المبادئ الأساسية لحركة تيار المرور

محاور المحاضرات:

1- المبادئ الأساسية لحركة تيار المرور.
2- تخطيط النقل ضمن المدن.
3- التقاطعات غير المنظمة باشارات ضوئية.
4- تصميم التقاطعات المنظمة باشارات ضوئية.

- **مقدمة**:

- **عناصر حركة المرور هي** :

1. السائق
2. العربات
3. الطرق والشوارع
4. البيئة العامة
5. أجهزة التحكم

- تتفاعل هذه العناصر مع بعضها لتشكل نظام حركة المرور، ويؤثر كل عنصر من عناصر هذا النظام على تطبيق هندسة المرور، فللسائق مثلا العديد من الخصائص (زمن رد الفعل، حدود الرؤية، زمن السير، ...الخ) التي يجب أخذها بالاعتبار عند تصميم أنظمة فعالة وآمنة، وللعربات أيضاً بعض الخصائص التي تؤثر بشكل أساسي على التصميم الهندسي للطرق والشوارع وأساليب التحكم بالحركة وتنظيمها، مثل نصف قطر الدوران، إمكانيات التسارع والتباطؤ، حالة الدواليب وغير ذلك من مواصفات قد تتباين بين عربة وأخرى.

أما بالنسبة لخصائص الطريق فهي حرجة أيضاً وأساسية وتشمل الميول الطولية، أنصاف أقطار المنعطفات ومواد الإكساء الطرقي وغيرها.

- تأخذ البيئة المحيطة عادة مجموعة من الظروف التي تؤثر على تغير خصائص السائق والعربة والطريق، فالسطح الرطب للطريق يجعل عوامل احتكاك الدواليب أقل وبالتالي مسافات التوقف والفرملة تزداد بشكل واضح، وظروف الحرارة المرتفعة أو المنخفضة تؤثر على أداء السائق وزمن رد الفعل.

أما تجهيزات التحكم بحركة المرور مثل الشاخصات، الطلاء الطرقي والإشارات الضوئية فتستخدم للاتصال مع السائق ويجب أن يتم تصميمها بشكل ملائم ووفق أسس موحدة بحيث تعمل بشكل متكامل وشامل بهدف الاستخدام الفعال والآمن للعربة والطريق.

مما سبق يمكن تعريف علم هندسة المرور

هندسة المرور : هو علم يهتم بدراسة التفاعل بين عناصر حركة المرور لتشكل الجريان المروري، ويؤثر كل عنصر من عناصر هذا النظام على تطبيق هندسة المرور. فللسائق مثلاً العديد من الخصائص (زمن رد الفعل، حدود الرؤية، زمن السير، ...الخ)، وللعربات أيضاً بعض الخصائص مثل نصف قطر الدوران، إمكانيات التسارع والتباطؤ، حالة الدواليب، وخصائص الطريق وتشمل الميول الطولية، أنصاف أقطار المنعطفات ومواد الإكساء الطرقي وغيرها

خصائص حركة المرور:

يمكن تصنيف خصائص الحركة المرورية إلى نوعين من الخصائص:

- الخصائص الماكروسكوبية التي تميز حركة المرور بشكل عام . تشمل ثلاث خصائص رئيسة وهي : الغزارة ، السرعة، الكثافة.

- الخصائص الميكروسكوبية التي تميز السلوك المستقل للعربات في التيار المروري وتأخذ بالاعتبار التأثير المتبادل للعربات فيما بينها. وتشمل الفواصل الزمنية ، وفواصل المسافات.

أولاً: الخصائص الماكروسكوبية:

يمكن وصف الشكل الماكروسكوبي لحركة المرور بثلاثة خصائص رئيسة:

1. الغزارة ومعدل المرور
2. السرعة
3. الكثافة

1- الغزارة ومعدل المرور:

تعرف الغزارة بأنها عدد العربات التي تمر عبر نقطة أو مقطع محدد من الطريق أو عبر حارة مرور أو اتجاه معين من الطريق وذلك خلال فترة زمنية محددة تؤخذ عادة الساعة.

1-1- حجم المرور اليومي واستخدامه:

عند اعتبار الفترة الزمنية لقياس غزارة المرور هي اليوم نحصل على حجم المرور اليومي الذي يستخدم بشكل متكرر في أعمال التخطيط للطرق، ويأخذ حجم المرور اليومي عدة أشكال:

- **معدل المرور اليومي السنوي AADT: (Average Annual Daily Traffic)**

وهو معدل حجم المرور خلال 24 ساعة في موقع محدد وذلك عبر فترة قياس تستمر لمدة 365يوم، حيث يتم تقسيم حجم المرور خلال عام كامل من القياس على 365.

- **معدل المرور اليومي الأسبوعي خلال عام AAWT:(Average Annual weekly Daily Traffic)**

وهو عبارة عن معدل حجم المرور خلال 24 ساعة من أيام العمل خلال الأسبوع، وذلك لمدة عام كامل، ونحصل على AAWT بتقسيم حجم المرور خلال عام كامل على 260 (حيث تم فقط اعتبار أيام العمل الأسبوعية).

- **معدل المرور اليومي الموسمي (Seasonal Annual Daily Traffic)**

بما أن غزارة المرور تتغير من شهر لآخر فأحياناً نلاحظ ارتفاع الغزارة صيفاً (مناطق الجذب السياحي) وانخفاضها شتاء لذلك في بعض الدراسات يتم الأخذ بعين الاعتبار تغير الغزارة في مواسم الذروة (الصيف).

- **معدل المرور اليومي ADT:**

عبارة عن معدل حجم المرور خلال 24 ساعة وذلك لفترة قياس أقل من سنة، حيث يمكن أن تكون لستة أشهر أو فصل معين أو شهر أو أسبوع أو عدة أيام.

تؤخذ واحدة قياس حجوم المرور السابقة ($\frac{\text{عربة}}{\text{يوم}}$) ($vehicle\ per\ day\ or\ vpd: \frac{vehicle}{day}$) ولا يتم عادة اعتبار الحجوم اليومية للمرور حسب اتجاه الحركة أو حسب حارات المرور وإنما تؤخذ كقيمة إجمالية في موقع محدد من طريق أو شارع.

1-2- الغزارات الساعية:

في حين تستخدم حجوم المرور اليومي لأغراض التخطيط فإنه لا يمكن استخدامه في أعمال التصميم الهندسي والتحليل العملياتي.

تستخدم غزارة ساعة الذروة في أعمال تصميم الطريق وفي العديد من أشكال التحليل العملياتي، وتصمم الطرق عادة لتأمين تخديم الغزارات المرورية بشكل مقبول في ساعة الذروة، وذلك للاتجاه الذي تحصل عليه الغزارة الأعظمية في ساعة الذروة، كما أن غزارة ساعة الذروة تستخدم لأعمال التحليل والتقييم لأداء الشوارع والتقاطعات وفق معايير السعة والسلامة وأشكال التحكم بالحركة وضبطها.

1-3 تغير الغزارة المرورية خلال فترة أقل من ساعة:

يمكن أن تكون سعة الطريق كافية لتخديم ساعة الذروة بشكل عام ولكن هناك فترات قصيرة ضمن ساعة الذروة قد تكون خلالها الغزارة أكبر من السعة ويمكن أن تؤدي إلى حدوث اختناقات مرورية، من هنا تم إدخال مفهوم معدل الغزارة الساعية الذي يأخذ بالاعتبار التغيرات في قيم الغزارة خلال فترات قصيرة اقل من ساعة (تؤخذ عادة ربع ساعة)، وتؤخذ قيم هذه الغزارة كأساس للحصول على معدل الغزارة المكافئ لها خلال ساعة.

يتم ذلك باستخدام معامل ساعة الذروة peak hour factor (PHF) الذي يعبر عن قياس لتغير الغزارة خلال ساعة الذروة ويحسب وفق العلاقة:

$$\text{PHF} = \frac{\text{Hourly Volume}}{(4 \times \text{ Peak 15 Minute Volume})}$$

$$\text{معامل ساعة الذروة} \rightarrow = \frac{\text{الغزارة الساعية}}{(\text{غزارة ال15 دقيقة الأعظمية} \times 4)}$$

- أي حاصل قسمة الغزارة الساعية على غزارة ال 15 دقيقة الأعظمية خلال ساعة القياس أو الإحصاء، وتكون قيمة PHF دائماً أقل من 1.0

- تعبر القيمة 1.0 عن توزع منتظم تماماً للغزارة خلال ساعة.

مثال: تم اجراء تعداد مروري لموقع محدد من طريق خلال ساعة الذروة ، ويبين الجدول الغزارات خلال أرباع الساعة . احسب معامل ساعة الذروة

الفترة الزمنية	الغزارة (veh)
$7:00 - 7:15$	700
$7:30 - 7:16$	900
$7:45 - 7:31$	850
$8:00 - 7:46$	785

- الغزارة الساعية = 3235 عربة/سا (veh/h)

- معامل ساعة الذروة:

$$\text{PHF} = 3235/(4 * 900) = 0.898$$

- معدل الغزارة الساعية = 3235/0.898 =3600 عربة/ساعة

2- السرعة:

بشكل أساسي السرعة عبارة عن إجمالي المسافة المقطوعة مقسومة على زمن الرحلة V=d/t، يعبر عن السرعة عادة ب km/h . وهناك ثلاثة قياسات رئيسية للسرعة:

1-2 السرعة اللحظية spot speed

وهي عبارة عن السرعة في لحظة محددة وموقع محدد، وتستخدم عادة في تصميم العناصر الهندسية للطريق (منحنيات أفقية وشاقوليه، رفع عرضاني ...)، توضع وحجم الشاخصات، تصميم الإشارات الضوئية، السرعة الآمنة، وتحديد مناطق السرعات المختلفة وكافة البيانات التي لها علاقة بالسرعة.

2-2 سرعة الحركة running speed

وهي عبارة عن معدل السرعة عبر مسافة معينة تكون العربة خلالها في حالة سير مستمر، ونحصل عليها بتقسيم المسافة على الزمن الذي تكون خلالها العربة في حالة حركة.

3-2 سرعة الرحلة (Journey Speed)

سرعة الرحلة هي عبارة عن السرعة الفعلية لحركة العربة خلال اجتيازها مرحلة معينة من الطريق بين نقطتين، وتأخذ بالاعتبار المسافة بين النقطتين والزمن الكلي الذي تستغرقه العربة لاجتياز هذه المسافة (بما فيه أزمنة التوقف مهما كانت مسبباتها).

4-2 السرعة الوسطية (زمانياً) time mean speed TMS

وهي عبارة عن معدل السرعة لكافة العربات التي تعبر نقطة معينة خلال فترة من الزمن، وتعطى بالعلاقة:

$$TMS = avg.speed = \frac{\sum_1^n vi}{n} = \frac{\sum \frac{d}{ti}}{n}$$

حيث v_i السرعة اللحظية للعربة i

d المسافة المقطوعة

t_i زمن قطع المسافة d

n عدد العربات التي يتم قياس سرعاتها اللحظية

5-2 السرعة الوسطية (مكانياً) space mean speed SMS

وهي عبارة عن معدل السرعة لكافة العربات التي تشغل قطاعاً محدداً من الطريق خلال فترة زمنية محددة.

في الواقع السرعة الوسطية زمانياً هي سرعة في نقطة بينما السرعة الوسطية مكانياً هي السرعة عبر مسافة محددة من الطريق أو حارة المرور، ويعبر عن SMS بالعلاقة:

$$SMS = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{معدل زمن الرحلة}} = \frac{d}{\sum \frac{t_i}{n}} = \frac{nd}{\sum t_i}$$

3- الكثافة *Density*:

تعرّف الكثافة بأنها عدد العربات التي تشغل قطاع محدد من طريق أو حارة مرور ويعبر عنها عادة ب عربة/كم *(veh/km)* أو *vpkmpl* (عربة في الكم في حارة المرور)، من الصعب قياس الكثافة وتحسب عادة انطلاقاً من السرعة والغزارة ويعبر عن العلاقة بين هذه المتحولات الثلاثة بالشكل التالي:

$$Q=V*D$$

$$D = \frac{Q}{V}$$

- حيث:

Q= معدل الغزارة (vph)

V= وسطي السرعة المكانية SMS $\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$

D= الكثافة (veh/km)

وهكذا نجد أنه من أجل معدل غزارة لحركة المرور $1000\ vph$ وسرعة $80\ km/h$ فإن قيمة الكثافة تكون:

$$D = \frac{1000veh/h}{80km/h} = 25veh/km$$

وتعتبر الكثافة معيار هام لقياس كفاءة حركة المرور من حيث راحة وسهولة الحركة والقدرة على المناورة واختيار السرعة. وهي تعطي مؤشر للازدحام المروري للطريق.

كما يمكن قياس الازدحام المروري من خلال نسبة الغزارة إلى السعة (حسب *HCM2010* دليل السعة الأمريكي)

$\frac{v}{c} < 1$ لايوجد ازدحام (القيمة المثلى للنسبة 0.85)

$\frac{v}{c} > 1$ اختناق مروري

$\frac{v}{c} = 1$ ازدحام مروري (الغزارة تساوي سعة الطريق)

تعرف السعة المرورية للطريق بأنها العدد الأقصى من المركبات (الغزارة العظمى) التي يمكن أن تعبر نقطة معينة خلال فترة زمنية محددة وفق شروط معينة من سطح الطريق وشروط مرور محيطية معينة (صنف الطريق ، عرض الطريق ، عدد الحارات، تركيبة تيار المرور، الميل الطولي، أسلوب التحكم المروري ..)

مسألة1:ما مقدار السرعة المتوسطة الآنية لتيار مرور شدة غزارته $Q = 680\ (veh/h)$ إذا كان قد لوحظ من خلال التعداد أنه على مقطع طوله 100m و يتوضع بشكل وسطي 1.6veh.

$$Q = V * D$$

$$Q = 680(veh/h), D_{\text{الكثافة}} = \frac{1.6}{100 * 10^{-3}} = 16(veh/Km)$$

$$\Rightarrow V = {}^{Q}/_{D} = \frac{680}{16} = 42.5(Km/h)$$

مسألة2: ماهي شدة تيار مروري إذا تم الحصول على ما يعادل 1.7(veh) كل 100m في مقطع من الطريق إذا كانت السرعة الآنية المقاسة بلغت 54 Km/h.

$$Q = V * D$$

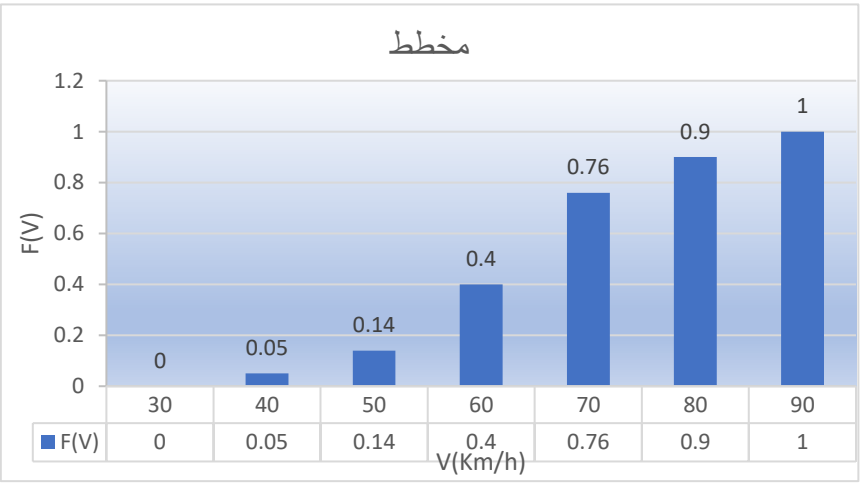
$$D = \frac{1.7}{100 * 10^{-3}} = 17(veh/Km) \Rightarrow Q = 918(veh/h)$$

مسألة3 : أجريت تعدادات على جزء من أوتوستراد طوله (200m) وذلك خلال فترة زمنية مقدارها (20) دقيقة فكان عدد السيارات المعدودة هو (100) عربة تتوزع سرعاتها كالآتي:

أقل من سرعة 30 لا يوجد مركبات

V(Km/h)	F(V)
30	0.00
40	0.05
50	0.14
60	0.4
70	0.76
80	0.9
90	1.00

نسبة المركبات



المطلوب احسب كثافة المرور D

الحل:

$$D = \frac{Q}{v_{Hl}}$$

v_{hl} : السرعة المحلية المتجانسة المتوسطة (مكانية, زمانية)

يجب أن نحسب $Q\ ,v_{Hl}$

$$v = 30\sim40 \Rightarrow z = 0.05 * 100 = 5\, veh/20min$$

$$v = 40\sim50 \Rightarrow z = (0.14 - 0.05) * 100 = 9\, veh/20min$$

$$v = 50\sim60 \Rightarrow z = (0.4 - 0.14) * 100 = 26\, veh/20min$$

$$v = 60\sim70 \Rightarrow z = (0.76 - 0.4) * 100 = 36\, veh/20min$$

$$v = 70\sim80 \Rightarrow z = (0.9 - 0.76) * 100 = 14\, veh/20min$$

$$v = 80\sim90 \Rightarrow z = (1.00 - 0.9) * 100 = 10\, veh/20min$$

$$\sum 100$$

$$\overline{v_{Hl}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} \frac{n_i}{\overline{v_{li}}}}$$

n : العدد الكلي للسيارات المعدودة

n_i: عدد السيارات الموافقة لسرعة محددة

$\overline{v_{li}}$: السرعة المتوسطة الموافقة لعدد محدد من السيارات

$$\overline{v_{Hl}} = \frac{100}{\frac{5}{35} + \frac{9}{45} + \frac{26}{55} + \frac{36}{65} + \frac{14}{75} + \frac{10}{85}} = 59.75(Km/h)$$

*Q=$100veh/20min$

⇒ كل 20 دقيقة هناك 100 عربة

كل 60 دقيقة (ساعة) Xعربة

$$X = 300$$

$$\Rightarrow Q = 300\ veh/h$$

$$*D = \frac{Q}{V} = \frac{300}{59.75} = 5.02\ \text{عربة}/Km$$

– انتهت المحاضرة –