساسة من المواطنين كمعرفة (الدخل – المصروف – قيمة الحساب بالبنك) لذلك فهي قليلة الاستخدام .
3) النماذج الاقتصادية (Economic demand Models) : التي تعتمد على العلاقة المتبادلة بين العرض والطلب وتحتاج إلى قاعدة بيانات كبيرة وتعتمد في حلها على قانون هوك.

نماذج المرور ذات المستويات الأربعة :

أقسام نماذج المرور ذات المستويات الأربعة (النماذج التقليدية) :

1) توليد الحركة (Trip Generation)
2) توزيع الحركة على الخلايا (Trip Distribution)
3) توزيع الحركة على وسائط النقل (Model - Split)
4) توزيع الحركة على المسارات (Rout Assignment)

Damascus University

تتألف النماذج التقليدية من أربع موديلات متتابعة وغير مترابطة فيما بينها وتحتوي على 4 قرارات منفصلة حيث يتم الإجابة على (4) أسئلة:

1) قرار الاشتراك في المرور أو النقل بهدف معين
2) اختيار المقصد الذي تتجه إليه الرحلة
3) اختيار وسيلة النقل لتنفيذ هذه الرحلة
4) اختيار المسار المتتبع بين المنطلق والمستقر

لهذا النوع من النماذج فإن نتيجة كل خطوة تأتي وتعطي الخطوة الثانية بمعنى آخر إن (Output) للمرحلة الأولى هي (Input) للمرحلة الثانية

تعتمد كل خطوة من الخطوات السابقة على التغيرات الاجتماعية والاقتصادية وعلى أنظمة النقل الموجودة ضمن المنطقة التي ندرسها

توليد الحركة (Trip Generation) :

المطلوب هنا تقدير كميات النقل (عدد الركاب و عدد الرحلات و البضائع) وذلك من خلايا (مناطق صغيرة) المنشأ Q_i أو خلايا (مناطق صغيرة) المقصد وكمية النقل لكل خلية (Traffic Zone)

فكرة الخلايا : يتم تقسيم المنطقة المراد دراستها مثلا (دمشق) إلى خلايا (المهاجرين ، دمر ، الميدان....) وذلك ليتم حساب الإحصاءات والتعدادات السكانية على أساسها

تتعلق كميات النقل (حركة الركاب) بشكل رئيسي بالحقائق الاجتماعية والاقتصادية لكل خلية واحداثيات هذه الخلية في حال كانت قريبة على مركز المدينة أو كانت ضمن مركز أو نواة المدينة أو خارجها

الحقائق الاجتماعية و الاقتصادية مثل : عدد السكان – الأعمار – مكان العمل – ملكية السيارة الخاصة.

خصائص استخدام المساحات: عدد السكان - كثافة العمالة الاجتماعية - التوسع العمراني المستقبلي – المساحة المبنية أو مازالت قيد البناء

إن تولد الحركة يتطلب معرفة التغيرات المستقبلية للعوامل التالية :

1) التطور الديموغرافي للسكان (عدد السكان المستقبلي).
2) تطور ملكية السيارة الخاصة (تزايد السيارات الخاصة بالمستقبل ؟).
3) تطور وسائل النقل وشبكات النقل والخدمات .....الخ

يمكن أن نعبر بالتوابع والعلاقات التالية عن كمية النقل المستقبلية (V) لخلية نقل معينة والمنطقة المدروسة كتابع للحقائق الاستيطانية - الاجتماعية (S) والموقع الجغرافي (L) وذلك بالنسبة لكمية حركة المنشأ (Q) لخلية النقل (i) وحركة المقصد (Z) لخلية النقل (j)

$$V = f(S, L)$$

$$Q_i = f(S_{Qi}, L_{Qi}) \qquad Z_j = f(S_{Zj}, L_{Zj})$$

هذا الموديل يمثل علاقة خطية لها الشكل التالي : V=a*x

(V) كمية النقل المستقبلية

(x) قيمة محددة (عدد السكان – العمالة الاجتماعية حسب القطاعات –ملكية السيارات الخاصة)

(a) عامل أو معيار ... يمكن أن يكون عامل الحركية (Mobility)

يتم حساب توليد الحركة بإحدى الحالتين :

الحالة الأولى : عامل تزايد محدد

$$Q_i^{(e)} = \frac{E_i^{(e)}}{E_i^{(a)}} + \frac{M_i^{(e)}}{M_i^{(a)}} + \frac{N_i^{(e)}}{N_i^{(a)}} * Q_i^{(a)}$$

$$Z_j^{(e)} = \frac{B_i^{(e)}}{B_i^{(a)}} + \frac{M_i^{(e)}}{M_i^{(a)}} + \frac{N_i^{(e)}}{N_i^{(a)}} * Z_i^{(a)}$$

E : عدد السكان

M : ملكية السيارات الخاصة

N : استخدام السيارات الخاصة في النقل

B : الحالة الاجتماعية

ويمكن التعبير عن ذلك بالعلاقة ..

$$V^{(e)} = f * V^{(a)}$$

$$Q^{(e)} = q_i * Q_i^{(a)} \quad , \quad Z_j^{(e)} = z_j * Z_j^{(a)}$$

V : كمية النقل $V^{(e)}$: المستقبلية $V^{(a)}$: الحالية

f : عامل تزايد كميات النقل

Q_i : كمية النقل حسب المنشأ $Q_i^{(e)}$: المستقبلية $Q_i^{(a)}$: الحالية

q_i : عامل تزايد كميات النقل حسب المنشأ

Z_j : كمية النقل حسب المقصد $Z_j^{(e)}$: المستقبلية $Z_j^{(a)}$: الحالية

z_i : عامل تزايد كميات النقل حسب المقصد

وبالتالي فإن عوامل التزايد تعطى بالعلاقات التالية :

$$f = \frac{V^{(e)}}{V^{(a)}} \quad , \quad q_i = \frac{Q_i^{(e)}}{Q_i^{(a)}} \quad , \quad z_i = \frac{Z_i^{(e)}}{Z_j^{(a)}}$$

الحالة الثانية : حسب التحليل التراجعي

ويتم حسابها مباشرة من العوامل المؤثرة على بشكل افرادي مباشر

$$Q_i^{(e)} = b_0 + b_1 * E_i + b_2 * B_i^{(e)} + b_3 * M_i^{(e)}$$

$$Z_j^{(e)} = c_0 + c_1 * E_j^{(e)} + c_2 * B_j^{(e)} + c_3 * M_j^{(e)}$$

ثوابت يجب تحديدها ... : $c_3 , c_2 , c_1 , c_0 , b_3 , b_2 , b_1 , b_0$

توزيع الحركة على الخلايا (Trip Distribution)

هي تحديد نصيب كل خلية من خلايا النقل الاخرى (عدا النقل التي تم حساب كمية النقل) التي تنطلق منها كمية النقل المحسوبة هذه (حسب الخطوة الأولى "توليد كمية الحركة")

إن (Output) لمرحلة توليد الحركة هي (Input) لمرحة توزيع حركة النقل على الخلايا

- في مرحلة توزيع الحركة على الخلايا يجب أن يتحقق :

إن التنقلات الصادرة من (i) المنشأ إلى الخلايا (j) لأكثر من منطقة يجب أن تساوي المنشأ الكلي (Qi) الصادر من الخلية (i)

النماذج المعتمدة لحساب توزع كمية الحركة على الخلايا

1- نموذج التجاذب المقيد (Constrined Gravity Model)

إن هذا القانون يعتمد على مبدأ نيوتن

$$F = K * \frac{m_1 * m_2}{r^2}$$

حيث : F : مقدار القوة بين الكتلتين

m_1 , m_2 : الكتلة الأولى والثانية

K : عامل التجاذب بين الكتلتين

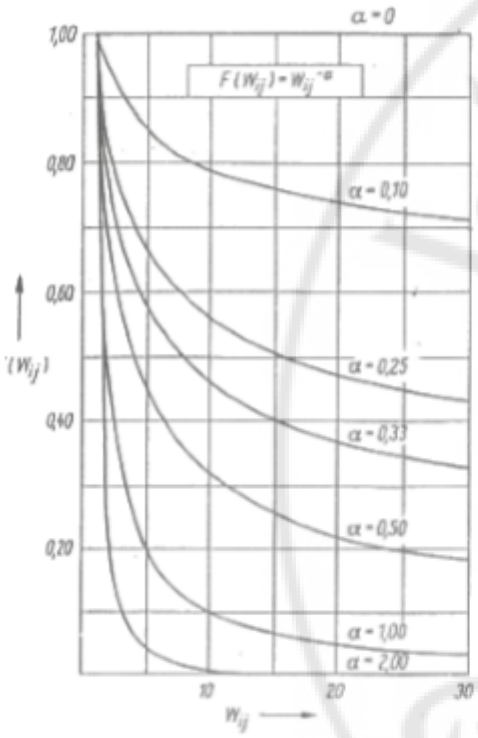
كذلك ينطبق هذا القانون "قانون نيوتن" على كمية النقل بين الخليتين (كمية النقل الحاصلة بين الخليتين) وتفصل بينهما مسافة محددة

الشكل الأول لكتابة المعادلة حسب مبدأ نيوتن

m_1 : الكتلة الأولى نستبدلها بـ Q_i : كمية النقل حسب المنشأ

m_2 : الكتلة الثانية نستبدلها بـ Z_j : كمية النقل حسب المقصد

الشكل الثاني لكتابة المعادلة حسب مبدأ نيوتن



$$F_{ij} = K_{ij} * \frac{E_i * E_j}{W_{ij}^{(\alpha)}}$$

$$F_{ij} = K_{ij} * \frac{(E_i + P * A_i) * (E_j + P * A_j)}{W_{ij}^{(\alpha)}}$$

F_{ij} : عدد الرحلات الصادرة من الخلية i والمسقرة في الخلية j

E : عدد السكان حسب الخلية

A : عدد أمكنة العمل حسب الخلية

W_{ij} : تابع يعبر عن المقاومة لقوة الجذب بين الخليتين i & j ويمكن أن يعبر عن المسافة بين مركزي خليتي النقل i & j

P , K_{ij} , α : عوامل متعلقة بالبنى (الاجتماعية و الاستيطانية و شبكات النقل)

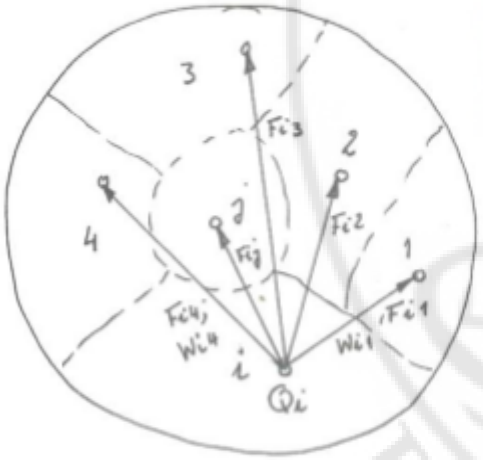
الشكل الثالث والعام لكتابة المعادلة حسب مبدأ نيوتن

$$F_{ij} = K_{ij} * \frac{X_i^{(\beta)} * Y_j^{(\gamma)}}{f(W_{ij})^{(\alpha)}}$$

X_i : قيمة تعبر عن قدرة انبثاق الحركة أو النقل من الخلية i

y_j : قيمة تعبر عن جاذبية الخلية j لاستقطاب حركة النقل و المرور من الخلية i

α , β , γ : متغيرات K_{ij} : عامل



وبالنهاية يجب أن تتحقق العلاقة التالية ...

$$Q_i = \sum F_{i\,j}$$

$$\Longrightarrow \quad Q_i = F_{i\,1} + F_{i\,2} + F_{i\,3} + F_{i\,4} + \cdots$$

أيّ : المنشأ الكلي الصادر من i = المنشأ المتجه من i إلى 1 + المنشأ المتجه من i إلى 2 + ... الخ

إن قيمة العامل α تتغير بشكل متباين حسب الغرض المستخدمة من أجله

يمكن أن نحدد قيمة α حسب المسافات والزمن

$\alpha = 0.0 \rightarrow 0.5$ (للمدن الصغير)

$\alpha = 0.5 \rightarrow 1.5$ (للمدن الكبيرة)

$\alpha = 1.5 \rightarrow 3.0$ (الأقاليم التي تحوي المدن و الضواحي)

وممكن أن ترتبط قيمة α بحسب موقع المنطقة ...

$\alpha = 0.5 \rightarrow 1.2$ (ضمن مركز المدينة)

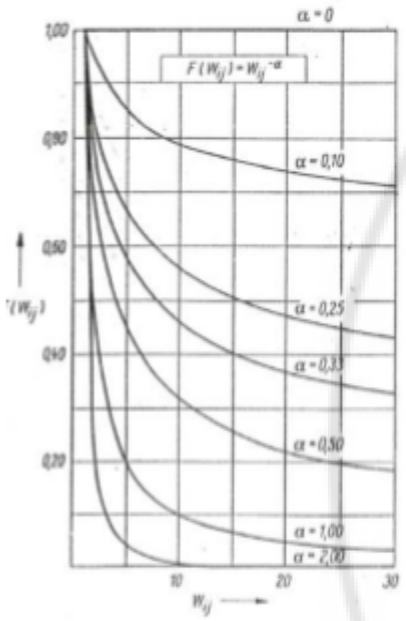
$\alpha = 0.8 \rightarrow 1.9$ (المناطق المحيطة بمركز المدينة)

$\alpha = 1.7 \rightarrow 2.3$ (المناطق المحيطة حتى $30\ km$)

$\alpha = 2.0 \rightarrow 3.0$ (المناطق المحيطة التي تبعد أكثر من $30\ km$)

غالباً بالمسائل ما نأخذ قيمة α بشكل وسطي لوسائط النقل الجماعي

$\alpha = 1.5 \rightarrow 2.0$



2- نموذج الفرص (Opportunity Model)

هذا النوع من الموديلات كان قد تطور في الخمسينات أو الستينات في الولايات المتحدة الأمريكية وحسب هذا النوع من النماذج يبحث عن الأهداف القريبة إذا كانت ذات جاذبية كافية ويبحث عن الهدف في مناطق أبعد إذا لم يتحقق ذلك في المناطق القريبة .

تعطى العلاقة الرياضية لهذا الموديل ...

$$F_{ij} = Q_i * P_{ij}$$

Q_i : كمية النقل المنبثقة من الخلية i

P_{ij} : احتمال انتهاء مسار منطلق من الخلية i إلى الخلية j ويُعطى بالعلاقة التالية

$$P_{ij} = 1 - e^{-L*Z}$$

L : متغير حسب نظام النقل (لكن L ثابت لكل خلية نقل ولكنه متغير حسب غرض الرحلة)

Z : عدد الأهداف القريبة المحيطة بخلية النقل i

العيب في طريقة نموذج الفرص هي أنه لا يحسب الزمن اللازم للقيام برحلة بين المناطق القريبة وانما يأخذ بعين الاعتبار المسافة فقط

3- نموذج عامل التزايد (Growth Factor Model)

يعبر عنها بالعلاقة ...

$$F_{ij}^{(P)} = f * F_{ij}^{(A)}$$

$F_{ij}^{(P)}$: كمية النقل المستقبلية (كمثال عدد الركاب)

$F_{ij}^{(A)}$: كمية النقل الحالية (الفعلية)

f : عامل يُطلب تحديده ...

طريقة تحديد العامل f تتم بأحدى الطرق التالية :

أولا : طريقة فراتار (Fratar - Method)

هذه الطريقة تعتمد على ارتباط عامل المنشأ وعامل المقصد بعملية جداء ، وذلك بأخذ عامل التزايد الكلي بعين الاعتبار

$$F_{ij}^{(P)} = \frac{q_i * z_j}{f_i} * F_{ij}^{(A)}$$

حيث

$$q_i = \frac{Q_i^{(P:\text{مستقبلي})}}{Q_i^{(A:\text{حالي})}} \quad , \quad z_j = \frac{Z_i^{(P:\text{مستقبلي})}}{Z_i^{(A:\text{حالي})}}$$

$$f_i = \frac{\sum_j F_{ij}^{(A)} * z_j}{\sum_j F_{ij}^{(A)}}$$

عندها تكون الشروط المحيطة

$$\sum_j F_{ij}^{(P)} = Q_i^{(P)}$$

وفي حال تحقق الشروط

$$\sum F_{ij}^{(P)} = Z_j^{(P)}$$

فيجب حساب العوامل بشكل تقريبي لهذا فإن معرفة كمية النقل في المنشأ والمقصد ضرورية على مستوى منطقة النقل وبالتالي يجب افتراض بعض القيم والإحصاءات وهذا يشكل أحد عيوب هذه الطريقة

ثانيا : طريقة التزايد بعامل وسطي

$$F_{ij}^{(P)} = \frac{f_i + f_j}{2} * F_{ij}^{(A)}$$

$$f_i = \frac{Q_i^{(P)}}{Q_i((A))} \quad , \quad f_j = \frac{Z_j^{(P)}}{Z_j^{(A)}}$$

ثالثا : طريقة التزايد بعوامل متساوية

هذه الطريقة تعتبر أن جميع العلاقات والمسارات ترتبط بين خلايا أو مناطق النقل لها نصيب واحد من التزايد الذي سوف يحصل وان عامل التزايد هذا هو عبارة عن النسبة بين كمية النقل المستقبلية وكمية النقل في الحاضر

عيوب هذه الطريقة خاصة على المدى البعيد وذلك لعدم أخذ عوامل كثيرة بعين الاعتبار أهمها:

1) الاختلاف في تطور استغلال المساحات بين المناطق الجغرافية .
2) التغير الذي يحصل في مرافق النقل والمواصلات.
3) المناطق الجغرافية ذات كثافة النقل العالية وخصوصا المناطق السكنية الجديدة والمناطق الصناعية الجديدة

أي بمعنى أخر لشرح المساوئ لهذه الطريقة "المسارات التي لا يوجد عليها نقل في الحاضر $F_{ij} = 0$ فسوف تبقى حسب هذه الطريقة مساوية للصفر في المستقبل وهذا غير مطابق للحقيقة"

توزيع الحركة على وسائط النقل (Model - Split)

هي إيجاد نصيب كل وسيلة من وسائل النقل من الحركة الحاصلة بين كل خليتي نقل والمحسوبة في الخطوة السابقة "توزيع الحركة على الخلايا"

هذه المرحلة يمكننا حساب عدد الرحلات أو عدد الركاب الذين انتقلوا من خلية إلى أخرى بإحدى وسائل النقل التالية :

1) وسائل النقل الخاصة.
2) وسائل النقل الجماعية.
3) باستخدام العجلات كالدراجات النارية والعادية (إن وجدت).
4) المشاة (في حال كانت المسافات قريبة).

نصيب وسيلة النقل من النقل الجماعي يتعلق بعوامل منها (دقة النظام التنقل – سرعته – أمانه – راحته - تكلفته ....الخ) وأيضا يتعلق بعوامل تتعلق بالمسافر نفسه (دخلة - حالته الاجتماعية والاقتصادية – وظيفته – توفر وسيلة النقل - العمر ..... الخ)

يوجد ثلاث طرق لتوزيع الحركة على وسائط النقل

Trip – End - Model -1

تعتبر مواصفات الخلية وموقعها هي الأساس في توزيع كمية النقل في المنشأ والمقصد وتسقط الاعتبارات التي تأخذ العلاقات بين المناطق الجغرافية وعليه فإن نصيب كل وسيلة نقل تابع فقط لصفات خلية النقل وهذا يشكل عبئا كبيرا في هذه الطريقة

Model Split = f (صفات خلية النقل)

Trip – Unterchang - Model -2

هذه الطريقة تأخذ نوعية الخدمة المقدمة من كل نظام وتأخذ أيضا خطوات تغير عوامل الرحلة والأمان

Model Split = f (صفات خلية النقل + صفات نظام النقل)

العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار أثناء اختيار وسائل النقل:

أ- عوامل الجودة : - الأزمان الجانبية : زمن الانتظار – زمن الوصول إل المحطة

- زمن الرحلة : زمن اللازم لقطع المسافة بين خلايا النقل + زمن الخدمات

- كلفة الرحلة

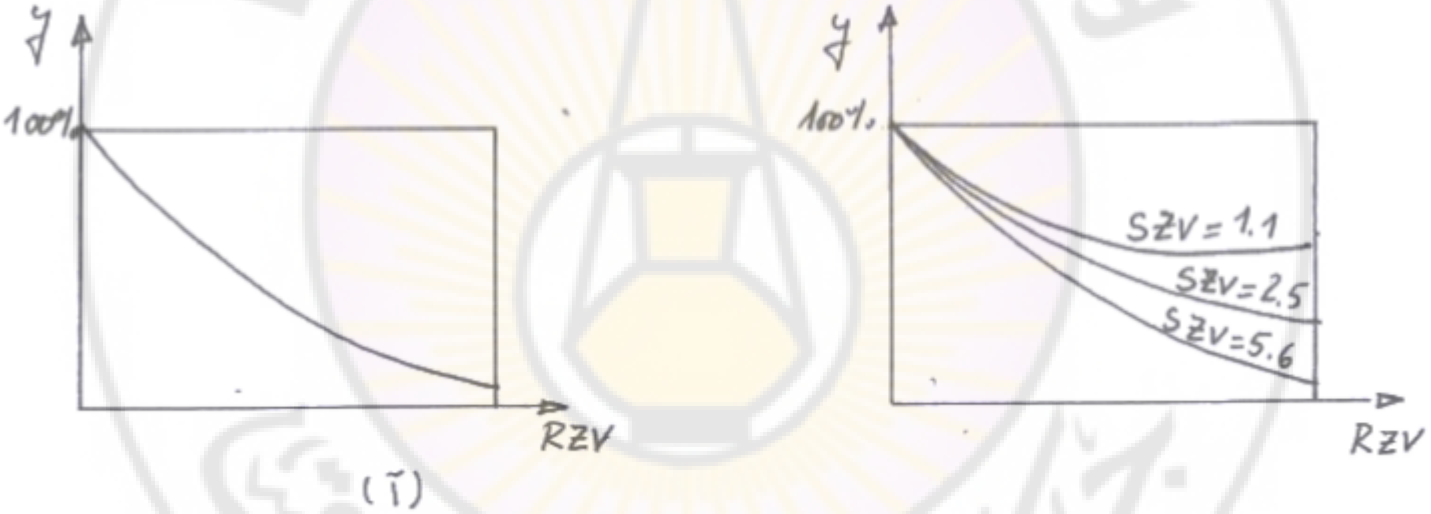
ب- الحقائق الاستيطانية للخلايا i & j (عدد السكان – معدل الدخل الفردي – ملكية اليارة الخاصة – نسبة العمالة وكثافتها)

ت- الهدف من الرحلة (رحلة عمل – رحة خاصة ترفيهية – زيارة)

يمكن حساب نصيب كل وسية نقل حسب :

أ- نسبة أزمان الرحلات بين وسائط النقل ...

$$RZV = \frac{\text{زمن الرحلة بوسائل النقل الجماعي (باص)}}{\text{زمن الرحلة بوسائل النقل الخاصة (سيارة)}}$$



y : هي نصيب وسائل النقل الجماعية من مجموع كميات النقل كنسبة مئوية

ب- حسب أزمان الرحلات RZV وأزمان الخدمة SZV

ت- يمكن أن تُحسب حسب علاقة التحليل التراجعي مع أخذ عوامل متعددة بعين الاعتبار مثل :
الكثافة السكانية – الدخل – هدف الرحلة – نسب أزمان الرحلات – كثافة العمالة ....الخ

Groth – Factor - Method -3

حسب هذه الطريقة تبقى نسبة نظم النقل المختلفة ثابتة وبالتالي تحسب كميات النقل في كل نظام بضربها بعامل تزايد محدد فنحصل بذلك على كمية النقل المستقبلية في النظام المدروس وقد تكون هذه الطريقة كافية في البلدان النامية في التوقعات المستقبلية قريبة الأمد .... مالم يحصل هناك تغيرات كبيرة

توزيع الحركة على المسارات (Rout Assignment)

من خلال توزيع الحركة على المسارات يمكن إيجاد غزارات أو الحمولات على كل جزء من أجزاء الشبكة وذلك في كل المسارات التي ترتبط بين خلايا النقل.

إن نتائج الحركة على الممرات تفيدنا في تقويم الشبكة وفي تخطيط شبكات النقل وحسابها وتصميمها

إن إختيار المسار الأمثل يتعلق بشكل كبير بالزمن اللازم للوصول من الخلية (i) إلى الخلية (j) في حال وجود عدة مسارات ممكنة مختلفة .

طرق توزيع الحركة على المسارات :

1) طريقة المسار الأمثل
2) طريقة كيرشوف
3) طريقة المسارات المتعددة

1- طريقة المسار الأمثل

هذه الطريقة تفترض أن الرحلات القائمة بين منطقتين جغرافيتين تحدث على المسار الذي يستغرق أقل زمنا وليس من الصعوبة ايجاد هذا الطريق الذي يعتمد على الزمن وبالتالي فإن المسارات الأخرى التي قد تربط بين هاتين الخليتين تبقى حسب هذا الطريق خالية من وسائط النقل

2- طريقة كيرشوف Kirch hoff

إن توزيع حجم النقل الكلي على المسارات الواصلة بين (i-j) يتم بالعلاقات التالية

$$F_{ij}^{(R)} = F_{ij} * \frac{\left[\frac{1}{W_{ij}^{(R)}}\right]^{(\beta)}}{\sum_R \left[\frac{1}{W_{ij}^{(R)}}\right]^{(\beta)}}$$

$W_{ij}^{(R)}$: قيمة مقاومة الممر R ,وهو الزمن الازم لإنجاز هذا المسار الذي يصل بين $i\&j$

β : أُس

عيوب هذه الطريقة

1) اجراء عمليات الحساب طويلة
2) صعوبة تقدير كمية الأس B

3- طريقة المسارات المتعددة

يتم توزيع الحركة على خلايا متعددة

الخطوة الأولى : يتم إختيار المسارات المثلى (الأفضل) بين خلايا النقل مع الأخذ بعين الإعتبار المقاومات المفترضة لهذه المسارات

الخطوة الثانية : نعتبر أن هذه المقاومات هي حمولات صغيرة ويتم توزيعها حسب عوامل احتمالية عشوائية

الخطوة الثالثة : نعود لاختيار مسارات أخرى مثلى من جديد

الخطوة الرابعة : نكرر العمليات السابقة حسب عدد المسارات حتى يتم توزيع النقل على كافة المسالك التي تصل بين الخليتين

إن طريقة المسارات المتعددة تأخذ بعين الاعتبار في كل توزع جديد للمقاومات الإضافية التي تحصل بإزدياد كثافة السير على مسار معين مما يقلل احتمال اختيار هذا المسلك وهذا يقتضي لمعرفة قدرات التمرير على كافة المسالك

ملخص سريع :

نموذج المستويات الأربعة
توليد الحركة
حساب Q_i , Z_i بإستخدام علاقات خطية
توزيع الحركة على الخلايا
حساب $F_{i\,j}$ باستخدام قانون نيوتن
توزيع الحركة على وسائل النقل
حساب $F_{i\,j_a}$ وإن الزمن مهم جداً في هذه المرحلة
توزيع الحركة المسارات
المسار الأمثل – كيرشوف –المسارات المتعددة

جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

المبادئ الأساسية لحركة تيارات المرور

المحاضرة الثالثة

أولا: تعاريف وعوامل أساسية

1- الفواصل الزمنية t[s]

الفاصل الزمني : الزمن الفاصل بين عبور عربتين متتاليتين مقطعا معينا، وتقاس بواحدة الزمن (الثانية)

مثال:

إذا كان لدينا مقطع عرضي في شارع ما، وكان هناك سيارتين متتاليتين تسيران على هذا الشارع، فإن الفاصلة الزمنية تعبر عن الزمن الذي انقضى منذ لحظة قطع السيارة الأولى للمقطع العرضي إلى لحظة وصول السيارة التالية.

يمكن أن ينتظر الإنسان دقيقة او دقيقتين أو دقيقة ونصف على إشارة المرور كأقصى حد ممكن وذلك نتيجة الدراسات النفسية والاحصائية، ثم بعد هذه الفترة من الممكن ان تبدأ الحالة العصبية ومن الممكن ان يحدث بعض الحوادث نتيجة هذه الحالة النفسية، لذلك حاولوا دائما أن يطوروا هذا الأمر بشيء اسمه أنظمة النقل الذكي والتي تعطي مؤشر على اقتراب انتهاء فترة الإشارة الحمراء (الديجتال الرقمي) والتي تساعد نفسيا بتهدئة السائق.

أنواع الفواصل الزمنية:

فاصل زمني قائم - فاصل زمني صافي

1- الفاصل الزمني القائم :

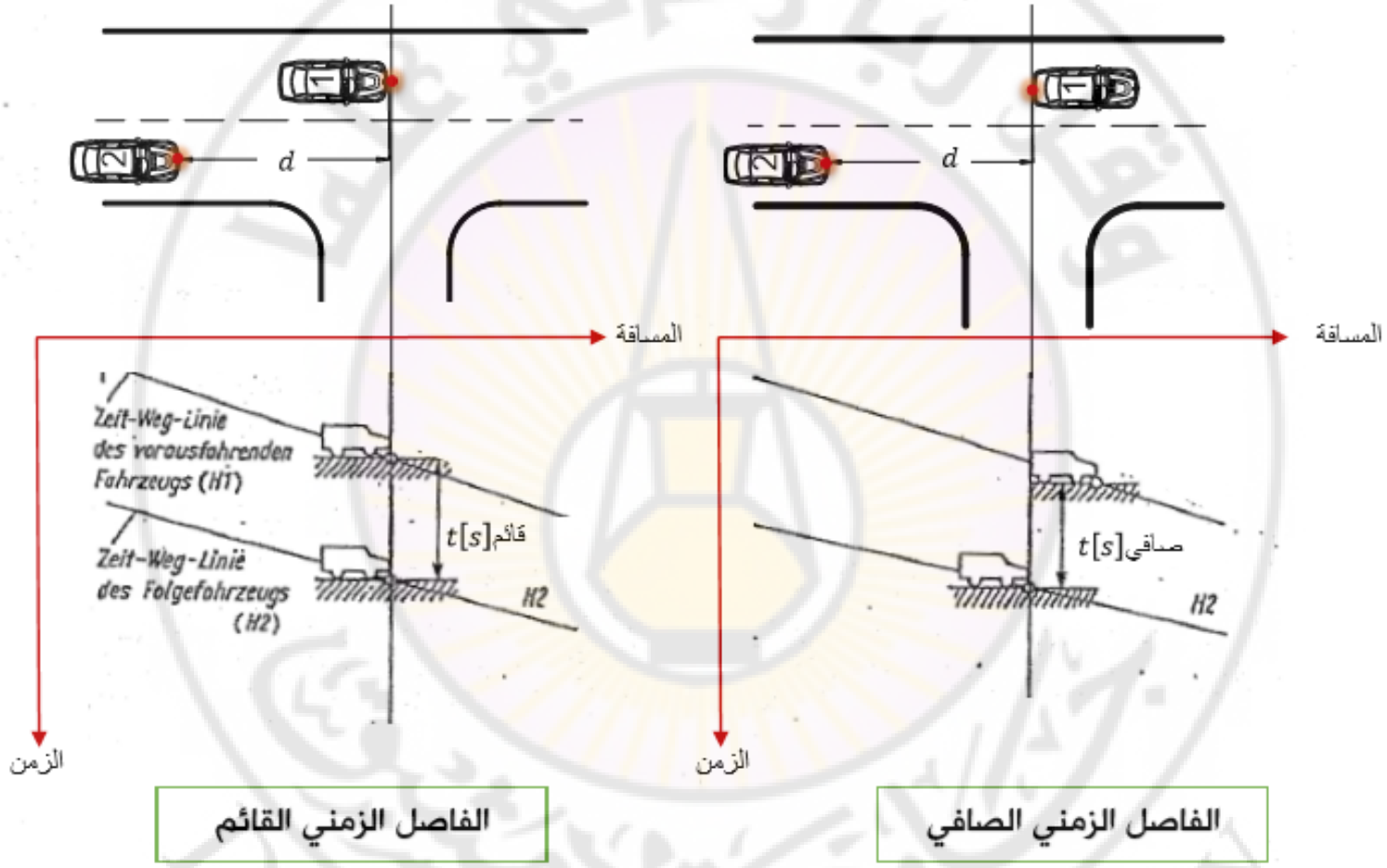
وهو الزمن الفاصل بين مرور عربتين متتاليتين مأخوذا بالنسبة لنقطة اعتبارية ثابتة ومحددة (بداية ونهاية كل من العربتين المتتاليتين).

مثال عن الفاصل الزمني القائم : الصورة اليسارية الزمن اللازم لمرور المسافة من بداية السيارة الأولى إلى بداية السيارة الثانية تبعا لمقطع معين والذي يعد اهم من الفاصل الزمني الصافي ، حيث في حال تم ذكر الفاصل الزمني فقط فإنه يقصد الفاصل الزمني القائم.

2- الفاصل الزمني الصافي:

وهو الزمن الفاصل بين مرور عربتين متتاليتين مأخوذا بين زمن مرور نهاية العربة الأولى وزمن وصول بداية العربة التالية في المقطع المدروس.

مثال عن الفاصل الزمني الصافي : الصورة اليمنى، يعتبر الفاصل الزمني الصافي هو الزمن اللازم لمرور المسافة من نهاية السيارة الأولى إلى بداية السيارة التالية


1
2
d
المسافة
Zeit-Weg-Linie
des vorausfahrenden
Fahrzeugs (H1)
Zeit-Weg-Linie
des Folgefahrzeugs
(H2)
t[s] قائم
H2
الزمن
الفاصل الزمني القائم
1
2
d
المسافة
t[s] صافي
H2
الزمن
الفاصل الزمني الصافي

هذه الفواصل الزمنية ليست ثابتة ، أي ليس كل المركبات تتبع هذه الفواصل ، لذلك نقول أن هنالك توزع يسمى توزع بواسون.

توزع بواسون

هو تابع أسي سالب، أي أسي مرفوع إلى أس سالب، يعبرعن توزع الفواصل الزمنية أو التدفقات التي تمر عبر الطريق. نلاحظ أن الفرق بين الفاصل الزمني القائم والفاصل الزمني الصافي هو زمن المسافة التي يبلغ طول المركبة (عادة 6 متر وسطيا).

الفواصل الفراغية (فواصل المسافات) s[m]

هي المسافة الفاصلة بين مرور نقطتين اعتباريتين محددتين لمركبتين متتابعتين من تيار مرور معين أثناء عبورها مقطع عرضي مدروس وهنا لدينا ما يسمى :

1) المسافة الفاصلة القائمة
2) المسافة الفاصلة الصافية

2- غزارة المرور Q[kfs/h] M[kfs/h] q[kfs/s]

غزارة المرور : هي التي تعبر عن الحمولات وتُقدر بعدد المركبات من تيار مروري يجتاز مقطعاً عرضيّا محدّداً خلال واحدة الزمن:

$$Q\,[kfz\ /\ h] = \frac{N\,[k\ /\ z]}{T\,[h]} \quad \text{أو} \quad M = \frac{N}{T} \quad \text{أو} \quad q = \frac{N}{3600}$$

الغزارة هي الأساس التي تتركز عليه عملية تصميم الطريق لأنها تعطينا درجة تصميم الطريق وبالتالي يمكننا معرفة السرعة التصميمية والتي من خلالها نستطيع تصميم الطريق.

3- كثافة المرور $D[kfz/km]$ $k[kfz/m]$ $k[kfz/m]$

كثافة المرور : هي عدد العربات في تيار مروري الموجودة في واحدة المسافة $[m]$ أو $[km]$ في زمن محدد.

يتم حساب الكثافة :

بأخذ صورة بـ كميرة ونعد السيارات في مسافة محددة (ولتكن 100 m مثلا) وذلك ضمن فترة معينة (فترة الظهر مثلا).

4- السرعة $V[km/h]$ $V[m/s]$

v : السرعة $[km/h]\ OR\ [m/s]$

S : المسافة $[km]\ OR\ [m]$

T : الزمن $[hour]\ OR\ [munite]$

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T}$$

منحني السرعة أو مخطط السرعة لعربة ما : هو عبارة عن تغير سرعة هذه العربة مع الزمن (تغير السرعة مع الزمن)

بروفايل السرعة لعربة ما : وهو تغير السرعة على الطريق المدروس (أي تغير السرعة مع المسافة).

أنواع السرعات:

السرعة الموضعية (المحلية): أي ان المسافة ثابتة وخلال زمن محدد فإنه يمكننا قياس الفواصل الزمنية للعربات المتتالية , فإذا أجرينا القياس في مقطع اخر يبعد عن المقطع الأول بمسافة قدرها (ΔS) فيمكن عندئذ قياس ما يسمى بالسرعة الموضعية أو المحلية بين هذين المقطعين حسب العلاقة : $Vi=\Delta S/\Delta ti$

السرعة الآنية (اللحظية):

حيث الزمن ثابت على مسافة محددة فيمكن قياس كثافة السير وبالتالي حساب الفواصل المسافية (فواصل المسافات) , فإذا تم القياس بعد زمن قدره $[\Delta t]$ من الزمن الأول عندئذ قياس ما يسمى بالسرعة الآنية للعربات خلال الفترة الزمنية ($t0 , t0 + \Delta t$) حسب العلاقة : $Vi=\Delta Si/\Delta t$

2- السرعات وتوابع توزعها

إن كل سائق عربة يحاول ان يسير بالسرعة المرغوبة التي يضع حدها الأعلى الحد الممكن والتي تتعلق بعوامل عديدة منها: صفات ومميزات العربة، شروط الطريق أو المسار (مثل سطح الطريق، الطقس).

فإذا توافرت الشروط هذه يمكن لكل سائق أن يختار سرعته بشكل حر إن لم يكن هناك تأثير متبادل أو إعاقة من قبل السائقين الآخرين.

مع ازدياد الغزارة تزداد الإعاقة أو التأثير المتبادل بين العربات

حالات حركة المركبات :

1) الحركة (المرور) الحرة كليا: تتحرك العربات بشكل حر حيث لا توجد إعاقة متبادلة فيما بينها، ومناورات التجاوز نادرة جدا، ولا نلاحظ تيارات أو مجموعات سيارات، وإنما تتحرك السيارات خلف بعضها بشكل منفرد ويختار السائقون سرعات الحركة بحرية ويكون السفر مريحا بالنسبة للمسافرين والسائقين.
2) الحركة (المرور) المقيد جزئيا: في كل زمن وفي كل موقع يوجد جزء من السائقين مرغم باختيار السرعة التي تحددها سرعة العربة التي تسبقه، ويصبح التجاوز صعبا والحركة غير مريحة.
3) الحركة (المرور) المقيد كليا: ارغام كل سائق بقبول السرعة المحددة من العربة التي تسير أمامه ويصبح التجاوز مستحيلا ويسير تيار المرور كرتل أو كقافلة واحدة.

3- الفواصل الزمنية وتوابع توزعها :

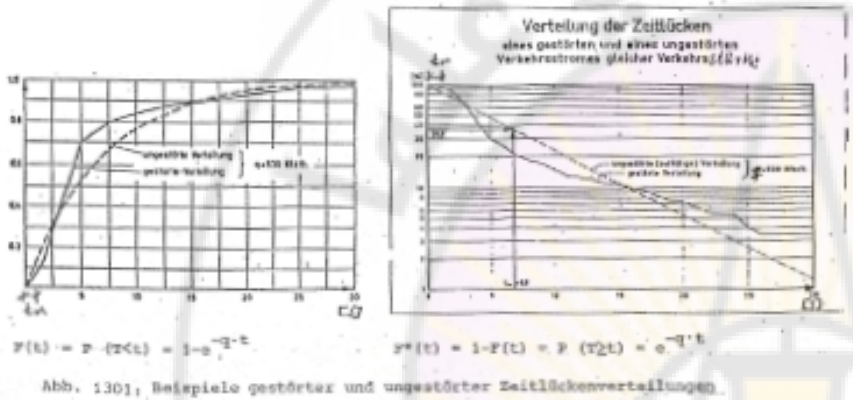


Abb. 130; Beispiele gestörter und ungestörter Zeitlückenverteilungen

يمكن أن نمثّل الفواصل الزمنيّة أيضاً بتوابع توزيع، وتمتاز الفواصل الزمنية القائمة بالأهميّة الكبيرة بالمقارنة مع الفواصل الزمنية الصافية، وفيما بعد عندما نقول فواصل زمنيّة فإنّنا نقصد بها الفواصل الزمنيّة القائمة (أي اختصاراً).

وبالتالي اذا اعتمدنا علاقة بواسون "في تدفّق العربات خلال توزّع فواصل زمنيّة محدّدة"

علاقة بواسون .... $P(x=k)=e^{-m}*\frac{m^k}{k!}$

حيث أنّ m: غزارة المرور الوافدة خلال واحدة الزمن $[t]$.

$$m=\frac{m*t}{3600}=q*t$$

q: غزارة المرور الوافدة في الثانية.

t: الفاصل الزمني الوسطي.

$$t=\frac{3600}{M}$$

M أو Q: هي الغزارة الكلّية في ساعة واحدة.

وبالتالي فإنّ تابع توزّع الفواصل الزمنيّة يأخذ الشكل التالي: $F(t)=P(T<t)=1-e^{-q}$

إنّ هذا التابع يمثّل احتمال الحصول على فاصل زمني قدره $(T<t)$ وهو تابع أسّي سالب ويمكن أن نميّز بين التوابع المضّطربة (المخلخلة) والتوابع العاديّة غير المشوّهة وذلك كما نرى في الشكل للحالتين $(T<t)$ وَ $(T \geq t)$.

4- غزارة المرور، كثافة المرور، السرعات وقدرات التمرير والعلاقات التي تربطها:

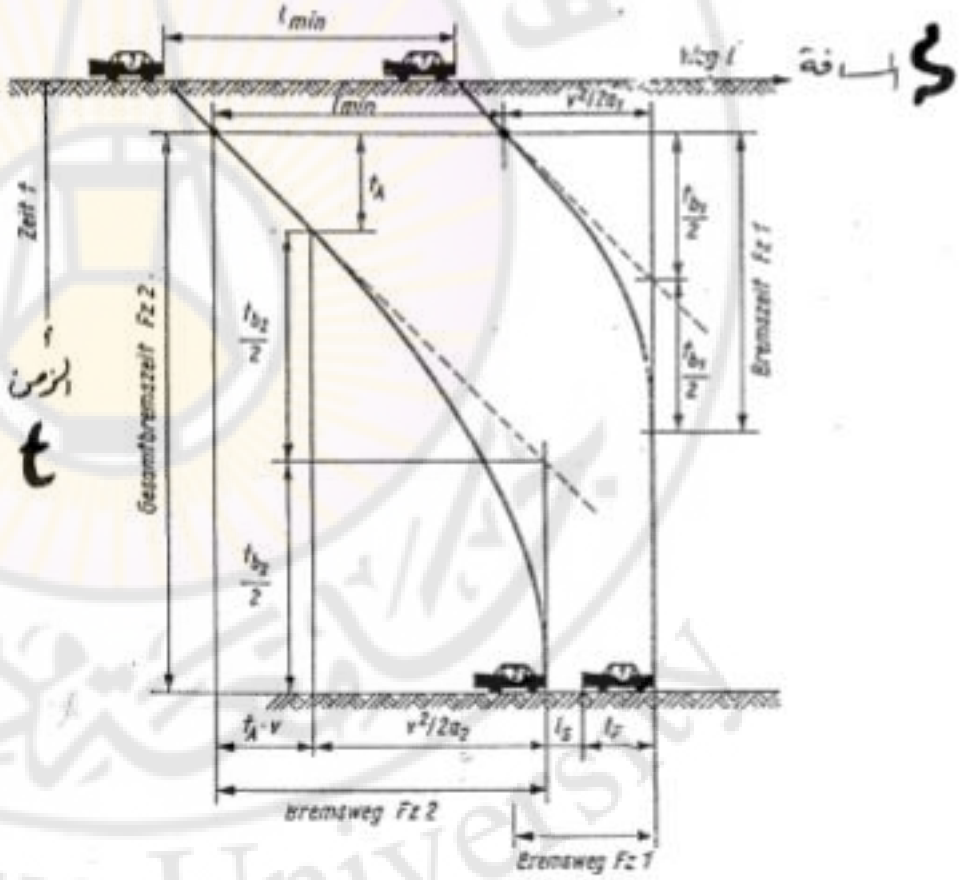
أولا- قدرات التمرير (التصريف) :

هي الغزارة العظمى التي يمكن أن يصرفها هذا الطريق أو الشارع أو المنشأة من تيارمرور وفق شروط معينة من سطح الطريق وشروط مرور محيطية معينة

شروط سطح الطريق : عدد المسارب - الميل الطولي - أسلوب التحكم بالمرور (إشارات مرور ضوئية أو غيرها).

شروط مرور : وضع تيار المرور (مستقر أو مضطرب)، تركيبة تيار المرور (سيارات شاحنة - سيارات سياحية - باصات) وسلوكية السائقين.

تبلغ قيمتها العظمى عندما تسير المركبات ذات المسرب الواحد بسرعة واحدة، وبالتالي فإن المسافات بين سيارتين متتاليتين (فواصل المسافات) ستكون ثابتة ويجب ألا تقل عن مسافة الأمان (المسافة بين سيارتين) والتي هي: طول السيارة + المسافة المقطوعة الموافقة لرد فعل السائق حسب سرعته + طول الفرملة).



ثانيا- علاقة الاستقرار:

كما في الهيدروليك يوجد قانون التدفق الذي يحسب تصريف السوائل أو الغازات من خلال علاقة الاستمرار، يتم تطبيق علاقة التصريف بالنسبة للطرق أو الشوارع الحرة (أي بدون تقاطعات) بقانون مشابه لما هو في الهيدروليك.

لا يمكن تطبيق علاقة الاستمرار بشكل مباشر في هندسة المرور لأن سرعة العربات تتغير مع الزمن وكذلك الحال مع المسافة لذلك يجب توافر شروط معينة لتطبيق العلاقة.

الشروط الواجب توفرها لتطبيق علاقة الاستمرار في هندسة النقل والمواصلات:

1) يجب أن تكون كمية العربات المعدودة أو المراقبة كبيرة بشكل كاف (من وجهة نظر احصائية) كي نتمكن من تطبيق قواعد الاحصاء.
2) يجب أن تكون تيارات المرور (الحركة) بها صفة الاستقرار (الثبات) وهذا يعني أن تقرير الثوابت والمتغيرات الاحصائية المتعلقة بكثافة المرور وغزارة المرور والسرعة أمر غير متعلق بالزمن.

$$Q = M = \bar{V} * D$$

M و Q : الغزارة $\bar{V}$: السرعة الوسطية D : الكثافة

ثالثا- علاقة كثافة المرور D بالسرعة V:

1- إذا كانت كثافة المرور تنتهي إلى الصفر (أي لا يوجد سيارات كثيرة خلال مسافة محددة) فإنه يمكن للسائقين اختيار سرعتهم بشكل حر تماما وعندئذ تصبح العلاقة:

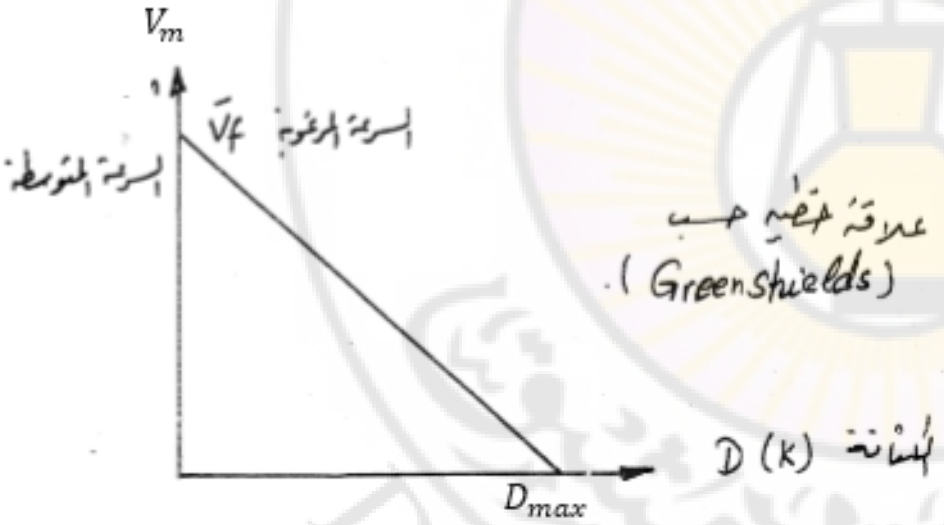
$$\bar{V}_m = \bar{V}_f = \bar{V}_w$$

$\bar{V}_m$: السرعة الأنية

$\bar{V}_w$: $\bar{V}_f$: السرعة المرغوبة للسائقين التي تتعلق بدرجة الشارع (الطريق) وحالته .

2- بزيادة كثافة المرور (زيادة عدد السيارات خلال مسافة محددة) تتناقص السرعة

3- عندما تسعى الكثافة إلى الحالة العظمى فإن السرعة تسعى إلى الصفر



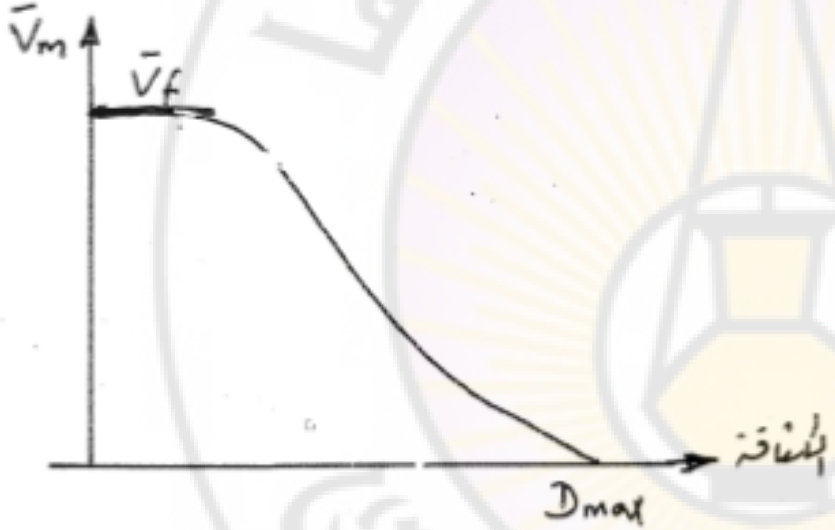
للرسم:

الكثافة تساوي الصفر فتكون السرعة عظمى.

الكثافة عظمى فالسرعة صفر

ونوصل خط بين الحالتين فينتج المخطط

4- اذا اسقطنا هذه النظرية واالكلام السابق على الواقع : ففي حال كانت الكثافة قليلة فإنه يمكن لأي مركبة حتى كثافة معينة أن تسير بشكل حر دون سرعة محددة وبالتالي ينتج لدينا المخطط .



سيستمر المنحني أولا بشكل افقي لحد كثافة معينة قليلة ومن ثم سيبدأ بالانحدار

يمكننا استنتاج القانون التالي من المخططات السابقة :

$$\frac{D}{D_{max}} + \frac{\bar{V}_m}{\bar{V}_f} = 1 \quad \Rightarrow \quad \underbrace{\bar{V}_m}_{\text{الانية}} = \underbrace{\bar{V}_f}_{\text{المرغوبة}} \left(1 - \frac{D}{D_{max}}\right)$$

أوجد الباحث $Kladek$ علاقة تربط بين الكثافة D والسرعة الانية $\bar{V}_m$ حسب الشكل :

$$\overline{V_m} = \bar{V}_f * \left(1 - e^{-\gamma * \left(\frac{1}{D} - \frac{1}{D_{max}}\right)}\right)$$

حيث أنّ : γ : قيمة عددية لها علاقة بنوع الشارع أو الطريق .

ومن أجل D_{max} على الطريق وفي الشوارع يعطى قيماً لها علاقة بنسبة السيارات الشاحنة في تيار المرور فمثلاً :

- عندما تكون نسبة السيارات الشاحنة بين $0 - 10$ $\Leftarrow$ $D_{max} = 180\ Kfz/Km$
- عندما تكون نسبة السيارات الشاحنة بين $10 - 20$ $\Leftarrow$ $D_{max} = 180\ Kfz/Km$
- عندما تكون نسبة السيارات الشاحنة بين $20 - 30$ $\Leftarrow$ $D_{max} = 120\ Kfz/Km$

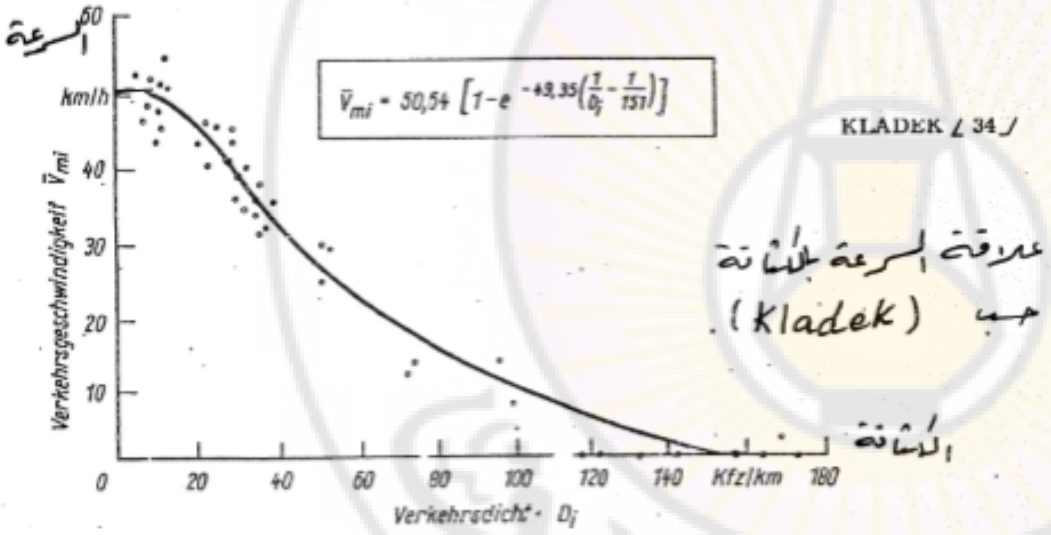
$$\Rightarrow V_m = V_f * e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{D}{D_{max}}\right)^2}$$

أيضاً يوجد علاقتين لحساب السرعة الأنية :

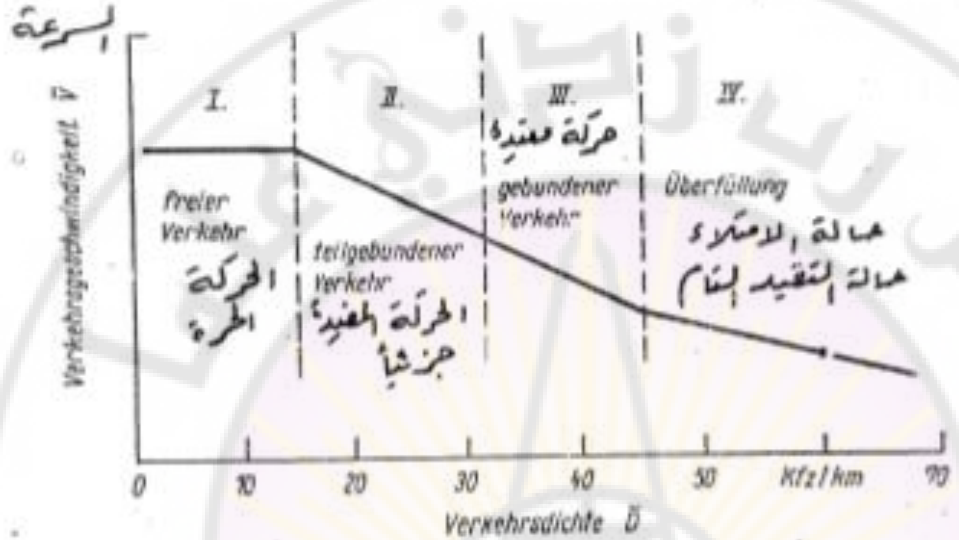
$$V_m = V_{m(M_{max})} * \ln\left(\frac{D_{max}}{D}\right)$$

حيث : $V_{m(Max)}$: السرعة الموافقة لغزارة المرور الأعظمية

مخطط يوضح العلاقة بين الكثافة والسرعة حسب Kladek وذلك بالاعتماد على قيم إحصائية مدروسة سابقاً :



عندما تكون الكثافة قليلة هناك توزع للسرعة وذلك بسبب أن كل سائق يسير بسرعة حسب مركبته، وحالته النفسية ... الخ دون أن يكون هناك أي خطر أو حدوث حادث.



سرعة المركبة بالكثافة حسب (Coers)

Bereich المجال	Zustandsform شكل الحركة	Dichte in Kfz/km الكثافة سيارة/كم	Geschwindigkeit in km/h السرعة كم/سا
I	freier Verkehr حر	0 bis 5 ... 15	≥60 km/h
II	teilgebundener Verkehr مقيدة جزئياً	5 ... 15 bis 25 ... 35	65 ... 40
III	gebundener Verkehr مقيدة	25 ... 35 bis 40 ... 50	45 ... 25
IV	Überfüllung مقيدة تماماً	>40 ... 50	30 ... 0

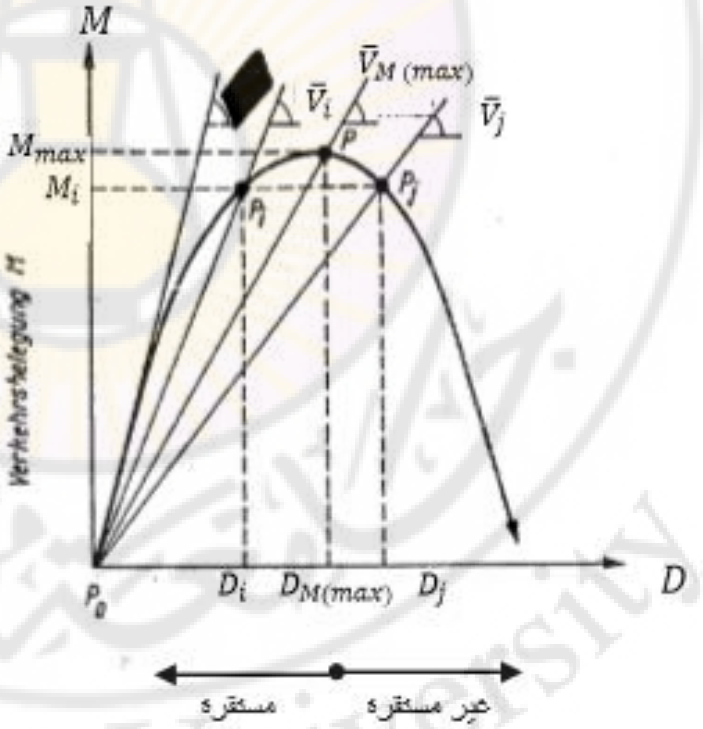
Damascus University

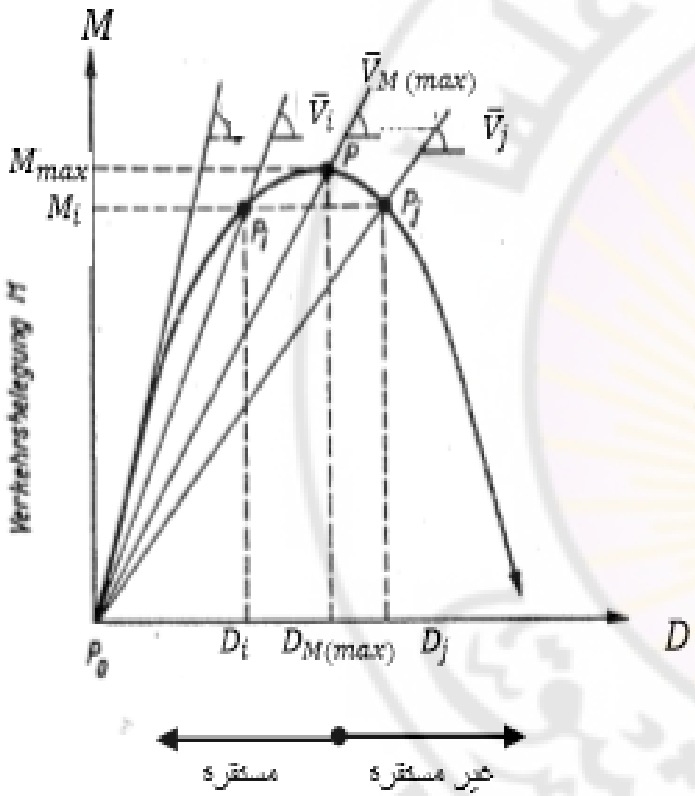
المنحني الخطي يتحول إلى نوع آخر نتيجة القدرة العملية ونتيجة الإحصاءات.

حيث من الممكن تقسيم أنواع الحركة إلى أربعة أقسام (حركة حرة - حركة مقيدة جزئيا – حركة مقيدة - حركة مقيدة بشكل تام) ناتجة عن تحويل علاقة المنحني إلى علاقة خطية (كما يمكننا أن نلبس القوس بالمماس في حال كانت الزاوية صغيرة جدا، أو نعوض sin الزاوية بالزاوية نفسها في حال كانت الزاوية صغيرة جدا) .

رابعا- علاقة كثافة المرور D بالغزارة Mأو Q :
مخطط المرور الأساسي

هي العلاقة التي تربط الكثافة مع الغزارة ويكون له شكل قطع مكافئ مفتوح .



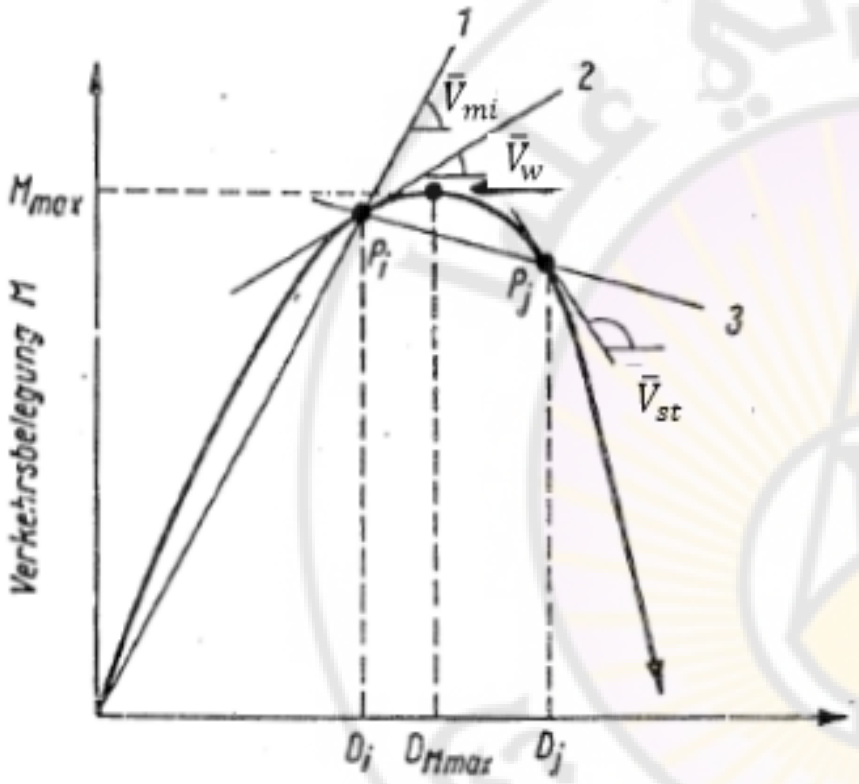


1- إن تدرج الشعاع (ميل الشعاع) يعطي السرعة الأنية المتوسطة V_m لتيار المرور وذلك حسب العلاقة :

$$\tan\alpha = \frac{M_i}{D_i} = \overline{V_{mi}}$$

2- كل نقطة من المنحني تمثل حالة معينة للحركة فالنقطة P ذات الاحداثيات $P(D_{M\,(max)}\,,M_{max})$ تمثل ميل الشعاع $V_{m(max)}$ الذي يعطي السرعة الموافقة لغزارة المرور الأعظمية

3- ان ميل المماس للمنحني في مبدأ الاحداثيات يعطي السرعة المرغوبة (الحرة) $\bar{V}_f$



4- إن ميل المماس للمنحني في نقطة ما في منحني المرور الأساسي يعطي ما يسمى **بسرعة الموجة** $\bar{V}_w$ التي تتغير بها كثافة المرور في تيار المرور ويعطى حسب العلاقة

$$\bar{V}_w = \frac{dM}{dD}$$

5- ان الميل القاطع بين نقطتين على من مخطط المرور الأساسي P_j & P_i مثلاً يعطي ما يسمى **سرعة الصدم ورمزها** V_{st} وهي السرعة الناجمة عن اختلاف في الكثافات المرورية في تيار المرور ويعطى بالعلاقة

$$\bar{V}_{st} = \frac{DM}{DD}$$

Damascus University

نلاحظ في مخطّط المرور الأساسي أن الغزارة (M) تزداد بازدياد الكثافة (D) حتى تبلغ الغزارة قيمة أعظميّة $M_{M(max)}$ (غزارة التصريف الأعظميّة الممكنة) بعدها تتناقص الغزارة مع ازدياد الكثافة كما في الشكل السابق رقم 1، ونقول قدرة التصريف الأعظميّة عادةً ولا نقول قدرة التصريف الأعظميّة الممكنة علماً أنّ لها نفس المعنى هنا، وهي تمثل أكبر غزارة ممكنة تجتاز مقطعاً عرضيّاً معيّناً (أو مسرب معيّن) أو عقدة معيّنة ... الخ.

بشكل مختصر : $M \neq M_{M(max)} \Leftarrow D_i, D_j$ مختلفتين $\Leftarrow \bar{V}_i, \bar{V}_j$ مختلفتين

$M = M_{M(max)} \Leftarrow D$ فقط واحدة كثافة $\Leftarrow \bar{V}$ سرعة واحدة فقط

بسبب هذه الاختلافات الموجودة في الكثافة والسرعة ينتج لدينا حالتين مختلفتين لحركة المرور:

حالة الجريان المستقر (حركة مستقرة)

حالة الجريان غير المستقر (حركة مضطربة أو غير مستقرة)

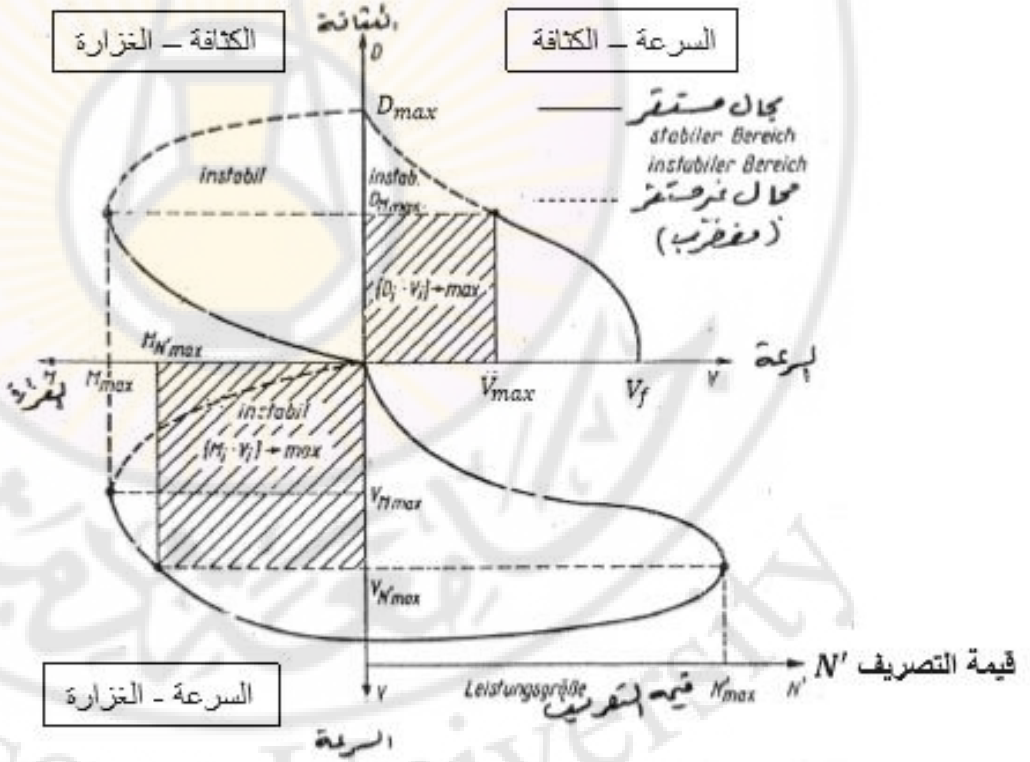
⇦ جريان مستقر تكون الكثافة محصورة بين $0 < D < D_{M(max)}$

⇦ جريان غير مستقر (قلق) تكون الكثافة محصورة بين $D_{M(max)} < D < D_{max}$

إن أي اضطراب في علاقة (السرعة - مسافة) الذي يسببه سائق العربة يؤدي إلى جريان قلق وعدم استقرار

خامسا- علاقة كثافة المرور D بالغزارة M والسرعة الآنية Vm

المخطط الموضح بالشكل يوضع العلاقة بين (الكثافة-الغزارة-السرعة)



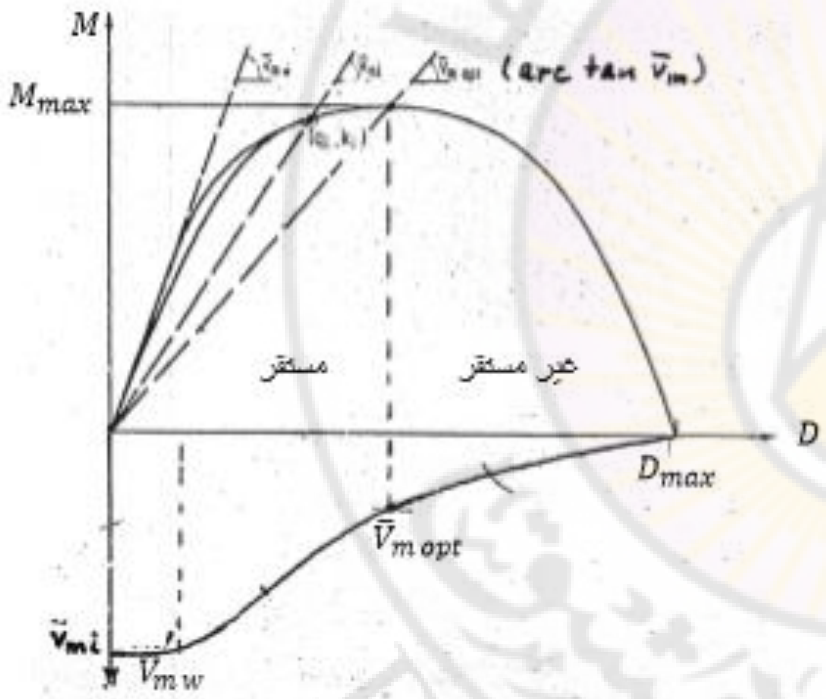
⇦ جريان مستقر تكون السرعة الانية محصورة بين $0 < \overline{V_m} < \bar{V}_{mM(max)}$

⇦ جريان غير مستقر (قلق) تكون السرعة الأنية محصورة بين $\bar{V}_{mM(max)} < \overline{V_m} < \bar{V}_f$

ويمكن ممن المخطط السابق الحصول على قيمة التصريف لكل km/h من طول الشارع أو الطريق المدروس .

$$N' = M * \bar{V}_m$$

رسم علاقة الغزارة والكثافة والسرعة :



السرعة العظمى لا تعطي غزارة عظمى وذلك طبيعي.

إذ نه عندما تكون السرعات عالية ستكون الكثافة قليلة

أي عدد السيارات سيكون قليل وبالتالي كل سائق

سيختار السرعة المرغوبة الخاصة به، أي أن

التصريف سيكون قليل (لأن عدد السيارات خلال

مسافة معينة سيكون قليل).

جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية

التقاطعات المرورية
Traffic Intersection

التقاطعات المرورية (Traffic Intersection):

- هي المنطقة المشتركة بين طريقين أو أكثر ، تتمثل مهمتها الأساسية في توفير امكانية تغيير المركبات لمساراتها باتجاهات مختلفة.
- تعتبر التقاطعات المرورية مكوناً حرجاً في نظام النقل لأنها يجب أن تحقق التوازن بين معايير:

الكفاءة والأمان والسرعة و الكلفة والسعة

- وهذا ما يسمى تقييم التقاطعات المرورية من خلال مؤشرات ومعايير الأداء measures of effectiveness.

تصنيف التقاطعات المرورية

يوجد عدة معايير لتصنيف التقاطع المروري مثل:

1- حسب طبيعة الموقع

2- عدد الأذرع

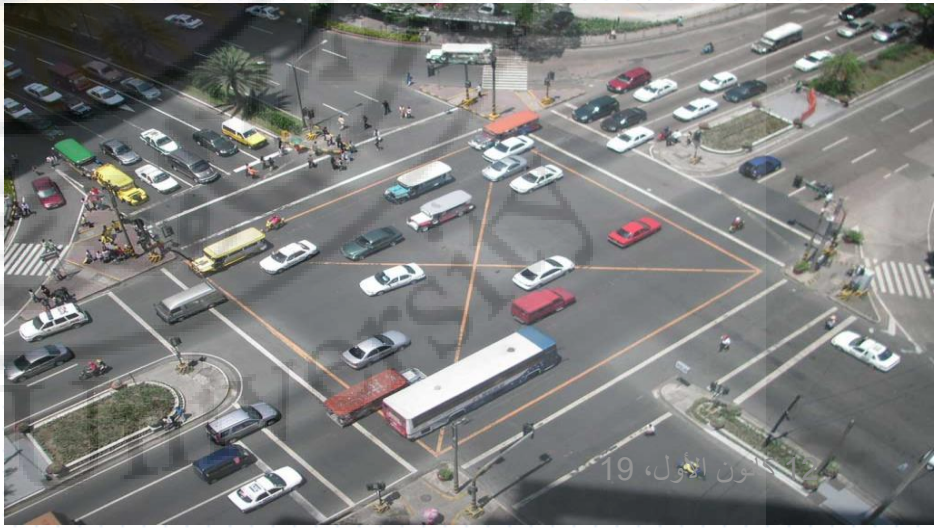
3- مستوى التقاطع

4- أسلوب التحكم المروري

1- حسب طبيعة الموقع:

- تقاطعات خارج المدن rural intersection:

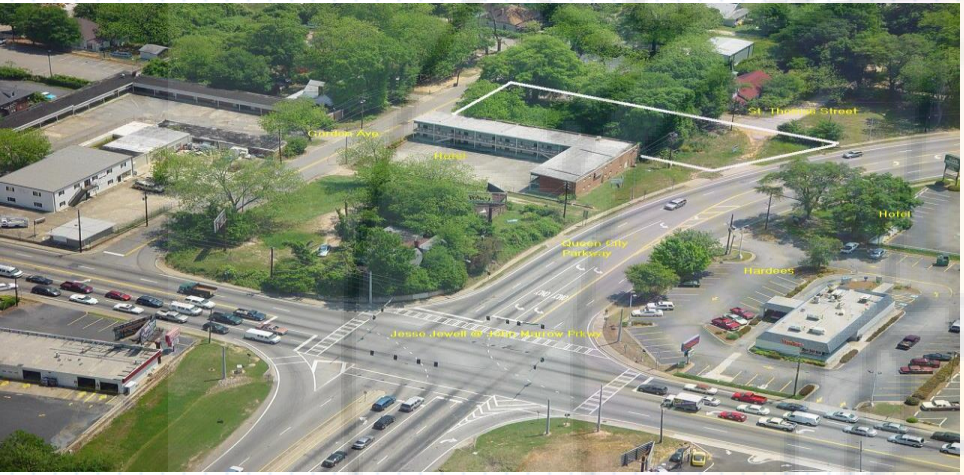
- تقاطعات داخل المدن urban intersection :



2- حسب عدد الأذرع:

تقاطع ثلاثي الأذرع

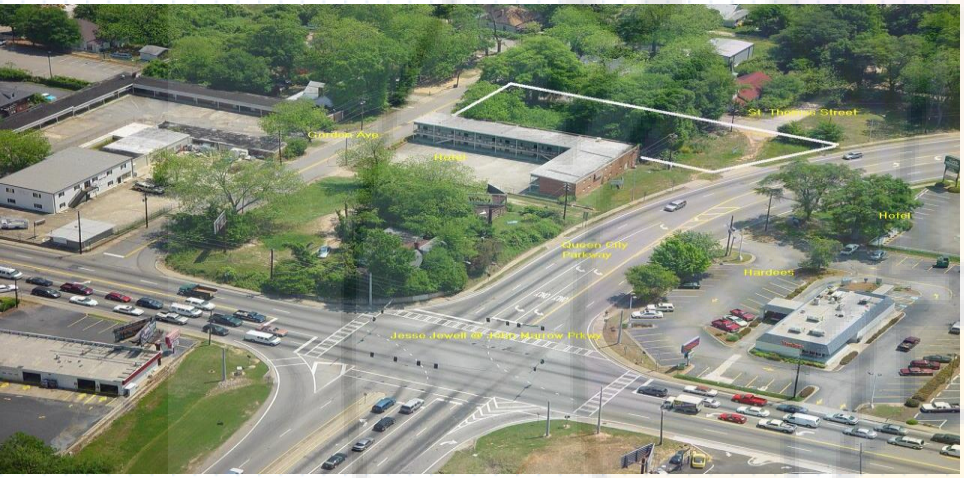
تقاطع رباعي الأذرع



تقاطع متعدد الأذرع

3- حسب مستوى التقاطع:

تقاطعات بمستوي وحيد (Intersections):



تقاطعات بعدة مستويات (Interchanges):

- **في تقاطعات المستوي الوحيد، تضطر المركبات للتوقف إما خلف الضوء الأحمر (في حال وجود إشارة ضوئية) أو تضطر للتوقف بحثاً عن فجوة زمنية مناسبة للعبور (في حال كان التقاطع غير ضوئي).**
- **في تقاطعات المستويات المتعددة فإنها توفر سعة مرورية أعلى ومستويات خدمة (أرفع وأفضل) مقارنة مع تقاطعات المستوى الواحد.**

يعود ذلك إلى أن فصل الطرق باستخدام أكثر من مستوى سيفصل الحركات المرورية الرئيسية عن بعضها، وهذا ما سيخفف من ضرورة استخدام إشارات ضوئية، ويوفر حركة مستمرة دون انقطاع ويقلل من نقاط التعارض مع الحركات المرورية الأخرى.

4 - تصنيف التقاطعات حسب أسلوب التحكم المروري:

- التقاطعات غير المنظمة بإشارات مرورية (Unsignalized Intersections)
- التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية (Signalized Intersections)
- التقاطعات الدوارة (Roundabouts)

➢ التقاطعات غير المنظمة بإشارات مرورية (Unsignalized Intersections)

وهي التقاطعات التي لا يتم ضبط عمليات المرور فيها بواسطة الإشارات المرورية و تقسم إلى:

- **تقاطعات غير منظمة بشاخصات مرورية.**
- **تقاطعات** (TWSC) two-way stop-controlled **يتم التحكم بذراعين بالشاخصات المرورية.**
- **تقاطعات** (AWSC) all-way stop-controlled **يتم التحكم بجميع الأذرع بالشاخصات المرورية.**

- **تتميز هذه التقاطعات كونها لا تتطلب تكلفة عالية لتشغيلها كما هو الحال في التقاطعات الضوئية.**
- **كما تتميز بسهولة الحركة وانخفاض زمن التأخر للرحلة فقط في حال كون الغزارات المرورية منخفضة.**
- **تصل المركبات على أحد أذرع التقاطع حسب توزيع بواسون ومن ثم تقف على التقاطع بحثاً عن فجوة زمنية مناسبة بين المركبات التي تسير على الاتجاه المتعامد.**

➢ التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية (Signalized Intersections)

- وهي عبارة عن التقاطعات التي يتم ضبط عمليات المرور فيها بواسطة إشارات المرور الضوئية.
- تتطلب هذه التقاطعات تكلفة عالية لتشغيلها أي تكلفة تركيب الإشارات الضوئية وتوقيتها وتصميمها وصيانتها.
- تتميز بوضع نظام للحركة مما يخفف من تضارب الحركات ويخفف من زمن التأخير في حال كون الغزارات المرورية مرتفعة.
- تعتبر التقاطعات الضوئية النوع الأكثر شيوعاً في التقاطعات الهامة داخل المدن.
- تصل المركبات هنا على أحد أذرع التقاطع وتشكل صفوفاً من المركبات خلال الضوء الأحمر، ومن ثم يتم تصريفها خلال فترة الضوء الأخضر.

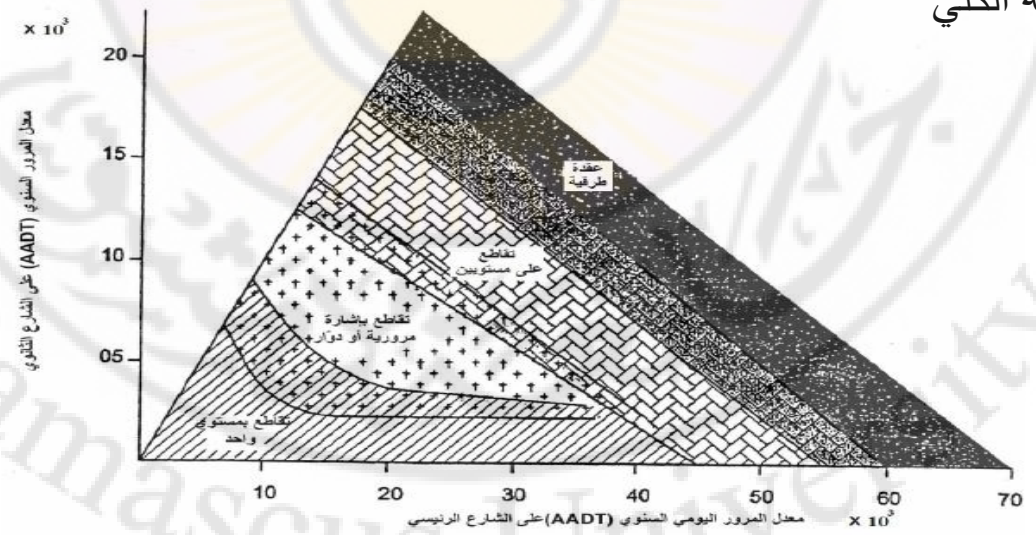
➢ التقاطعات الدوارة (Roundabouts)

- وهي عبارة عن تقاطعات تحتوي على جزيرة دائرية في منتصفها، بحيث تضطر المركبات لتخفيف سرعتها والدوران حول الدوار.
- تكون أذرع التقاطع ضوئية أو غير ضوئية أو متنوعة.
- تتميز بأن حوادث الاصطدام فيها لا تحدث بزوايا قائمة كما هو الحال في التقاطعات التقليدية، ولكن تحصل حوادث الاصطدام بزوايا صغيرة وبسرعات منخفضة نسبياً.

Damascus University

مقاييس التأثير Measures of effectiveness (MOE) تتضمن :

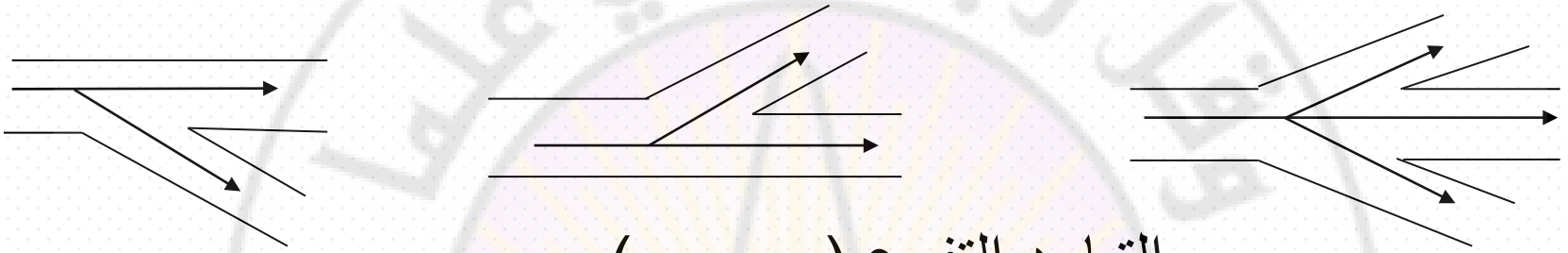
- **مقياس الأداء**
- الإشعاع
- الطاقة واستهلاك الوقود
- الطاقة الإنتاجية
- معدل الحوادث
- السرعة الوسطية
- التأخير
- التوقفات
- مدة الرحلة الكلي



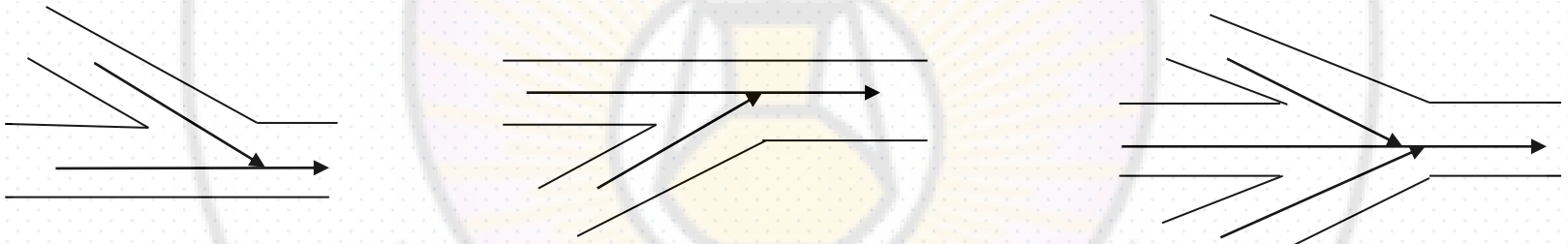
الشكل رقم 4 – 1

مجالات الأفضلية لأنواع التقاطعات (للاستئناس فقط).

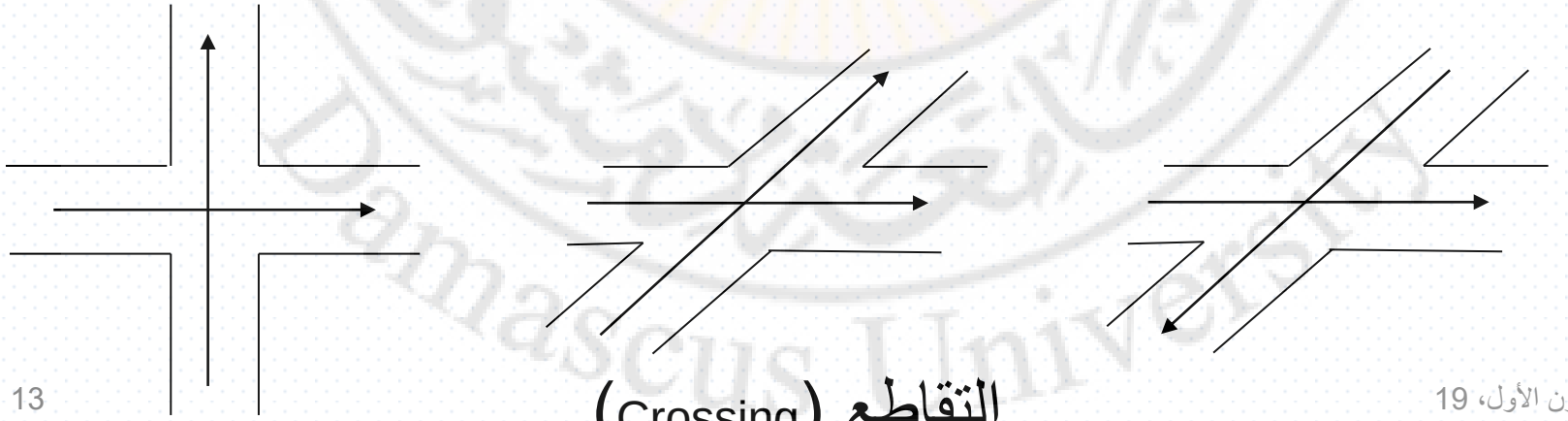
Types of Intersection Maneuvers
عمليات المناورة في التقاطعات



التباعد,التفرع (Diverging)

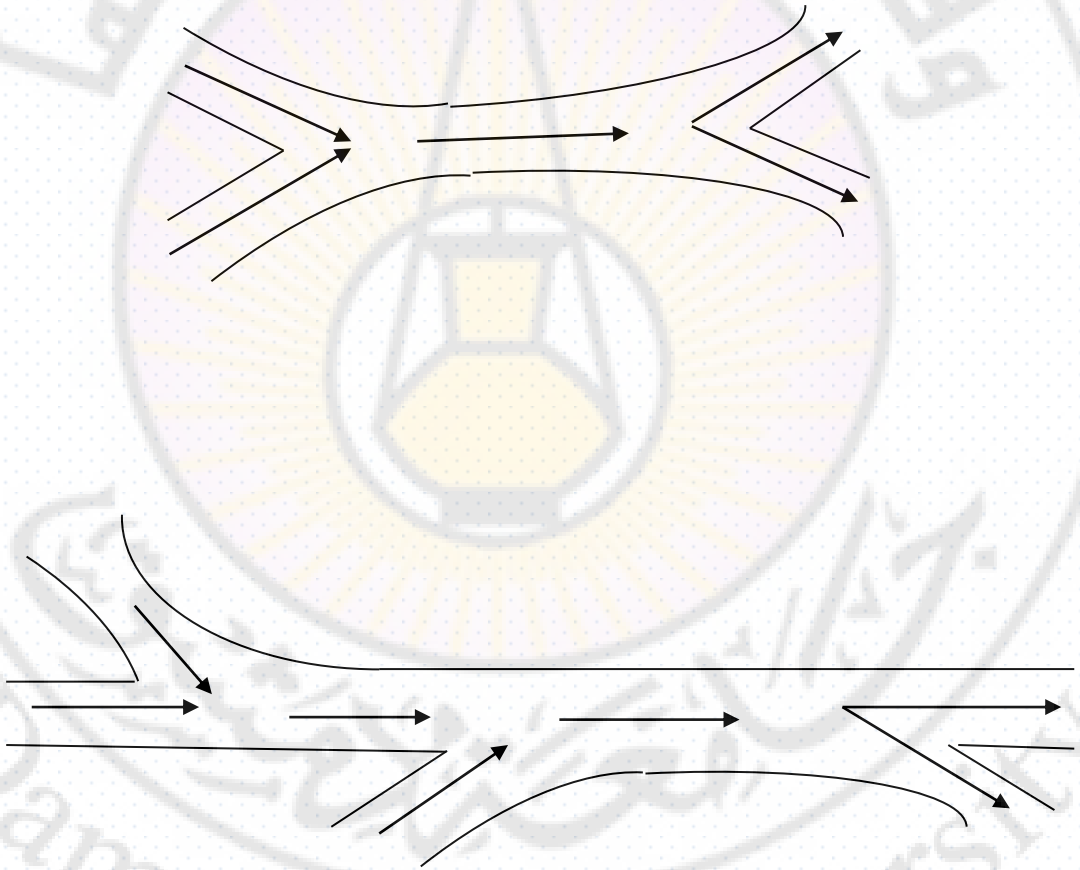


الاندماج (Merging)

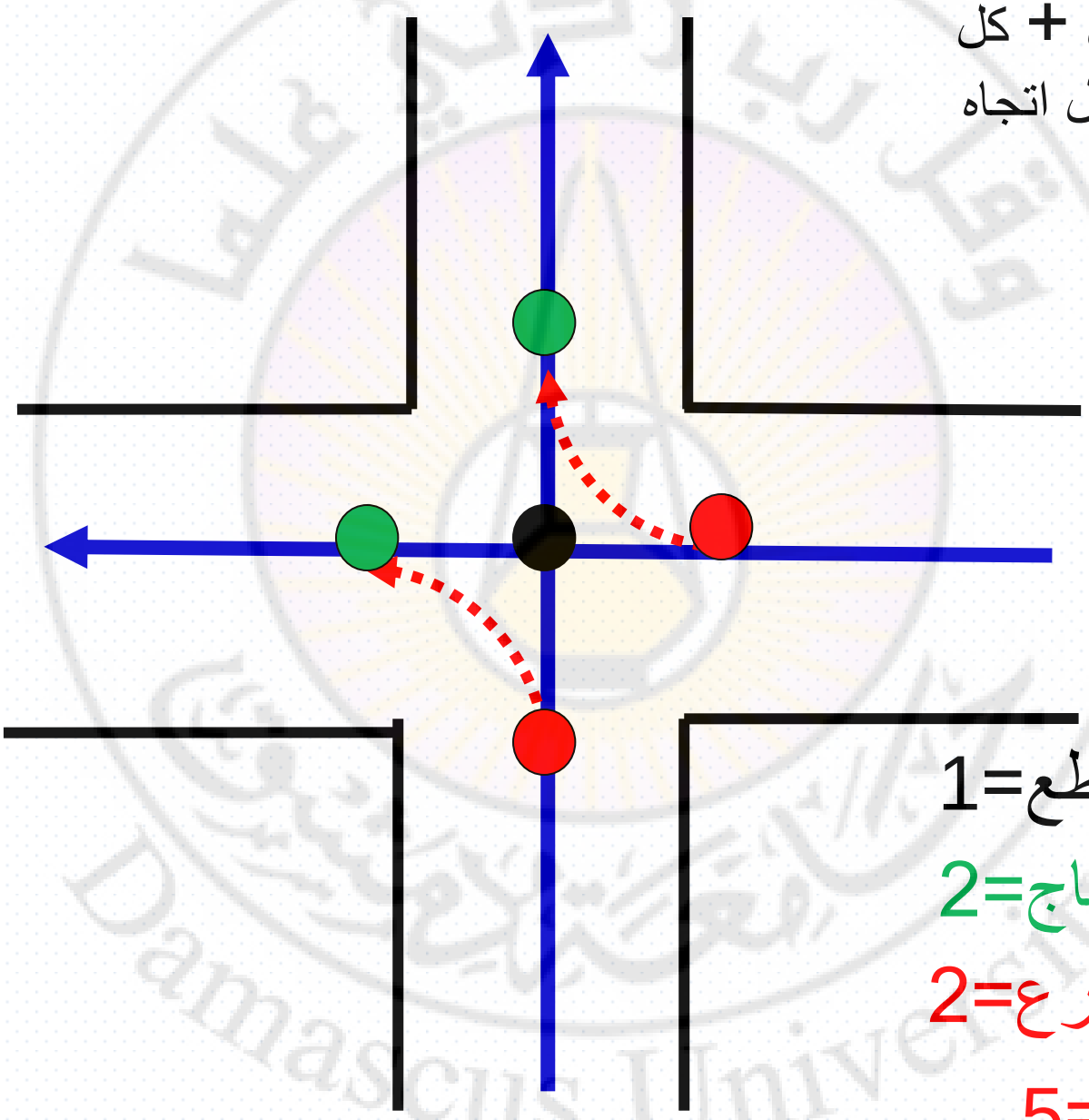


التقاطع (Crossing)

التبادل ,التشابك (Weaving Interchange)



تقاطع على شكل + كل شارع باتجاه وكل اتجاه بمسرب واحد.



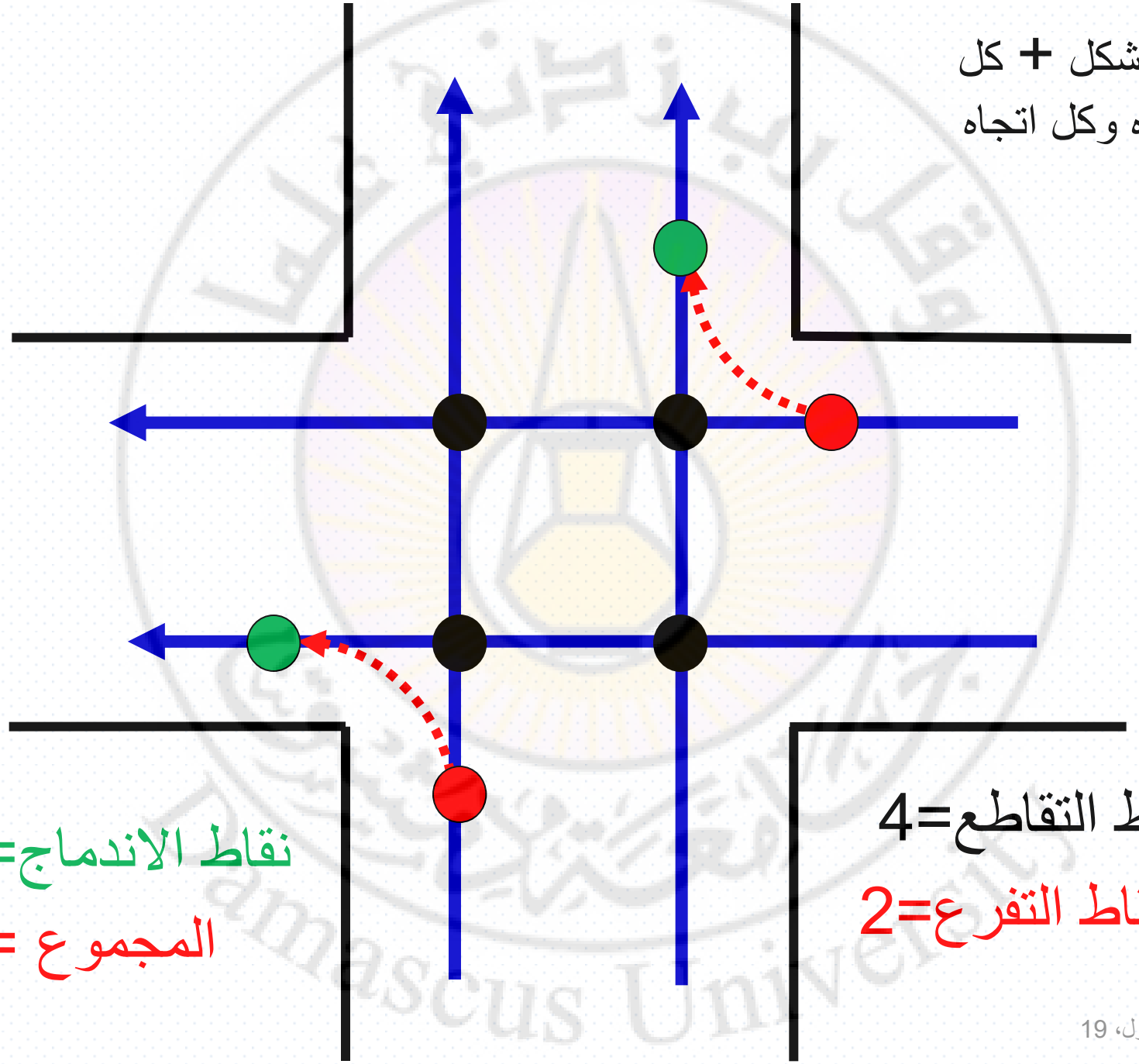
نقاط التقاطع=1

نقاط الاندماج=2

نقاط التفرع=2

المجموع =5

تقاطع على شكل + كل شارع باتجاه وكل اتجاه بمسربين.

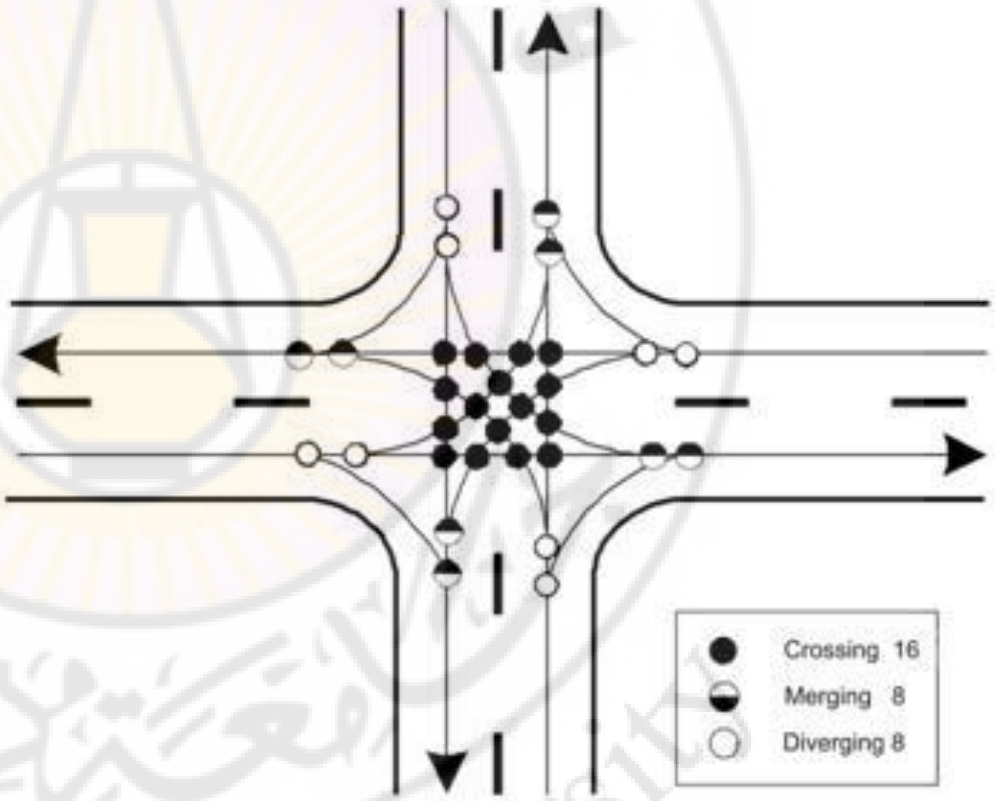


- نقاط التقاطع=4
- نقاط التفرع=2
- نقاط الاندماج=2
- المجموع = 8

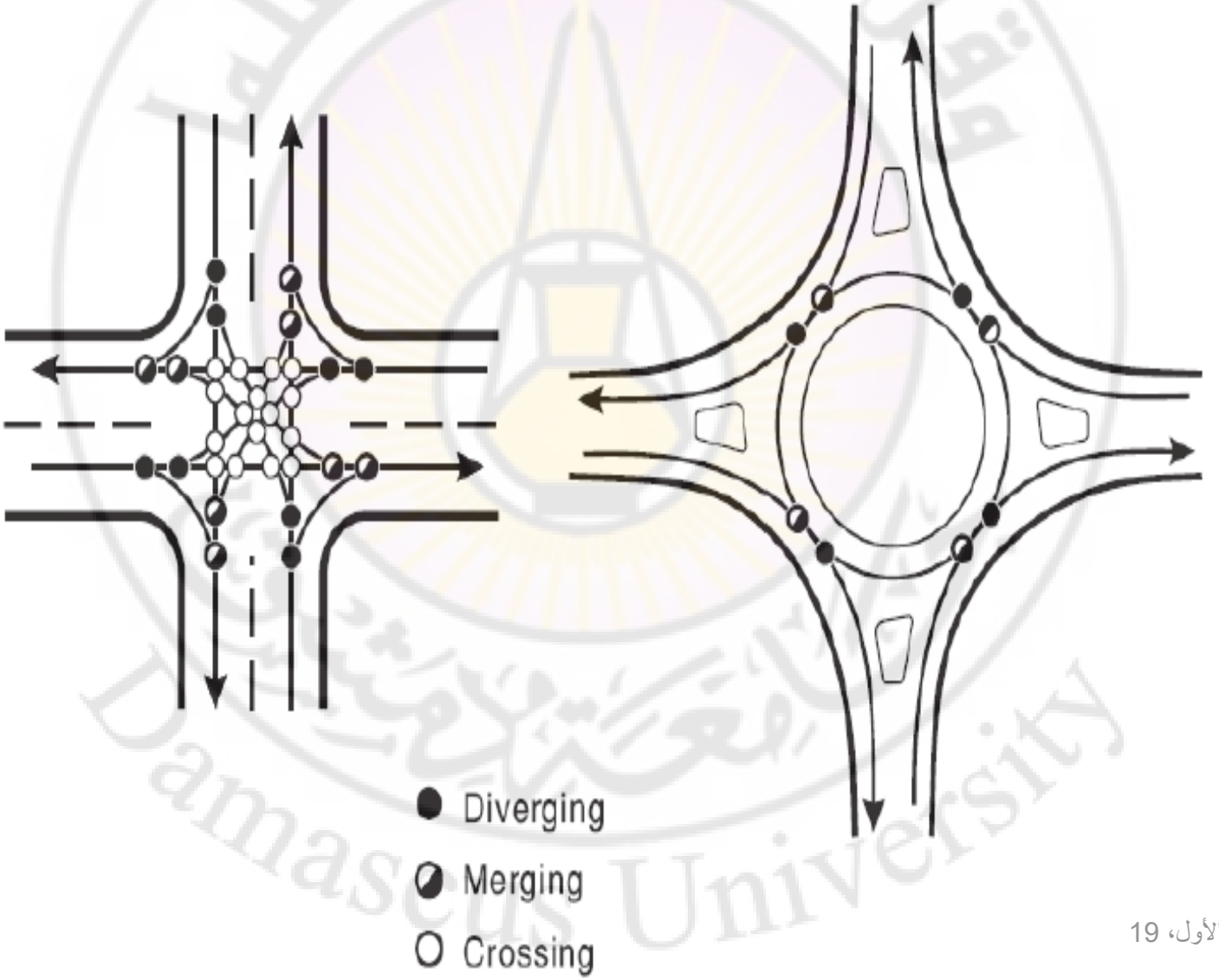
Elementary 4-way Intersection

conflict points 32

- **Crossings 16**
- **Merging 8**
- **Diverging 8**



مقارنة الساحات مع التقاطعات التقليدية



- تصنيف التقاطعات المرورية بعدة مستويات (Interchanges) حسب الشكل أو النوع:

  - تقاطع الماسة (Diamond Interchange):

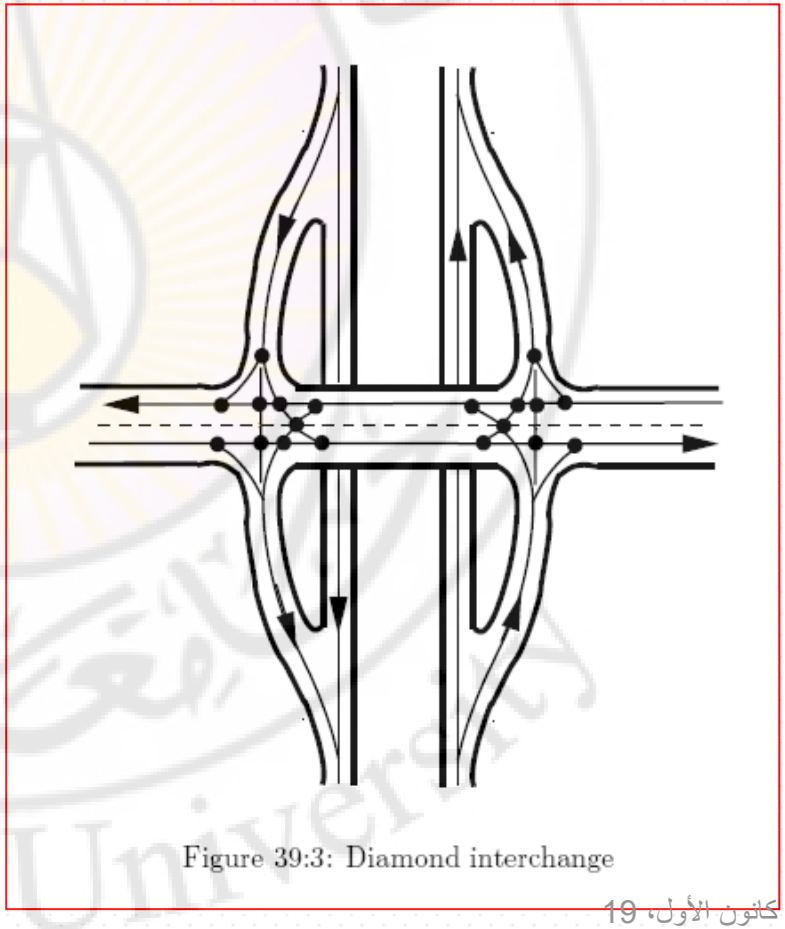


Figure 39:3: Diamond interchange

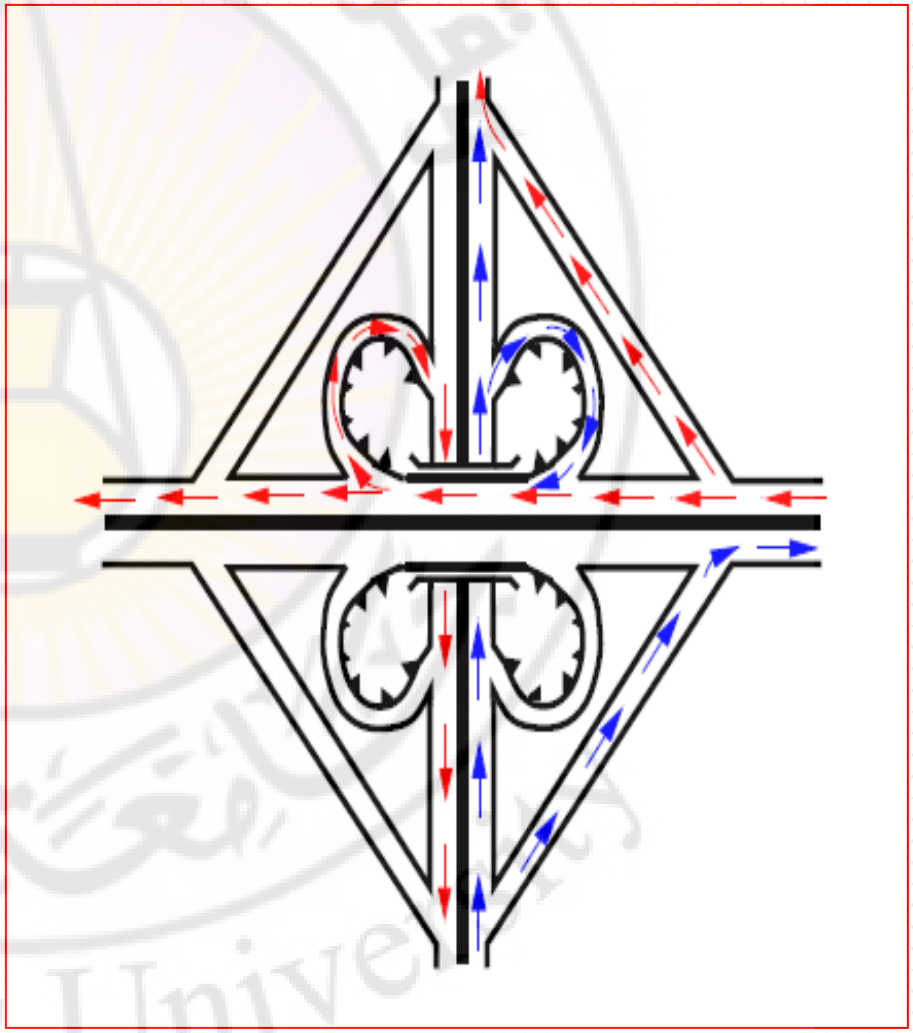
➢ إيجابيات تقاطع الماسة:

- يعد النوع الأبسط من العقد التبادلية والأكثر شيوعاً.
- تكون المداخل والمخارج (الرامبات) ذات سرعات عالية
- لا يحتاج لاستخدام مساحة كبيرة على جانبي الطريق، وبالتالي يسهل عملية استملاك الأراضي .
- يتوافق مع توقعات السائق التقليدية ويكون أكثر شبهاً للتقاطعات التقليدية.
- بشكل عام، يعتبر الأقل كلفة مقارنة بالأنواع الأخرى.

➢ سلبيات تقاطع الماسة:

- بحاجة لتقاطعات ضوئية على نهاية رامبات الخروج في حال وجود غزارات مرورية كبيرة.
- السعة المرورية محدودة لبعض الحركات لأن تلك الحركات غير مستمرة تماماً (زمن العبور أو التأخر كبير).
- قد يكون هناك حاجة لتطويل مبالغ فيه للرامب من أجل تخزين صف المركبات الذي قد يتشكل خلف التقاطعات الضوئية

- تقاطع وردة كليفر (Cloverleaf Interchange) :



➢ إيجابيات تقاطع وردة كليفر:

- يتميز بالسعة المرورية الكبيرة والمعقولة لجميع حركات الانعطاف وذلك بسبب عدم وجود إشارات ضوئية عادة على نهايات الرامبات .
- تكون الحركة مستمرة ودون توقفات.

➢ سلبيات تقاطع وردة كليفر:

- بحاجة لمساحة جانبية كبيرة مما يتطلب أعمال شاقة لاستملاك الأراضي وإزالة الممتلكات والابنية.
- استخدام الرامبات الدائرية يستدعي تخفيض سرعة المركبات الملتفة عند خروجها أو عند دخولها
- بشكل عام، تقطع المركبات المنعطفة للخلف مسافات طويلة لإتمام مناورة الانعطاف
- يكون الانعطاف نحو اليسار مخالف لعادات السائق الاعتيادية

➢ العقدة الإتجاهية (Directional Interchange):

➢ إيجابيات العقدة الاتجاهية:

- يتميز بالمستوى العالي للحركة والسرعة العالية على الرامبات.
- تحسين ظروف القيادة وتوفير حركة انعطاف مستمرة دون توقف
- الرامبات ذات أنصاف أقطار أقل حدة وأكثر انبساطا
- السعة المرورية عالية وزمن التأخر قليل.

➢ سلبيات العقدة الاتجاهية:

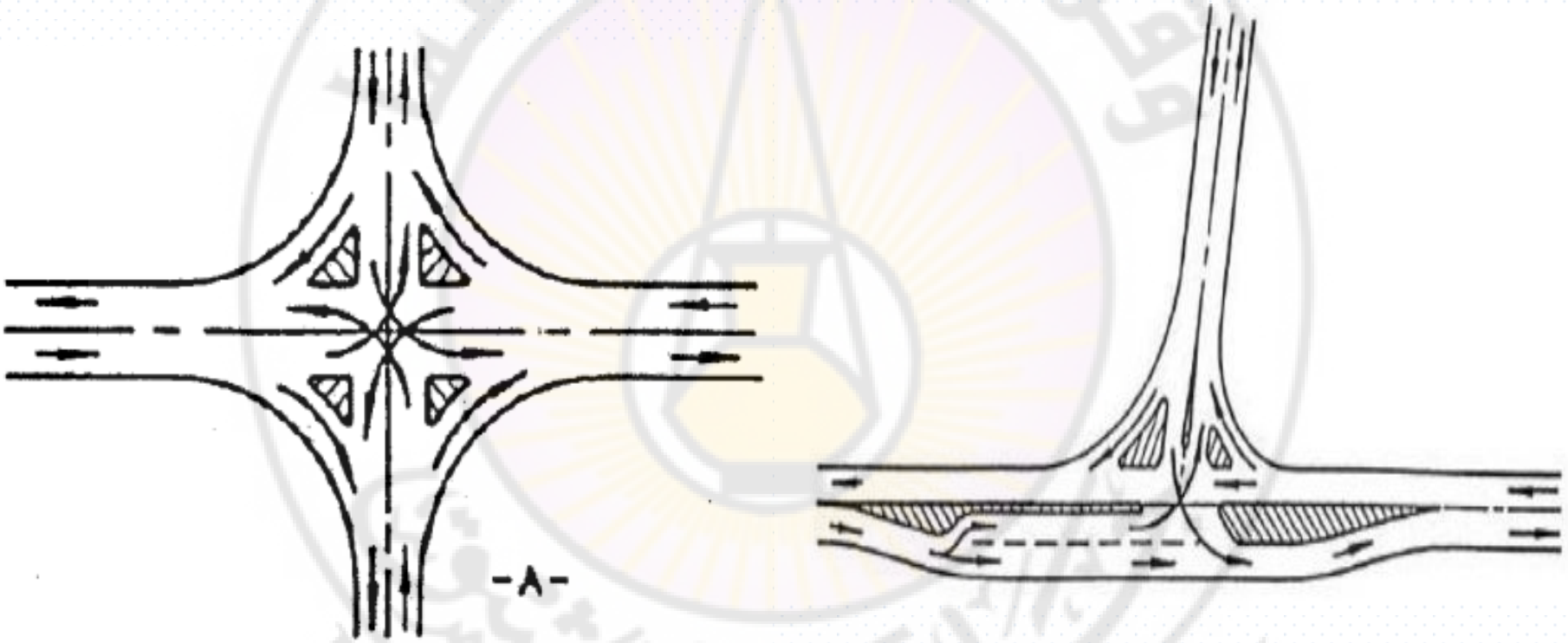
بحاجة لتنفيذ عدة جسور و رامبات حلقية على ارتفاعات كبيرة مما يزيد في صعوبة التنفيذ والكلفة، خاصة مع تشكل تركيبة معقدة وخاصة من الأعمدة والركائز

عناصر تصميم التقاطعات:

يجب مراعاة ما يلي عند تصميم التقاطعات المرورية:

- أن يكون للتقاطع المروري أربعة أذرع أو أقل.
- أن تكون زاوية التقاطع المروري أقرب ما يمكن من الزاوية 90
- أن تكون أذرع التقاطع المروري مستوية قليلة الميل ومستقيمة قدر الإمكان.
- توفير أكبر طول ممكن لنصف قطر المنعطف الشاقولي في منطقة التقاطع.
- المحافظة على درجة الميل ذاتها في منطقة التقاطع المروري.
- اجراء التعديلات وتغيير الميل بعيدا عن منطقة التقاطع المروري.
- يجب أن تؤمن الحارات المرورية في أذرع التقاطع ومنطقة التقاطع المروري رؤية واضحة للسائقين.
- سهولة فهم واستيعاب السائقين للتقاطع المروري والمسالك الواجب اتخاذها للوصول إلى المقصد النهائي
- عدد نقاط التعارض المروري أقل ما يمكن.
- مراعاة حركة المركبات والمشاة في ذات الوقت.

القنولة (CHANALIZATION):



القنولة (CHANALIZATION):

يتم تنفيذ القنولة لتحقيق هدف واحد أو أكثر مما يلي:

- توجيه مسارات حركة المركبات
- تقليل منطقة تشابك وتعارض المركبات و التحكم والسيطرة بزوايا نقاط التعارض للمركبات (اندماج ، تفرق ، تقاطع).
- تزويد المركبات بالمسارات الصحيحة لمختلف الحركات المرورية.
- إعطاء الأولوية للحركات المرورية للحركات المرورية المسيطرة.
- تساعد في تأمين وسهولة حركة المشاة.
- توفير حارات مرورية منفصلة لتخزين المركبات للحركات المرورية المنعطفة بعيدا عن باقي الحركات المرورية.
- توفير إمكانية وضع الشاخصات وأجهزة التحكم المروري بحيث يمكن رؤيتها بسهولة.
- فصل مختلف الحركات المرورية في التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية متعددة الأطوار.
- تقييد والحد من سرعة المركبات.

أمثلة عن شاخصات والعلامات المرورية المستخدمة بالتقاطعات:

جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

التقاطعات بعدة مستويات

المحاضرة الخامسة

أولا: المنطلقات الأساسية للتصميم:

تنبع المتطلبات التكنومرورية لتصميم التقاطع الطرقي بمستويات مختلفة من شروط سلامة المرور وانسيابية التدفقات المرورية ومن الشروط الخاصة للحالة المدروسة والتي تتضمن ما يلي:

- أهمية الطرق المتقاطعة ودرجاتها وتصنيفها
- الغزارات المستقبلية المتوقعة على الطرق المستقيمة والطرق الملتفة في التقاطع.
- التباعد بين التقاطعات.
- طبيعة وطبوغرافية المنطقة وتوضع التقاطع في مسار الطريق.

محاسن التقاطعات بعدة مستويات:

1. يمكن تنفيذها لمختلف الزوايا بين الطرق الملتقية.
2. يمكن تنفيذها على مراحل وخاصة عندما تكون الغزرات غير كبيرة وذلك بإنشاء الأعمال الصناعية وتسوية الميول اللازمة بين الطرق المتقاطعة.
3. تصريف الغزارات بأمان وانسيابية.

مساوئ التقاطعات بعدة مستويات:

1. تحتاج لمساحات كبيرة.
2. تكلفة أكثر.
3. السائق الذي لم يعتد المرور على هذا النوع من المفارق يرتكب أخطاء كثيرة عند مروره فيها.

ثانيا: مبادئ تصميم العقد :

تعتبر العقد المرورية أكثر سلامة عندما تتصف بأنها:

معروفة، ومرئية، وقابلة للإدراك، وكافية لحركة المركبات والأشخاص.

إنشاء التقاطعات على مستويات مختلفة:

إن تنفيذ كل مشروع من مشاريع التقاطعات على مستويات مختلفة يتبع إلى شكل الأرض والشروط المحلية، القواعد اللازم مراعاتها في كل مشروع هي كما يلي:

1- يجب أن يكون اتجاه وصول السيارة للتقاطع إما إلى الأمام أو باتجاه اليمين دوماً مع تجنب الاتجاه نحو اليسار لأن ذلك يؤدي إلى إيقاف تصريف العربات ويؤدي إلى وقوع حوادث خطيرة.

2- يجب أن لا تتجاوز السرعة فوق الرامبات والمحولات 0.7 من السرعة على الطرق الرئيسية ومن المستحسن أن تتراوح بين 1/2 و 1/3 السرعة على الطريق.

3- يجب أن تكون أقسام الوصل باتجاه واحد وذات مسلكين.

4- يجب تعريض الطرقات عند أماكن الاتصال والانفصال (حارات إضافية تباطؤ وتسارع).

5- يجب أن تكون أبعاد الأعمال الصناعية كافية ولا يقل ارتفاعها عن (5.6 m) وفي بعض الحالات الخاصة يسمح بـ (5.5 m) ومجاز المنشأة يساوي عرض الطريق الذي يمر تحته مزاداً عليها من كل جهة (1.2 m) وأحياناً (1.8 m) ابتداءً من نهاية طبقة التغطية وإذا كان للمنشأة مسند وسطي يجب أن يزاد مقدار (1.2 m) من كل جهة ابتداءً من نهاية طبقة التغطية.

6- يجب أن لا تزيد الميول الطولية في أجزاء التقاطع عن (% 6 – 4) ويجب أن لا تتجاوز (% 8) بكل الأحوال.

7- يجب تنظيم السير والحركة فوق التقاطعات بواسطة إشارات (شاخصات دلالة) واضحة ورموزها مقروءة لتجنب كل تردد أو خطأ.

8- يُفضل أن يكون الطريق الرئيسي السريع من الأسفل والطريق الفرعي من الأعلى، كما ويجب دراسة تصريف المياه بشكل دقيق في الطريق السفلي.

اختيار التقاطع :

يؤثر في اختيار نوعية التقاطع بمستويات مختلفة الأمور التالية:

1- يتأثر شكل ونوع التقاطع بالتدفقات المرورية وبأمانها وراحتها واقتصاديتها:

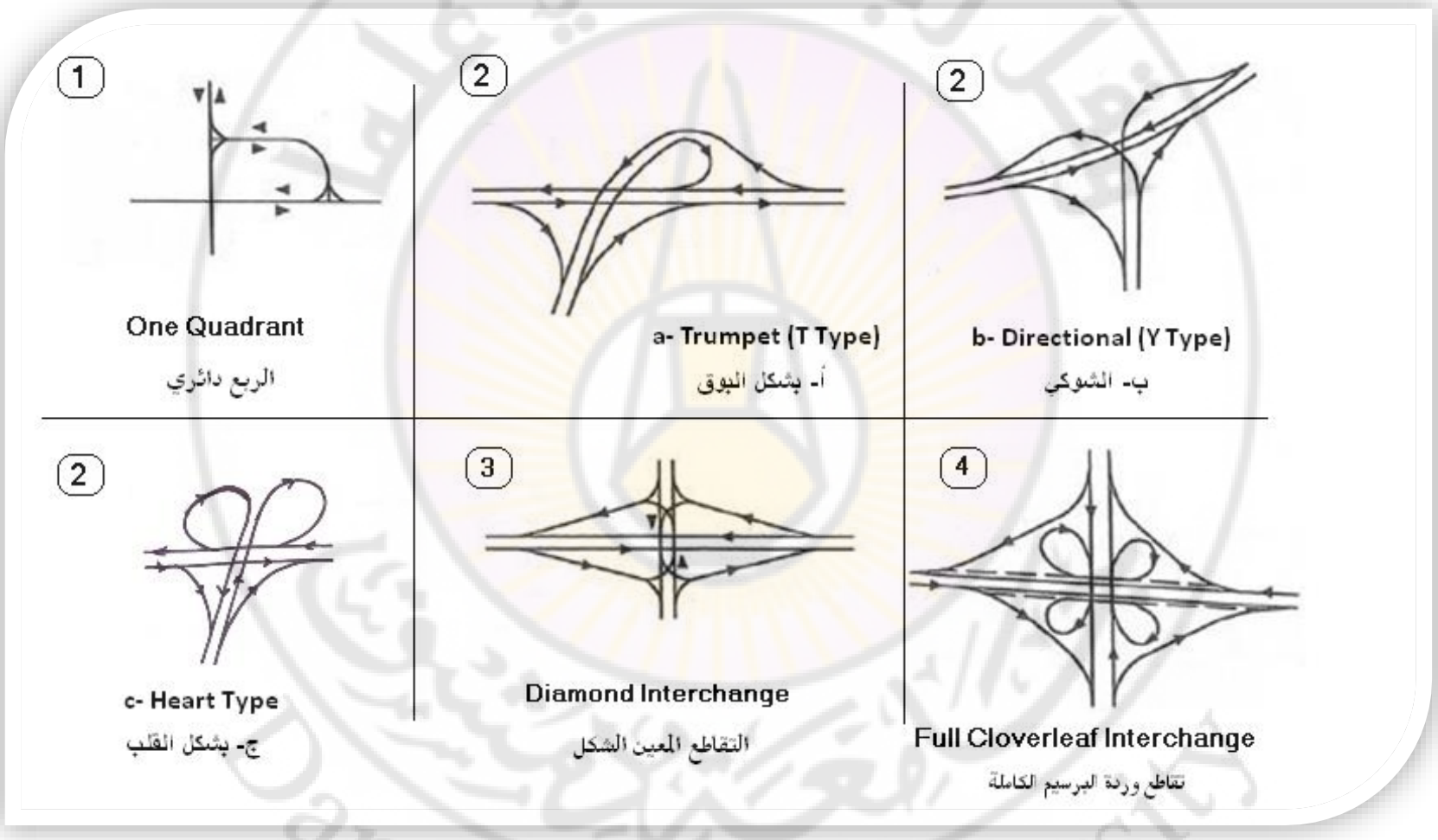
- اعطاء الأفضلية للتقاطعات المتعامدة.
- يفضل أن تكون الغزارات والتدفقات المرورية الأقل هي المنعطفة بينما تستمر الحركة والتدفقات الأمامية للغزارات الكبيرة.
- المحافظة على تجانس عناصر الطريق بين التقاطعات مع عناصر التقاطع.
- ارتباط وتلاؤم التقاطع المقترح مع التقاطعات السابقة على الطريق من حيث الشكل والتباعد.

2- يتأثر الشكل الهندسي للتقاطع وتوضّعه في المنطقة المدروسة بطبوغرافية المنطقة وبطبيعة الأبنية وبطبيعة الأبنية المجاورة والمنشآت الهندسية المجاورة وبالمجاري المائية وبالاستخدام الاقتصادي للمنطقة (حماية المناطق الزراعية وخاصة الخصبة منها) بالإضافة للمحافظة على البيئة (مناطق أثرية أو ذات طبيعة خاصة..... وغيرها)

يجب أن يتلاءم التصميم المقترح للتقاطع مع طبيعة المناطق المجاورة وطبيعة الغطاء النباتي بحيث لا يؤثر سلباً على جمالية المنطقة.

3- يجب تقويم التقاطع بيئياً وذلك من خلال العوادم الصلبة والسائلة والغازية وتأثير الضجيج والاهتزازات.

توضع التقاطع :



الأشكال العامة للتقاطعات المتعددة المستويات Interchange Types

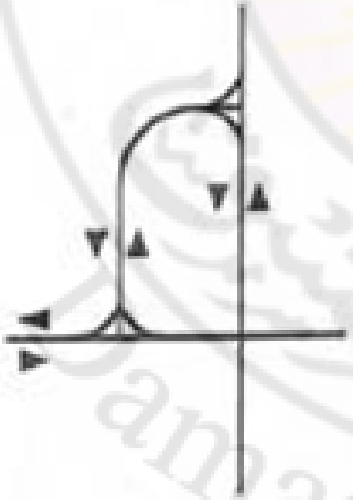
ثالثا: أشكال التقاطعات المتعددة المستويات:

تقسم التقاطعات المتعددة المستويات من حيث إتجاهات الحركة إلى:

- مماسية (إثنان أو ثلاث أشعة)
- متقاطعة (أربع أشعة أو أكثر)

- ومن حيث توضع الأذرع وعددها إلى عدد من الأشكال التالية:

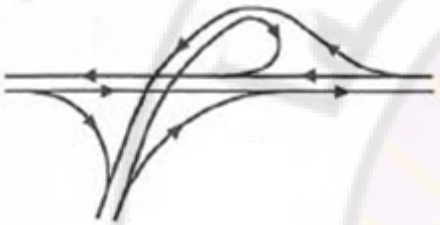
أولاً)- التقاطع الربع دائري (One Quadrant):



نقاط الإنفصال (2)
نقاط الإتصال (3)
نقاط التصادم (1)
باصل هنا الدراع
One Quadrant

ثانياً)- التقاطعات الثلاثية الأذرع (Three-Legs Interchanges):

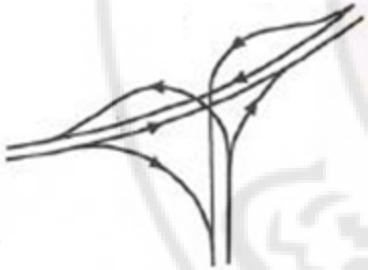
وهنالك عدة أشكال منها:



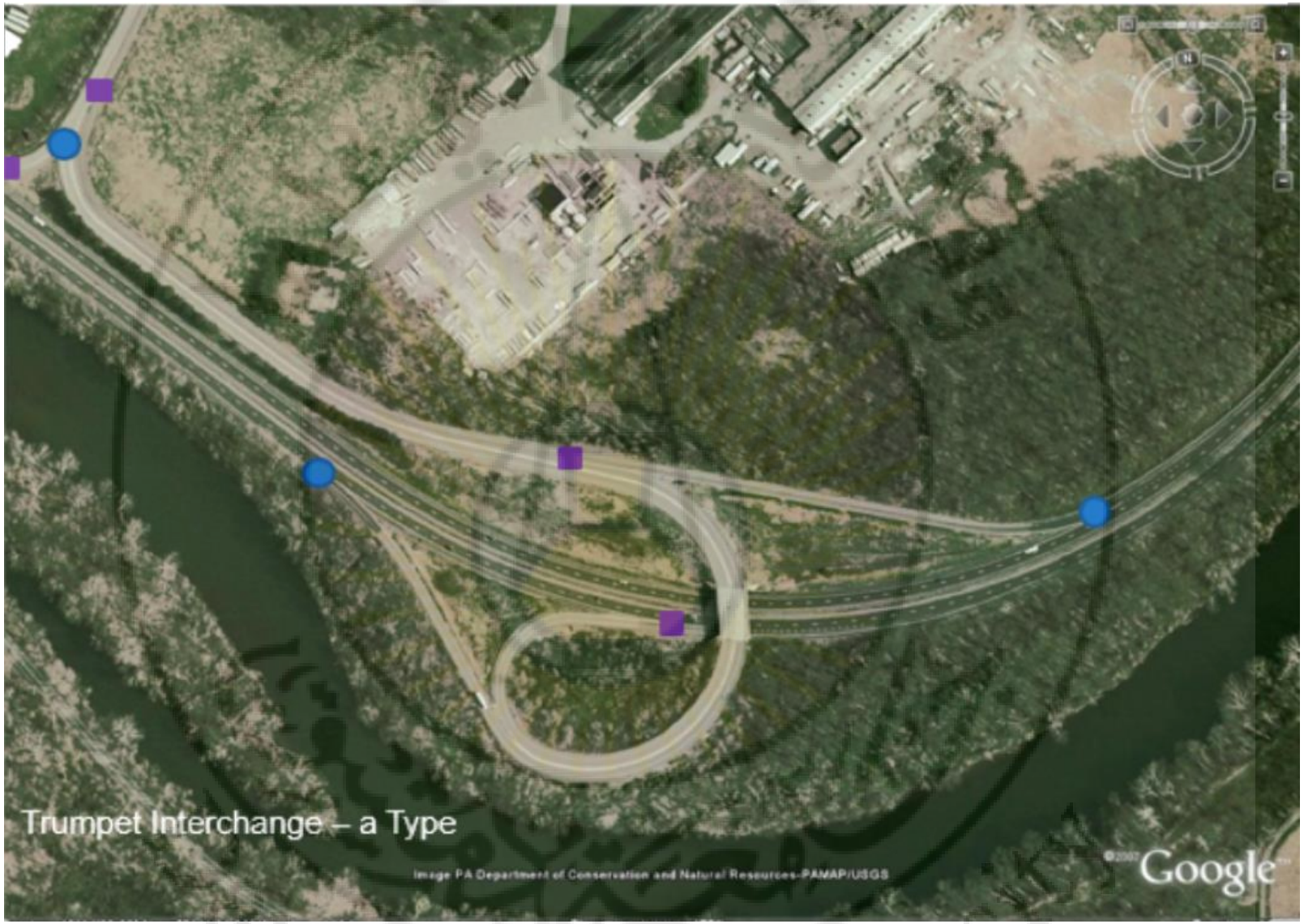
أ- بشكل البوق (Trumpet Interchange)

ب- التقاطع الشوكي

(Three-Leg Interchange – Y Type)



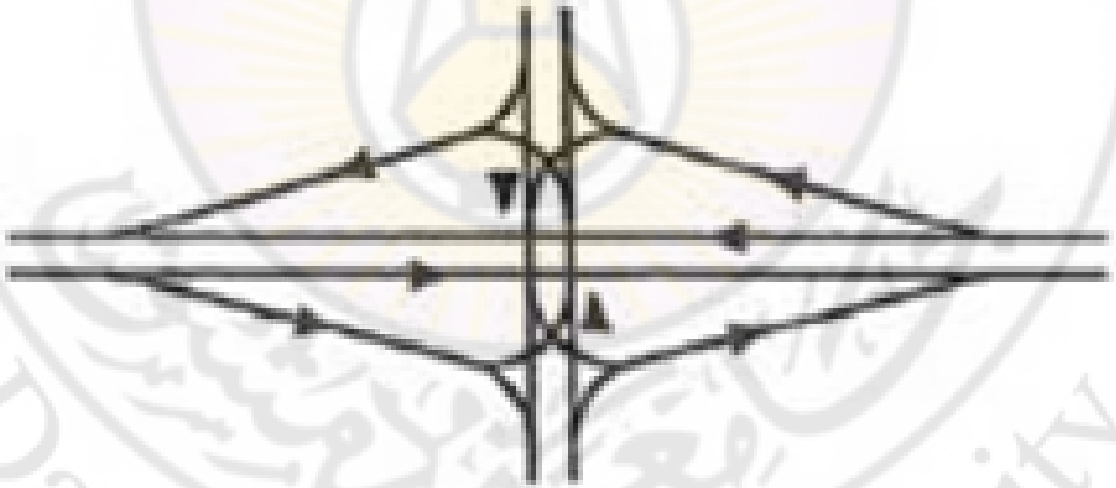
ج- التقاطع بشكل القلب (Heart Type)


Trumpet Interchange – a Type
Image PA Department of Conservation and Natural Resources-PAMAP/USGS
©2007 Google

3 Levels
Three-Leg Interchange – Y Type
Google

ثالثاً)- التقاطع المعين الشكل (Diamond Interchange):

وهذا النوع يلغي بعض "Loops" للحركة اليسارية مسبباً زيادة نقاط التصادم مع الحركات الأخرى بسبب عدم وجود المساحة أو الغزارة الكافية أو...



Diamond Interchange
Google

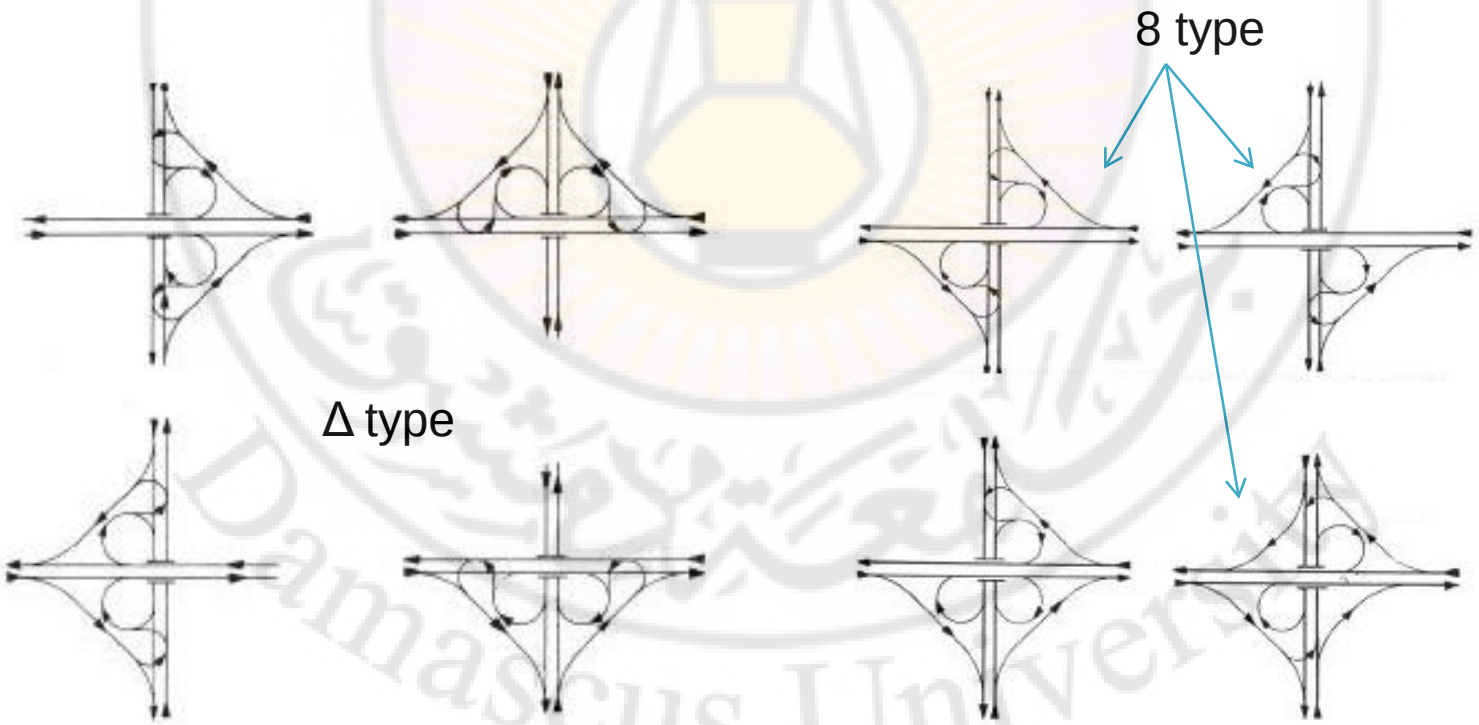
رابعاً- تقاطع وردة كليفر الكاملة (Full Cloverleaf Interchange):

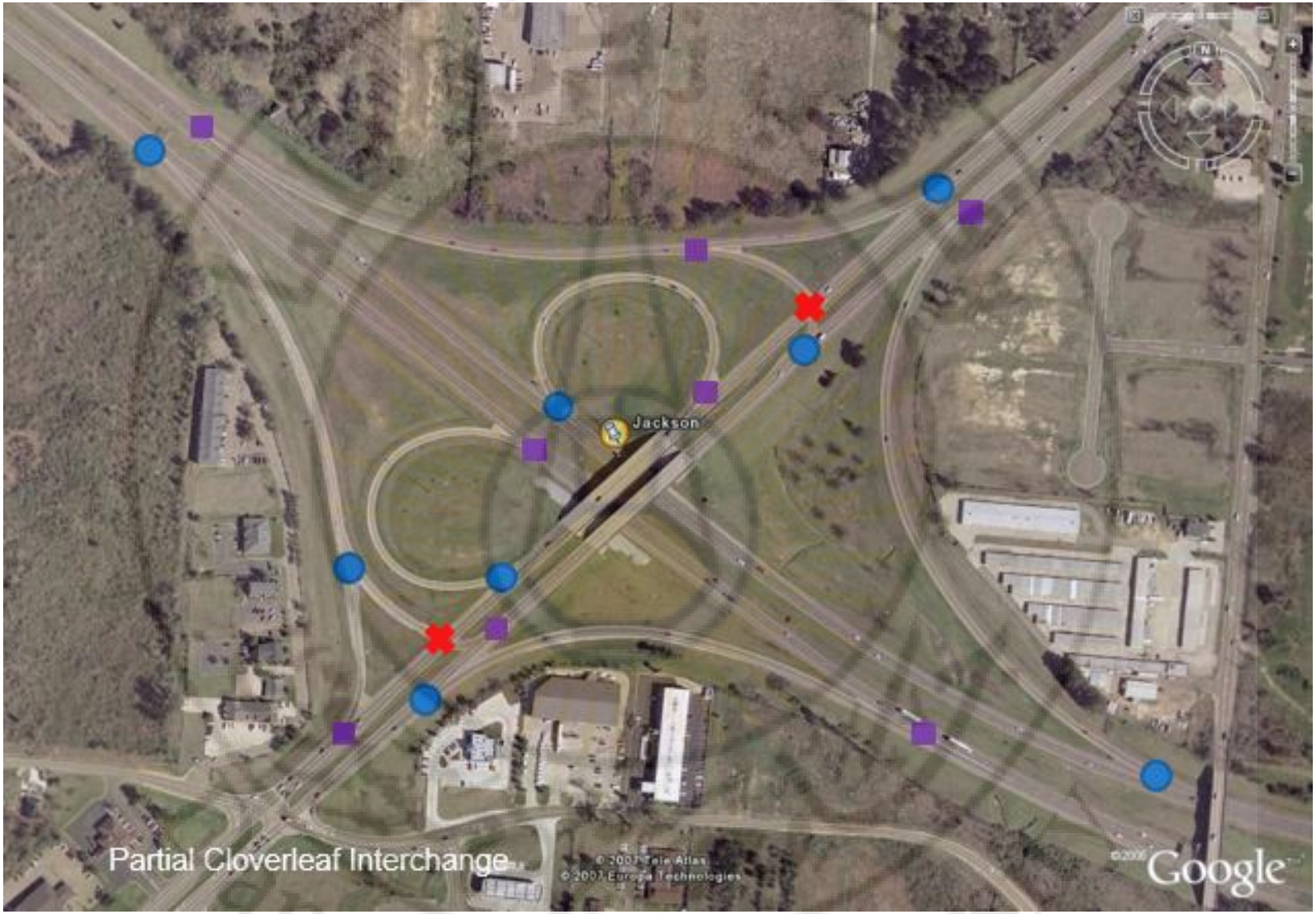
تحتاج بشكلها النظامي إلى مساحات واسعة وأنصاف أقطار كبيرة، وهي تؤمن كامل اتجاهات الحركة المطلوبة.

LIVE Webcam - View of George Wade Bridge
تداوب نقط الإنفصال والإتصال
Full Cloverleaf Interchange
Google

خامساً- تقاطع وردة كليفر الجزئية (Partial Cloverleaf Interchange):

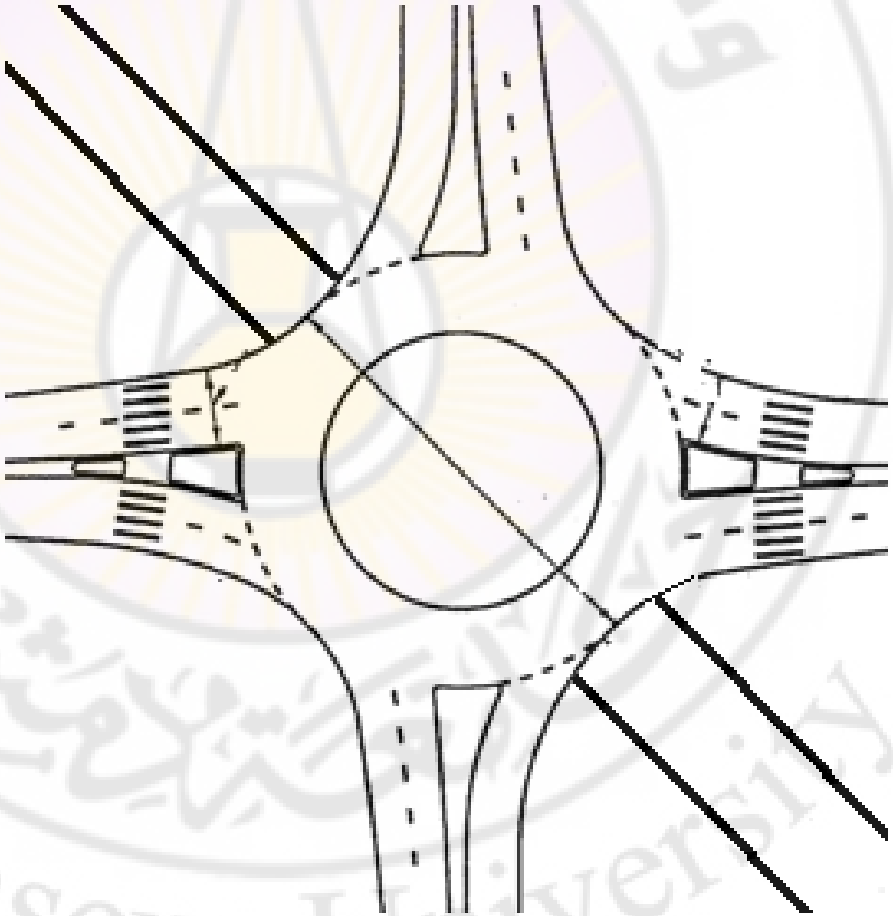
بإهمال بعض الأذرع. وذلك لقلة الغزارة على هذه الأذرع أو وجود عوائق تمنع من وجودها (أبنية أو تقاطع مع ذراع آخر ذو نصف قطر أكبر ..).




Jackson
Partial Cloverleaf Interchange
Google

Partial Cloverleaf
Int – 8 Type
©2010 Google
Image State of Ohio / OSIP
Google

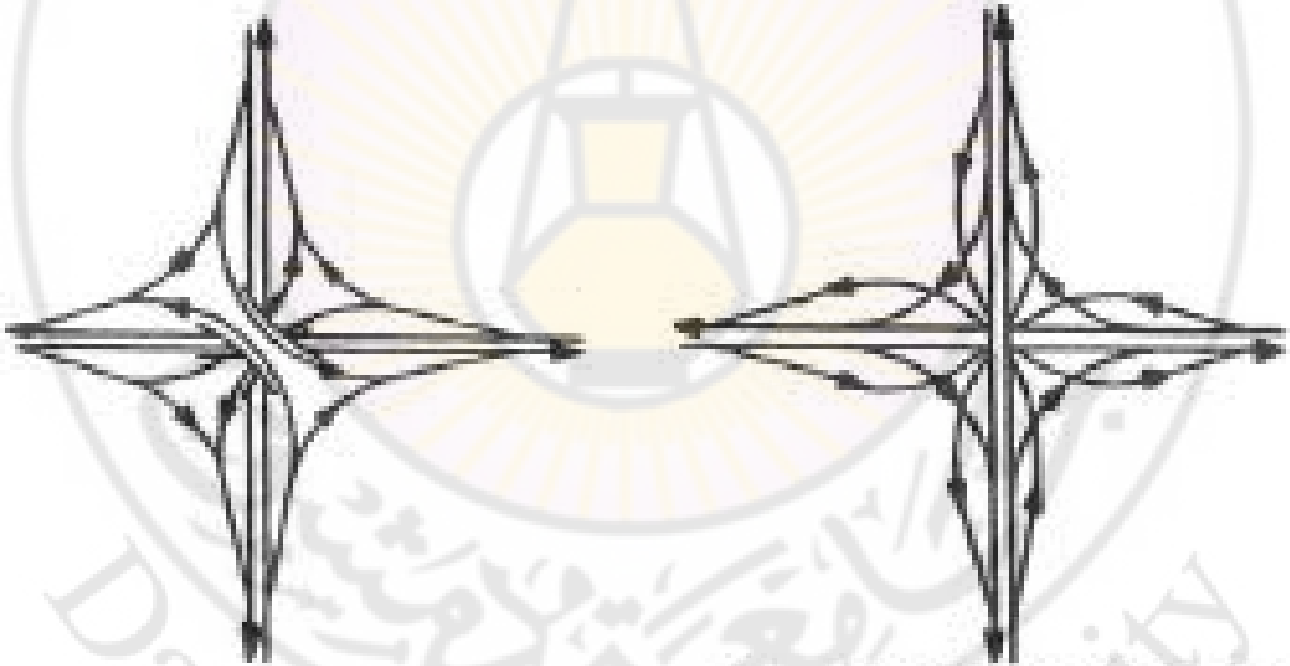
سادساً)- تقاطع على دوار متعدد المستويات (Roundabout Interchange):



© 2010 Tele Atlas
© 2010 Europa Technologies
Image © 2010 Aerodata International Surveys
Google
Imagery Date: Oct 21, 2007
48°51'12.65" N 2°24'51.05" E elev 180 ft
Eye alt 1314 ft

سابعاً)- تقاطع جميع الإتجاهات (All Directional Interchange):

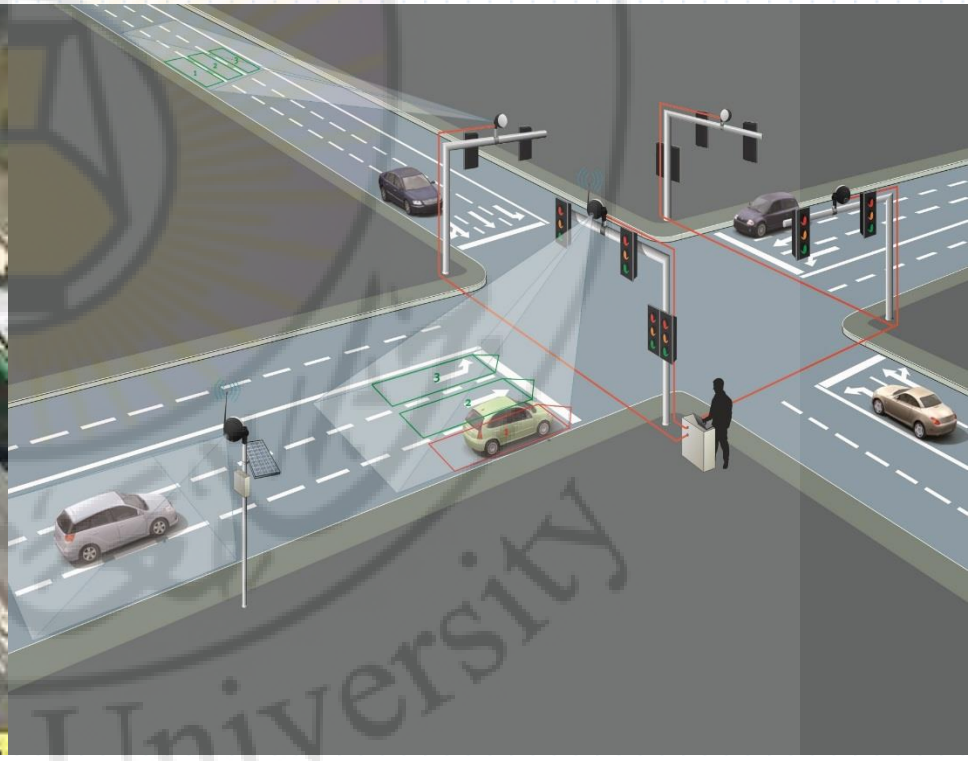
ويتميز بتعدد المستويات لإتجاهات الحركة



جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية

التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية

Signalized Intersection



➢ التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية (Signalized Intersections)

- وهي عبارة عن التقاطعات التي يتم ضبط عمليات المرور فيها بواسطة إشارات المرور الضوئية.
- تتطلب هذه التقاطعات تكلفة عالية لتشغيلها أي تكلفة تركيب الإشارات الضوئية وتوقيتها وتصميمها وصيانتها.
- تتميز بوضع نظام للحركة مما يخفف من تضارب الحركات ويخفف من زمن التأخير في حال كون الغزارات المرورية مرتفعة.
- تعتبر التقاطعات الضوئية النوع الأكثر شيوعاً في التقاطعات الهامة داخل المدن.
- تصل المركبات هنا على أحد أذرع التقاطع وتشكل صفوفاً من المركبات خلال الضوء الأحمر، ومن ثم يتم تصريفها خلال فترة الضوء الأخضر.

تعتبر التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية مكونا حرجا في نظام النقل و التحدي الأساسي الذي يواجه مهندسي المرور هو الإبقاء على أنظمة التحكم المروري تقوم بأدائها بشكل مثالي تحت مختلف الشروط والمتطلبات المرورية.

يتخذ معدل التأخير مقياسا لتقييم أداء التقاطعات المنظمة بإشارات مرورية والذي يتم حسابه باستخدام معادلة التأخير في دليل الطرق السريعة (HCM)والتي تعتبر نموذج رياضي تدخل فيه العديد من البارامترات كمدخلات تعكس طبيعة التقاطع الهندسية والشروط المرورية وشروط الإشارة المرورية.

مبررات تزويد التقاطعات بإشارت مرورية:

1- الحجم المروري لتعداد مروري (4-8) ساعات

2- ساعة الذروة

3- الحجم المروري للمشاة

4- عبور طلاب المدارس

5- أنظمة تنسيق الإشارات المرورية

6- الحوادث المرورية

7- شبكة الطرق

8- تقاطع قرب ممرات القطارات

مزايا الإشارات المرورية:

تساعد الإشارات المرورية بالسيطرة والتحكم بالتدفق المروري للمركبات والمشاة والدراجات وذلك عن طريق تحديد الأولويات للحركات المرورية المختلفة بأسلوب منظم.

التصميم الصحيح و المكان المناسب للإشارات المرورية واحترامها ينتج العديد من الميزات:

1- تنظيم الحركة المرورية.

2-زيادة سعة التقاطع المرورية.

3-تخفيض تكرار وخطورة أنواع محددة من الحوادث المرورية خصوصاً الحوادث التي تحدث بزوايا قائمة.

4-تساعد في تزويد الحركة المرورية المستمرة بسرعة محددة على طول الاتجاه المسموح.

5-تساعد على ايقاف حركة المركبات الكبيرة على فترات للسماح للمركبات الأخرى أو المشاة بالعبور.

مساوئ الإشارات المرورية:

الإشارات المرورية ليست هي الحل لجميع المشاكل المرورية على التقاطعات، والإشارات المرورية التي لا مبرر لها يمكن أن يكون لها تأثيرا عكسيا على الأمان وكفاءة الجريان المروري عن طريق التسبب بواحد او أكثر من يلي :

1- التأخير الزمني الكبير

2- تزايد الازدحام المروري ، تلوث الهواء ، استهلاك الوقود.

3- عدم احترام الإشارات المرورية.

4- الاستخدام المتزايد للطرق الفرعية لتجنب الإشارات المرورية.

5- تزايد تكرار الحوادث المرورية وخصوصا حوادث الاصطدام من الخلف.

أنواع السيطرة والتحكم:

هناك مجال واسع من نظريات السيطرة والتحكم بالإشارات المرورية التي يمكن أن تصنف وفق محورين

		نطاق السيطرة (Control Scope)		
		تقاطعات معزولة (Isolated Intersection)	سيطرة شريانية (Arterial Coordination)	سيطرة شبكية (Network Control)
منطق السيطرة (Control Logic)	مسبقة التوقيت (Pertimed)	*	*	*
	تشغيلية (Actuated)	*	*	*
	تكيفية (Adaptive)	*	*	*

نظرية التحكم والسيطرة:

1. السيطرة مسبقة التوقيت:

وهو النوع الأكثر انتشاراً و قدرة على التطبيق حيث يكون زمن دورة الإشارة المرورية وأزمنة الأطوار في هذا النوع موضوعة كقيم ثابتة كفترات زمنية محددة في كل مرحلة اعتمادا على بيانات التدفق المروري المسجلة مسبقاً.

الميزة الأساسية للسيطرة مسبقة التوقيت بأنه غير متجاوب مع الطلب المروري أي أن الإشارات المرورية تعمل من دون أي اعتبار للتغيرات في الطلب المروري.

يمكن أن تملك الإشارة المرورية خطة أو عدة خطط زمنية توضع حسب :

- الذروة الصباحية
- الذروة المسائية
- خارج ساعات الذروة

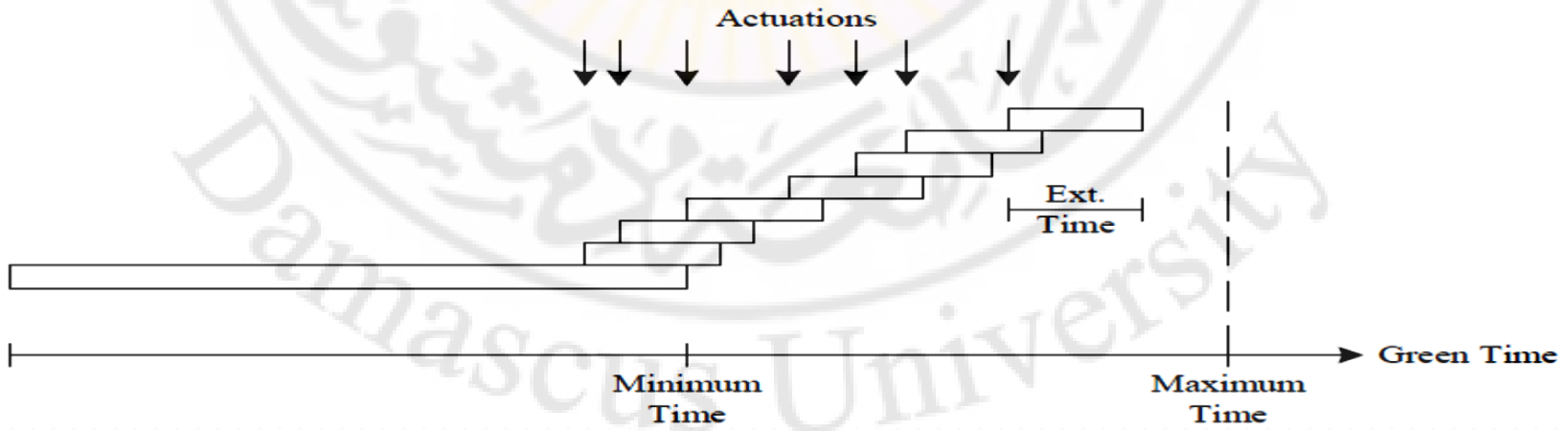
Damascus University

2- السيطرة التشغيلية:

تستخدم السيطرة التشغيلية لتكون الإشارة المرورية متجاوبة مع الطلب المروري عن طريق التحكم بأزمنة أطوار هذه الإشارة عن طريق كاشفات موضوعة على أذرع التقاطع.

الميزة الأساسية للسيطرة التشغيلية هي القدرة على تمديد الزمن الأخضر لطور معين من الإشارة المرورية ، الميزة الأخرى للسيطرة التشغيلية هو القدرة على تجاوز طور معين عندما لا يوجد طلب مروري حالي عليه.

.



السيطرة التكيفية:

تعمل بذات منطق السيطرة التشغيلية، الاستجابة للطلب المروري في الوقت الحقيقي، لكن في هذا النوع يمكن أن يتم تغيير بارامترات أكثر من طول الفترة المحددة.

الأكثر شيوعاً هو تعديل وقت الإشارة وزمن الأطوار.

حيث أصبحت أنظمة السيطرة المرورية التكيفية واسعة الانتشار في التطبيقات والتطور والتوسع مثل انظمة السيطرة المرورية في المدن مثل SCOOT (Split Cycle Offset Optimisation Technique).

Damascus University

نطاق السيطرة:

التحكم بالتقاطعات المعزولة:

هو استراتيجية السيطرة التي تعمل فيها الإشارات المرورية الخاصة بتقاطع معين دون أي اعتبار للتقاطعات المجاورة. حيث يكون لكل تقاطع في مثل هذه الحالة وقتا مميز خاص به.

منطق السيطرة المحلية يمكن أن يكون مسبق التوقيت أو تشغيلي أو تكيفي.

التنسيق الشرياني:

هي الاستراتيجية التي يتم فيها دراسة الإشارات المرورية المتجاورة ،هدف هذه الاستراتيجيات بشكل عام هو الحصول على التعاقب من خلال عدة تقاطعات متتالية. حيث يسمح للمركبات باجتياز عدة اشارات مرورية متعاقبة من دون مصادفة أية اشارة حمراء.

السيطرة الشبكية:

وهو المنطق الاوسع انتشار من استراتيجيات السيطرة. والتي تأخذ الشبكة ككل في سيطرة الإشارات المرورية . في أغلب الحالات فإن السيطرة الشبكية هي امتداد للتنسيق الشرياني والتي تأخذ بالاعتبار تعاقب الاشارات المرورية واستمرارية التدفق في كافة الاتجاهات.

منافع تنسيق الإشارات المرورية:

الغاية الأساسية من تنسيق الإشارات المرورية هو تأمين سرعة الرحلة المثالية من حيث تخفيض التأخرات وتقليل التوقفات إلى أقل حد ممكن حيث تشير الدراسات أن تنسيق الإشارات المرورية الغير منسقة سابقا يمكن أن يؤدي إلى تخفيض في مدة الرحلة بنسبة تتراوح بين 10 - 20 % اضافة إلى العديد من المنافع الأخرى مثل:

1. تحسين قابلية الحركة والوصول.
2. دعم الاقتصاديات المحلية.
3. تخفيض عدد الحوادث المرورية الخاصة بالمركبات.
4. تخفيض استهلاك الطاقة والوقود.
5. إلغاء أو تأخير الحاجة إلى توسيع عرض الطريق المطلوبة.
6. تحسين الاستجابة للطوارئ.
7. التخفيض من اهتلاك المركبات.
8. تزيد من القدرة في التحكم بسرعة المركبات.
9. تخفض من الانبعاثات الصادرة عن المركبات.
10. المساعدة في ضبط ومراقبة الوقت الحقيقي للتدفق المروري.

العوامل التي تقلل من منافع تنسيق الإشارات المرورية:

من العوامل التي تحد من منافع تنسيق الإشارات المرورية:

1. السعة الغير كافية للطرق
2. الاحتكاك الجانبي الكبير يتضمن ذلك التوقف ، التحميل ، التوقف المفاجئ الذي يعرقل الحركة المرورية ، المسارب المتعددة.
3. التغير الكبير في سرعة الحركة المرورية
4. التباعد الصغير جدا بين الإشارات المرورية
5. الحجوم المرورية المنعطفة (الداخلة او الخارجة من الطريق)

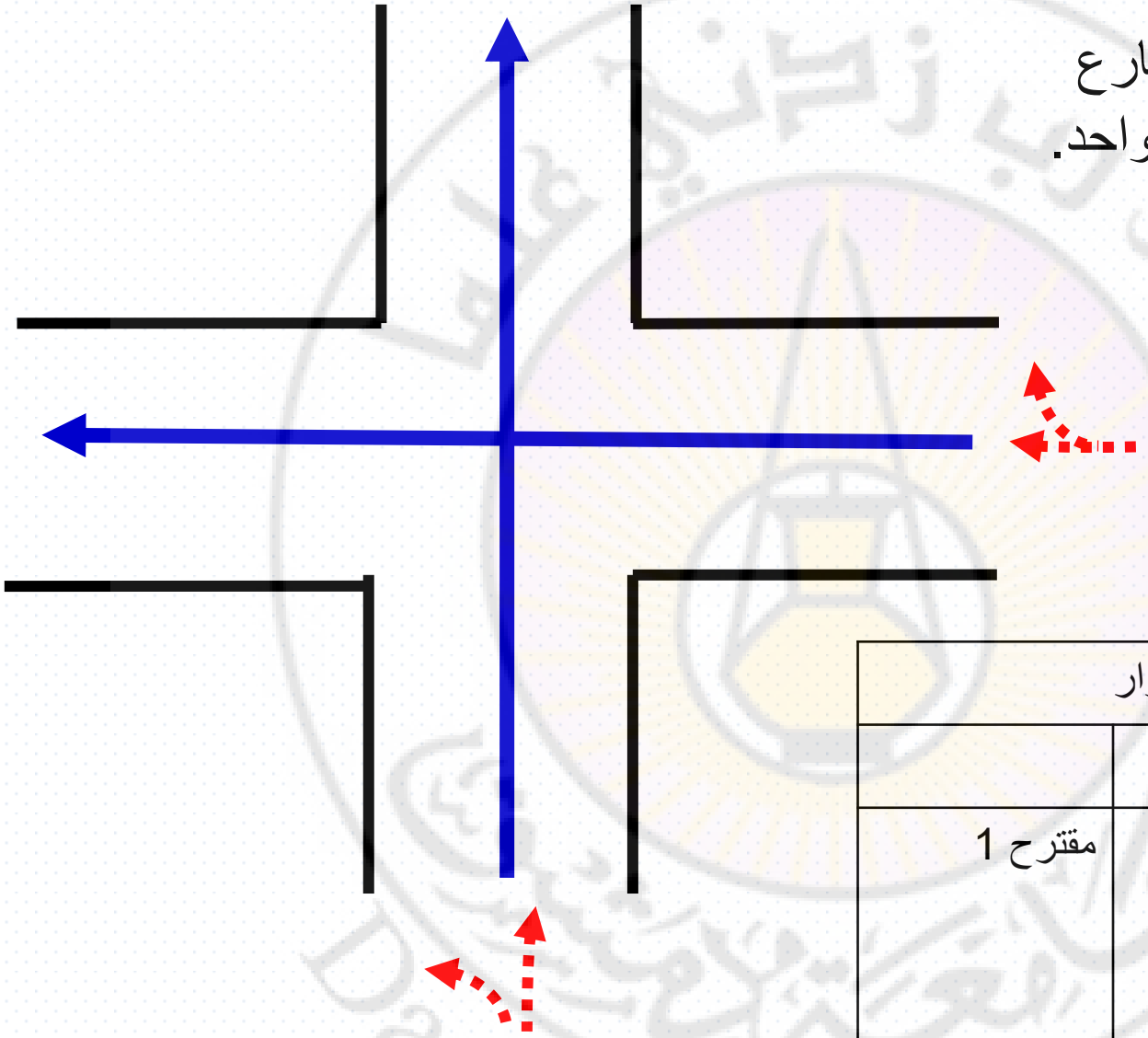
Damascus University

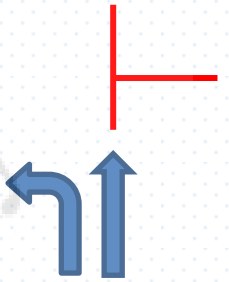
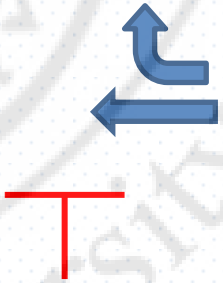
مخطط الأطوار:

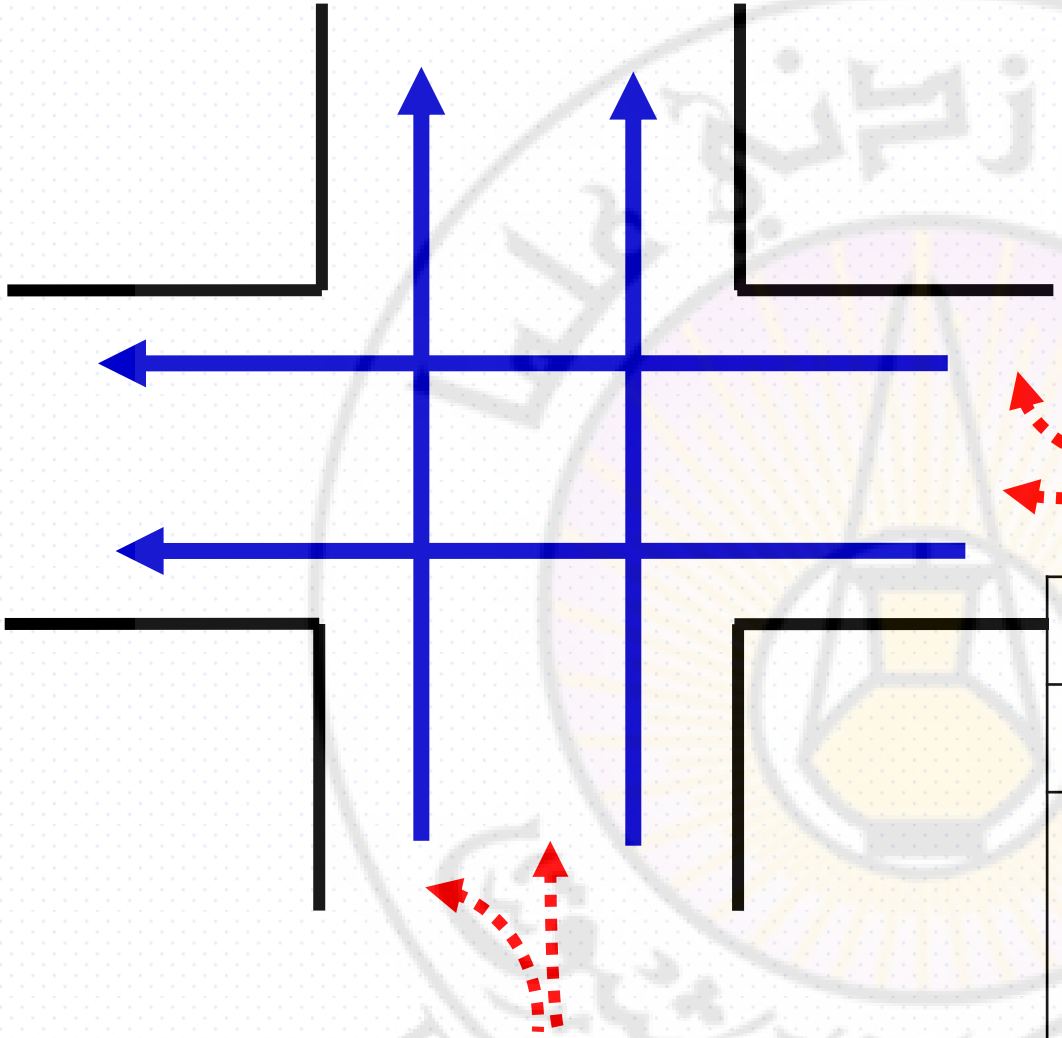
يعتبر مخطط الأطوار الجانب التصميمي الأكثر حرجاً عند تصميم أي تقاطع ضوئي.

يجب أن يحتوي المخطط على عدد الأطوار المستخدمة، الفترة الزمنية لكل طور ، وقانون (نظام) الحركة المسموحة لكل طور، وأخيرا يجب أن يدل على تسلسل الأطوار وتتابعها.

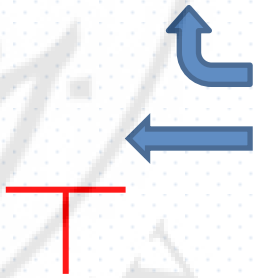
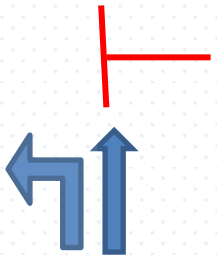
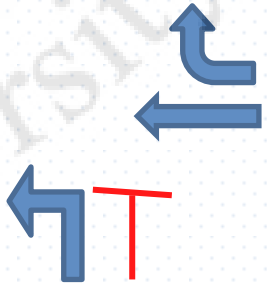
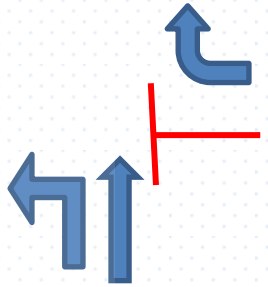
تقاطع على شكل + كل شارع باتجاه وكل اتجاه بمسرب واحد.



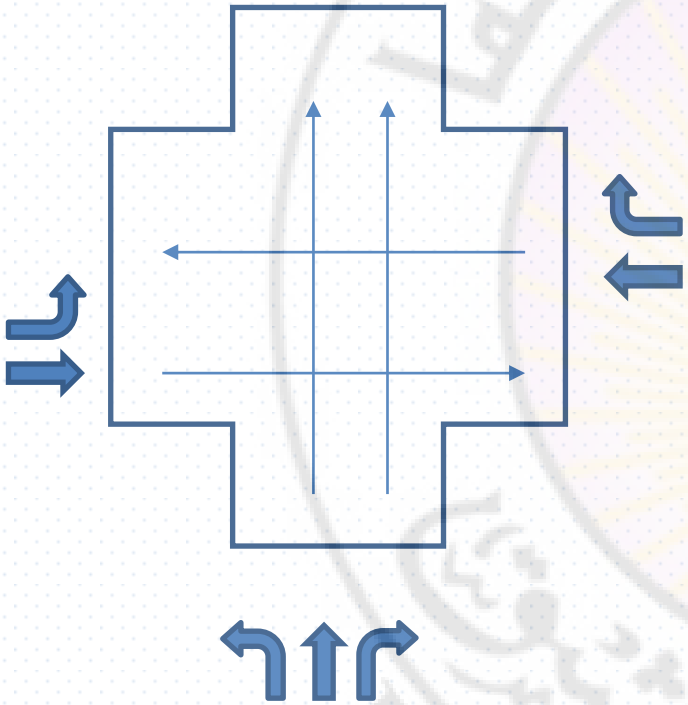
مخططات الأطوار		
الطور 2	الطور 1	
		مقترح 1

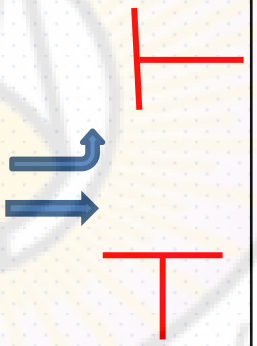
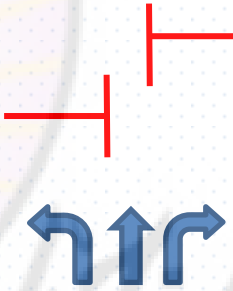
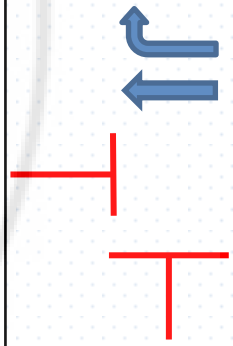


تقاطع على شكل + كل شارع باتجاه وكل اتجاه بمسربين.

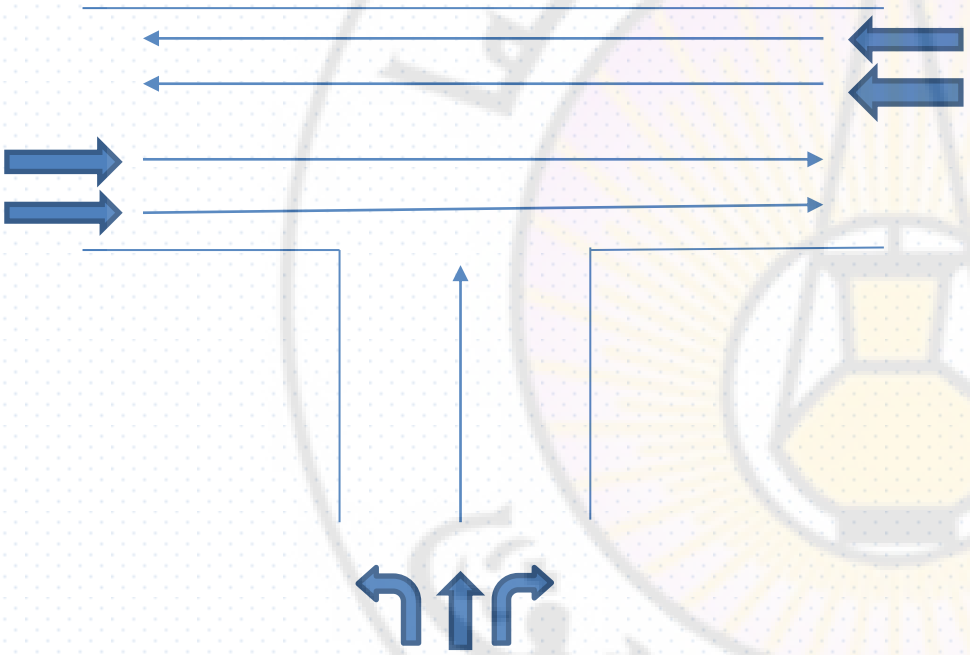
مخططات الأطوار		
	الطور 1	الطور 2
مقترح 1		
مقترح 2		

تقاطع على شكل + الشارع الرئيسي باتجاهين وبمسربين والشارع الثانوي باتجاه واحد وبمسربين



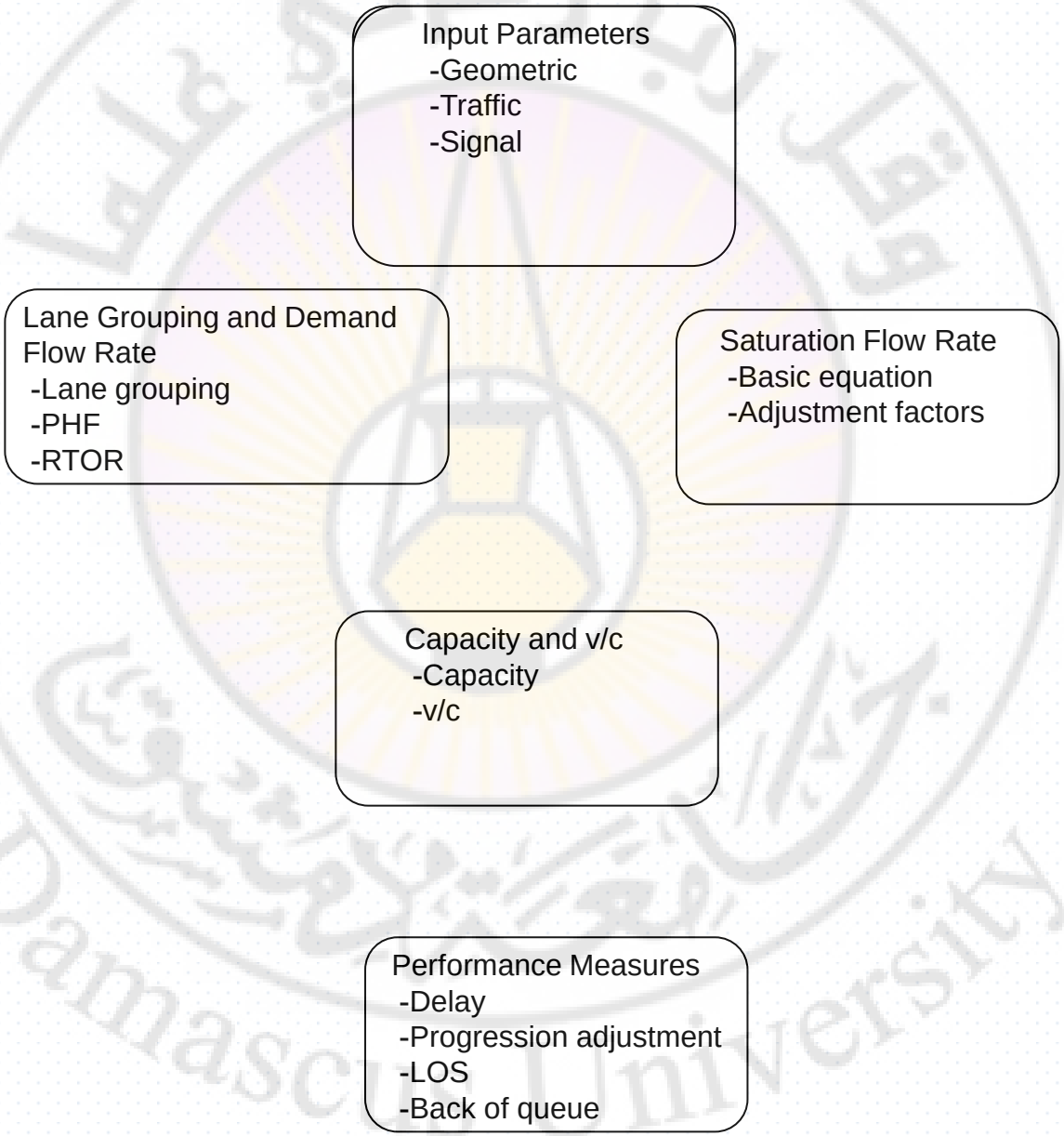
مخططات الأطوار			
	الطور 1	الطور 2	الطور 3
مقترح 1			
مقترح 2			

تقاطع على شكل T الشارع الرئيسي باتجاهين وبمسربين في كل اتجاه الشارع الثانوي باتجاه واحد وبمسرب واحد.



مخططات الأطوار			
	الطور 1	الطور 2	الطور 3
مقترح 1			
مقترح 2			

منهجية دراسة التقاطعات المنظمة بإشارات الضوئية :



الظروف الهندسية:

تمثّل هندسة التقاطع بشكل تخطيطي ويجب أن تتضمن كافة المعلومات ذات الصلة من ميول أذرع التقاطع، عدد وعرض حارات المرور وظروف وقوف العربات. كما يجب تحديد وجود حارات مخصصة للانعطاف لليمين أو اليسار وحارات الانتظار في حال وجودها.

في حال القيام بتصميم التقاطعات تفرض هذه البيانات مسبقاً للقيام بعملية التحليل.

الظروف المرورية:

يجب تحديد الغزارات المرورية لكافة اتجاهات الحركة على أذرع التقاطع، وتمثل هذه الغزارات معدلات الغزارة من أجل 15 دقيقة التي تمثل عادة فترة التحليل (T=0.25) ، ويمكن الحصول على هذه المعدلات باستخدام الغزارات الساعية ومعامل ساعة الذروة PHF .

يجب أيضاً دراسة التوزع النوعي للعربات بمعرفة النسبة المئوية للعربات الثقيلة (كافة العربات التي تمتلك أكثر من أربعة دواليب) (HV %) ونسبة الباصات المحلية على كل ذراع من أذرع التقاطع ويشمل ذلك فقط الباصات التي تتوقف على مدخل أو مخرج التقاطع لإفراغ الركاب، أما التي لا تتوقف فتعامل معاملة العربات الثقيلة، وهناك حاجة لمعرفة وتحديد غزارات المشاة والدراجات التي تتداخل مع الحركات المسموحة بالانعطاف لليمين أو اليسار.

ظروف الإشارات الضوئية:

يجب أن تتوفر كافة المعلومات المتعلقة بالإشارات الضوئية بهدف إنجاز عملية التحليل، تشمل هذه المعلومات مخطط الأطوار، طول دورة الإشارة الضوئية، الأزمنة الخضراء وأزمنة التبديل والإخلاء.

ساعة الذروة (peak Hour) ساعات خارج الذروة (off-peak Hour)

ساعة الذروة هي الساعة التي تبلغ خلالها الغزارة المرورية القيمة العظمى لها خلال اليوم وبالتالي غزارة ساعة الذروة هي الغزراة المرورية خلال ساعة الذروة.

يتم تمييز نوعين من ساعات الذروة: ساعة الذروة الصباحية ، ساعة الذروة المسائية.

معامل ساعة الذروة peak Hour factor (PHF):

يعرف (معامل ساعة الذروة) على أنه النسبة بين الغزارة المرورية خلال ساعة كاملة وبين الغزارة الأعظمية الساعية التي سجلت خلال أعلى ربع ساعة ضمن تلك الساعة الكاملة.

تحديد مجموعات الحارات:

تعتمد المنهجية المعتمدة في دراسة التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية على دراسة أذرع التقاطع ودراسة مجموعات الحارات على الأذرع، ويعتمد في تحديد المجموعات الأسس التالية:

- تحدد الحارة أو الحارات المخصصة للانعطاف لليسار كمجموعة مستقلة ، ونفس الوضع تعامل به الحرات المخصصة للانعطاف نحو اليمين،
- على الأذرع التي توجد حارات مخصصة للانعطاف نحو اليمين أو نحو اليسار تعامل كافة الحارات الأخرى كمجموعة واحدة،
- في حال وجود حارات تستخدم بشكل مشترك بين الحركة المستقيمة والحركة المنعطفة لليسار، من الضروري التحقق من وجود توازن في استخدام هذه الحارات بين الحركتين أو أن هذه الحارات تستخدم فقط للحركة المنعطفة لليسار

عدد حارات المرور	الحركات على حارات المرور	عدد المجموعات الممكنة
1	LT+TH+RT	1
2	Exc. LT TH+RT	2
2	TH+LT TH+RT	1 أو 2
3	Exc. LT TH TH+RT	2 أو 3

حساب معدل الغزارة:

يتم تصعيد و حساب معدل الغزارة لـ 15 دقيقة الأعظمية من خلال قسمة الغزارة الساعية على معامل ساعة الذروة PHF :

$$V_p = V/PHF$$

حيث:

v_p : معدل الغزارة خلال أعلى15 دقيقة (veh/h)،

V : الغزارة الساعية (veh/h)،

PHF : معامل ساعة الذروة،

تحديد معدل غزارة الإشباع:

معدل غزارة الإشباع هو عبارة عن عدد العربات التي يمكن تصريفها خلال زمن ساعة واحدة من قبل مجموعة الحارات بفرض أن الزمن الأخضر مستمر(g/C=1)، ويحسب معدل غزارة الإشباع لكل مجموعة حارات وفق العلاقة التالية:

$$s = s_o\ N\ f_w\ f_{HV}\ f_g\ f_p\ f_{bb}\ f_a\ f_{LU}\ f_{LT}\ f_{RT}\ f_{Lpb}\ f_{Rpb}$$

s : معدل غزارة المرور لمجموعة الحارات (veh/h)،

s_o : معدل غزارة الإشباع الأساسية لحارة مرور واحدة (pc/h/ln)، وتساوي 1900

N : عدد حارات المرور لمجموعة الحارات المدروسة،

f_w : معامل تصحيح عرض حارة المرور،

$$\mathbf{f_w} = 1 + \frac{(\mathbf{w} - 3.6)}{9}$$

W: عرض حارة المرور (m)

f_{HV} : معامل تصحيح العربات الثقيلة في تيار المرور

$$\mathbf{f_{HV}} = \frac{100}{100 + \%\mathbf{HV}(\mathbf{E_T} - 1)}$$

%HV: النسبة المئوية للعربات الثقيلة في مجموعة الحارات

ET= 2.0 pc/HV

f_g: معامل تصحيح الميل الطولي للذراع

$$\mathbf{f_g} = 1 + \frac{\%\mathbf{G}}{200}$$

G: الميل الطولي

f_p: معامل تصحيح لحارة الوقوف وعدد مناورات الوقوف لمجموعة الحارات المجاورة لحارة الوقوف

f_{bb}: معامل تصحيح لتأثير الإعاقة الناجم عن الباصات التي تتوقف في منطقة التقاطع،

f_a: معامل تصحيح لنوع المنطقة،

f_{LU}: معامل تصحيح استخدام حارة المرور

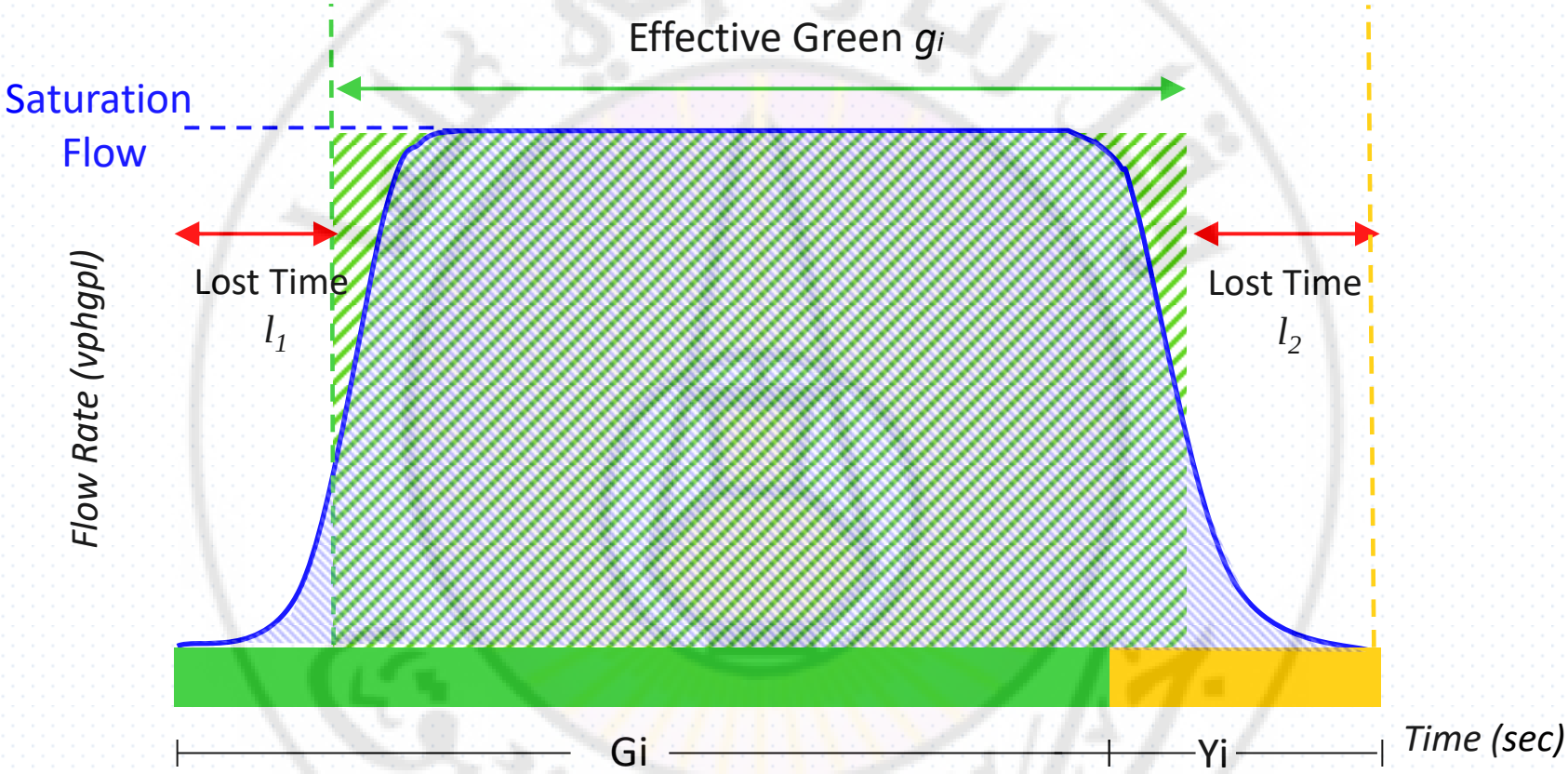
f_{LT}: معامل تصحيح للانعطاف لليسار ضمن مجموعة الحارات

f_{RT}: معامل تصحيح للانعطاف لليمين ضمن مجموعة الحارات

f_{Lpb}: معامل تصحيح المشاة للحركات المنعطفة لليسار،

f_{Rpb}: معامل تصحيح المشاة والدراجات للحركات المنعطفة لليمين،

Effective Green Time الزمن الأخضر الفعال



$$g_i = G_i + Y_i - t_{Li}$$

Y_i: الزمن الأصفر (عبارة عن الزمن الفاصل بين الأطوار ليؤمن إخلاء التقاطع قبل بدء الحركة على الاتجاه المتصادم مع الحركة الحالية المسموحة).

t_L : الزمن الضائع وهو عبارة عن الزمن الذي لا يتم خلاله استخدام التقاطع من قبل أي حركة من الحركات (وهو عبارة عن الضياعات الزمنية أثناء الإقلاع إضافة للضياعات الزمنية اللازمة لإخلاء التقاطع).

$$t_L = l_1 + l_2$$

l_1: الزمن الضائع أثناء الإقلاع.

l_2 : الزمن اللازم لإخلاء التقاطع المروري.

السعة ومستوى الخدمة :

تحسب السعة للتقاطع لكل مجموعة من الحركات بشكل مستقل ، وهي عبارة عن معدل المرور الأعظمي الذي يمكن أن يعبر قطاع معين في الظروف المرورية والطرقية وظروف الإشارات الضوئية الموجودة على التقاطع المدروس .

يعبر عن السعة لمجموعة حارات محددة i بالعلاقة :

$$c_i = s_i \frac{g_i}{C}$$

حيث:

c_i : السعة لمجموعة حارات معينة (veh/h) i.

s_i : معدل غزارة الإشباع لمجموعة الحارات i مقدرة بـ (veh/h)

g_i/C: نسبة الزمن الأخضر الفعال إلى زمن دورة الإشارة الضوئية لمجموعة الحارات i.

$$c_i = s_i \frac{g_i}{C}$$

تحدد نسبة الغزارة إلى السعة لمجموعة حارات معينة كما يلي :

$$X_i = \left(\frac{v}{c}\right)_i = \frac{v_i}{s_i \frac{g_i}{C}} = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

v_i معدل غزارة المرور لمجموعة الحارات i.

g_i الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات i.

حسابات التأخير الزمني و تحديد مستوي الخدمة:

الهدف من حسابات التأخير هو الوصول إلى قيمة (التأخر الكلي) الذي تتأخره المركبة أثناء مرورها من التقاطع ويقدر ب (s/veh). يحسب التأخر لكل مجموعة حارات على حدى وفق المعادلة:

$$d = d_1.(PF) + d_2 + d_3$$

حيث:

d: معدل التاخر لكل عربة (s/veh)

d1: معدل التأخر النظامي بفرض وصول منتظم للعربات،

$$d_1 = \frac{0.5 * C(1 - g/c)^2}{1 - [\min(1, X) . g/c]}$$

PF: معامل تصحيح تقدم الحركة (استمرارية الحركة) وذلك حسب تقدم الإشارات،

d_1: معدل التاخر النظامي (s/veh)

C : دورة التقاطع مقدرة ب (s)

g: الزمن الأخضر الفعال لمجموعة الحارات المدروسة مقدرة ب (s)

X: نسبة الطلب المروري إلى السعة (V/C)

2 - حساب التأخر الإضافي التزايدي d_2 :

التأخر الإضافي سيأخذ بعين الإعتبار التأخر الناشئ عن الوصول العشوائي للمركبات إلى التقاطع، وأيضاً سيأخذ بعين الاعتبار الفترات التي يكون خلالها الطلب المروري أكبر من السعة المرورية (حالات فوق الإشباع) وفق المعادلة التالية:

$$d_2 = 900.T.\left[(X-1)+\sqrt{(X-1)^2+\frac{8.K.I.X}{C.T}}\right]$$

d_2: معدل التأخر الاضافي (s/veh)

T : فترة التحليل مقاسة بالساعة)تؤخذ عادة ربع ساعة أي 0.25 ساعة(

K: معامل تزايدي للتأخر حسب نوع الإشارة المرورية (الثابت للإشارات ذات التوقيت 5.0).

I: معامل فلترة المرور بين التقاطعات)بالنسبة للتقاطعات المعزولة يساوي 1)

C: السعة المرورية لمجموعة الحارات

X: نسبة الطلب المروري إلى السعة (V/C)

3- حساب التأخر الإضافي التراكمي (d_3) :

التأخر التراكمي يأخذ بالحسبان وجود صفوف المركبات التي تراكمت من فترات سابقة ومازالت موجودة غير مصرفة عند بداية التحليل. عند اهماله نفترضه يساوي الصفر.

LOS	*Control Delay (s/veh)*
A	0–10
B	10–20
C	20–35
D	35–55
E	55–80
F	>80

Damascus University

جامـــعة دمـــشق
كليـــــة الهندسة المدنية
قسم هندسة النقل ومواد البناء

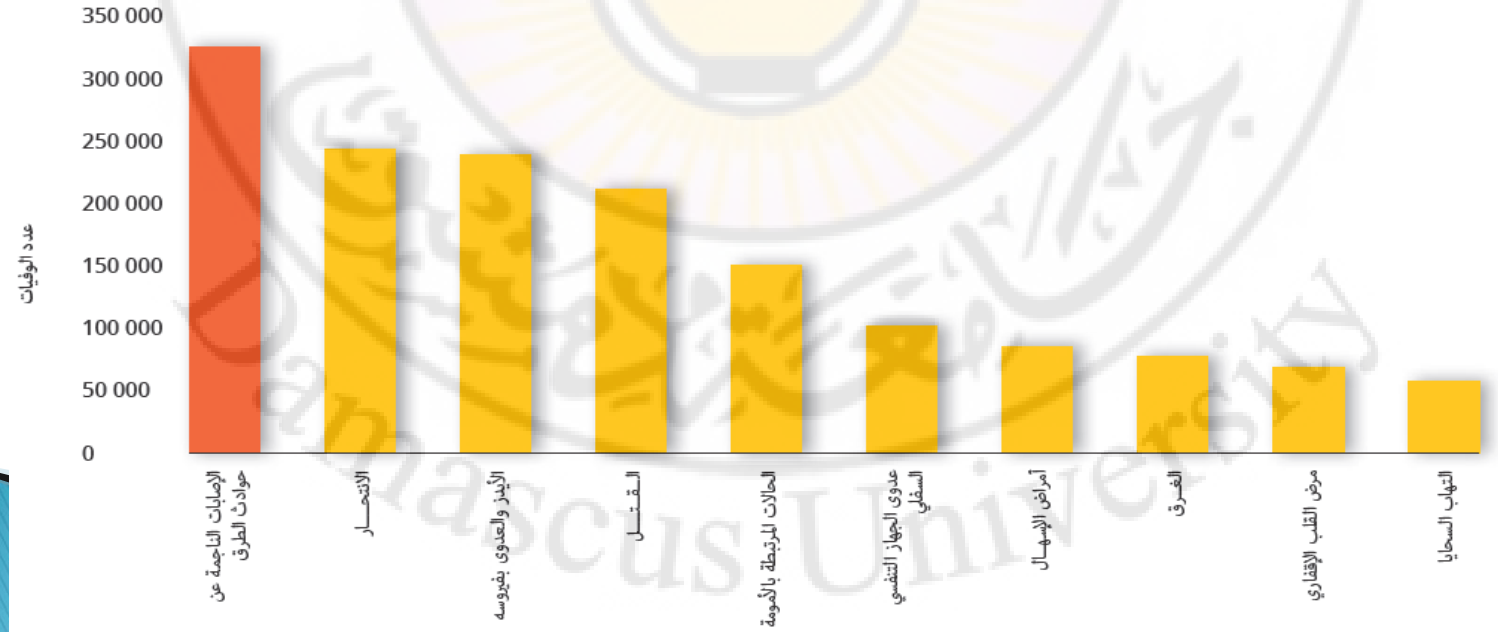
السلامة المرورية

المحاضرة الثامنة

Damascus University

مقدمة عامة:

- إن تحسين مستوى السلامة المرورية يعتبر إحدى المسؤوليات الرئيسة لمهندسي النقل المرور وذلك من خلال التصميم والتنفيذ الطرقي الجيد، ووضع ضوابط الحركة على الطرق، وتحليل العوامل الأساسية المسببة للحوادث.
- أظهرت احصائيات منظمة الصحة العالمية أن أكثر من ثلث حالات الوفيات في البلدان النامية يعزى سببها إلى حوادث الطرق

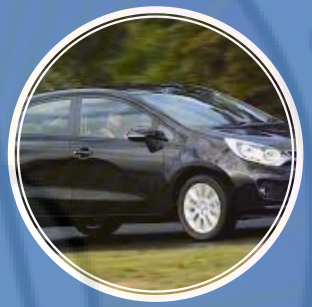


- مشكلة السلامة المرورية مشكلة عالمية تمس جميع شرائح المجتمع وتشكل تحدياً للصحة العامة.
- أول قرار اتخذته الجمعية العامة للأمم المتحدة في مجال السلامة المرورية هو القرار 309 في دورتها السابعة والخمسين عام 2003.
- أكثر من 50% من الوفيات يعود إلى فئة الشباب الذين يتراوح أعمارهم بين 25 – 40 سنة.
- السبب الرئيسي لحصول الحوادث المرورية هي السرعة الزائدة.
- تسهم السرعة الزائدة بنسبة أكثر من 30% من الحوادث المميتة.
- وتصل نسبة المصابين نتيجة حوادث السرعة إلى 70 % من مجمل حوادث الوفيات.

- لا يمكننا التخلص من الحوادث المرورية، ولكن يمكننا تقليلها وتشكيل وقاية لهذه الظاهرة.

عناصر السلامة المرورية :

الطريق



المركبة

القوانين والتشريعات

العنصر البشري

أسباب الحوادث المرورية :

أسباب الحوادث المرورية			
العنصر البشري	المركبة	الطريق	عوامل خارجية
- السرعة - عدم التركيز - سوء التقدير - مخالفة قوانين السير - القيادة بحالة السكر	- وضع المركبة في الخدمة مدة طويلة - الحمولة الزائدة - عدم توافر وسائل الأمان - عدم إجراء الفحوص الفنية	- العيوب الهندسية في تصميم وتنفيذ الطريق - وجود عائق - عدم صيانة الطرق وإعادة تأهيلها - الكثافة المرورية العالية	- الأمطار - الثلوج - الضباب - الرمال - الجليد

الآثار الناجمة عن الحوادث المرورية :

الآثار الناجمة عن حوادث المرور			
آثار اجتماعية	آثار نفسية	آثار اقتصادية	آثار على البيئة
- تعرض الجرحى إلى آثار انفعالية - عدم القدرة على العمل "جزئياً أو كلياً" - حاجة المعاق إلى رعاية خاصة ونشوء أعباء اقتصادية متزايدة - قصور التفاعل الاجتماعي	- حدوث اضطرابات مابعد الصدمة نسبته 10-45% من بين من يتعرضون للحادث	- تقدر الخسائر المادية المباشرة وغير المباشرة ب4-5 مليار ليرة سورية سنوياً بما يعادل 1% من الدخل القومي	- الازدحامات المرورية مسؤولة عن 70% من انبعاث غاز أكسيد النتروجين والهيدروكربونات الضارة وعن 30% من انبعاث غاز ثاني اكسيد الكربون - زيادة معدلات الضجيج ونوبات الأرق ومشكلات صحية على المدى الطويل.

تغير نموذج السلامة على الطرق والفهم الجديد لمكافحة الإصابات:

يمكن إلى حد كبير الوقاية من الإصابات الناجمة عن حوادث الطرق والتنبؤ بها, فهي مشكلة من صنع الإنسان وقابلة للتحليل العقلاني واتخاذ إجراءات لمكافحتها، منها:

1. اعتماد نظام مروري آمن بحيث لا تؤدي الأخطاء العادية في القيادة أوالسلوك إلى الوفاة أو الإصابات الخطيرة.
2. إدارة السرعة من خلال التصميم الجيد للطريق والشوارع تبعاً لوظيفتها الخاصة بالشبكة، بحيث يكون الامتثال لحد السرعة المقرر اختياراً طبيعياً من قبل السائقين.
3. توفير حماية متساوية لجميع مستخدمي الطرق وخصوصاً المشاة لأنهم يتحملون نصيباً كبيراً من الإصابات الخطيرة والمخاطر المحتملة.
4. نقل التكنولوجيا والمعرفة والخبرات من البلدان المتطورة إلى البلدان النامية بشكل يلبي المتطلبات والاحتياجات المحلية.

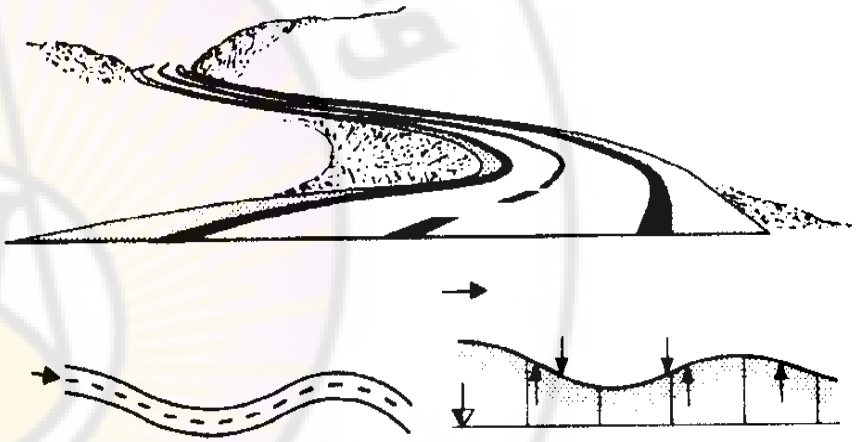
أن تعمل الجهات والهيئات الحكومية وغير الحكومية مع المختبرات العلمية المحلية مستندة إلى البحوث والدراسات اللازمة لتوفير المعلومات لتنفيذ الحلول المحلية.

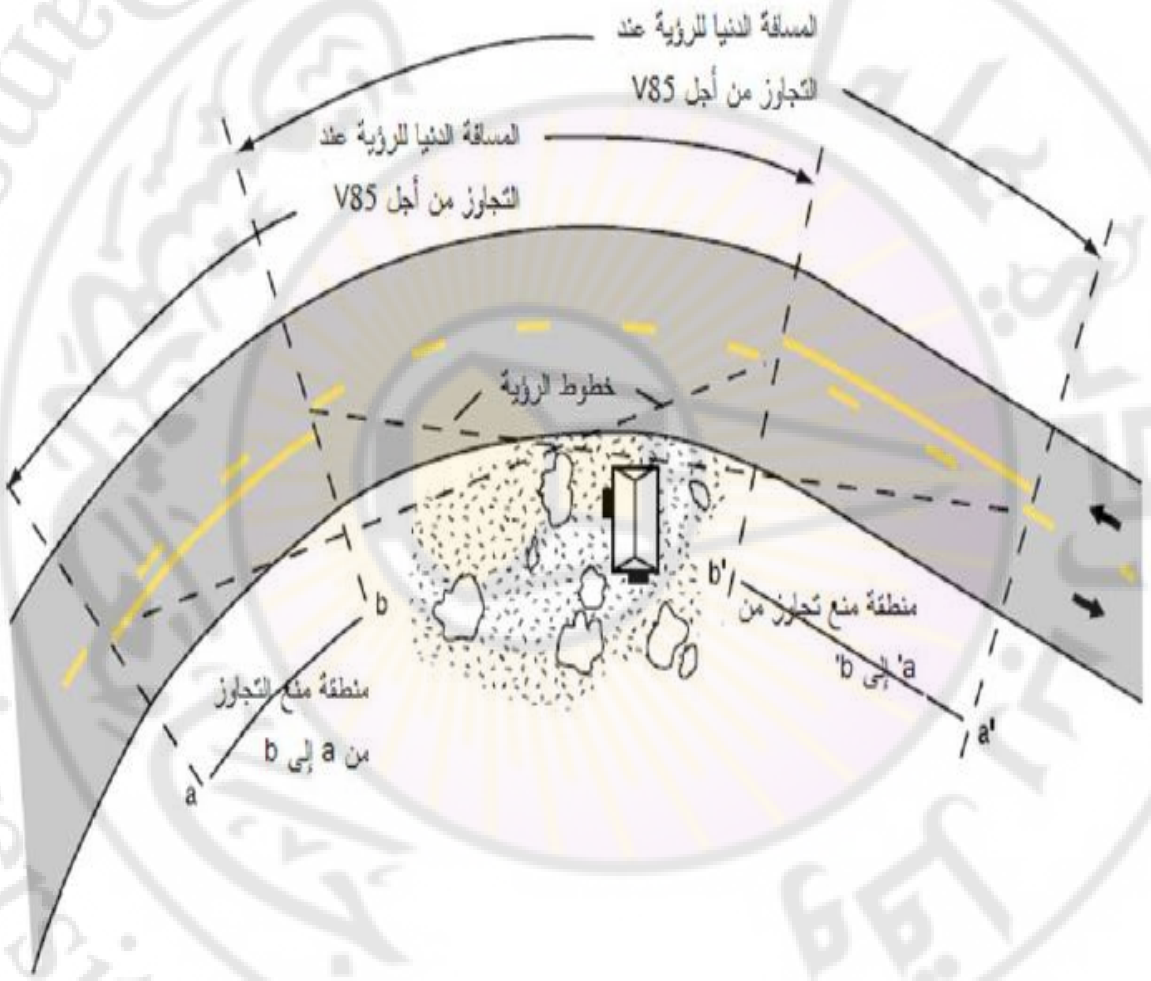
العناصر المؤثرة في السلامة المرورية والمتعلقة بالطريق :

1. التخطيط والتصميم الجيد للطرق والتقاطعات.
2. تخطيط معابر المشاة
3. التهدئة المرورية

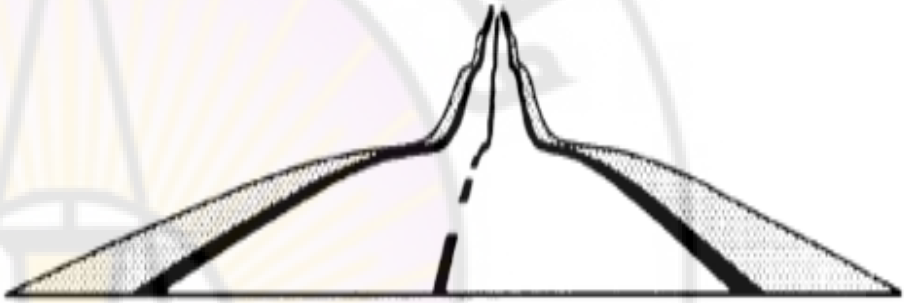
التخطيط والتصميم الجيد للطرق والتقاطعات :

يجب أن يكون هناك توازن بين العناصر الأفقية و الشاقولية ويؤخذ بعين الاعتبار توفر مسافة مأمونة للتجاوز على الطريق

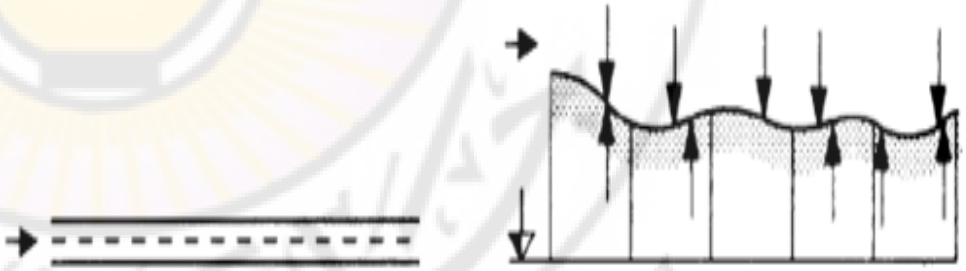


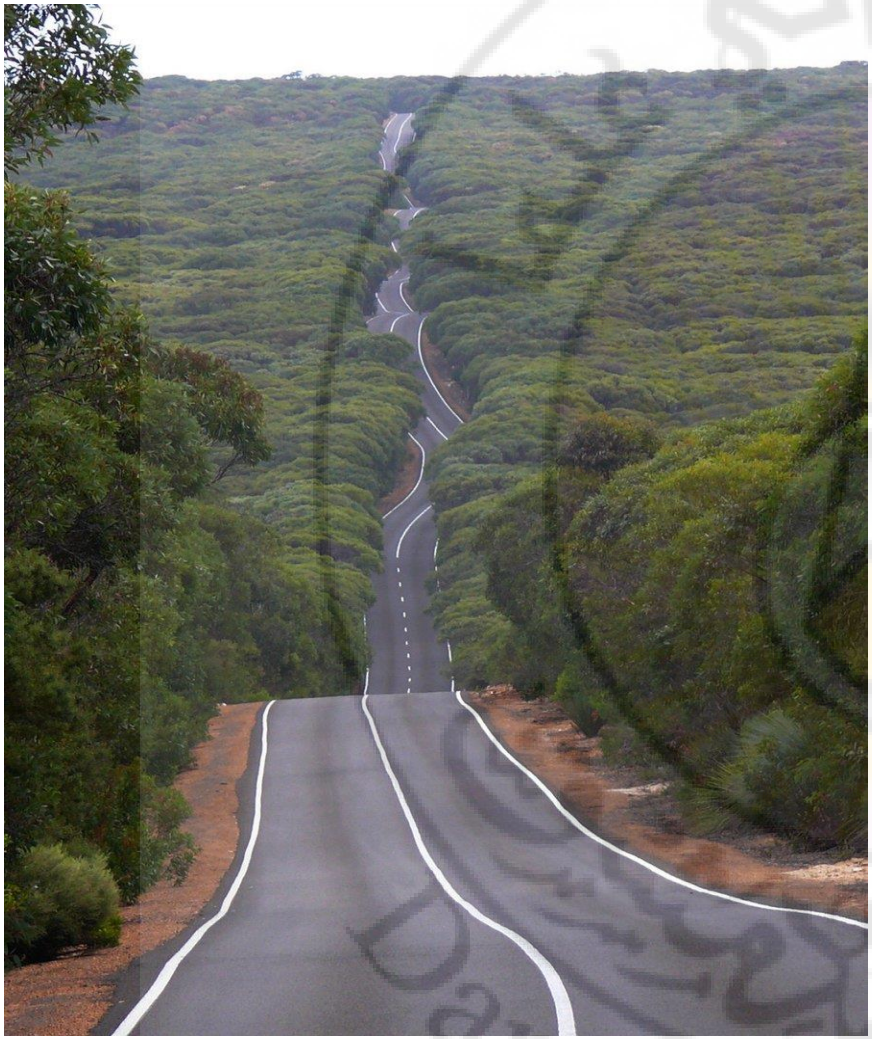

المسافة الدنيا للرؤية عند
التجاوز من أجل V85
المسافة الدنيا للرؤية عند
التجاوز من أجل V85
خطوط الرؤية
b
b'
منطقة منع تجاوز من
a' إلى b'
منطقة منع التجاوز
من a إلى b
a
a'

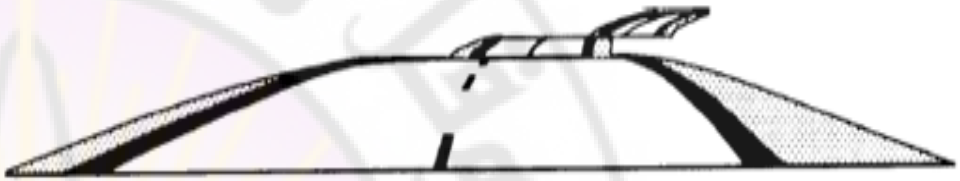
- تجنب وجود تغييرات متتالية في القطاع الرأسي للطريق دون اقترانها بانحناء أفقي قد يؤدي إلى ظهور سلسلة من قمم المنحنيات تبدو لنظر السائق من بعيد ، مما يشكل حالة غير مرغوب فيها



ظاهرة التموج في الاستقامة

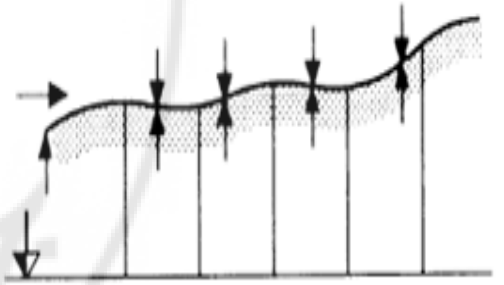






ظاهرة تتالي الأقواس الشاقولية في المنعطف

المسقط الأفقي

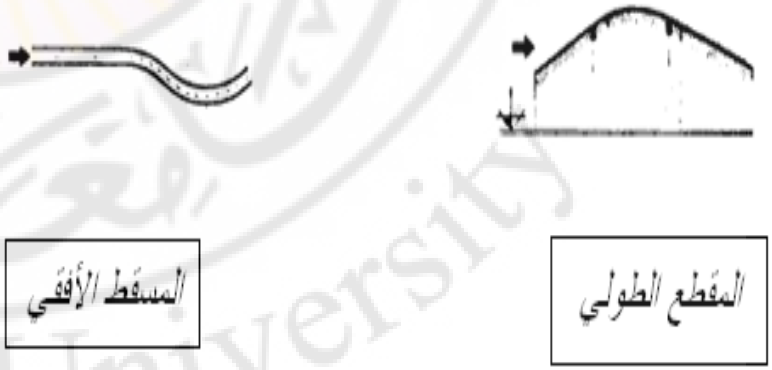


المقطع الطولي

Damascus University

- يجب ألا يصمم منحنى أفقي حاد عند قمة أو قريباً من قمة منحنى رأسي بارز ووجه الخطورة في ذلك أن السائق لا يمكنه إدراك التغيير الأفقي في التخطيط وخاصة في الليل عندما تلقى أشعة الضوء الأمامية مباشرة نحو الفضاء الأمامي.

ظاهرة وجود منعطف أفقي خلف القوس الشاقولي

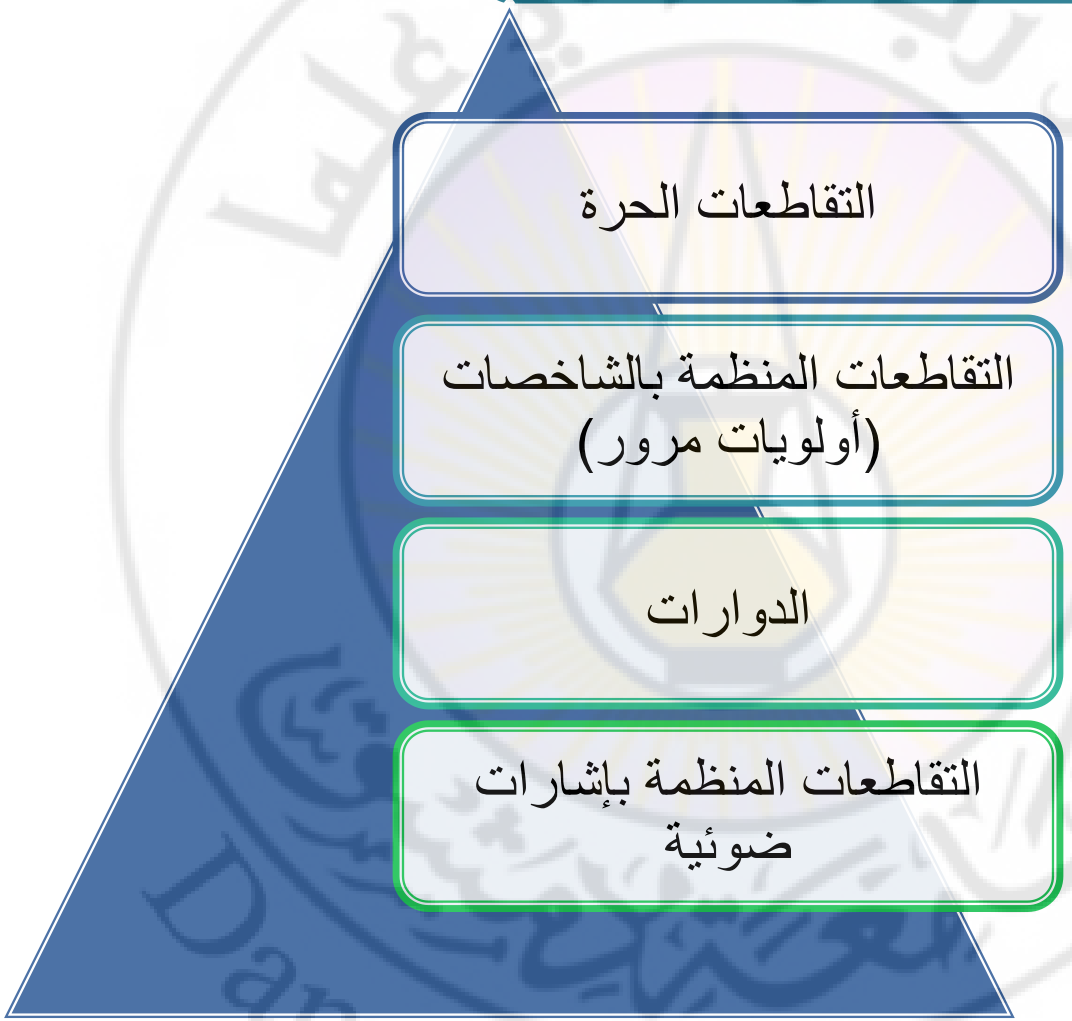


- يجب ألا يبدأ منحنى أفقي عند قاع منحنى رأسي مقعر حاد . ذلك لأن الطريق أمام السائق يبدو أقصر طولاً من الحقيقة .
- في الطرق ذات الحارتين ، يحتاج الأمر إلى مسافات مأمونة للتجاوز في أطوال كثيرة وأن يتوفر ذلك على نسبة مئوية كبيرة من طول الطريق

التصميم الهندسي الجيد للتقاطعات:

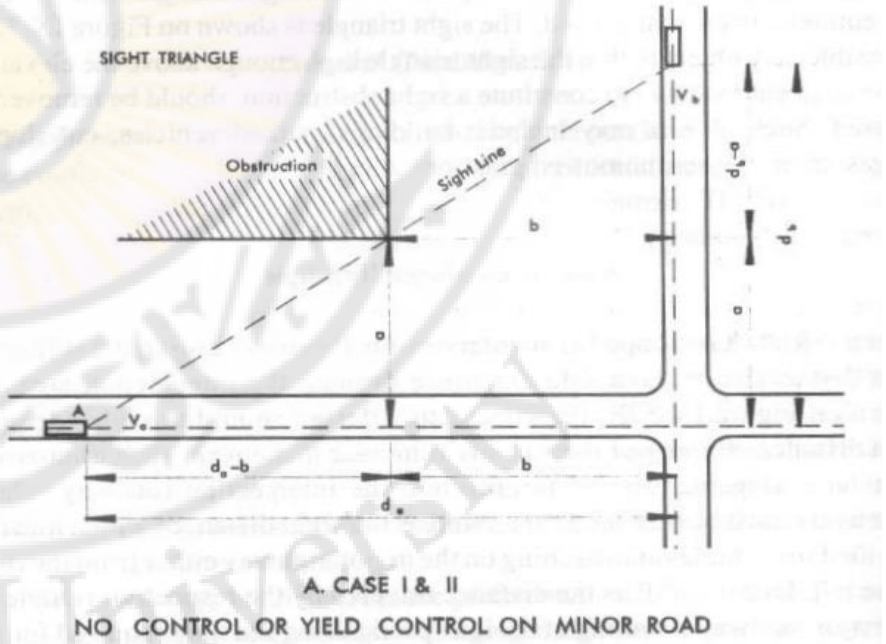
- التقاطع هو منطقة معقدة نسبياً لحركة السيارات والمشاة والدراجات.
- تشكل التقاطعات نقاط الازدحام الرئيسية في المدينة.
- بالنسبة للسلامة المرورية تزداد عدد نقاط التصادم ما لم يتم اتخاذ الإجراءات المناسبة لتنظيم الحركة .

تصنيف التقاطعات حسب وسائل التحكم:



التقاطعات الحرة:

- يتم توزيع الأفضلية بين مستعملي الطريق على مختلف أذرع التقاطع عن طريق قواعد متعارف عليها ويستخدم للطرق ذات حجوم المرور المنخفضة في المناطق الريفية أو المدنية .
- يعتمد على وجود مسافات رؤية كافية في منطقة التقاطع (للسرعة 100 كم /سا ضلع المثلث يكون 87 متر.

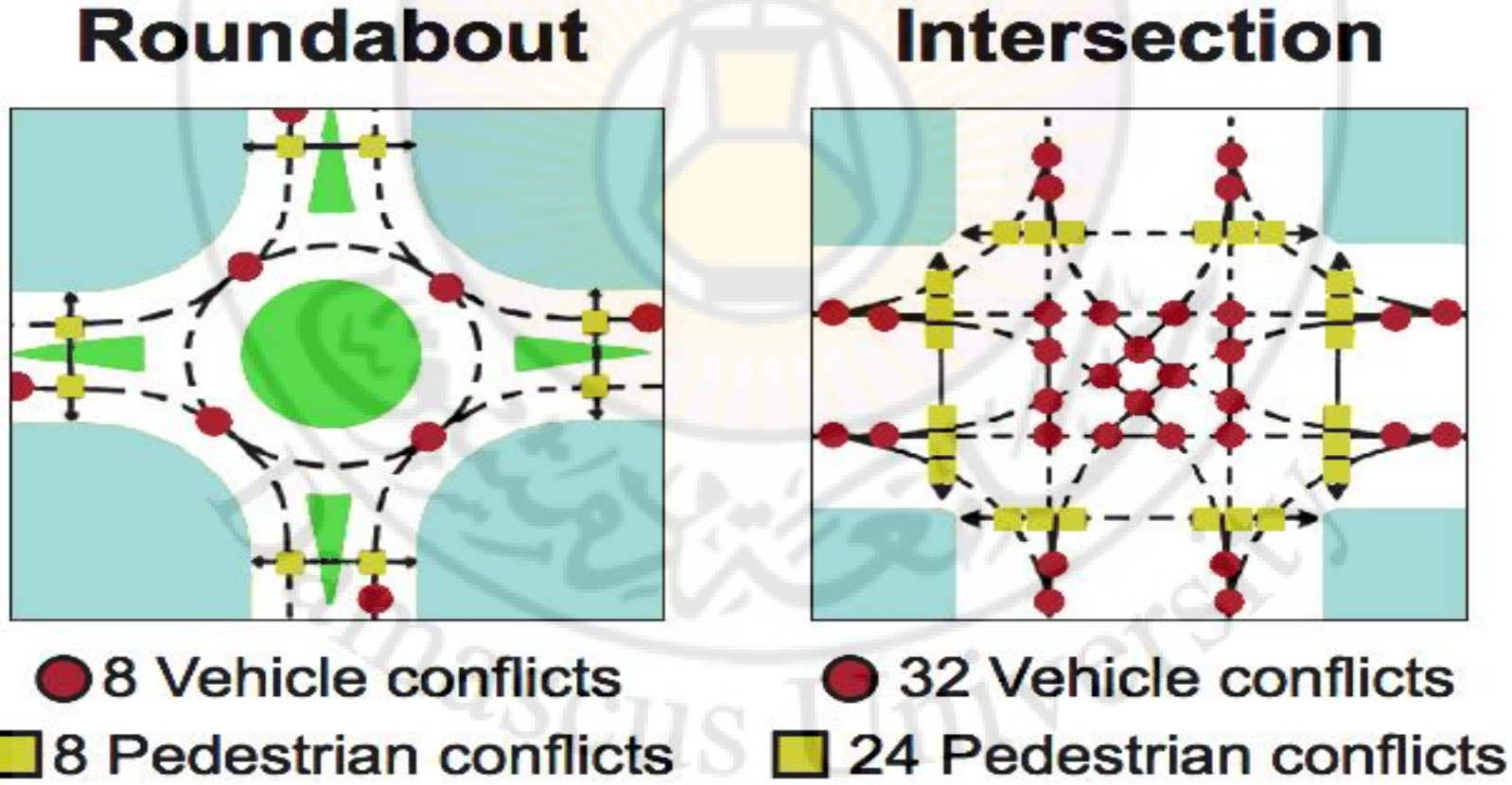


التقاطعات المنظمة بالشاخصات (أولويات المرور):

- يتم إعطاء الأفضلية للعربات على الطريق الرئيسي ، وتوضع شاخصات توقف أو أفضلية المرور للاتجاه الآخر على الطريق الثانوي .وعلى الطريق الرئيسي فقط توضع إشارة تدل على وجود تقاطع بعد مسافة معينة .
- تحدد مسافة الرؤية المتاحة لاتخاذ قرار بوضع شاخصة توقف أو أفضلية المرور .

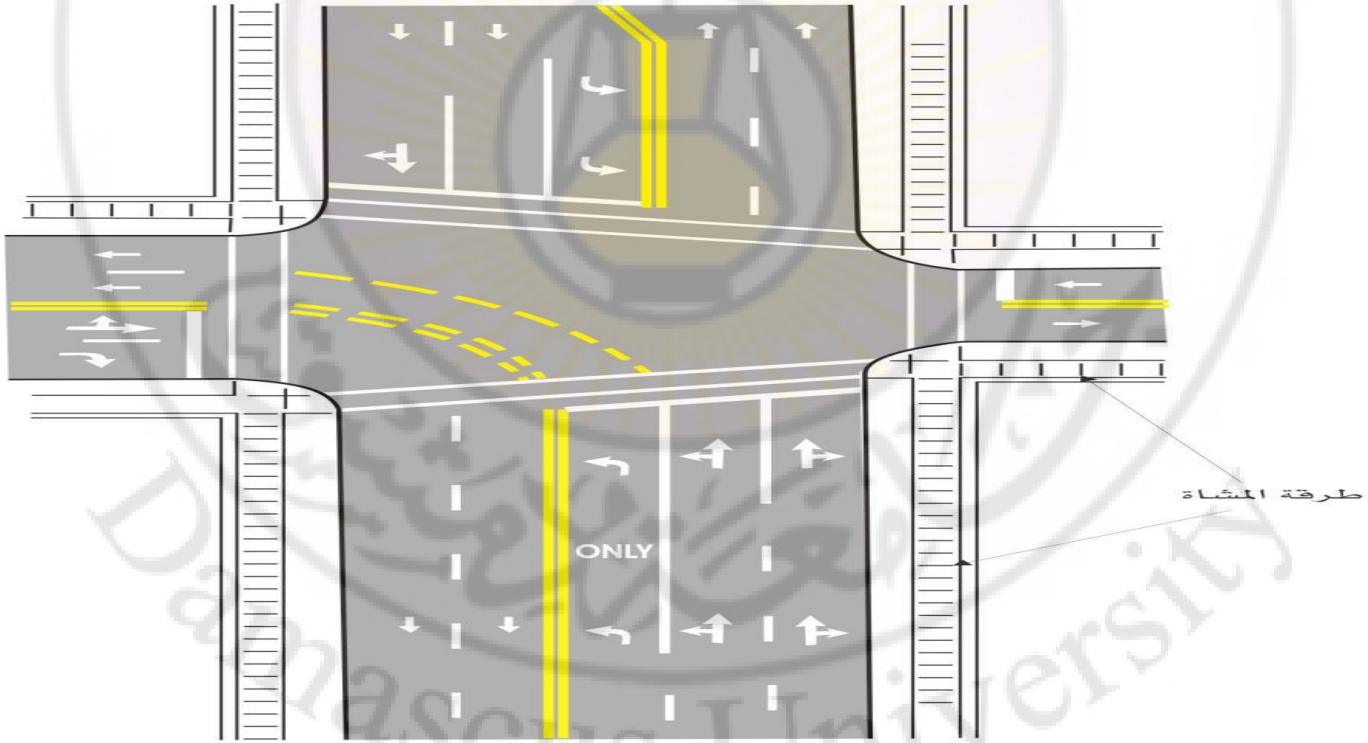
التقاطعات الدوارة:

- للدوارات تاريخ جيد من وجهة نظر السلامة المرورية ،لأنها تمارس تحكم مكاني على سرع العربات الداخلة للتقاطع ، مما يؤدي لنقاط تصادم أقل بين تيارات المرور المتعارضة ، وسرع منخفضة عند نقاط التصادم هذه وبساطة وضوح اتخاذ القرار المطلوب من قبل السائق .



التقاطعات المنظمة بإشارات ضوئية :

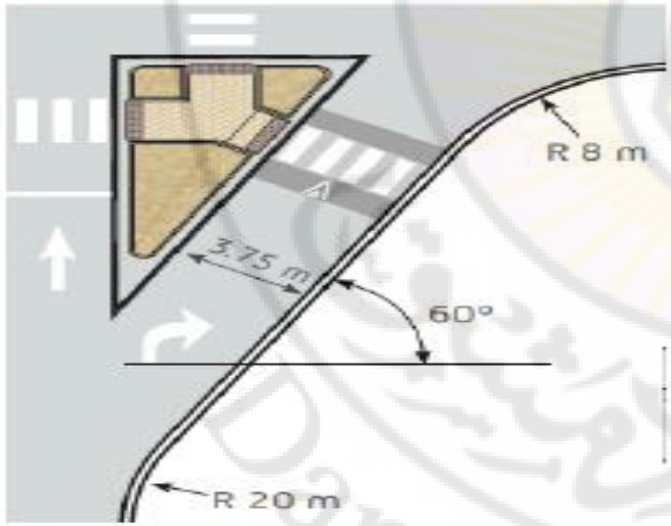
الإشارات الضوئية واسعة الانتشار كوسيلة تحكم في التقاطعات المدينية اذ تتمكن عن طريق الفصل الزماني ما بين مختلف مستعملي الطرق من تقليل نقاط التصادم وكذلك تؤمن حركة آمنة للمشاة والدراجات .



أقنية وجزر التوجيه :

يمكن تحسين أداء التقاطعات والدوارات باستخدام الجزر الفاصلة على الأذرع

- تعطي السائق انذاراً وتصوراً عن مواقع تيارات المرور المتصادمة
- تقدم ملجأ للمشاة سامحة لهم باجتياز الطريق على مراحل
- تفيد في تبسيط حركات الانعطاف وتقليل هامش الخطأ في اختيار المسار
- تقلل الحيرة لدى السائق
- مواقع ملائمة للشاخصات والاشارات الضوئية
- تحمي العربات المنعطفة ولا تشجع على التجاوز



Right-turn Slip Lane Dimensions

معابر المشاة:

يجب أن يكون عبورهم بطريقة أمينة من خلال معابر خاصة مريحة وكافية للمشاة

التهدئة المرورية
Traffic Calming Procedures

تهدف التهدئة المرورية إلى تخفيض سرعات المركبات على الشوارع التي تصنف كشوارع محلية ضمن مناطق السكن وغيرها، وتمتد هذه الإجراءات لتشمل الشوارع التجميعية التي تشترك في العديد من الخصائص مع الشوارع المحلية

- المطبات
- تضيق حارات المرور باستخدام علامات الطريق (الطلاء الطرقي)
- ممرات المشاة المرفوعة
- التقاطعات المرفوعة
- الجزر الوسطية المرتفعة

Damascus University

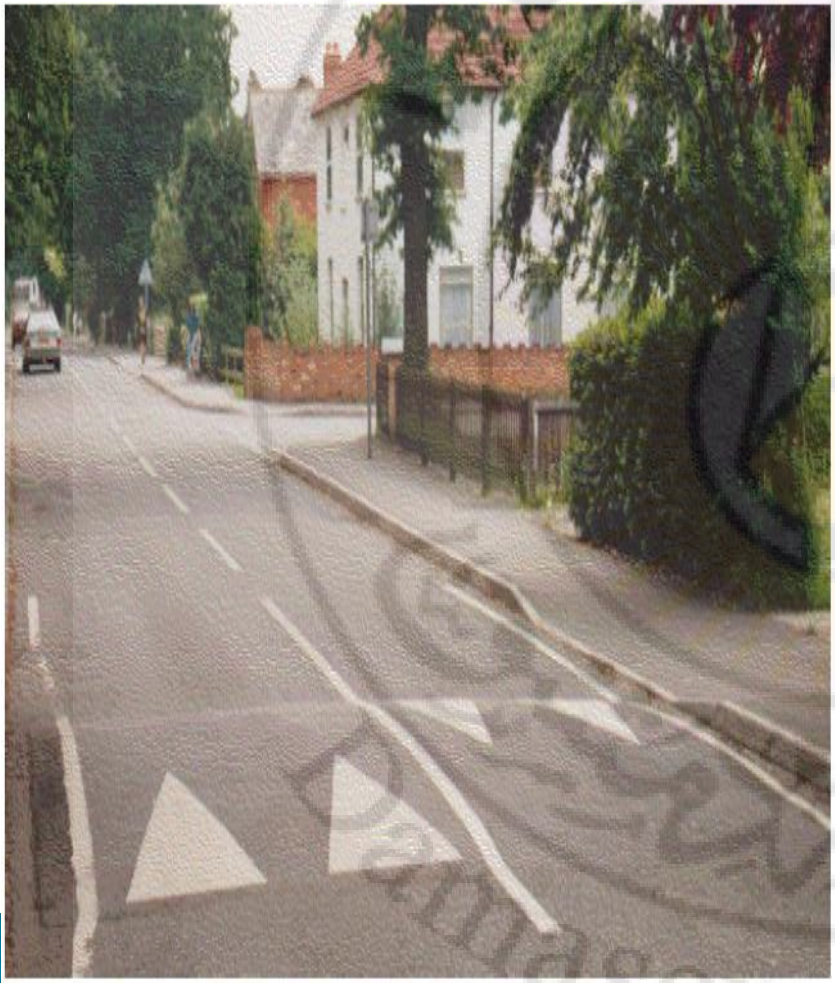
مطبات السرعة:

وإن وجود مطبات لا تحقق المواصفات الهندسية القياسية عند إنشائها يؤثر سلباً على الحركة المرورية .

بعض الإرشـادات الخاصة عند وضع المطبات:

- يجب أن يكون إنشاء المطب منطلقاً من ضرورة تستدعيها ظروف سلامة وتشغيل المرور في الموقع قيد الدراسة
- تستخدم المطبـات على الطرق المحلية فقط (Local Streets) ذات السرعة 50 كم/ساعة أو أقل، وينبغي الحذر عندما تكون السرعة السائدة للسير أكبر من 70 كم/ساعة.
- توصي الخبرة الهندسية بأن يقتصر إنشاء المطبات على الطرق ذات المسارين فقط والتي يكون عرض الطريق فيها نحو 12م ويشترط أن يكون سطح الطريق جيد ويسمح بتصريف المياه
- على المهندس الابتعاد عند إنشاء المطبات ضمن المنعطفات الأفقية الحادة والرأسية لتأثير ذلك على ديناميكية القوى المؤثرة على المركبة عند عبور المطب

- على المهندس الابتعاد عند إنشاء المطبات ضمن المنعطفات الأفقية الحادة والرأسية لتأثير ذلك على ديناميكية القوى المؤثرة على المركبة عند عبور المطب



- عند تكرار مطبات السرعة فينصح أن تبتعد مسافاتها من 60م إلى 225م.

- إن إنشاء مطبات السرعة لابد وأن يرتبط معها تحكم مروري لتحذير السائقين بوجودها مثل استخدام اللوحات والعلامات الأرضية والإشارات الوامضة.

المطبات الصناعية:

تعتبر أحد طرق السلامة وتتميز بسرعة التركيب وعدم الحاجة لقطع الشارع لفترة زمنية طويلة.

مهمة في المناطق السكنية وأمام المدارس والمستشفيات

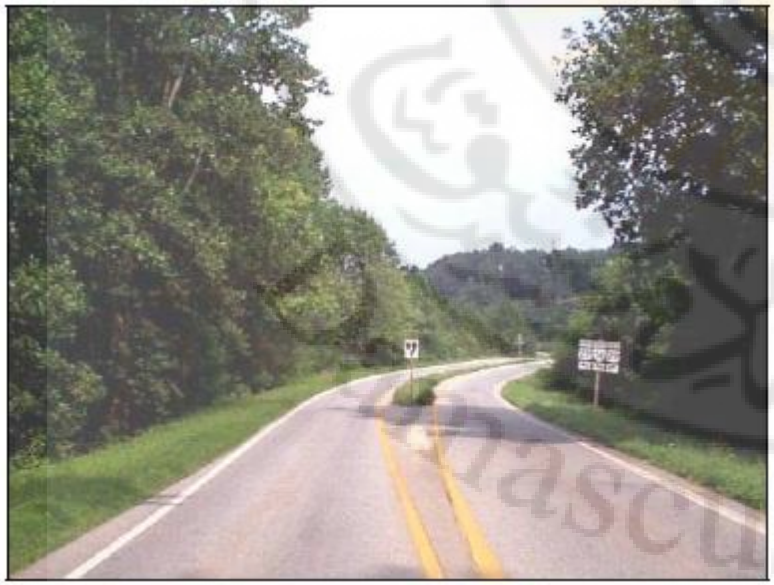
ممرات المشاة المرفوعة :

وهي عبارة عن مطب عريض مسطح بعرض 300 – 450 سم وارتفاع 7.5 سم في المنتصف ، وعادة يتم تخطيطه أو رصفه بمواد خاصة مع رفعه عن مستوى الطريق حتى تصل إلى مستوى الرصيف ، أو يبرز عن مستوى جانب الطريق ، مهمته أن يعمل كمطب لتخفيف السرعة وكمعبر للمشاة بأن واحد، وتوضع الشاخصات تشير إلى وجود معبر للمشاة وكذلك السرعة المسموحة للمركبات.

التقاطع المرفوع:

إن طريقة رفع مستوى التقاطعات أمر جوهري في تصميم التقاطعات الداخلية، وهي تمثل أحد أشكال المطبات المرفوعة المستوية السطح، وهنا يتم رفع كامل مساحة التقاطع إلى مستوى الرصيف مع وضع شاخصات واضحة لتوجيه الحركة.

التضييق بالحواجز المركزية:



وهي عبارة عن جزر مركزية توضع على الخط المنصف للطريق ، بحيث تؤمن السلامة المرورية للمشاة وتسمح لهم بالتوقف على الجزيرة لانتظار خلو الطريق قبل عبوره ، كما تقلل من طول المسافة الواجب على المشاة قطعها ، وتوضع هذه الجزر على الطرق التي بدون إشارات ضوئية أو إشارات توقف ويمكن استخدامها مع نوع آخر من أنواع مهدئات السرعة

أشرطة الدمدمة Rumble strips

أشرطة الدمدمة هي عبارة عن علامات تحز على الطريق أو الأكتاف والتي تعطي تحذيرات مسموعة اهتزازية للسائق في حال خروج المركبة عن الطريق أو تغيير حارة المرور

شرائط الدمدمة عرضية: هي شرائط الدمدمة التي تمتد عبر حارة السفر لتنبيه السائقين لظروف حركة المرور غير عادية.

علامات على رأس شرائط الدمدمة