الفصل الخامس

نماذج النقل

تظهر مشكلات النقل في الحياة العملية بصورة متكررة، فكثيراً ما يرى المرء شاحنات لنقل البضائع تسير عبر طرق مختلفة من مواقع عددية لإيصال هذه المادة الحيوية إلى المستهلك الذي يمكن أن يوجد في أماكن متعددة.

تعتبر مسألة النقل إحدى تطبيقات البرمجة الخطية الهامة حيث أن النماذج الرياضية المستخدمة في مشكلة النقل هي نماذج خطية والهدف من إستخدامها هو إيجاد أسلوب امثل لتوزيع الوحدات أو المنتوجات من عدة مصادر للعرض (معامل، موانئ، مراكز تسويقية) إلى عدة مواقع للطلب (مراكز استهلاكية) بأقل كلفة ممكنة أو بأعلى ربح أو بأقل وقت، ومشاكل النقل يمكن حلها باستخدام طريقة السمبليكس في البرمجة الخطية إلا أن هذه الطريقة تتطلب خطوات وجداول وعمليات حسابية كثيرة وهذا الأمر تم التغلب عليه من خلال تفريغ كافة مفردات (متغيرات) مشكلة النقل في جدول خاص يسمى جدول النقل وهذه المفردات.

لقد وضعت الصيغة الأولى لطريقة النقل من قبل العالم هيتشكوك (Hitchcok) في سنة 1941، ثم أضاف إليها العالم كوبمانز (Koopmans) بعد ذلك حتى وصلت إلى صيغتها المعروفة في إطار البرمجة الخطية بواسطة العالم دانتزج سنة 1953 [1].

I- الإطار العام لمشكلة النقل:

تمثل الصيغة الجدولية لمشكلة النقل منطلق إيجاد حل أولي ممكن للوصول إلى الحل الأمثل (النهائي) المتمثل في تحقيق أقل كلفة ممكنة من مجموع تكاليف النقل، والصيغة الجدولية لمشكلة النقل عبارة عن مصفوفة عدد صفوفها (M) تمثل المصادر (مراكز التوزيع) وعدد أعمدتها (N) وتمثل مراكز الاستلام وهو يظهر كما يلي[2]:

المراكز / المصادر	N_1	N_2	_._._.	N_n	العرض
M_1	C_{11} x_{11}	C_{12} x_{12}		C_{1n} x_{1n}	a_1
M_2	C_{21} x_{21}	C_{22} x_{22}		C_{2n} x_{2n}	a_2
⋮					
M_m	C_{m1} x_{m1}	C_{m2} x_{m2}		C_{mn} x_{mn}	a_m
الطلب	b_1	b_2		b_n	$\sum a_i$ / $\sum b_j$

حيث أن:

$(N_1,N_2,\ldots,N_n)$: مواقع الطلب، $(M_1,M_2,\ldots,M_m)$: مصادر العرض؛

C_{ij}: كلفة نقل الوحدة الواحدة من المصدر i إلى الموقع j؛

x_{ij}: عدد الوحدات المنقولة من المصدر i إلى الموقع j؛

الفرضية الأساسية لحل نموذج النقل هو أن ما معروض في مصادر العرض أي مجموع المعروض يساوي مجموع الطلب في مواقع الطلب أي: $(\sum a_i = \sum b_j)$ وفي هذه الحالة يسمى نموذج النقل بنموذج النقل المتوازن.

II- حل مسألة النقل:

بعد أن يتم إعداد الصيغة الجدولية لمشكلة النقل فإن الخطوة اللاحقة هو إيجاد الحل الأساسي الأولي الممكن، وهناك ثلاث طرق تستخدم لهذا الغرض:

- طريقة الزاوية الشمالية الغربية؛
- الحل بطريقة أقل التكاليف؛
- طريقة فوجل.

وبعد التوصل إلى الحل الأساسي الأولي يجب تدقيق هذا الحل لمعرفة فيما إذا كان هذا الحل امثلاً أم لا، ويتم الاختبار بإحدى الطريقتين:

- طريقة الحجر المتنقل (التخطي) أو القفز على الصخور (المسار المتعرج)؛
- طريقة التوزيع المعدل.

II-1- إيجاد الحل الأساسي الأولي:

يراعى فيه تحقيق التوازن بين المطلوب والمتاح، كما يجب أن يكون عدد مجاهيل القاعدة في هذا الحل المبدئي بعدد الشروط الخطية، أي $(M+N-1)$ ويمكن إيجاد حل مبدئي بعدة طرائق وفقها:

II-1-1- طريقة الزاوية الشمالية الغربية:

تعتبر هذه الطريقة من أبسط الأساليب الرياضية، لحل مشاكل النقل إلا أنها لا تحقق في معظم الأحيان الحل الأمثل لمشكلة نقل معينة، ولتوضيح كيفية استخدام هذه الطريقة نورد المثال التالي:

مثال رقم (01): إحدى الشركات لها ثلاثة مخازن في مواقع مختلفة، كما أن لها ثلاث مراكز تسويقية، أن تكاليف نقل الوحدة الواحدة من السلع (بالدينار)، وحجم التخزين في كل مخزون والاحتياجات لكل مركز تسويقي مشار إليها في الجدول أدناه:

المراكز / المصادر	D_1	D_2	D_3	العرض
A	31 **300**	21 **100**	42	**400**
B	20	21 **800**	30 **200**	**1000**
C	23	20	15 **600**	**600**
الطلب	**300**	**900**	**800**	**2000 /2000**

حسب هذه الطريقة، يجب التأكد من أن جدول النقل في حالة التوازن (مجموع العرض= مجموع الطلب) وهو شرط محقق أي: (2000=2000)، ننقل (300) وحدة من (A) إلى المركز (D_1) وبالتالي تلبية كافة احتياجات المركز (D_1) ويبقى في مخزن (A) 100 وحدة؛

ننقل (100) وحدة من (A) إلى المركز (D_2)، ولم يبقى في مخزن (A) أية وحدة وهناك (800) وحدة يمكن للمركز (D_2) استيعابهم ؛

ننقل (800) وحدة من مخزون (B) إلى المركز(D_2) وبالتالي تلبية كافة احتياجات (D_2) وبقي في مخزون (200) وحدة؛

ننقل (200) وحدة من مخزون (B) إلى المركز(D_3) وبالتالي لم يبق في مخزون (B) أية وحدة؛

ننقل (600) وحدة من مخزون (C) إلى المركز(D_3) وعليه أصبحت حاجة المركز (D_3) صفراً ولم يبقى في مخزون (C) أية وحدة.

بعد عمليات النقل السابقة نلاحظ أن الجدول في توازن وهذا يعني أن جدولة النقل قد اكتملت، ويجب أن يتحقق الشرط الآتي، وهو أن مجموع الخلايا المشغولة يساوي 5.

عدد المربعات المملوءة = (عدد الصفوف + عدد الأعمدة)− 1

= **3+3 − 1 = 5** وهو ينطبق على المصفوفة أعلاه.

لذلك فإن هذه المشكلة وما سبقها هن من مشاكل من نوع قابلة للحل الأمثل بدون أية إجراءات أضافية ويطلق على هذا النوع من مشاكل النقل التي يتحقق فيها الشرط المذكور وهو (عدد الخلايا المملوءة (المشغولة)=M+N−1)، بأنها مشاكل غير منحلة)، أما المشاكل التي لا يتحقق فيها الشرط أعلاه ستكون من نوع المشاكل المنحلة، وهنا لا يمكن إيجاد الحل الأمثل لهذا النوع الأخير من المشاكل إلا بعد إجراءات إضافية أخرى[1].

الكلفة الكلية للنقل يمكن حسابها كالآتي:

$$Z = \sum_{j=1}^{3} \sum_{i=1}^{3} c_{ij} x_{ij} = 300\,(31) + 100\,(21) + 800\,(21) + 200\,(30) + 600\,(15) = 43200$$

II-1-2- الحل بطريقة أقل التكاليف:

تعتبر هذه الطريقة أفضل من الطريقة السابقة لأنها تأخذ بعين الاعتبار الأقل تكلفة، وحتى نحصل على الحل الأساسي الأولي الممكن بهذه الطريقة علينا في البداية أن نتأكد من أن جدول النقل في حالة توازن ثم نتبع الخطوات التالية[2]:

- نبدأ بتزويد المربع ذا التكلفة الأقل بأكبر ما يمكن من عدد الوحدات من المخزون المقابل لهذا المربع؛
- نتابع ملئ المربعات ذات التكلفة الأقل بالتتابع إلى أن نزود جميع مراكز التوزيع من المصادر المتوفرة؛
- نحسب التكلفة الإجمالية للمربعات المختلفة.

لتوضيح هذه الطريقة سنعمل على حل مشكلة النقل في المثال التالي: