التنبؤ باستخدام البرمجة الخطية لمبيعات البنك المركزي العراقي من العملة الاجنبية

د .ندى الحكاك

كلية بغداد للعلوم الاقتصادية الجامعة

م. نوال علاءالدين الجراح

الجامعة المستنصرية كلية الادارة والاقتصاد

Forecasting Foreign Currency Sold of Iraqi Central Bank Using Linear Programming

Nawal A.ibrahim
Statistic Dept
College of Economic and Administration
nawalaibrahim@yahoo.com

Dr. Nada M. Al-Hakkak
Computer Science Department
Baghdad College of Economic Sciences University
nadahakkak@hotmail.com

Abstract
The optimal combined prediction model of monthly quantity of foreign currency sold by central bank of Iraq based on exponential smoothing models is proposed. It bases minimal residual square sum .the weights of combined model are calculated by linear programming. The combined model has a good predication precision.*Keywords: Optimal Combined, RMSE, linear programming*

المستخلص

خلال هذا البحث تم اقتراح وتطبيق نموذج تنبؤ مركب امثل Optimal Combined يعتمد على نماذج التمهيد الاسي وهما نموذج Brown Quadratic التربيعي ونموذج Holt الخطي وبالاعتماد على الجذر التربيعي لمعدل مربعات الخطأ RMSE للمقارنة وتم احتساب اوزان النموذج المركب باستخدام البرمجة الخطية linear programming . النموذج المركب قام باستيعاب النوذجين السابقين بصورة ممتازة [1] ، لان قيمة RMSE لهذا النموذج كانت اقل بكثير من RMSE للنموذجين السابقين. بعد تطبيقه على بيانات مبيعات البنك المركزي العراقي من العملة الاجنبية وللسنوات [15] ٢٠١٥ ، ٢٠١٦ شهريا. وكما هو معروف فان هذه البيانات تتاثر بعوامل كثيرة منها سعر الصرف والحالة الاقتصادية للبلد. **الكلمات المفتاحية: Optimal Combined, Brown Quadratic, RMSE**

المقدمة

التنبؤ الدقيق لمبيعات البنك المركزي له تاثير على وضع الاقتصاد اليوم في بلدنا لانه يعتمد على سعر الصرف[6] والذي يعتبر من المتغيرات الاساسية التي تتغير في اليوم الواحد باستمرار استجابة لقوى عرض العملات والطلب عليها. والتنبؤ الدقيق لمبيعات العملة الاجنبية له تأثير على متانة الاقتصاد لذلك البلد. من خلال هذا البحث سيتم عرض طريقة جديدة للتنبؤ من خلال دمج طرق معروفة للتنبؤ للحصول على تنبؤ افضل وللاستفادة من مميزات كل طريقة مع بعض وسنستخدم البرمجة الخطية للحصول على الاوزان الدقيقة لدمج الطرق الاخرى وحسب اهميتها. تم دمج طريقتي التمهيد الاسي الخطي المعروفة بـ holt linear exponential smoothing وطريقة التمهيد الاسي الخطي التربيعي المعروفة بـ brown quadratic linear exponential method والتي اعطت نتائج افضل مما لو استخدمت كل طريقة على حدة.

النماذج المستخدمة

١- **النموذج الاسي البسيط Simple Exponential Smoothing [3][4] and [5]**

هذه الطريقة مناسبة للسلسلة الزمنية والتي لاتؤثر فيها صفة الاتجاه العام او الموسمية ويمكن تلخيصها كما يلي :

$$\acute{Y}_t = \propto Y_{t-1} + (1-\propto)\acute{Y_{t-1}} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$\acute{Y}_t = \acute{Y}_{t-1} + \propto (Y_{t-1} - \acute{Y_{t-1}}) \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\acute{Y}_t = \acute{Y}_{t-1} + \propto e_t \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث :

$\acute{Y}_t$: التنبؤ للفترة t .

Y_{t-1} : المشاهدة الفعلية في الفترة t-1 .

$\propto$: ثابت التمهيد الاسي.

٢- **النموذج الاسي الخطي ذو المعلمة الواحدة Brown's Linear Exponential Smoothing [3][4] and [5]**

هذا النموذج مشابه لنموذج الاوساط المتحركة moving average حيث ان الفرق مابين التسريح الاول والتسريح الثاني تم اضافته لثابت التسريح الاول ، وتلخص كما يلي:

$$\acute{Y}_t = \propto Y_t + \acute{(1-\propto)Y_{t-1}}$$

$$\acute{\acute{Y}}_t = \propto \acute{Y}_t + (1-\propto)\acute{\acute{Y}}_{t-1}$$

$$a_t = \acute{Y}_t + \left(\acute{Y}_t - \acute{\acute{Y}}_t\right) = z\acute{Y}_t - \acute{\acute{Y}}_t$$

$$b = \frac{\propto}{1-\propto}\left(\acute{Y}_t - \acute{\acute{Y}}_t\right)$$

$$Y_{t+m}^{\acute{}} = a_t + b_t m$$

٣- **النموذج الاسي الخطي ذو المعلمتان Holt's Linear Exponential Smoothing [4][5] and [6]**

هذا النموذج مشابه لنموذج براون ولكن الفرق انه لايوجد تسريح للبيانات مرتان ولكن صفة الاتجاه العام تم تمهيدها اي تسريحها مباشرة.

وثوابت التمهيد الاسي γ, α تنحصر قيمتها مابين 0,1 يمكن تلخيص الطريقة كمايلي:

$$\acute{Y}_t = \propto Y_t + (1-\propto)(\acute{Y}_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \gamma\left(\acute{Y}_t - \acute{Y}_{t-1}\right) + (1-\gamma)\gamma b_{t-1}$$

$$\hat{Y}_{t+m} = \acute{Y}_t - b_t m$$

وقيم γ, α هما ثوابت التمهيد الاسي ولكي تتوصل الى اقل قيمة لمربعات الخطأ يجب اختيار القيم المثلى لهم optimal.

٤- **النموذج الاسي التربيعي Browns Quadratic Exponential Smoothing [3]**

عندما تتصف السلسلة الزمنية بالصفة الغير خطية فان النموذج التربيعي لبراون او النموذج الاسي من الدرجة الثالثة cubic تكون ملائمة لهذه البيانات. وعليه هنالك معلمة ثالثة تضاف الى النموذج ، ويمكن تلخيص الطريقة كما يلي :

$$\acute{Y}_t = \propto Y_t + (1-\propto)\acute{Y}_{t-1}$$

$$\acute{\acute{Y}}_t = \propto \acute{Y}_t + (1-\propto)\acute{\acute{Y}}_{t-1}$$

$$\acute{\acute{\acute{Y}}}_t = \propto \acute{\acute{Y}}_t + (1-\propto)\acute{\acute{\acute{Y}}}_{t-1}$$

$$a_t = 3\acute{Y}_t - 3\acute{\acute{Y}}_t + \acute{\acute{\acute{Y}}}_t$$

$$b_t = \frac{\propto}{2(1-\propto)^2}[(6-5\propto)\acute{Y}_t - (10-8\propto)\acute{\acute{Y}}_t + (4-3\propto)\acute{\acute{\acute{Y}}}_t$$

$$C_t = \frac{\propto^2}{(1-\propto)^2}(\acute{Y}_t - 2\acute{\acute{Y}}_t + \acute{\acute{\acute{Y}}}_t)$$

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2}C_t m^2$$

ويكون اختيار المعلمة α كما في الطرق السابقة.

البرمجة الخطية Linear Programming

تستخدم البرمجة الخطية بصورة كبيرة في حل مشاكل التخطيط والانتاج والنقل. وعليه فان الكثير من المشاكل يمكن حلها باستخدام البرمجة الخطية[12] and [11] .

وبالامكان صياغة نموذج البرمجة الخطية والحصول على النتيجة الامثل وحسب الشروط المحيطة بالمشكلة. لان النموذج يتكون من دالة الهدف ومجموعة من القيود الخاصة بالمشكلة. على سبيل المثال ان هدف شركة لانتاج المشروبات الغازية هو انتاج الكمية بنوعية معينة حسب طلب الزبائن عليها وحسب المواد الاولية المتوفرة بهدف زيادة الارباح اقصى مايمكن او تخفيض الكلفة اقل مايمكن.

خلال هذا البحث سيتم استخدام البرمجة الخطية بهدف تقليل القيمة المطلقة لخطأ التنبؤ الى اقل مايمكن[2] . وتحديد الاوزان المثلى لكل طريقة من طرق التنبؤ من اجل الاعتماد على اسلوب جديد يجمع مابين عدة طرق من طرق التنبؤ.

طريقة السمبلكس Simplex

وتسمى ايضا Simplex Technique او Simplex Algorithm التي توصل اليها العالم George Dantzig الامريكي[11] المختص بعلوم الرياضيات في عام ١٩٤٧ ، وهي الطريقة المناسبة لحل مشاكل البرمجة الخطية ولحد الان.

ومع ذلك هنالك طرق اكثر تطورا من السمبلكس الاعتيادية والمستفيدة من الحاسبات المتقدمة ، ولكنها جميعا تعتمد على نفس الاسس المتبعة في طريقة السمبلكس الاعتيادية.وللتوصل الى الحل الامثل باستخدام طريقة السمبلكس يجب ان يكون النموذج في حالة الصورة القياسية standardized اي [11] and [12]:

١- جميع القيود تكون في صيغة معادلات.

٢- الطرف الايمن للقيد يكون موجب.

٣- جميع متغيرات القرار تكون موجبة.

٤- دالة الهدف تكون في وضع زيادة Max او نقصان Min .وكما يلي :

$$Minimize\ Z = \sum_{j=1}^{r} C_j X_j$$

Subject to

$$\sum a_{ij} X_j \le b_i, (b_i \ge 0), i = 1,2,\dots,m\ ,\ X_j \ge 0\ \ ,\ \ j = 1,2,\dots,m$$

في حالة الصيغة القياسية يصبح النموذج [11] and [12]

$$Minimize\ \ Z = \sum_{j=1}^{r} C_j X_j$$

$$subjcet\ to$$

$$\sum a_{ij} X_j + S_i = b_i$$

$$X_j \ge 0 \quad J = 1,2,\dots,n$$

$$S_i \ge 0 \quad i = 1,2,\dots,m$$

اي ان المتجه X الذي يحقق جميع قيود المسألة يدعى بالحل المقبول.

الطريقة المقترحة (النموذج المركب)[9] and [8][7]

لنفرض ان معادلة النموذج المركب هي كما يلي :

$$\hat{Y}_t^{\,hybrid} = W_1 \hat{Y}_t^{\,ESH} + W_2 \hat{Y}_t^{\,ESB}$$

عادة يمكن احتساب قيمة W باستخدام طريقة المربعات الصغرى (OLS) .

باستخدام البرمجة الخطية ستكون دالة الهدف كما يلي:

$$Min\ \theta = \sum (Y_t - \hat{Y}_t^{\,hybrid})^2$$

ولكن من المعروف ان هذه الطريقة احيانا تكون غير حصينة بسبب مربعات الارقام والتي تؤدي الى التخفيض في دقة نموذج التنبؤ. يمكن التغلب على هذه المشكلة وذلك بحساب معدلات الانحرافات المطلقة مابين البيانات الفعلية والبيانات المتنبأ بها وكما يلي :

$$Min\ \theta^- = \sum_{t=1}^{n} \left| Y_t - \hat{Y}_{t-}^{\,hybrid} \right| = \sum_{t=1}^{n} |e_t|$$

والمعادلة ٢ يمكن حسابها باستخدام البرمجة الخطية ، نفرض:

$$U_t = \frac{|e_t| + e_t}{z} = \begin{cases} e_t, e_t \geq 0 \\ 0, e_t < 0 \end{cases}$$

$$V_t = \frac{|e_t| + e_t}{z} = \begin{cases} e_t, e_t \geq 0 \\ 0, e_t < 0 \end{cases}$$

$$|U_t| = U_t + V_t$$

$$|U_t| = U_t - V_t$$

وعليه فان نموذج البرمجة الخطية سيكون كما يلي:

$$Min\ \theta^- = \sum_{t=1}^{n} (U_t + V_t)$$

Subject to

$$\sum \left[Y_t - \left(W_1 \hat{Y}_t^{ESH} + W_2 \hat{Y}_t^{ESB} \right) \right] - \sum_{t=1}^{n} (U_t - V_t) = 0$$

$$W_1 + W_2 = 1\ , W_1 \geq 0, W_2 \geq 0, U_t \geq 0, V_t \geq 0\ , t = 1,2, \dots, n$$

التطبيق العملي

١- تم تطبيق النموذج المقترح على بيانات البنك المركزي العراقي للسنوات ٢٠١٤،٢٠١٥ شهريا والخاصة بمبيعات البنك المركزي العراقي للعملة الاجنبية في المزاد (الدولار الامريكي) والمبينة في الجدول (١) والشكل (١) .

٢- تم تطبيق نماذج التمهيد الاسي على بيانات مبيعات البنك المركزي العراقي للعملة الاجنبية في المزاد وتم اختيار نموذجي التمهيد الاسي البسيط والتمهيد الاسي التربيعي حسب قيم الجذر التربيعي لمربعات الخطا للنموذجينRMSE وكما هو مبين في الاشكال ٢،٣،٤،٥ والجدول ٢.(بايتخدام نظام STATGRAPH)

٣- تم تطبيق النموذج المقترح وايجاد الحل الامثل باستخدام نظام QSB وكان الوزن الامثل لنموذج التمهيد الاسي البسيط يساوي 0.5614 والوزن الامثل للنموذج التكعيبي هو 0.4386 .كما هو واضح في نتائج الحل الامثل لجدول السمبلكس رقم (4).

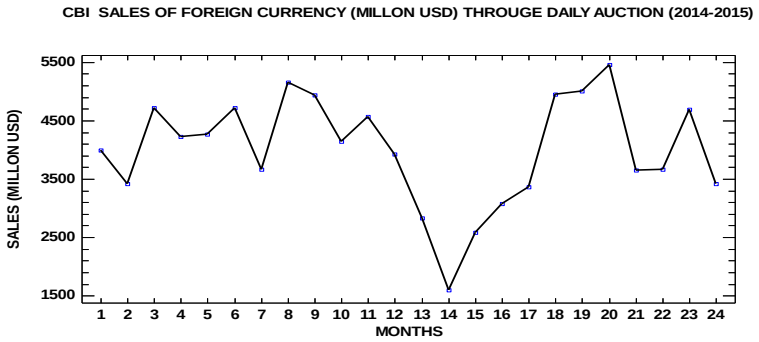
٤- الشكل ٦ يمثل جميع النماذج والنموذج المقترح في شكل واحد

٥- النموذج المقترح كان افضل من النماذج السبقة حسب مقياس الكفاءة RMSE = 820 للنموذج المقترح.

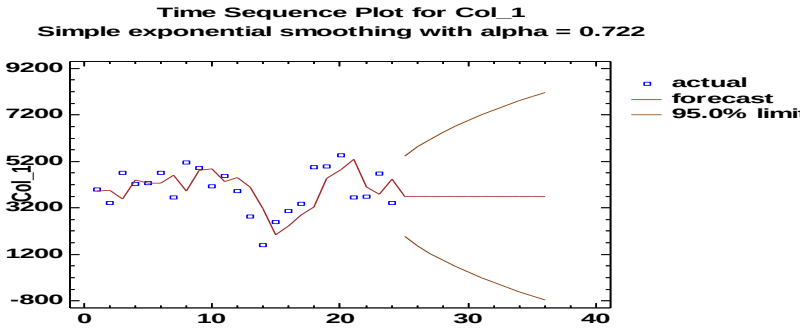
٢٠١٤		٢٠١٥	
الشهر	لك المركزي العراقي للعملة المزاد	الشهر	بنك المركزي العراقي للعملة ا المزاد
كانون الثاني	3992	كانون الثاني	2828
كانون الثاني	3423	كانون الثاني	1598
شباط	4713	شباط	2581
اذار	4232	اذار	3078
نيسان	4266	نيسان	3366
ايار	4721	ايار	4956
حزيران	3660	حزيران	4999

تموز	5154	تموز	5464
اب	4931	اب	3656
ايلول	4143	ايلول	3670
تشرين الاول	4573	تشرين الاول	4693
تشرين الثاني	3920	تشرين الثاني	3415
كانون الاول	3992	كانون الاول	2828

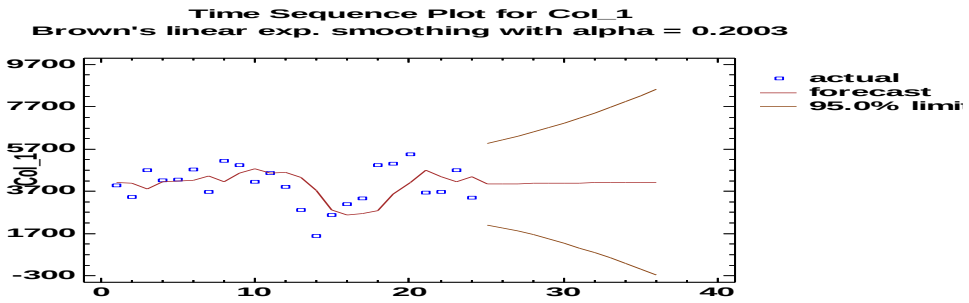
جدول (١) بمبيعات البنك المركزي العراقي للعملة الاجنبية في المزاد



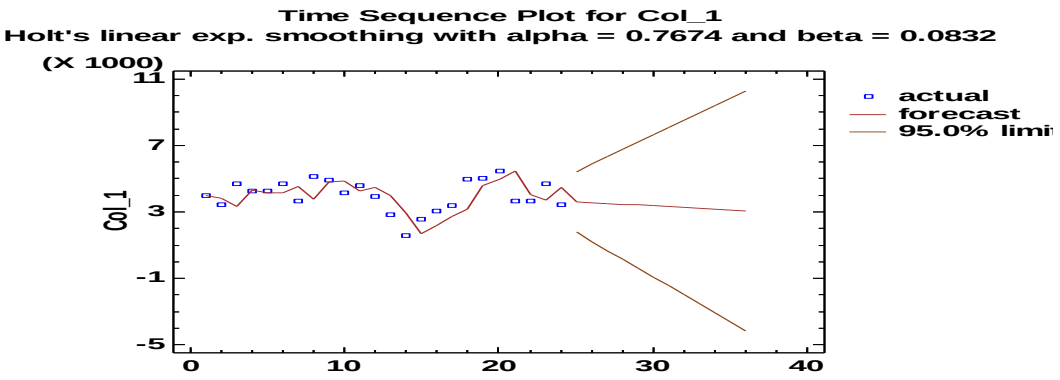
الشكل (١) بمبيعات البنك المركزي العراقي للعملة الاجنبية في المزاد



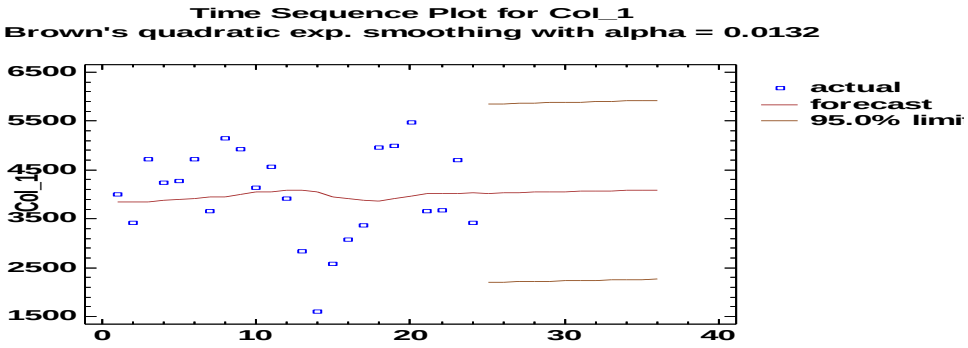
الشكل (٣) نموذج التمهيد الاسي البسيط



الشكل (٤) نموذج التمهيد الاسي الخطي



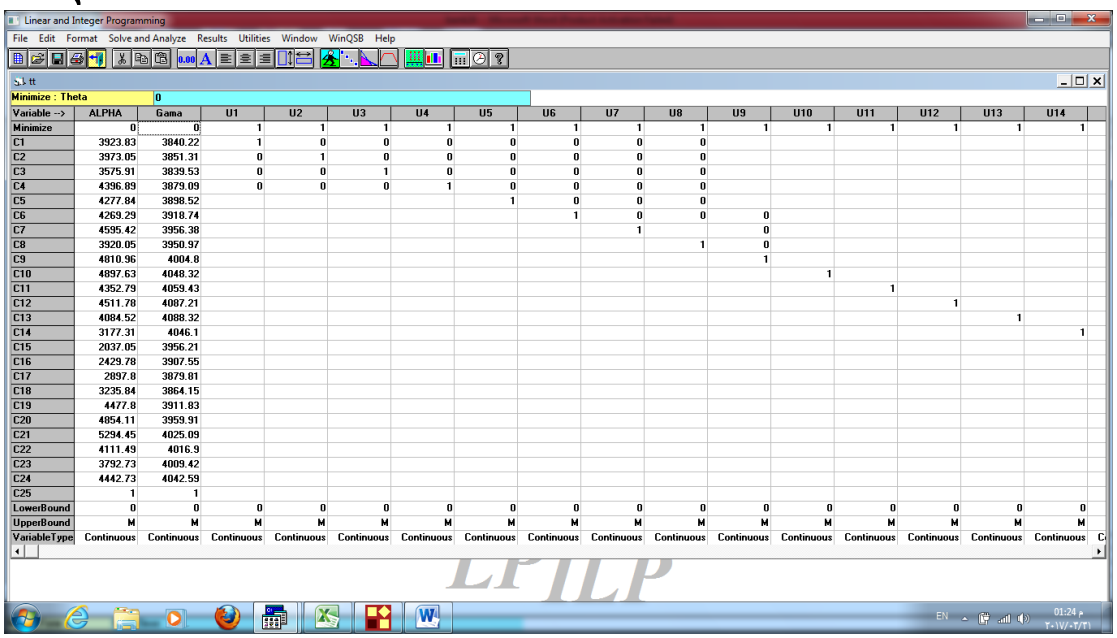
الشكل (٤) نموذج التمهيد الخطي ذو معلمتين



الشكل (٥) نموذج التمهيد الاسي التربيعي

النموذج	الجذر التربيعي لمعدل مربعات الخطا RMSE
	898.521
لبراون	1006.76
الى هولت ذي المعلمتين	962.274
ي	949.72
ح	820.9349

جدول (٢) مقياس الكفاءة للنماذج الاربعة والنموذج المقترح



Linear and Integer Programming

File Edit Format Solve and Analyze Results Utilities Window WinQSB Help

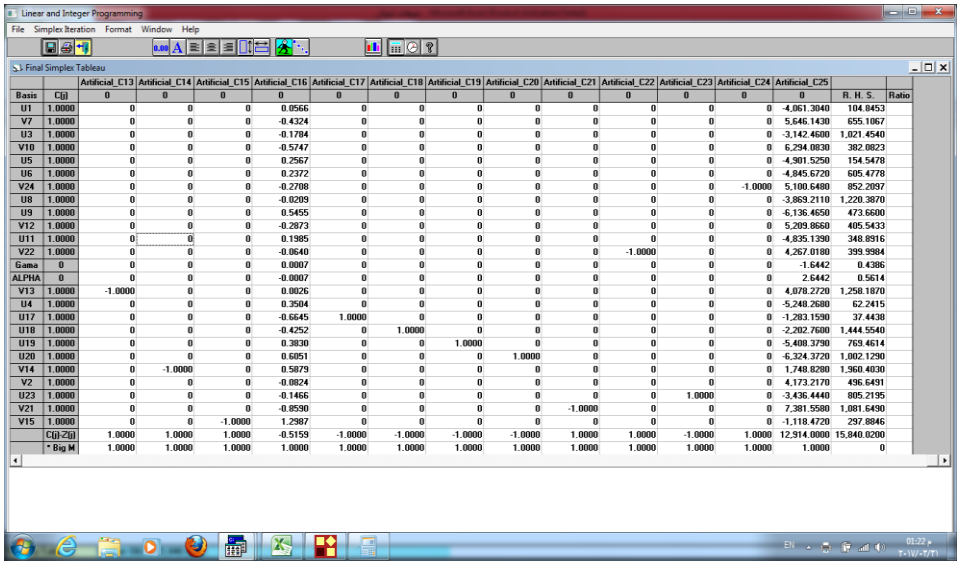
tt

Minimize : Theta 0

Variable -->	ALPHA	Gama	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	U11	U12	U13	U14
Minimize	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C1	3923.83	3840.22	1	0	0	0	0	0	0	0						
C2	3973.05	3851.31	0	1	0	0	0	0	0	0						
C3	3575.91	3839.53	0	0	1	0	0	0	0	0						
C4	4396.89	3879.09	0	0	0	1	0	0	0	0						
C5	4277.84	3898.52					1	0	0	0						
C6	4269.29	3918.74						1	0	0	0					
C7	4595.42	3956.38							1		0					
C8	3920.05	3950.97								1	0					
C9	4810.96	4004.8									1					
C10	4897.63	4048.32										1				
C11	4352.79	4059.43											1			
C12	4511.78	4087.21												1		
C13	4084.52	4088.32													1	
C14	3177.31	4046.1														1
C15	2037.05	3956.21														
C16	2429.78	3907.55														
C17	2897.8	3879.81														
C18	3235.84	3864.15														
C19	4477.8	3911.83														
C20	4854.11	3959.91														
C21	5294.45	4025.09														
C22	4111.49	4016.9														
C23	3792.73	4009.42														
C24	4442.73	4042.59														
C25	1	1														
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous

LP ILP

جدول (٣) يمثل صياغة النموذج المقترح قبل التنفيذ



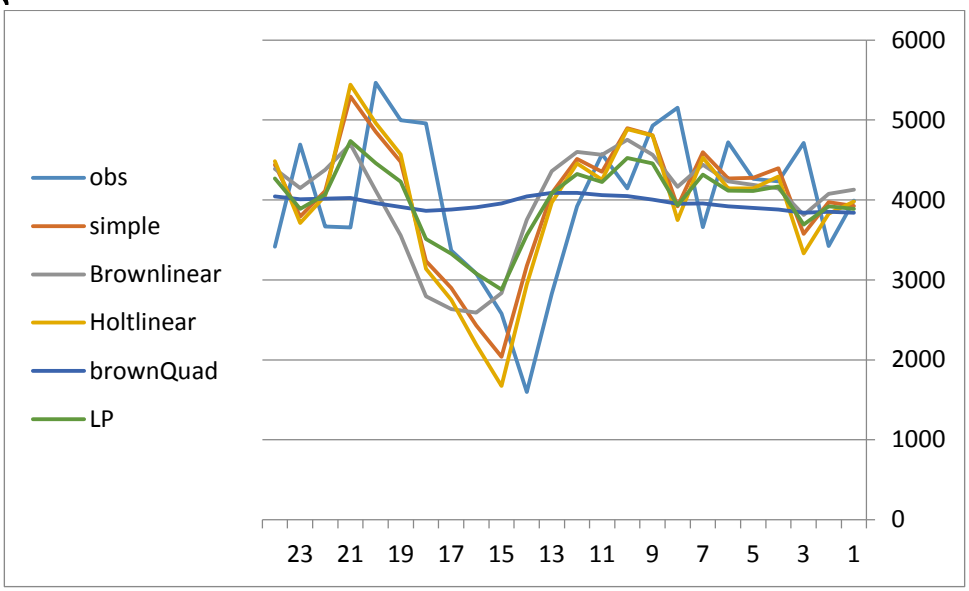
Linear and Integer Programming

File Simplex Iteration Format Window Help

Final Simplex Tableau

Basis	C(j)	Artificial_C13	Artificial_C14	Artificial_C15	Artificial_C16	Artificial_C17	Artificial_C18	Artificial_C19	Artificial_C20	Artificial_C21	Artificial_C22	Artificial_C23	Artificial_C24	Artificial_C25	R. H. S.	Ratio
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
U1	1.0000	0	0	0	0.0566	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,061.3040	104.8453	
V7	1.0000	0	0	0	-0.4324	0	0	0	0	0	0	0	0	5,646.1430	655.1067	
U3	1.0000	0	0	0	-0.1784	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,142.4600	1,021.4540	
V10	1.0000	0	0	0	-0.5747	0	0	0	0	0	0	0	0	6,294.0830	382.0823	
U5	1.0000	0	0	0	0.2567	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,901.5250	154.5478	
U6	1.0000	0	0	0	0.2372	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,845.6720	605.4778	
V24	1.0000	0	0	0	-0.2708	0	0	0	0	0	0	0	-1.0000	5,100.6480	952.2097	
U8	1.0000	0	0	0	-0.0209	0	0	0	0	0	0	0	0	-3,869.2110	1,220.3870	
U9	1.0000	0	0	0	0.5455	0	0	0	0	0	0	0	0	-6,136.4650	473.6600	
V12	1.0000	0	0	0	-0.2873	0	0	0	0	0	0	0	0	5,209.8660	405.5433	
U11	1.0000	0	0	0	0.1985	0	0	0	0	0	0	0	0	-4,835.1390	348.8916	
V22	1.0000	0	0	0	-0.0640	0	0	0	0	0	-1.0000	0	0	4,267.0180	399.9984	
Gama	0	0	0	0	0.0007	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6442	0.4386	
ALPHA	0	0	0	0	-0.0007	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6442	0.5614	
V13	1.0000	-1.0000	0	0	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0	4,078.2720	1,258.1870	
U4	1.0000	0	0	0	0.3504	0	0	0	0	0	0	0	0	-5,248.2680	62.2415	
U17	1.0000	0	0	0	-0.6645	1.0000	0	0	0	0	0	0	0	-1,283.1590	37.4438	
U18	1.0000	0	0	0	-0.4252	0	1.0000	0	0	0	0	0	0	-2,202.7600	1,444.5540	
U19	1.0000	0	0	0	0.3830	0	0	1.0000	0	0	0	0	0	-5,408.3790	769.4614	
U20	1.0000	0	0	0	0.6051	0	0	0	1.0000	0	0	0	0	-6,324.3720	1,002.1290	
V14	1.0000	0	-1.0000	0	0.5879	0	0	0	0	0	0	0	0	1,749.8280	1,968.4030	
V2	1.0000	0	0	0	-0.0824	0	0	0	0	0	0	0	0	4,173.2170	496.6491	
U23	1.0000	0	0	0	-0.1466	0	0	0	0	0	0	1.0000	0	-3,436.4440	805.2195	
V21	1.0000	0	0	0	-0.8590	0	0	0	0	-1.0000	0	0	0	7,381.5580	1,081.6490	
V15	1.0000	0	0	-1.0000	1.2987	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,118.4720	297.8846	
	C(j)-Z(j)	1.0000	1.0000	1.0000	-0.5159	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-1.0000	1.0000	1.0000	-1.0000	1.0000	12,914.0000	15,840.0200	
	* Big M	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0	

جدول [4] جدول الحل الامثل



الشكل (٦) النتيجة النهائية لجميع النتائج

المصادر

[1] Lai, K., Yu, L., Wang, S. and Huang, W., 2006. Hybridizing exponential smoothing and neural network for financial time series predication. Computational Science–ICCS 2006, pp.493-500.
[2] Tweedie, S.W., Rowland, J.R., Walsh, S.J., Rhoten, R.P. and Hagle, P.I., 1986. A methodology for estimating emergency evacuation times. The Social Science Journal, 23(2), pp.189-204.
[3] Önder, E. and Kuzu, S., 2014. Forecasting air traffic volumes using smoothing techniques.
[4] Gupta, S. and Kumar, N., Modelling and Forecasting Packaged Food Product Sales Using Mathematical Programming.
[5] Li, X., 2013, January. Comparison and analysis between holt exponential smoothing and brown exponential smoothing used for freight turnover forecasts. In Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA), 2013 Third International Conference on (pp. 453-456). IEEE.
[6] http://iraqieconomists.net/ar/2015/07/16/أ-د-عبدالحسين-العنبكي-سعر-صرف-الدينار/
[7] Derald E., 1995, A Linear program to Compare Multiple Gross Credit Loss Forcecasts, Wesley college.
[8] zhang y. and shi x., 2005, Optimal Combination Prediction of Industry Structure Base on GM(1,1) and ARMA(p,q) Model, school of economics and management, Lanchous University, China.
[9] Lai, K., Yu, L., Wang, S. and Huang, W., 2006. Hybridizing exponential smoothing and neural network for financial time series predication. Computational Science–ICCS 2006, pp.493-500.
[10] https://www.cbi.iq/documents/Annual_2015.pdf last update in march 2017
[11] Balogun, O.S., Jolayemi, E.T., Akingbade, T.J. and Muazu, H.G., 2012. Use Of Linear Programming For Optimal Production In A Production Line In Coca–Cola Bottling Company, Ilorin. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN, pp.2248-9622.
[12] Hira, D.S., 1991. Problems in Operation Research (Principles & Solution): Principles and Solutions. S. Chand Publishing.