

الفصل الأول: نظرية الشبكات

1. مفاهيم أساسية في نظرية الشبكات

تعتبر شبكات النقل انعكاساً للمظاهر الاقتصادية والاجتماعية، وتحليل بنيتها يكشف الكثير من الأهمية.

- المكونات الأساسية للشبكة:
 - العقد: (Nodes) هي مجموعة النقاط في الشبكة، وتمثل المحطات (Stations).
 - الوصلات: (Arcs) هي الطرق المباشرة التي تربط بين عقدتين.
 - نظرية المخططات: (Graph Theory) هي الإطار العلمي الذي تستخدم مفاهيمه لدراسة هذه الأنماط من العقد والوصلات.
- الأشكال الأساسية لبنيّة الشبكات: يمكن تمييز ثلاثة أشكال أساسية في الشبكات:
 - المسارات: (Paths) عبارة عن خط أو أكثر يربط بين عدة نقاط، بحيث لا توجد وصلات جانبية.
 - الشجريات: (Trees) هي شبكة لا تتكون من مجموعة خطوط مغلقة، أي لا يمكن العودة من حيث نقطة البداية.
 - الدارات: (Circuits) هي حلقة مغلقة أو دائرة بيانية.
- أنواع الشبكات من حيث الأبعاد:
 - شبكة مسطحة: (Planner Graph) يمكن تمثيلها على شكل رسوم بيانية مسطحة ذات بعدين، مثل شبكات السكك الحديدية والطرق البرية.
 - شبكة غير مسطحة: (Non Planner Graph) تستخدم ثلاثة أبعاد في تحليلها، حيث لا يكون بين نقاطها صلة مباشرة نظراً للبعد الثالث (الارتفاع)، مثل شبكات الخطوط الجوية.

خلاصة النقطة: تقوم نظرية الشبكات على تحليل بنية الشبكات المكونة من "عقد" و"وصلات"، وتصنف هذه البنى إلى أشكال أساسية كالمسارات والشجريات، مما يساعد على فهم خصائصها الهندسية والطوبولوجية.

٢. أساليب تحليل شبكات النقل

هناك أساليب كمية تستخدم لتحليل خصائص شبكات النقل، ومنها المؤشرات التالية:

أولاً: مؤشر الانعطاف (Detour Index)

الهدف: يستخدم هذا المؤشر لتقدير مدى كفاءة واستقامة طريق معين في شبكة النقل.

المعادلة: يتم حسابه من خلال المعادلة التالية:

$$\text{مؤشر الانعطاف} = \left(\frac{\text{طول الطريق الفعلي}}{\text{طول الطريق بخط مستقيم}} - 100 \right) \times 100.$$

تفسير النتائج:

كلما اقتربت قيمة المؤشر من 100%， كان الطريق الفعلي قريباً من الشكل المستقيم وأكثر كفاءة.

إذا زاد الرقم عن 100%， فهذا يدل على وجود انعطافات في الطريق، وبالتالي تقل كفاءة الشبكة.

مثال تطبيقي (خط القاهرة - الإسكندرية الحديدي):

طول الطريق الفعلي 224 كم.

طول الطريق بخط مستقيم 183 كم.

$$= 122\% \cdot 100 \times \left(\frac{224}{183} - 100 \right) = 122\% \cdot 100 \times 0.224 = 22.4\%$$

الاستنتاج: النتيجة أكبر من 100%， مما يدل على وجود انحراف إيجابي (Positive deviation)، ويعتبر نمط توزيع العمران هو العامل الرئيسي المسبب لهذا الانحراف.

ثانياً: مؤشر إمكانية الوصول (Accessibility Index)

- الهدف: يستخدم لتحديد إمكانية الوصول بين عقد الشبكة بناءً على عدد الوصلات بينها واتجاه الحركة.
- مؤشر شيمبل: (Shimbel Index) هو أحد أهم المؤشرات المستخدمة في قياس إمكانية الوصول إلى أي عقدة في الشبكة.
- طريقة الحساب (حسب عدد الوصلات):
 - يتم حساب إمكانية الوصول بعدد الوصلات التي تفصل بين كل عقدة وجميع العقد الأخرى في الشبكة.
 - تُسجل هذه البيانات في مصفوفة (جدول)، وتكون العقدة التي ترتبط ببقية العقد عبر أقل عدد من الوصلات هي الأكثر إمكانية للوصول.
- مثال تطبيقي (جدول رقم ١):
 - يوضح الجدول التالي مصفوفة إمكانية الوصول لشبكة معينة، حيث يتم حساب مجموع الوصلات من كل عقدة إلى باقي العقد.

جدول رقم (١): مصفوفة إمكانية الوصول حسب عدد الوصلات بين عقد الشبكة

| الرتبة | المجموع | ج | د | ه | و | ز | ع | ج | ب |
|--------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٧ | ١٧ | ٢ | ٣ | ٤ | ٤ | ٤ | ٤ | ٢ | ١ |
| ٢ | ١١ | ١ | ٢ | ٣ | ٣ | ٣ | ٣ | ٢ | - |
| ٤ | ١٢ | ١ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ | - | ١ |
| ١ | ٩ | - | ١ | ٢ | ١ | ٢ | ٢ | ١ | ٢ |
| ٦ | ١٠ | ١ | ٢ | ١ | - | - | ١ | ١ | ٢ |
| ٥ | ١٥ | ١ | - | - | ١ | ٢ | ٢ | ٢ | ٣ |
| ٧ | ١٥ | - | ١ | ٢ | ١ | ٢ | ٢ | ٢ | ٤ |

الاستنتاج: ** يتضح من الجدول أن العقدة "D" هي أكثر عقد الشبكة إمكانية للوصول، لأن مجموع وصلاتها هو 9، وهو أقل مجموع في الجدول، مما يمنحها الرتبة الأولى.

خلاصة النقطة: يمكن تحليل كفاءة الشبكات كمياً باستخدام مؤشرات مثل "مؤشر الانعطاف" الذي يقيس مدى استقامة الطرق، و "مؤشر إمكانية الوصول" الذي يحدد أهمية ومحورية العقد (المحطات) داخل الشبكة.

مؤشرات ترابط الشبكة (Connectivity Indices)

المحور الأول: مفهوم ترابط الشبكة وأهميته

هذا الدرس يتناول المؤشرات الكمية التي وضعها "Kansky" لقياس درجة ترابط الشبكات، مع التركيز على مؤشر بيتا (Beta) وجاما (Gamma) وكيفية استخدامهما في التحليل.

1. درجة الترابط (Connectivity).

وضع "Kansky" بعض المؤشرات الكمية لقياس درجة ترابط الشبكات، ومنها درجة الترابط، ودرجة المركزية، وقطر الشبكة.

- التعريف: درجة الترابط هي مقياس لوجود وصلات بين العقد في شبكة معينة.
- أنواع الشبكات حسب درجة الترابط:
 - شبكة عديمة الترابط تتميز بعدم وجود وصلات بين العقد.
 - شبكة متربطة: تتميز بأن كل عقدة مرتبطة مع عقدة أخرى على الأقل.
 - شبكة كاملة الترابط تتميز بارتباط كل عقدة بجميع العقد الأخرى في الشبكة.

خلاصة النقطة: درجة الترابط هي مفهوم أساسي يصف مدى اتصال العقد ببعضها البعض داخل الشبكة، وتدرج من شبكات معزولة تماماً إلى شبكات متصلة بالكامل.

II. المؤشرات الكمية لقياس الترابط

للتعبير عن درجة ترابط الشبكة بدقة ومقارنتها بغيرها، قدم "Kansky" عام 1963 مجموعة من المؤشرات الكمية.

أولاً: مؤشر بيتا (Beta Index - B)

- الهدف: قياس درجة تعقيد الشبكة من خلال مقارنة عدد الوصلات بعدد العقد.

المعادلة:

$$\text{مؤشر بيتا} = (B) \text{ عدد الوصلات} / \text{عدد العقد}.$$

تفسير النتائج:

- القيمة أقل من 1: تشير إلى شبكة شجرية بسيطة بدون أي دارات (حلقات).

- القيمة تساوي 1: تشير إلى وجود دارة (حلقة) واحدة على الأقل في الشبكة.

- القيمة أكبر من 1: تشير إلى وجود أكثر من دارة، مما يعني أن الشبكة أكثر تعقيداً وتطوراً.

ثانياً: مؤشر جاما (Gamma Index - G)

- الهدف: وصف ترابط الشبكة بشكل رقمي ومقارنة مدى فعاليتها بالوضع الأمثل (الشبكة كاملة الترابط). يفضل استخدامه لمقارنة شبكات لها نفس عدد العقد.

المعادلة:

$$\text{مؤشر جاما} = (G) \text{ عدد الوصلات} / [3 \times (\text{عدد العقد} - 2)].$$

تفسير النتائج:

- تتراوح قيمة المؤشر بين صفر وواحد صحيح.

- القيمة تساوي صفر تعني أن الشبكة عديمة الترابط.
- القيمة تساوي واحد تعني أن الشبكة كاملة الترابط (أقصى عدد ممكн من الوصلات).
- كلما اقتربت القيمة من الواحد، كان ترابط الشبكة أفضل وأكثر كفاءة.

خلاصة النقطة: مؤشر بيتا يقيس درجة تعقيد الشبكة، بينما مؤشر جاما يقيس مدى كفاءة ترابطها مقارنة بالحالة المثالية، مما يجعله أداة دقيقة للمقارنة.

3. مثال تطبيقي لحساب مؤشر بيتا وجاما

يوضح الجدول التالي كيفية حساب قيمة المؤشرين لثلاث حالات مختلفة لشبكة تتكون من 6 عقد، مما يبين كيفية تغير قيمة المؤشرات مع زيادة عدد الوصلات ودرجة الترابط.

جدول حساب قيمة مؤشر بيتا (B) وجاما (G)

| الحالة | عدد العقد | عدد الوصلات | مؤشر بيتا (B) | مؤشر جاما (G) |
|--------|-----------|-------------|---------------|--------------------------------|
| أ | 7 | 2 | $7 / 20.33 =$ | $[(2 - 6) \times 3] / 20.17 =$ |
| ب | 7 | 7 | $7 / 71.00 =$ | $[(2 - 6) \times 3] / 70.50 =$ |
| ج | 7 | 9 | $7 / 91.50 =$ | $[(2 - 6) \times 3] / 90.75 =$ |

الاستنتاج: نلاحظ أنه كلما زاد عدد الوصلات في الشبكة (من الحالة "أ" إلى "ج")، ارتفعت قيمة كل من مؤشر بيتا ومؤشر جاما، مما يعكس بشكل كمي ودقيق زيادة درجة تعقيد وكفاءة ترابط الشبكة.

الفصل الثاني: نظرية التفاعل

هذا الدرس يتناول المقاييس الكمية المستخدمة في جغرافية النقل، مثل مؤشرات الكثافة، وينتقل إلى شرح النماذج النظرية التي تفسر حركة التفاعل بين الأقاليم، وعلى رأسها "نموذج الجاذبية".

1. مؤشرات الكثافة (Density Indices)

تُستخدم عدة مقاييس كمية لقياس مدى كفاءة شبكة النقل وتأثيرها.

أولاً: كثافة الشبكة (Network Density).

الهدف: يعتبر من المعايير الهامة التي تعكس التطور الاقتصادي.

وتعطي فكرة عن مدى كفاية الشبكة داخل الدولة.

طرق الحساب:

1. كثافة الشبكة بالنسبة للمساحة = إجمالي أطوال الشبكة
(بالكم) / مساحة الدولة (بالكم²).

2. كثافة الشبكة بالنسبة للسكان = [إجمالي أطوال الشبكة
(بالكم) / عدد سكان الدولة] × 1000 (كل 1000 نسمة).

الأهمية: بقياس الكثافة على أساس عدد السكان يعتبر أفضل، لأن السكان هم مصدر النشاط الاقتصادي. كلما زادت الكثافة، ذلك على أن الإقليم يتمتع بشبكة جيدة، والعكس صحيح.

ثانياً: كثافة حركة المرور (Traffic density).

الهدف: بقياس حجم حركة المرور على شبكة الطرق، وتوضيح مدى ضغط وسائل النقل على إقليم معين، وتشخيص الاختناقات المرورية.

طرق الحساب (خلال 24 ساعة):

1. بالنسبة للسكان = إجمالي عدد السكان في المنطقة التي تخدمها الشبكة / عدد السيارات المستخدمة للشبكة
 2. بالنسبة لأطوال الطرق = إجمالي أطوال الطرق في الشبكة / عدد السيارات المستخدمة للشبكة
 3. بالنسبة ل المساحة = مساحة المنطقة التي تخدمها الشبكة / عدد السيارات المستخدمة للشبكة
- خلاصة النقطة : مؤشرات الكثافة (سواء للشبكة أو للمرور) هي أدوات كمية أساسية لتقدير كفاءة شبكة النقل، وربطها بالتطور الاقتصادي وعدد السكان، وتشخيص مدى الضغط على الطرق.
-

2. نظرية التفاعل وأسسها

ترجع فكرة التفاعل بين الأقاليم إلى "إدوارد أولمان (Edward Ullman)" منذ منتصف القرن العشرين، والذي حدد ثلاثة عوامل رئيسية تحكم هذا التفاعل.

- أسس التفاعل (أفكار أولمان):
 - التكامل: (Complementarity) وجود فائض في سلعة أو خدمة في مكان (الأصل) وطلب عليها في مكان آخر (الوجهة).
 - الفرصة البديلة (Intervening Opportunity) عدم وجود فرصة بديلة أقرب أو أفضل للحصول على السلعة.
 - إمكانية الحركة (Transferability) سهولة نقل السلعة من الأصل إلى الوجهة بتكلفة و زمن معقولين.
 - عوامل إضافية: بالإضافة إلى ما سبق، تؤثر العوامل السياسية والاقتصادية بشكل كبير.

◦ مثال : (النكتلات التجارية) مثل **NAFTA** والاتحاد الأوروبي (تسهل حركة التجارة بين الدول الأعضاء، بينما قد تعيقها مع الدول خارج التكتل).

◦ مثال : (الحظر المفروض على التجارة بين أمريكا و古وبا، أو العلاقة بين مصر وجيرانها، هي أمثلة على تأثير العوامل السياسية).

خلاصة النقطة : التفاعل بين الأقاليم لا يحدث عشوائياً، بل تحكمه أسس اقتصادية (التكامل، الفرصة، إمكانية النقل) بالإضافة إلى عوامل سياسية وتجارية قوية.

3. نموذج الجاذبية (Gravity Model)

هو أحد النماذج النظرية الرئيسية التي تستخدم لقياس التفاعل بين الأقاليم، وهو مستعار من قانون الجاذبية لنيوتون.

. الفكرة الأساسية:

◦ يفترض النموذج أن حجم الحركة أو التفاعل بين مدينتين يتناصف طردياً مع حجمهما (مثل عدد السكان)، ويتناصف عكسياً مع المسافة بينهما.

. الصيغة النظرية (حسب النموذج):

$$T = (J_1 \times J_2) / F^2$$

. حيث:

. T = التفاعل بين المدينتين (مكالمات هاتفية، رحلات، كمية سلع).

. J_1 = عدد سكان المدينة الأولى.

. J_2 = عدد سكان المدينة الثانية.

ف = المسافة بينهما.

الصيغة التطبيقية (حسب النموذج ب):

في تطبيقات أخرى، قد يتم استخدام المسافة (ف) بدون تربيع، كما في المثال التالي.

$$ت س ص = (ج س \times ج ص) / ف س ص.$$

مثال تطبيقي (شكل رقم ١):

المعطيات:

مدينة (أ) سكانها 100,000.

مدينة (ب) سكانها 1,000,000؛ والمسافة (أ-ب) = 100 كم.

مدينة (د) سكانها 1,000,000؛ والمسافة (أ-د) = 50 كم.

الحساب (باستخدام الصيغة التطبيقية ف^١):

$$\begin{aligned} قوة التفاعل بين (أ) و (د) بت أ د &= (100,000 \times \\ 2,000,000) / 1,000,000 &= 50 \text{ وحدة تفاعل.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} قوة التفاعل بين (أ) و (ب) بت أ ب &= (100,000 \times \\ 1,000,000) / 100 &= 1,000,000 \text{ وحدة تفاعل.} \end{aligned}$$

الاستنتاج: قوة التفاعل المتوقعة بين (أ) و (د) هي ضعف قوة التفاعل بين (أ) و (ب)، (بنسبة 2:1)، وذلك لأن المسافة أقل بالنصف، مما يوضح الأثر الكبير للمسافة.

خلاصة النقطة: نموذج الجاذبية هو أداة رياضية لتقدير حجم التفاعل المتوقع بين الأماكن، ويوضح أن "الحجم" (السكان) يجذب التفاعل، بينما "المسافة" تعيقه.

