الفصل 3 – مسـائل النقـل (Transport)

مقدمة:

تعتبر مشكلة النقل من الأساليب الرياضية الهامة المساعدة في عملية اتخاذ القرار الملائم في نقل كمية من المواد (السلع) من مصادر تصنيعها أو من المخازن إلى مراكز متعددة بهدف سد حاجة هذه المراكز بأقل تكلفة.

نموذج النقل:

يفترض نموذج النقل وجود عدد من المصادر الانتاجية مقدارها (n) وعدد من المراكز التسويقية مقدارها (m). يشترط النموذج بشكله الأول ضرورة المساواة بين حجم السلع في المصادر وحجم الطلب على السلع من قبل المراكز وأن هدف النموذج هو تحقيق أقل كلفة ممكنة من مجموع تكاليف النقل.

يتألف نموذج النقل من:

1- المصدر: مركز تواجد المواد المراد نقلها أو توزيعها.

2- الوجهة: النقطة المراد نقل المولد إليها.

3- الطلبيات: حاجة الوجهة الواحدة من مواد المصادر المختلفة.

4- الموجودات: المواد المتوفرة في المصدر الواحد والمراد نقلها أو توزيعها إلى وجهات مختلفة.

5- تكلفة نقل المادة الواحدة من مصدر ما وإلى جهة ما.

6- عدد المواد المراد نقلها من مصدرها إلى جهة ما.

I- طرق حل مشاكل النقل:

يمكن حل مشاكل النقل بإحدى الطرق التالية:

1- طريقة الزاوية الشمالية الغربية The Northwest corner

2- طريقة أقل التكاليف The least costs method

3- طريقة فوجل التقريبية The vogel's approximation method (VAM)

هذه الطرق الثلاث تعطي حلا أساسيا (أوليا) للمشكلة. وفيما بعد سنبحث عن طريقة الوصول إلى الحل الأمثل.

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. ونشرح هذه الطريقة من خلال المثال التالي:

مثال:

إحدى الشركات لها 3 مخازن في مواقع مختلفة، بما أن لها 3 مراكز تسويقية، إن تكاليف نقل الوحدة الواحدة من السلع ب دج وحجم السلع المخزنة في كل مخزن والاحتياجات لكل مركز تسويقي مشار إليها في الجدول التالي:

المراكز

المصادر (مخازن)

	D1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12
S_2	2	4	0	14
S_3	3	6	7	4
الطلب	9	10	11	30/30

المطلوب: ما مجموع تكاليف النقل من المصادر إلى المراكز باستخدام طريقة الزاوية الشمالية.

إن الأرقام الموجودة داخل المربعات الصغيرة في الجدول تمثل تكلفة النقل بالدج فمثلا تكلفة نقل وحدة واحدة من المصدر (S_1) إلى مركز الطلب (D_3) هي 8 دج.

- خطوات الحل:

في البداية يجب التأكد من توفر شرط التوازن أي أن مجموع العرض المتوفر في المصادر يساوي مجموع ما تطلبه المراكز التسويقية حيث:

$12 + 14 + 4 = 9 + 10 + 11 = 30$

1- نأخذ الخلية الألى والتي تقع في الصنف الأول (الشمالي) والعمود الأول (الغربي) وهي الخلية (S_1 , D_1) ثم نقارن الكمية

المطلوبة من قبل كل مركز الطلب D_1 بالكمية المتوفرة لدى المصدر S_1 ونخفض أقل الكميتين للخلية (S_1 , D_1) $\sin (12 ,9) =9$

أي يتم تخفيض 9وحدات للخلية (S_1 , D_1) وهذا يؤدي إلى سد احتياجات المركز D_1 بالكامل , حيث يتم شطب العمود الأول وذلك يشير إلى أن التخصيصات للخلايا الأخرى في العمود ذاته تساوي الصفر(0).

ملاحظة:

* يتم تعديل العرض والطلب للجدول بعد كل عملية تلبية طلب ما.

* إن عملية النقل بهذه الطريقة تستمر بنفس الصف حتى يتم إغلاقه ونفاد جميع الكمية المتاحة في المصدر المقابل للصف المعني.

2- نأخذ الخلية الثانية (S_2 , D_2) والتي تكون في الزاوية الشمالية الغربية ونقارن الكمية المتاحة لدى المصدر S_1 بالكمية المطلوبة من قبل مركز الطلب D_2 نختار الأقل ونخصصها للخلية (S_1 , D_2)

3= zin (3 ,10) (3 متبقية من 12 بعد أخذ 9 في (S_1 , D_1) أي 12- 9 = 3)

لذا نخصص 3 وحدات للخلية (S_1 , D_2)

3- نلاحظ أن جميع الكميات المتوفرة لدى المصدر S_1 نفذت بالكامل، لذا نأخذ الخلية(S_2 , D_2) ثم نقارن الكمية التي يحتاجها المركز D_2 بالكمية المتاحة لدى المصدر S_2 ونخصص أقل الكميتين للخلية (S_2 , D_2).

zin (14 , 7) =7

4- نأخذ الخلية (S_2 , D_3) ثم نقارن الكمية التي يحتاجها المركز D_3 بالكمية المتاحة لدى المصدرS_2 ونخصص أقل الكميتين للخلية (S_2 , D_3) 7 = (7 , 11) zin

5- نأخذ الخلية (S_2 , D_3) ونخصص لها 4 وحدات وهي الكمية المتبقية لدى المركز S_3 والمطلوبة من قبل مركز الطلب D_3. عند هذه المرحلة تكون جميع الكميات المتاحة لدى جميع المصادر قد نفذت , وبالتالي نكون قد وصلنا إلى جدول النقل بصفة نهائية كالتالي:

المراكز

المصادر

	D1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12 3
	9	3		0
S_2	2	4	0	14 7
		7	7	0
S_3	3	6	7 4	
			4	0
الطلب	9	10	11	30/30
	0	7 0	4 0	

ويكون إجمالي تكاليف النقل حسب الجدول = دج 104= 4× 7 + 7× 4 + 3× 1 +9× 5 = Total costs

2–طريقة أقل التكاليف:

إن إحدى مساوئ طريقة الزاوية الشمالية الغربية هو عدم تحقيق الاستفادة من التكلفة القليلة المتوفرة في مشكلة نقل معينة عند تلبية احتياجات مراكز الطلب.

لذا وضعت طريقة أقل التكاليف لمعالجة مثل هذا النوع من العيوب في نماذج النقل حيث يتم البحث والتركيز بموجب هذه الطريقة على أقل تكلفة متوفرة في جدول النقل ومن ثم تحديد جهتي الطلب والعرض سنعتمد على مثالنا السابق في توضيح الخطوات الرئيسية لطريقة أقل التكاليف.

المراكز

المصادر

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12
S_2	2	4	0	14
S_3	3	6	7	4
الطلب	9	10	11	30

* نلاحظ أن أقل تكلفة في جدول النقل أعلاه هي "0" وهي تقابل المصدر S_2 والمركز D_3 , لذا نقارن ما هو متوفر لدى المصدر S_2 مع ما يحتاجه مركز الطلب D_3 , ثم نختار أقل الكميتين ونخصصها للخلية (S_2 , D_3)

$$zin\ (14\ ,\ 11) = 11$$

ملاحظة :

نعدل العرض والطلب للجدول بعد كل عملية تخصيص معينة، كما هو الحال في طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

* نبحث عن أقل تكلفة ضمن القيم المتبقية في الجدول, فنعد أنها تساوي (1) وهي تقع في الخلية (S_1 , D_2)، لذا نقارن ما هو متوفر لدى المصدر S_1 مع يحتاجه المركز D_2 , ثم نختار أقل الكميتين 10 = Zin (12 ,10) ونخصصها للخلية (S_1 , D_2)

* التكلفة الأقل الأخرى ضمن الجدول تساوي 2 وتقع في الخلية (S_2 , D_1) لذا نقارن ما هو متوفر لدى المصدر S_2 مع احتياجات المركز D_1 ونختار أقل الكميتين 3= Zin (3 , 9) ونخصصها للخلية (S_2 , D_1).

*التكلفة الأقل التالية تساوي 3وتقع ضمن الخلية (S_3 , D_1) لذا نقارن ما هو متوفر لدى المصدر S_3 مع احتياجات المركز D_1 ونختار أقل الكميتين 4= Zin (4 , 9) ونخصصها للخلية (S_3 , D_1).

* التكلفة الأقل الأخيرة ضمن الجدول تساوي 5 وتقع في الخلية (S_1 , D_1) لذا نقارن ما هو متوفر لدى المصدر S_1 مع احتياجات مركز الطلب D_1 ونختار أقل الكميتين 2 = Zin (2 , 2) ونخصصها للخلية (S_1 , D_1).

المراكز

		D_1	D_2	D_3	العرض	
S_1		5	1	8	12	2
		2	10			0
S_2		2	4	0	14	3
		3		11		0
S_3		3	6	7		4
		4				0
الطلب		9	10	11		
	6		0	0		
		2				
		0				

إن الجدول أعلاه يمثل جدول النقل بصيغته النهائية ويكلفه إجمالية تساوي:

$T.cost=5 \times 2 + 1 \times 10 + 2 \times 3 + 0 \times 11 + 3 \times 4 = 38$ دج

من خلال حسابنا للتكلفة الكلية لمشكلة النقل، هذه بطريقة أقل التكاليف نلاحظ أن تكلفتها أقل من طريقة الزاوية الشمالية الغربية.

إذا كانت هناك إحدى مراحل عملية المقارنة بين تكاليف النقل، كلتين متساويتين فالإمكان اختيار إحداهما عشوائيا.

* **طريقة أقل تكلفة في السطر**: (نفس المثال)

$co = 38$ دج

* طريقة أقل التكاليف في العمود: $co= 72$ دج

3–طريقة فوجل التقريبية (VAM) Vogel's Approximations method

تعتبر طريقة فوجل من أهم الطرق الثلاث على الإطلاق لما تتميز به هذه الطريقة من الفدرة للوصول الى الحل الأمثل أو الحل القريب من الحل الأمثل ونادرا ما تكون طريقتين أقل التكاليف والطريقة الشمالية الغربية أفضل من طريقة فوجل. لكن طريقة فوجل تحتاج إلى عمليات حسابية أطول مما تحتاج به طريقتا أقل التكاليف والزاوية الشمالية الغربية.

وتتلخص خطوات إيجاد الحل الأساسي الأولي بهذه الطريقة كما يلي:

1– حساب الفرق بين أقل كلفتين في كل صف وفي كل عمود، وتأشير هذه الفروق على جانبي جدول الحل.

2- تحديد الصف أو العمود الذي يمتلك أكبر فرق في التكلفة (أعلى جزاء).

3- اختيار الخلية ذات التكلفة الأقل في ذلك الصف أو العمود .

4- في الخلية التي أختيرت في الخطوة "3" نقارن احتياجات المركز مع ما هو متوفر في المصدر لنأخذ القيمة الأقل.

5- نعيد حساب الفرق مرة أخرى لكل من الأعمدة والصفوف ونكرر العملية السابقة إلى أن نلبي احتياجات جميع مراكز الطلب من المصادر المتاحة.

ملاحظة:

عند تساوي الفروق في الصفوف والأعمدة نأخذ الفرق الثاني وذلك بشطب أقل قيمة من الصف والعمود ونأخذ الفرق الذي بعده، أما إذا كانت من البداية كل الفروق في الصفوف والأعمدة متساوية في كل المراحل تفشل طريقة فوجل ونأخذ طريقة أقل التكاليف.

نستعمل المثال السابق:

مراكز الطلب

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12
S_2	2	4	0	14
S_3	3	6	7	4
الطلب	9	10	11	30

4

2

3

3 7

1 فرق الأعمدة

نجد الفرق في التكلفة للصفوف وللأعمدة كما هو مبين في الجدول.

* نلاحظ أن للعمود الثالث أكبر فرق والذي يساوي "7"

* نبحث عن أقل تكلفة في العمود الثالث فنجد أن للخلية (S_2 , D_3) أقل تكلفة وهي (0).

* نقارن احتياجات مركز الطلب D_3 مع الكمية المتاحة في المصدر S_2 ثم نختار أقل الكميتين 11 = Min (11 , 14)

مراكز الطلب

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12
S_2	2	4	0	14
			11	3
S_3	3	6	7	4
الطلب	9	10	11	
			0	
	1	3		

* ويتم تعديل العرض والطلب في الجدول أعلاه وهذه العملية تؤدي إلى تلبية كامل احتياجات المركز D_3 من الجدول لغرض إعادة حساب الفروق بين التكاليف مرة أخرى.

* يتم حساب الفرق في التكلفة لكل صف وعمود في الجدول السابق.

* نلاحظ أن للصف الأول أعلى فرق في التكلفة.

* نبحث عن أقل تكلفة في الصف الأول, فنجد أن للخلية (S_1 , D_2) أقل تكلفة والبالغة"1".

* نقارن احتياجات مركز الطلب D_2 مع ما هو متاح من كميات لدى المصدر S_2 , ثم نختار أقل الكميتين 10 = Min (12 ,10)

* يتم شطب مركز الطلب D_2 لهذا السبب سوف لا يؤخذ بعين الاعتبار عند حساب الفرق في التكلفة في المراحل اللاحقة.

مراكز الطلب

المصادر

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	12
		10		2
S_2	2	4	0	14
			11	3
S_3	3	6	7	4
الطلب	9	10	11	30
		0	0	

فرق الاعمدة 1

عند مرحلة الحل هذه لا نحتاج لحساب الفرق في التكلفة للصفوف والاعمدة بسبب وجود مركز طلب واحد وهو (D_1) والذي لم يحصل على احتياجاته حتى الان

إن ما نحتاجه هنا هو البحث عن اقل تكلفة في العمود الاول والذي نلاحظ فيه ان المصدر (S_2) يقابل أقل تكلفة والتي تساوي (2) سيتم تخصيص كامل محتويات المصدر (S_2) والبالغة (3) وحدات لتلبية جزء من احتياجات مركز الطلب (D_1) ويتم إلغاء المركز S_2.

من جهة أخرى بإمكان المصدر S_3 تلبية جزء من احتياجات مركز الطلب D_1 وذلك بتوفر 4 وحدات فقط من احتياجات D_1 والبالغة "6" وحدات وأخيرا يتم تخصيص اخر احتياجات المركز D_1 والبالغة 2 وحدة من المصدر (S_1) وبهذا يصبح نموذج النقل بصيغته النهائية بموجب طريقة فوجل كالاتي:

مراكز الطلب

المصادر	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	5	1	8	/
	2	10		
S_2	2	4	0	/
	3		11	
S_3	3	6	7	/
	4			
الطلب	/	/		

بموجب نموذج النقل أعلاه ستكون التكلفة الاجمالية كالتالي:

$$\text{Total. Costs} = 5 \times 2 + 1 \times 10 + 2 \times 3 + 0 \times 11 + 3 \times 4 = 38$$ دج

ملاحظة: في أغلب الأحيان تكون نتائج طريقتي فوجل والتكلفة الأقل متقاربة أو متطابقة.

* التكلفة الاجمالية بموجب طريقة الزاوية الشمالية الغربية = 104دج

* التكلفة الاجمالية بموجب طريقة أقل التكاليف = 38دج

* التكلفة الاجمالية بموجب طريقة فوجل = 38دج

نلاحظ أن الطريقتين الأخيرتين قد حققنا اقتصادا في مجموع التكاليف قدره 66دج مقارنة مع الطريقة الأولى.

مثال:

الجدول التالي يبين تكلفة نقل الوحدة الواحدة من سلعة معينة من ثلاثة مصادر إلى ثلاثة مراكز طلب, ويبين الجدول كذلك إمكانيات المصادر واحتياجات مراكز الطلب. بالاعتماد على هذا الجدول, أوجد الحل الاولي باستخدام:

1- طريقة الزاوية الشمالية الغربية

2- طريقة أقل التكاليف.

3- طريقة فوجل التقريبية.

مراكز الطلب

المصادر		D_1	D_2	D_3		العرض
	S_1	2	1	8		10
		10				0
	S_2	7	4	3	2	25
		5	18	2		20
	S_3	6	2	4		20
				20		
	الطلب	15 50	18 0	22 20		

الحل:

طريقة الزاوية الشمالية الغربية:

مراكز الطلب

	D_1	D_2	D_3	العرض
S_1	2	1	8	10
S_2	7	4	3	25
S_3	6	2	4	20
الطلب	15	18	22	

التكاليف:

$T.C = 2\times10 + 7\times5 + 4\times18 + 3\times2 + 4\times20 = 213$ دج

طريقة أقل التكاليف:

مراكز الطلب

المصادر		D_1	D_2	D_3	العرض
	S_1	2	1	8	10
			10		0
	S_2	7	4	3	25
		3		22	0 3
	S_3	6	2	4	20
		12	8		12 0
	الطلب	0 15 3	18 8 0	22 0	

$T.cost = 1\times10 + 7\times3 + 3\times22 + 6\times12 + 2\times8 = 185$ دج

أقل تكلفة في الصف = $188 = C_\circ$

أقل تكلفة في العمود = $188 = C_\circ$