نماذج النقل متعددة المراحل

تعرضنا في المحاضرات السابقة نماذج النقل البسيطة، وهي تلك النماذج التي تكون فيها حركة السلع والافراد في اتجاه واحد، من مصادر العرض الى مراكز الطلب، غير ان مشاكل النقل في الواقع لا تكون دائما بهذه البساطة، حيث يمكن ان نجد مشاكل النقل تتضمن على مرحلة وسيطة او اكثر في مشكلة النقل، مثل وجود تجار تجزئة ووسطاء لحركة البضائع، وهذا ما يشكل نماذج النقل متعددة المراحل.

وتنقسم نماذج النقل متعددة المراحل الى نوعين أساسيين هما:

- نماذج النقل متعددة المراحل النظامية؛
- نماذج النقل متعددة المراحل غير النظامية (نماذج التدفق)؛

I. نماذج النقل متعددة المراحل النظامية؛

1. مشكلة النقل متعددة المراحل النظامية:

في هذا النوع من النماذج، تتم عملية النقل بشـــكل منتظم، مما يعني انه يمكن فصـــل مراحل نقل البضـائع الى مراحل منفصـلة عن بعضـها البعض، فمثلا نجد ان السلع تخرج من المصـانع الى الفئة الأولى من تجار الجملة، هذه الأخيرة تقوم بنقل البضـــائع الى فائة اصـــغر من تجار الجملة او الى تجار التجزئة، او حتى الى المســـتهلكين، وبالتالي فان عملية نقل البضـــائع الى تجار الجملة تمثل المرحلة الأولى، ونقل البضـائع من تجار الجملة الى بقية العناصـر في سـلسـلة التوريد تمثل مراحل أخرى في عملية النقل، الى ان نماذج النقل متعددة المراحل النظامية تشـــترط وجود طبقة واحدة على الأقل من الوسطاء. من جهة أخرى فان تكاليف نقل الوحدة الواحدة من السلع والبضائع تكون معروفة وثابتة في كل خط نقل داخل نماذج النقل المنتظمة.

2. منهجية الحل لنماذج النقل متعددة المراحل النظامية

يمكن عرض نماذج النقل متعددة المراحل النظامية في جدول مكون من عدد من جداول النقل البســـيطة، اما عملية حل مشـــكلة النقل فتتم من خلال معالجة كل جدول نقل على حدى، حيث يتم تطبيق نفس منهجية الحل المعروفة في نماذج النقل البســـيطة، وفي المثال التالي ســـيتم عرض نموذج نقل على مرحلتين، مع منهجية الحل الخاصة به.

مثال 01:

شركة انتاجية تقوم بإنتاج وتسويق مواد غذائية، تمتلك ثلاث مصانع وهي F_1 ، F_2 و F_3 ، تقوم الشركة بنقل المنتجات عبر ثلاث وسطاء هم: M_1 ،M_2 ،M_3. ليتم في الأخير إيصال البضائع الى ثلاث تجار تجزئة وهي B_1، B_2 و B_3، والجدول التالي يوضح بيانات عملية النقل لكلى المرحلتين.

المرحلتين.

No. of Stage	1st Stage			
From \ To	M_1	M_2	M_3	$\sum_i^3 a_i$
F_1	3	5	2	12
F_2	4	3	6	15
F_3	5	6	7	13
$\sum_j^3 b_j$	10	18	12	40 / 40

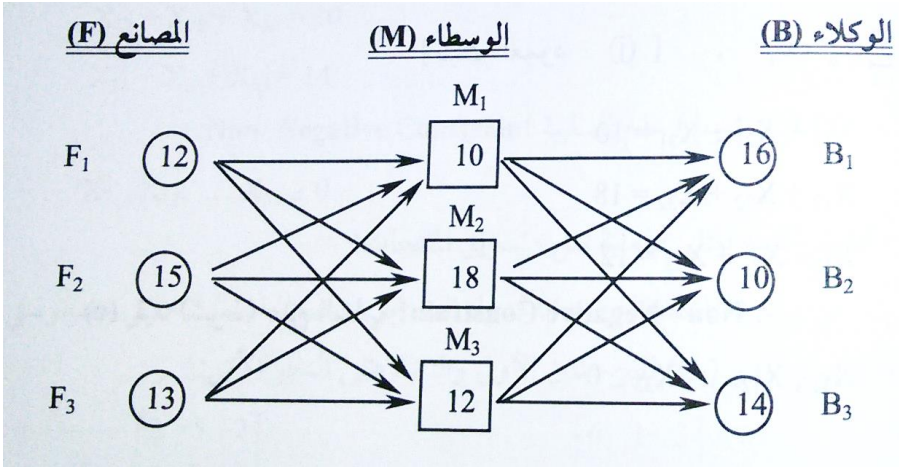
	2 nd Stage			
From \ To	B_1	B_2	B_3	$\sum_K^3 P_K$
M_1	6	1	3	10
M_2	4	3	5	18
M_3	1	4	2	12
$\sum_L^3 b_L$	16	10	14	40 / 40

المطلوب:

- شكل التمثيل البياني لمشكلة النقل؛
- شكل جدول النقل للمسألة؛ وحدد خطة النقل المثلى خلال كل مرحلة من مراحل عملية النقل؛

حل المثال 01:

- تشكيل التمثيل البياني لمشكلة النقل؛

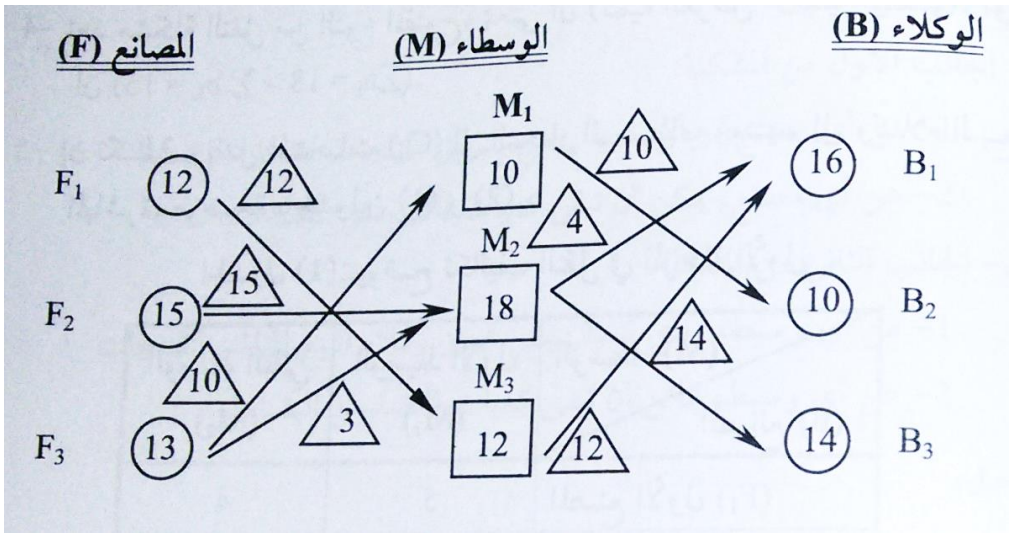


- تشكيل جدول النقل للمسألة؛

عليه يمكن تنظيم بيانات المشكلة الخاصة بالمرحلتين

	M_1	M_2	M_3	B_1	B_2	B_3		
F_1	3	5	2 X_{13} 12	∞	∞	∞	12 0	$\sum_i^3 a_i = 40$
F_2	4	3 X_{22} 15	6	∞	∞	∞	15 0	
F_3	5 X_{31} 10	6 X_{32} 3	7	∞	∞	∞	13 3 0	
M_1	0	∞	∞	6	1 X_{12} 10	3	10 0	$\sum_K^3 P_K = 40$
M_2	∞	0	∞	4 X_{21} 4	3	5 X_{23} 14	18 14 0	
M_3	∞	∞	0	1 X_{31} 12	4	2	12 0	
	10 0	18 3 0	12 0	16 4 0	10 0	14 0		
	$\sum_j^3 b_j = 40$			$\sum_L^3 b_L = 40$				

من خلال الاعتماد على طريقة اقل تكلفة فان نموذج النقل الأمثل يمكن التعبير عنه من خلال المخطط التالي:



مثال 02:

شركة إنتاجية متخصصة في صناعة المنتجات الحيوانية، تمتلك 3 مصانع رئيسية هي: F_1 ، F_2 و F_3 الطاقة الإنتاجية لكل منها هي 5، 6 و 7 طن على التوالي.

في المرحلة الأولى: تقوم هذه الشركة ببيع منتجاتها الى وسيطين من تجار الجملة هما: M_1 ،M_2. حجم الطلب لكل منهما هو 10 طن.

في المرحلة الثانية: يقوم هؤلاء الوسطاء بتسويق المنتجات الى 4 وكلاء للبيع المباشر هم: A_1، A_2 ، A_3، و A_4. الكمية المطلوبة لكل منهما هي على التوالي: 2، 6، 4، 3.

والجداول التالية تبين خصائص عملية النقل خلال كل مرحلة من مراحل عملية النقل.

الجدول (1): يوضح تكاليف النقل في المرحلة الأولى

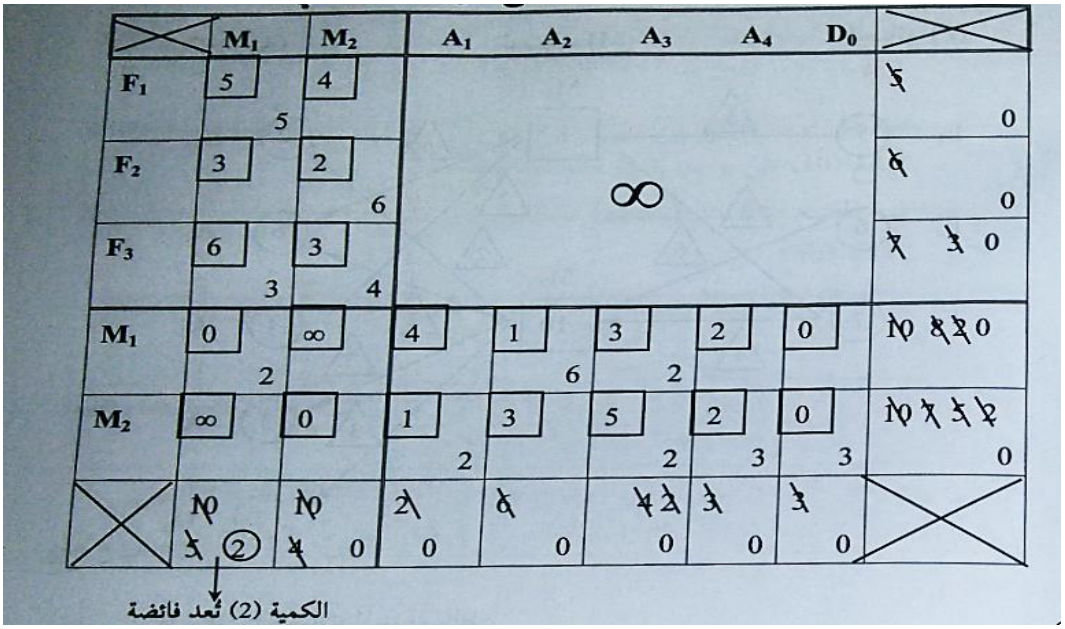
الوسطاء (M) / المصانع (F)	الوسيط الأول (M_1)	الوسيط الثاني (M_2)
المصنع الأول (F_1)	5	4
المصنع الثاني (F_2)	3	2
المصنع الثالث (F_3)	6	3

الجدول (2): يوضح تكاليف النقل في المرحلة الثانية

الوكلاء (A) / الوسطاء (M)	الوكيل الأول A_1	الوكيل الثاني A_2	الوكيل الثالث A_3	الوكيل الرابع A_4
الوسيط الأول (M_1)	4	1	3	2
الوسيط الثاني (M_2)	1	3	5	2

المطلوب: حدد كيف يمكن للمؤسسة ان تقوم بنقل منتجاتها بأقل تكلفة ممكنة.

حل المثال 02:



II. نماذج النقل متعددة المراحل غير النظامية (نماذج التدفق)؛

1. **مشـكلة النقل في نماذج النقل متعددة المراحل غير النظامية:** وهي النماذج التي لا تكون مراحل النقل بها منفصـلة عن بعضـها، وتكون غالبا عندما يتم تبادل السـلع بين وحدات المؤسـسـة فيما بينهم، وبالتالي فان أي مركز من مراكز المؤسـسـة يمكن ان يكون مركز عرض او مركز طلب، وبالتالي لا يمكن ان نفصـل بين مراحل النقل، كما ان تكاليف نقل الوحدة الواحدة من البضـائع لا يتم وضـعه بطريقة بسـيطة مثل نماذج النقل السـابقة، وانما يتم حسـابه بناء على مخطط النقل الخاص بالمؤسسة.

2. **منهجية الحل في نماذج النقل متعددة المراحل غير النظامية**

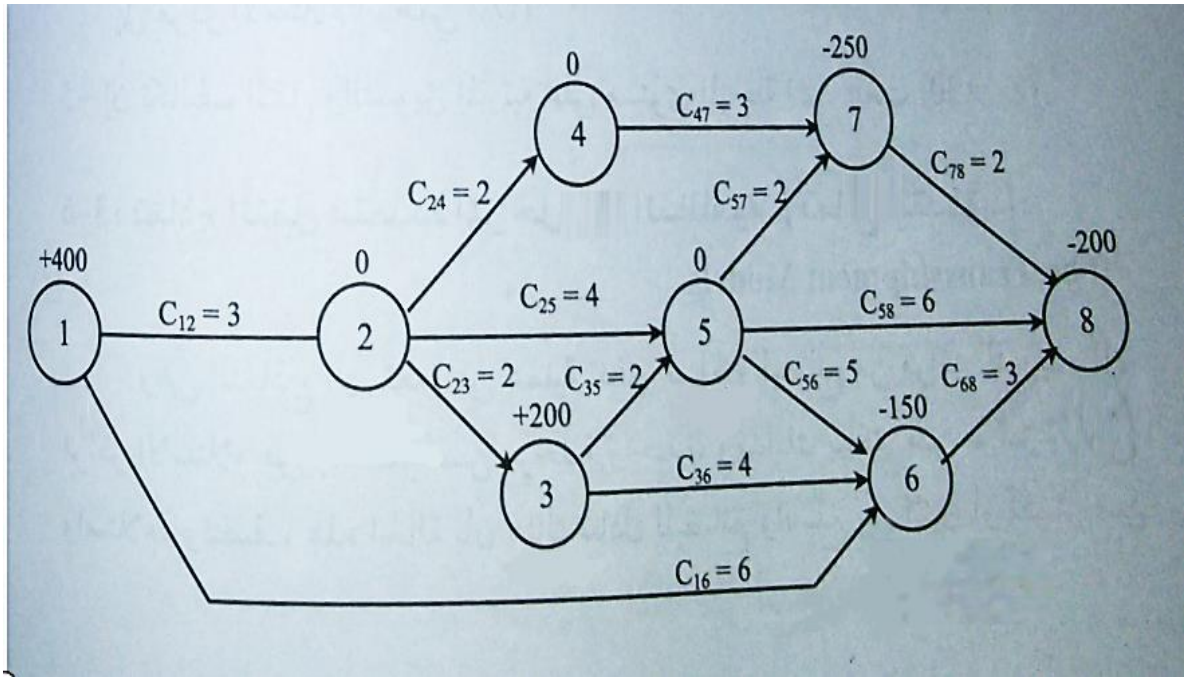
ان عملية إيجاد حل لهذا النوع من نماذج النقل تتطلب مجموعة المراحل التالية:

- رسـم شـكة النقل للمؤسـسـة وتحديد المراكز ذات الفائض (أي لديها فائض موجب وبالتالي فهي تمثل مراكز العرض للمؤسـسـة)، وكذلك المراكز ذات العجز (أي لديها فارق سـالب وبالتالي فهي تمثل مراكز الطلب للمؤسسة)؛ وتشكيل الحل الاولي للمسالة.
- تحديد تكاليف النقل الوحدوية لكل خط نقل: من خلال مخطط شـبكة النقل نقوم بتحديد المسـارات التي يمكن ان تربط بين كل مركز عرض وكل مركز طلب، حيث نختار في كل مرة المسار الذي له اقل تكلفة وحدوية؛

- حل مشـــكلة النقل: بعد تشـــكيل جدول النقل للمســـألة، يتم إيجاد الحل الأمثل عبر طرق الحل الخاصة بنماذج النقل البسيطة.

مثال 03:

تمتلك مؤسسة 8 مراكز لتسويق منتجاتها، حيث تسعى المؤسسة الى ضمان نقل السلع من المراكز ذات الفائض (ذات الإشـارة الموجبة) الى المراكز ذات العجز (ذات الإشـارة السـالبة)، والشـكل التالي يوضـح خصائص شبكة النقل للمؤسسة.



الحل:

1. تشكيل جدول الحل الأولي للمسألة.

مراكز العرض	
رقم المركز	الكمية المعروضة
(1)	400
(3)	200
مجموع العرض	600

مراكز الطلب	
رقم المركز	الكمية المطلوبة
(6)	150
(7)	250
(8)	200
مجموع الطلب	600

يتضح من الجداول السابقة ان نموذج النقل هو نموذج نقل المتوازن لان مجموع العرض يساوي مجموع الطلب وهو 600

مراكز الطلب / مصادر العرض	(6)	(7)	(8)	كمية العرض
(1)				400
(3)				200
كمية الطلب	150	250	200	10 000

2. حساب تكاليف النقل الوحدوية لكل خط نقل.

- تكلفة النقل الوحدوية من المركز 1 الى المركز 6:

يتضح من شبكة النقل ان الانتقال من المركز 1 الى المركز 6 يمكن ان يأخذ المسارات التالية:

$$1 \rightarrow 6 = C16 = 6$$

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 5 \rightarrow 6 = C12 + C25 + C56 = 3 + 4 + 5 = 12$$

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 6 = C12 + C23 + C36 = 3 + 2 + 4 = 9$$

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 6 = C12 + C23 + C35 + C56 = 3 + 2 + 2 + 5 = 13$$

من خلال مقارنة تكاليف المسارات السابقة نستنتج ان تكلفة النقل الوحدوية من المركز 1 الى المركز 6 هي 6 (المسار الأقل تكلفة)

بنفس الطريقة يتم حساب بقية التكاليف الوحدوية وعليه يصبح جدول النقل للمسألة كما يلي:

مراكز الطلب / مصادر العرض	(6)	(7)	(8)	كمية العرض
(1)	6	8	9	400
(3)	4	4	6	200
كمية الطلب	150	250	200	10 000

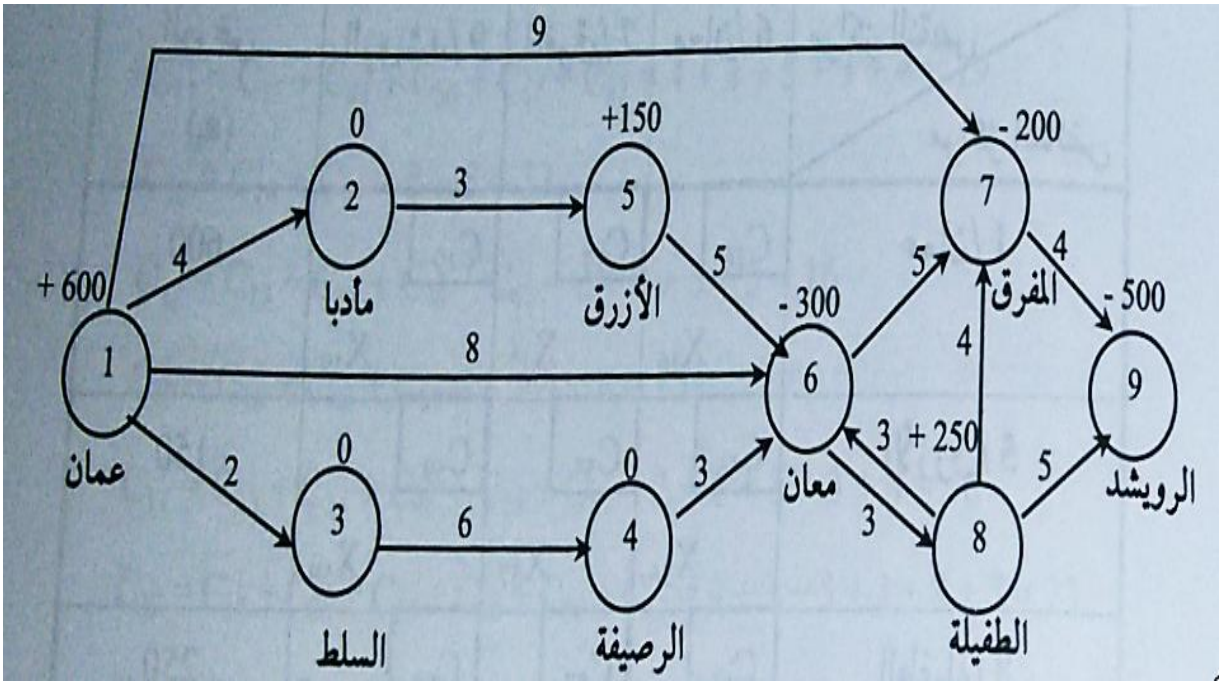
3. حل مشكلة النقل

بالاعتماد على أساليب حل نماذج النقل البسيطة يمكن إيجاد الحل الأمثل لمشكلة النقل وفق الشكل التالي:

مراكز الطلب / مصادر العرض	(6)	(7)	(8)	كمية العرض
(1)	6 150	8 50	9 200	400
(3)	4	4 200	6	200
كمية الطلب	150	250	200	10 000

مثال 04:

الشكل التالي يوضح مسارات تدفق البضائع والسلع بين عدد من المراكز لإحدى المؤسسات الأردنية:



المطلوب:

حدد برنامج النقل الأمثل الذي يسمح بنقل بضائع المؤسسة بأقل تكلفة ممكنة.