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)

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

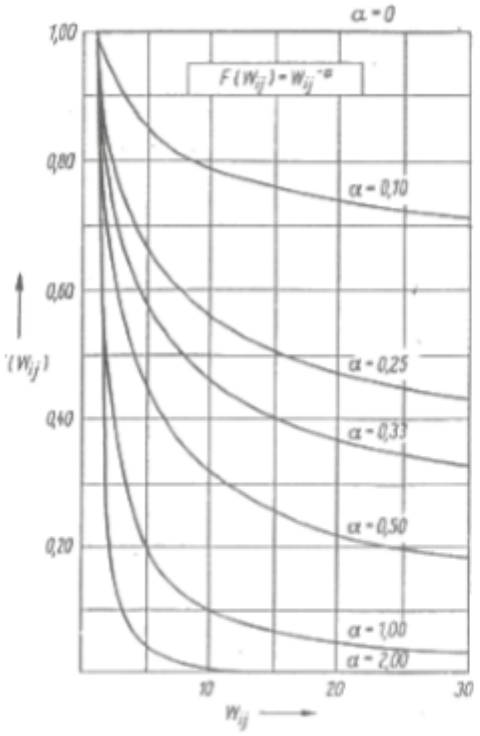
كذلك ينطبق هذا القانون "قانون نيوتن" على كمية النقل بين الخليتين (كمية النقل الحاصلة بين الخليتين) وتفصل بينهما مسافة محددة

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)

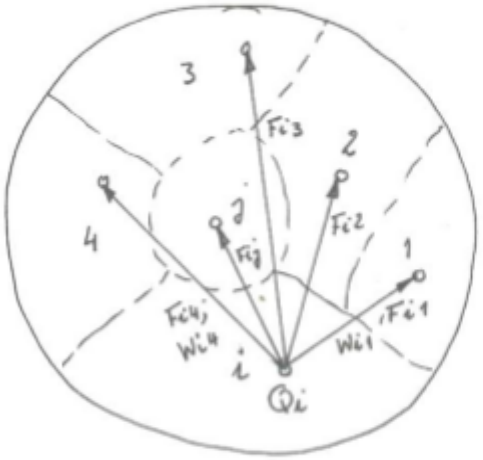
الشكل الثالث والعام لكتابة المعادلة حسب مبدأ نيوتن

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

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 ...

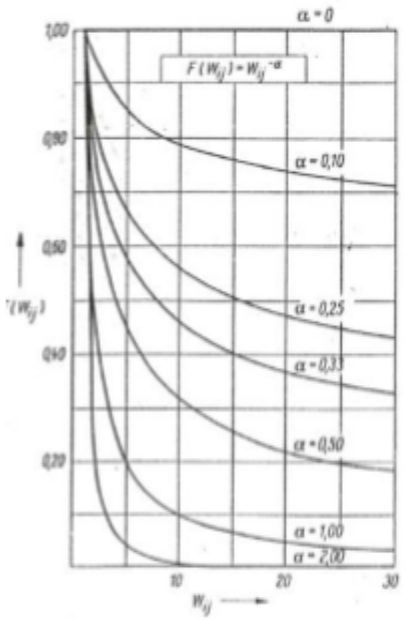
$$Q_i = \sum F_{i\,j}$$

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

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

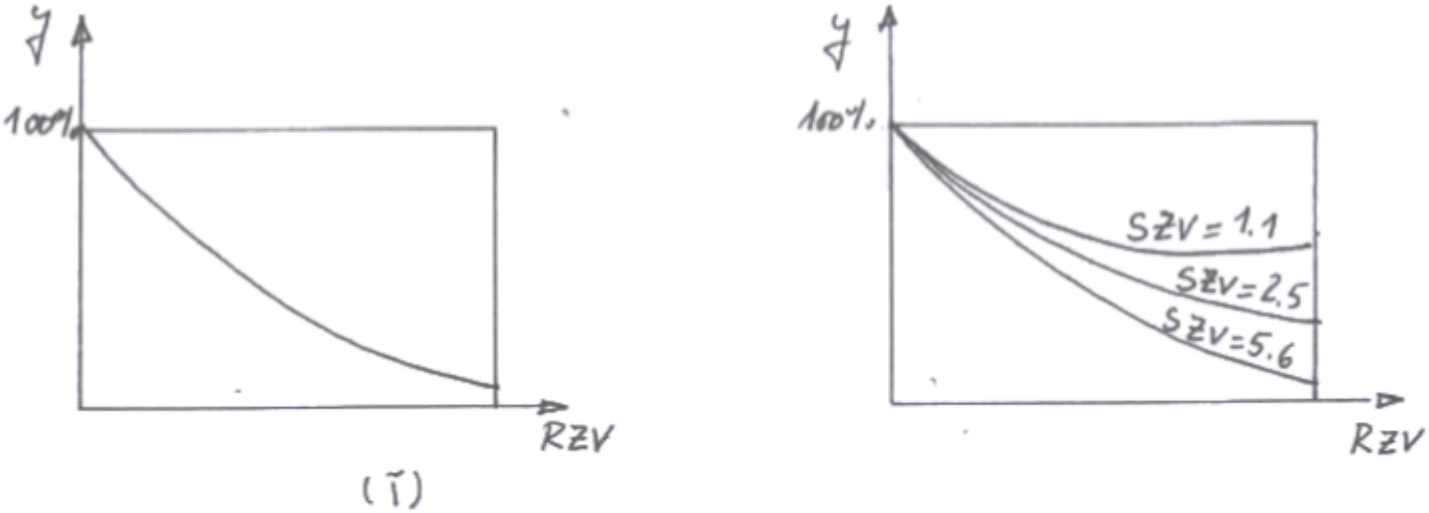
ب- الحقائق الاستيطانية للخلايا i & j (عدد السكان – معدل الدخل الفردي – ملكية اليارة الخاصة – نسبة العمالة وكثافتها)

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

يمكن حساب نصيب كل وسية نقل حسب :

أ- نسبة أزمان الرحلات بين وسائط النقل ...

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



(آ)

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

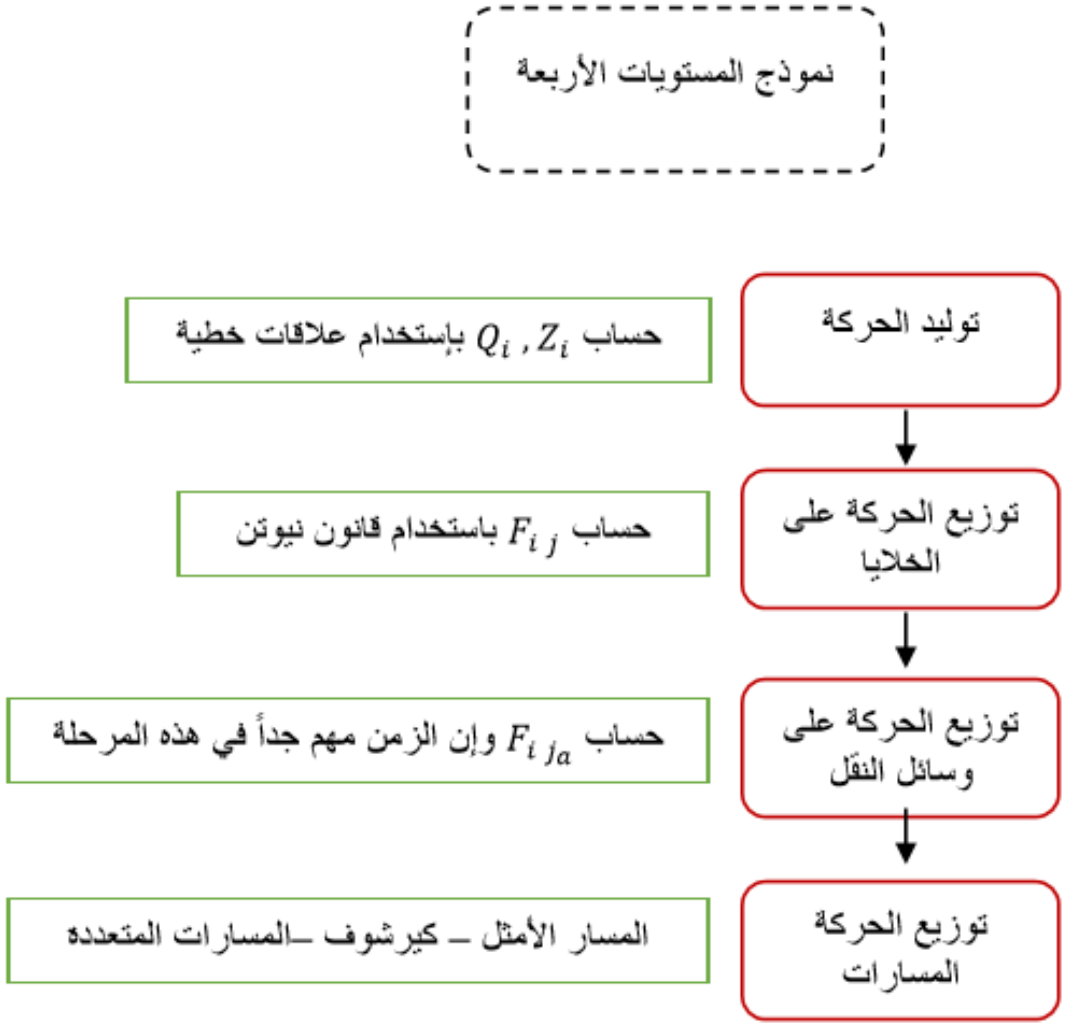
الخطوة الثانية : نعتبر أن هذه المقاومات هي حمولات صغيرة ويتم توزيعها حسب عوامل احتمالية عشوائية

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 Z_i , Q_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