2-2 صياغات البرمجة الخطية LP FORMULATIONS

نقدم في هذا القسم نموذجين للبرمجه الخطية . وسوف نلاحظ سهولة تحديد متغيرات القرار في هذين المثالين . وسوف نقدم فيما بعد ، في قسم 2-3 ، صياغات اخرى **تحتاج** إلى مجهود أكبر في عملية تحديد واستخدام متغيرات القرار.

مثـال 2-2-1 (سياسة الاقراض في البنك). بفرض أن هناك مؤسسة مالية (بنك) تريد صياغـة سياستهـا الاقـراضية للربـع سنة القادم . وقد خصص مبلغ 12$ مليون لهذا الغـرض . وتمنح القروض لانواع مختلفة من العملاء . ويتضمن الجدول الاتي الانواع المختلفة من القروض، ومعدل الفائدة على هذه القروض، وإحتمال الديون المعدومة كما تم تقديره من الخبرة السابقة :

نوع القرض	معدل الفائدة	احتمال الديون المعدومـه
شخصى	.140	.10
سيارات	.130	.07
سكنى	.120	.03
مزارع	.125	.05
تجارى	.100	.02

ويفترض أنه لن يتم تحصيل الديون المعدومه وبالتالي لن تكون هناك فائدة عليها . وتتطلب المنافسة بين البنك وبين المؤسسات المالية الاخرى في نفس المنطقة تخصيص 40% على الاقل من مجموع الاموال الى القروض الزراعية والتجارية . ولمساعدة العمران السكنى في المنـطقـة فيجب أن تكـون القـروض السكنية 50% على الاقل من مجموع القروض الثلاثة : الشخصية، السيارات، والسكنية . ويرغب البنك بصفة عامة في أن لاتزيد نسبة الديون المعدومه على كل القروض عن 04.

النموذج الرياضى Mathematical Model

يمكن تحديد متغيرات النموذج كالآتي :

x_1 = القروض الشخصية (بملايين الدولارات)

x_2 = قروض السيارات

x_3 = قروض اسكان

x_4 = قروض المزارع

x_5 = قروض تجارية

ويهدف البنك إلى تعظيم العائد من سياسة الاقراض والمتمثل في الدخل المحقق من الفائدة على القروض مطروحا منه الخسارة نتيجة الديون المعدومه . وحيث أنه لن يتم تحصيل الديون المعـدومه (أى أصل القرض + فائدته) فيمكن كتابة دالة الهدف كالاتي :-

المطلوب تعظيم

$$z = .14(.9x_1) + .13(.93x_2) + .12(.97x_3) + .125(.95x_4) + .1(.98x_5) - .1x_1 - .07x_2 - .03x_3 - .05x_4 - .02x_5$$

وبعد تبسيط هذه الدالة تصبح :

المطلوب تعظيم $z = + .026x_1 + .0509x_2 + .0864x_3 + .06875x_4 + .078x_5$

ويوجد للمشكلة خمسة قيود :-

(1) **المبلغ الاجمالي**

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 12$$

(2) **القروض الزراعية والتجارية**

$$x_4 + x_5 \geq .4 \times 12$$

أو

$$x_4 + x_5 \geq 4.8$$

(3) **القروض السكنية .**

$$x_3 \geq .5\ (x_1 + x_2 + x_3)$$

(4) **قيد الديون المعدومة**

$$\frac{.1x_1 + .07x_2 + .03x_3 + .05x_4 + .02x_5}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5} \leq .04$$

أو

$$.06x_1 + .03x_2 - .01x_3 + .01x_4 - .02x_5 \leq 0$$

(5) شرط عدم السالبية

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ x_3 \geq 0,\ x_4 \geq 0,\ x_5 \geq 0$$

مثال 2-2-2 (استخدام وتطوير الاراضى) تمتلك احدى الشركات العقارية 800 فدان من الاراضى على بحيرة طبيعية في وسط احدى المدن. ولم يكن هناك في الماضى أيه اجراءات تنظم الانشاءات الجديدة حول البحيرة. وقد امتلأ شاطىء البحيرة في الوقت الحاضر بمنازل لقضاء العطلات. وبسبب عدم وجود صرف صحى في المنطقة يتم التصريف في حاويات تنبعث منها روائح كريهة ترتب عليها تلوث في مياه الشرب. ولحماية مياه الشرب من أي تدهور آخر قررت أمانة المدينة أن تضع قيودا مشدده على كل الانشاءات الجديده:

1- لايتم تشييد إلا المساكن التي تسع لعائلة واحدة، ولاثنين، ولثلاثة فقط على أن يكون عدد المساكن التي تسع لعائلة واحدة 50% على الاقل من المجموع.
2- ولتحديد عدد حاويات الصرف الصحى لابد من وجود مساحات 2، 3، و 4 أفدنة على الاقل للمساكن التي تسع لعائلة واحدة، ولاثنين، ولثلاثة على التوالي.
3- يجب إنشاء متنزهات مساحة كل منها فدان على الاقل بمعدل متنزة لكل 200 عائلة.
4- وللمحافظة على بيئة البحيرة، لايصرح بعمل مضخات مياه جوفية للاستخدام السكنى أو للحدائق.

ويدرس رئيس الشركة العقارية امكانية تطوير الـ 800 فدان التي تمتلكها الشركة حول البحيرة. وسوف تتضمن الانشاءات الجديدة مساكن لعائلة واحدة، ولأثنين، ولثلاثة. وقد قدر أن حوالى 15% من المساحة سوف تستهلك في الشوارع والمنافع العامة. كما قدر أيضاً ان العائد من الوحدات السكنية المختلفة سيكون كالاتي:

الوحدة السكنية	واحدة	لاثنين	لثلاثة
العائد للوحدة $	10,000	15,000	20,000

وستتناسب تكلفة توصيل خدمة المياه مع عدد الوحدات التي سيتم إنشاؤها. وقد اشترطت أمانة المدينة أنه يجب تحصيل ما لا يقل عن 100,000 $ حتى يكون المشروع مجدى إقتصاديا. يضاف إلى ذلك، أن التوسع في نظام المياه اكثر من طاقته الحالية لن يتعدى 200,000 جالون في اليوم اثناء فترات الذروة. وتلخص البيانات الاتية تكلفة توصيل خدمة المياه واستهلاك المياه المفترض للعائلة متوسطة الحجم.

الوحدة السكنية	واحده	لاثنين	لثلاثة	للمتنزهات
خدمة المياه				
تكلفة الوحدة ($)	1000	1200	1400	800
استهلال المياه للوحدة (جالون/ يوم)	400	600	840	450

النموذج الرياضي:

يجب أن تقرر الشركة ماهو عدد الوحدات التي يجب انشاؤها من كل نوع من انواع السكن مع عدد المتنزهات التي تطلبتها أمانة المدينة. افترض أن :-

x_1 = عدد الوحدات السكنية لعائلة واحدة.

x_2 = عدد الوحدات السكنية لعائلتين. x_4 = عدد المتنزهات

x_3 = عدد الوحدات السكنية لثلاث عائلات:

وبذلك يصبح هدف الشركة تعظيم العائد الاجمالي. وعلى ذلك تكون دالة الهدف كالاتي :-

تعظيم $z = 10{,}000\,x_1 + 15{,}000\,x_2 + 20{,}000\,x_3$

وتشتمل قيود المشكلة على :-

1 - قيد على استخدام الارض.
2 - قيد خاص بمتطلب سكن العائلة الواحدة مقارنة بالمساكن الاخرى.
3 - قيد خاص بمتطلب المتنزهات.
4 - المتطلبات الرأسمالية لتوصيل خدمة المياه.
5 - قيد خاص بالاستهلاك اليومي للمياه في أوقات الذروة.

ويتم التعبير عن هذه القيود رياضيا كالاتي:

(1) استخدام الارض

$$2x_1 + 3x_2 + 4x_3 + 1x_4 \le 680$$

(2) سكن لعائلة واحدة

$$\frac{x_1}{x_1 + x_2 + x_3} \ge .5$$

أو

$$.5x_1 - .5x_2 - .5x_3 \ge 0$$

(3) المتنزهـــات

$$x_4 \ge \frac{x_1 + 2x_2 + 3x_3}{200}$$

أو
$$200x_4 - x_1 - 2x_2 - 3x_3 \geq 0$$

(4) رأس المال

$$1000x_1 + 1200x_2 + 1400x_3 + 800x_4 \geq 100,000$$

(5) إستهلاك الميـــاه

$$400x_1 + 600x_2 + 840x_3 + 450x_4 \leq 200,000$$

(6) شرط عدم السالبية

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$$

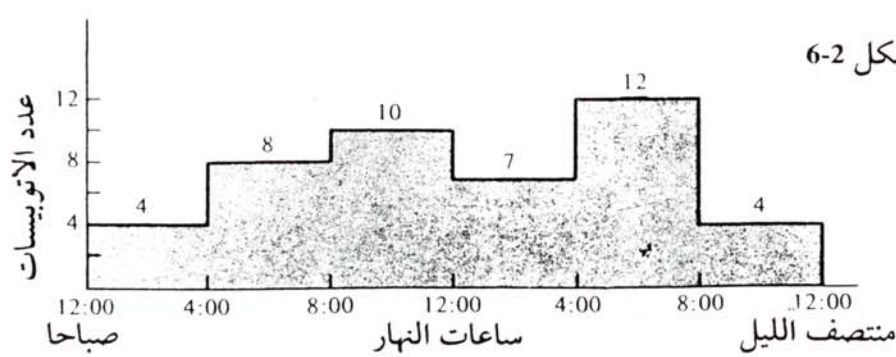
3-2 صياغات إضافية للبرمجة الخطية
ADDITIONAL "LP" FORMULATIONS

قدمنـا في القسم 2-2 صياغتين للبرمجة الخطية كان من السهل فيهما تحديد متغيرات القرار وتحديد القيود ودالة الهدف. ونقدم في هذا الفصل ثلاث صياغات اضافية تحتاج إلى مهـاره في تحديد المتغيرات واستخدامها في النموذج. والهدف من ذلك هو تعريف القارىء بافكار جديده في بناء النموذج.

مثال 2-3-1 (مشكلة جدولة مواعيد الاتوبيس)

تدرس إحـدى المـدن إمكـانية إقامة نظام نقل جماعى عام بالاتوبيسات يمكن أن يخفف من مشكلة العـادم والضجيج من خلال تقليل حركة السيارات داخل المدينة. وتحاول الدراسَة المبدئية أن تحدد ادنى عدد من الاتوبيسات الذي يمكن أن يقوم بعملية النقل المطلوبة. وبعد تجميع المعلومات المطلوبة، لاحظ مهندسوا المدينة أن الحد الادنى من العدد المطلوب لعملية النقل يتغير على مدار اليوم. وبتجميع بيانات أكثر تبين أنه يمكن إفتراض ثبات العدد المطلوب من الاتوبيسات على مدار 4 ساعات متتالية (أي أن العدد يتغير كل 4 ساعات). ويلخص شكل 2-6 ما توصل إليه المهندسون. وقد تقرر تنفيذ الصيانة اليوميه المطلوب بحيث يستطيع كل اتوبيس أن يعمل 8 ساعات متتالية يوميا.

شكل 2-6

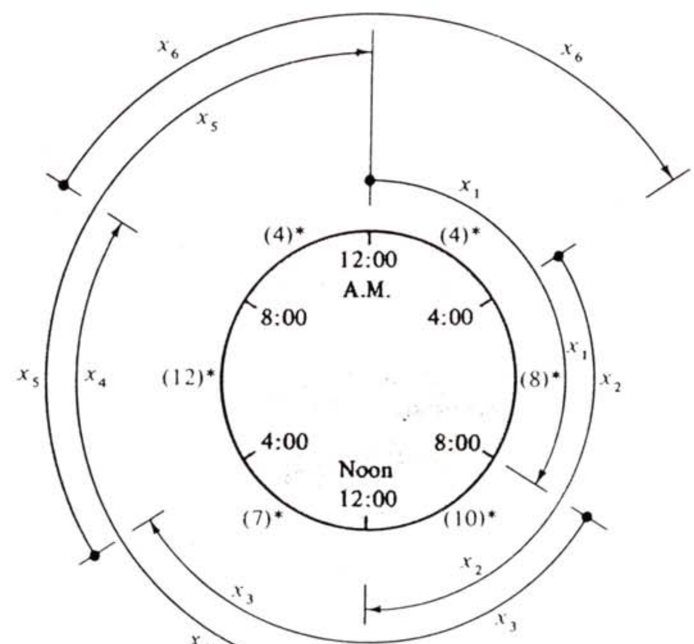


التمثيل الرياضى Mathematical Representation

المطلوب هو تحديد عدد الاتوبيسات التي سستعمل على دوريات مختلفة (متغيرات القرار) بما يكفى لمقابلة الحد الادنى من الطلب (القيود) وبما يحقق ادنى عدد اجمالى من الاتوبيسات العاملة في اليوم (الهدف).

ولعلك تلاحظ أن تعريف المتغيرات غير واضح. فنحن نعلم أن كل اتوبيس سيعمل وردية 8 ساعات، ولكننا لانعلم متى ستبدأ هذه الوردية. فإذا تتبعنا جدول الورديات العادى الذي يشتمل على ثلاث دوريات (8:01 صباحا - 4:00 مساءا، 4:01 مساءا - 12:00 منتصف الليل، 12:01 - 8:00 صباحا) وبافتراض أن x_1 ، x_2 ، x_3 تمثل عدد الاتوبيسات التي ستبدأ في الوردية الاولى، الثانية، والثالثة، يمكننا أن نرى من شكل 6-2 أن $x_1 \geqslant 10$ ، $x_2 \geqslant 12$ ، $x_3 \geqslant 8$ ، ويعني ذلك أن أدنى عدد من الاتوبيسات $x_1 + x_2 + x_3 = 10 + 12 + 8 = 30$ اتوبيس يوميا.

ويعتبر هذا الحل مقبولا فقط إذا تطابقت الورديات مع الجدول العادي للورديات الثلاثة. وعلى أي حال، قد تكون هناك ميزة من السماح لنموذج الحل الأمثل أن يختار «أفضل» وقت لإبتداء الوردية. والطريقة المعقوله لتنفيذ ذلك هي السماح للوردية أن تبدأ كل 4 ساعات. ويشرح الشكل 2-7 هذا المفهوم حيث يمكن أن تبدأ الورديات



* تمثل الحد الادنى المطلوب لفترة 4 ساعات

شكل 2 - 7

(المشتركة في بعض الزمن) عند الساعة 12:01 صباحا، 4:01 صباحا، 8:01 صباحا، 12:01 مساءاً، 4:01 مساءاً، 8:01 مساءاً حيث تستمر كل وردية 8 ساعات متتالية. ويمكننا الآن أن نعرف المتغيرات.

x_1 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 12:01 صباحا.
x_2 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 4:01 صباحا.
x_3 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 8:01 صباحا.
x_4 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 12:01 مساءاً.
x_5 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 4:01 مساءاً.
x_6 = عدد الاتوبيسات التي ستبدأ الساعة 8:01 مساءاً.

وبذلك يمكن كتابة النموذج الرياضي كالاتى (أنظر شكل 2-7):

المطلوب تدنية: $z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6$

بشرط أن:

$$x_1 + x_6 \geq 4 \quad \text{(12:01 صباحا - 4:00 صباحا)}$$
$$x_1 + x_2 \geq 8 \quad \text{(4:01 صباحا - 8:00 صباحا)}$$
$$x_2 + x_3 \geq 10 \quad \text{(8:01 صباحا - 12:00 ظهرا)}$$
$$x_3 + x_4 \geq 7 \quad \text{(12:01 مساءا - 4:00 مساءا)}$$
$$x_4 + x_5 \geq 12 \quad \text{(4:01 مساءا - 8:01 مساءا)}$$
$$x_5 + x_6 \geq 4 \quad \text{(8:01 مساءا - 12:00 مساءا)}$$
$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \ldots, 6$$

ستندهش إذا علمت أن لحل الامثل لهذا النموذج يتطلب استخدام 26 اتوبيسا فقط بحيث تبدأ 10 أتوبيسات الساعة 4:01 صباحا (x_2)، 12 أتوبيس الساعة 12:01 مساءا (x_4)، 4 أتوبيسات الساعة 8:01 مساءا (x_6) ولن تكون هناك ورديات تبدأ الساعة 12:01 صباحا، 8:01 صباحا، 4:01 مساءا (أي أن: $x_1 = x_3 = x_5 = 0$). لذلك، بالسماح للحل أن يختار زمن بداية كل وردية (بالمقارنة بجدول الورديات العادي) أمكن تخفيض عدد الاتوبيسات اليومي من 30 إلى 26.

تطبيق 2-3-1

(أ) ادرس تطبيق النموذج السابق على الحالات الآتية:
(1) عدد الممرضات في المستشفى.
(2) عدد ضباط الشرطه في المدينة.

(3) عدد العمال في مطعم يعمل 24 ساعة يوميا.
(4) عدد عمال التليفون في مركز التليفونات.

(ب) اذا كانت تكاليف تشغيل الاتوبيسات التي تبدأ بين 8:01 صباحا و 8:00 مساءاً تبلغ حوالى 80% من تكلفة تشغيل الاتوبيسات التي تبدأ بين 8:01 مساءاً و 8:00 صباحا، فكيف يمكن ادخال هذه المعلومات إلى النموذج؟

[الاجابة: غير دالة الهدف لتكون $z = .8\ (x_3 + x_4 + x_5) + (x_1 + x_2 + x_6)$ تدنية].

مثال 2-3-2 (مشكلة خسارة قصاصات الورق) تنتج احدى شركات الورق انتاجها من لفات ورق بمقاس عرض نمطى 20 قدم للفه. وقد طلب أحد العملاء طلبية بمقاسات عرض مختلفة عن طريق شق اللفات النمطية. ويتضمن الجدول الآتي الطلبيات النمطية (والتي يمكن أن تتغير من يوم إلى يوم):

الطلبية	مقاس العرض المطلوب (بالقدم)	عدد اللفات المطلوبة
1	5	150
2	7	200
3	9	300

وعمليا، يتم تنفيذ الطلبية من خلال ضبط سكاكين القطع على مقاسات العروض المطلوبة. ويوجد عدد من الطرق لتقطيع اللفه النمطية ذات مقاس عرض 20 قدم للوفاء بالطلبية المعينة. ويظهر شكل 2-8 ثلاثة أوضاع مختلفة لسكاكين القطع. وعلى الرغم من وجود طرق ضبط اخرى للسكاكين، فسوف نقصر المناقشة على الثلاثة طرق A ، B ، C في الشكل 2-8. يلاحظ أنه يمكن تجميع الطرق الثلاثة في عدد من الطرق للوفاء بالطلبيات بعرض 5 ، 7 ، 9 قدم. وفيما يلي مثالين عن هذا التجميع الممكن:

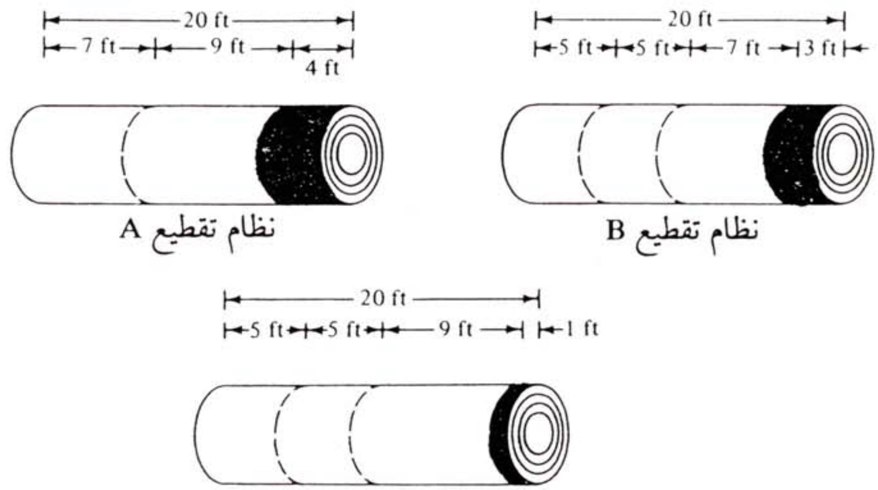
١ - قطع 300 لفه نمطية باستخدام الضبط A و 75 لفه بإستخدام الضبط B.
٢ - قطع 200 لفه نمطية باستخدام الضبط A و 100 لفه باستخدام الضبط C.

أي من التجميعين يعتبر أفضل؟ يمكننا الاجابة على هذا السؤال بالتركيز على القصاصات (الفاقد) التي ستخرج من كل نظام قطع. وتظهر الأجزاء المظلله في الشكل 2-8 الزيادات من اللفه التي ليست بالمقاس الكافي للوفاء بالطلبيات المطلوبة. هذه الزيادات هي مايطلق عليه "خسارة القصصات trim loss". وبذلك يمكننا تقييم أفضلية كل نظام قطع عن طريق احتساب خسارة القصاصات الناتجة منه. وعلى أى

حال، حيث أن مقاس هذه الزيادة يكون مختلفا، فيجب أن يقوم تقييمنا على مساحة القصاصات بدلا من عدد اللفات الزائده . ولذلك، بافتراض أن الطول النمطى لللفه هو L قدم، اذن يمكننا احتساب مساحة القصاصات كالاتي (أنظر شكل 2-8):

تجميع 1 : $300\,(4 \times L) + 75\,(3 \times L) = 1425L$ قدم مربع

تجميع 2 : $200\,(4 \times L) + 100\,(1 \times L) = 900L$ قدم مربع



شكل 2 - 8

هذه المساحات الناتجة تتمثل في الاجزاء المظلله فقط في شكل 2-8. لاحظ أن أي زيادات عن الكميات المطلوبة من إنتاج اللفات 5 ، 7 ، 9 أقدام يجب أن تؤخذ في الاعتبار أيضا عند احتساب خسارة القصاصات . لذلك في التجميع 1 ، سيترتب على النظام A انتاج زائد قدره 100 لفه 7 قدم زيادة (300-200) ، كما ينتج النظام B 75 لفه 7 قدم زيادة . وبذلك ستكون هناك قصاصات اضافية مساحتها بالقدم المربع قدرها 175 (7 x L) = 1225L. أما في التجميع 2 فلن يكون هناك انتاج زائد من اللفات 7 ، 9 قدم ولكن سيكون هناك انتاج زائد من اللفات 5 قدم في نظام C عددها 50 لفه (150-200) مع قصاصات مساحتها بالقدم المربع 50 (5 x L) = 250 L. ونتيجة لذلك يصبح لدينا :

$$\left(\text{مساحة خسارة القصاصات الكلية للتجميع 1}\right) = 1425L + 1225L = 2650L\ \text{ft}^2$$

$$\left(\text{مساحة خسارة القصاصات الكلية للتجميع 2}\right) = 900L + 250L = 1150L\ \text{ft}^2$$

وكما هو واضح أن التجميع 2 أفضل لانه يحقق مساحة خسارة قصاصات أقل من التجميع 1. ويلاحظ أن الحصول على حل أمثل لهذه المشكلة يتطلب بالضرورة تحديد كل نظم القطع الممكنة ثم حصر كل التجميعات الممكنة. وعلى الرغم من أمكانية تحديد كل نظم القطع، فقد لايكون في الامكان حصر كل التجميعات الممكنة. وبذلك توجد حاجه ماسه إلى وجود مدخل منظم للقيام بعملية الحصر. وهذا ماسيقوم به نموذج البرمجه الخطية.

التمثيل الرياضى

نحن نحاول تحديد تجميعات القطع (المتغيرات) التي ستفى بالطلبيات المطلوبة (القيود) بحيث يتم تدنية مساحة خسارة القصاصات إلى أدنى حد ممكن (الهدف).

ويلاحظ أنه يجب التعبير عن المتغيرات بطريقة مفهومة للمسئول عن التقطيع. وقد تم بناء التجميعين السابقين (1)، (2) بحيث يتم تعريف المتغيرات على أنها عدد اللفات النمطية التي سيتم تقطيعها طبقا لنظام القطع المعين. ويتطلب ذلك التعريف تحديد كل نظم القطع كما يلخصها الجدول الاتي (لاحظ أن مقاس العرض النمطى للفه قبل تقطيعها = 20 قدم).

مقاس العرض المطلوب بالقدم	نظام التقطيع						العدد الادنى من اللفات
	1	2	3	4	5	6	
5	0	2	2	4	1	0	150
7	1	1	0	0	2	0	200
9	1	0	1	0	0	2	300
خسارة القصاصات في القدم الطولى	4	3	1	0	1	2	

ويلاحظ أن نظم التقطيع 1، 2، 3 معطاة في شكل 2-8 بالرموز A، B، C على التوالي. ويجب أن تقنع نفسك بصحة نظم القطع الاخرى وأنه لاتوجد طريقة اخرى غير هذه الطرق الستة. تذكر أن طريقة القطع المطلوبة لايجب أن تعطى خسارة قصاصات عرضها 5 قدم أو أكثر وإلا أصبحت صالحه لانتاج وحدات الطلبية الأولى ولم تعد من ضمن القصاصات. وللتعبير عن النموذج رياضيا أفترض:-

x_j = عدد اللفات النمطية التي سيتم تقطيعها وفقا لنظام القطع j $(j = 1, 2, \ldots, 6)$.

وتتطلب قيود النموذج الوفاء بالحد الادنى من العدد المطلوب لكل طلبية . لذلك يمكن باستخدام نظم القطع المذكوره في الجدول السابق أن نحصل على :

$2x_2 + 2x_3 + 4x_4 + x_5 =$ عدد اللفات الواجب انتاجها بمقاس عرض 5 قدم

$x_1 + x_2 + 2x_5 =$ عدد اللفات الواجب انتاجها بمقاس عرض 7 قدم

$x_1 + x_3 + 2x_6 =$ عدد اللفات الواجب انتاجها بمقاس عرض 9 قدم

ويلاحظ أن هذه المعادلات تمثل العدد الفعلي الذي يجب انتاجه من الطلبيات الثلاثة والذي يجب أن يساوي 150 ، 200 ، 300 لفه على التوالى وهي تمثل كل قيود المشكلة .

ولتكوين دالة الهدف ، افترض أن y_1 ، y_2 ، y_3 تمثل عدد اللفات الزائدة عن الكمية المطلوبة في الطلبيات 5 ، 7 ، 9 قدم على التوالي .

اذن :

$$y_1 = 2x_2 + 2x_3 + 4x_4 + x_5 - 150$$
$$y_2 = x_1 + x_2 + 2x_5 - 200$$
$$y_3 = x_1 + x_3 + 2x_6 - 300$$

وبذلك تصبح المعادلة العامة لقياس مجموع مساحة خسارة القصاصات كالاتي

$$L(4x_1 + 3x_2 + x_3 + x_5 + 2x_6 + 5y_1 + 7y_2 + 9y_3)\ \text{ft}^2$$

وحيث أن L التي تمثل طول اللفه النمطية تعتبر عامل مشترك في المعادلة ، أذن يمكن قسـمة كل المعادلة على L بدون التأثير على القيمة المثلى لدالة الهدف . وبناء عليه يمكن كتابه النموذج العام لهذه المشكلة كالاتي :

المطلوب تدنية

$$z = 4x_1 + 3x_2 + x_3 + x_5 + 2x_6 + 5y_1 + 7y_2 + 9y_3$$

بشرط أن :

$$\begin{array}{llllllll}
 & 2x_2 + 2x_3 + 4x_4 + x_5 & & & -y_1 = 150 & \text{(5-ft rolls)} \\
x_1 + x_2 & & + 2x_5 & & -y_2 = 200 & \text{(7-ft rolls)} \\
x_1 & + x_3 & & + 2x_6 & -y_3 = 300 & \text{(9-ft rolls)}
\end{array}$$

$$x_j \ge 0, \qquad j = 1, 2, \ldots, 6$$
$$y_i \ge 0, \qquad i = 1, 2, 3$$

تطبيق 2-3-2

(أ) باستخدام جدول أوضاع سكينة التقطيع المعطى في المثال 2-3-2 قم بالتعبير عن كل من الحلول الممكنة الاتية في شكل x_j واحسب مساحة خسارة القصاصات في كل حالة :

(1) 200 لفه باستخدام نظام 1 و 100 لفه باستخدام نظام 3.

[الاجابة : $x_1 = 200$ ، $x_3 = 100$ ومساحة خسارة القصاصات = 1150 L قدم مربع]

(2) 50 لفـه باستخـدام نظام 2 و 75 لفه باستخدام نظام 5 و 150 لفه باستخدام نظام 6.

[الاجابة : $x_2 = 50$ ، $x_5 = 75$ ، $x_6 = 150$ ومساحة خسارة القصاصات = 650L قدم مربع].

(ب) أفترض أن المتاح هو لفات بمقاس نمطى عرض 15 قدم فقط . قم بتجميع كل نظم التقطيع الممكنة لانتاج لفات 5 ، 7 ، 9 قدم واحسب خسارة القصاصات الخاصة بكل نظام بالقدم الطولى.

[الاجابة : النظم (3,0,0) ، (0,2,0) ، (1,1,0) ، (1,0,1). وخسارة القصاصات بالقدم الطولى للاربعة نظم على التوالي (1,3,1,0)].