

التصميم بمساعدة الكومبيوتر وإيجاد البارامترات المثلى لمخفض علبة سرعة دودي .أسطواني

الدكتور سمير نمر كفا*

(قبل للنشر في 2001/3/20)

□ الملخص □□

ترفع منظومة الـ CAD (التصميم بمساعدة الكمبيوتر) من جودة ،ودقة المشاريع، تختصر زمن التصميم ، تخفض من حجم العمل اللازم لتحضير التصميم وكلفته.

وتتمثل جودة التصميم في مضمون الدراسة : (من دقة وغيرها) هذا من جهة ، والمظهر الخارجي : (كالصياغة والرسومات) من جهة أخرى.

ويعود الفضل في الحالة الأولى إلى استخدام الطرق الحسابية الحديثة كحل مسائل إيجاد القيم المثلى في التصميم وإمكانية تطبيق الطرق الحديثة لحسابات المتانة (المبنية على أساس استخدام طرق رياضية معقدة)، تحسن من المواصفات التقنية ،والاقتصادية للآلات المصممة كتخفيض أبعاد وحجم الآلة ،و تخفيض كمية المواد المعدنية المستخدمة ،و زيادة عمر الآلة الخ.

ويهدف هذا البحث إلى إيجاد التصميم الأمثل لبارا مترات منخفض سرعة دودي -أسطواني في إطار منظومة الـ CAD.

*مدرس في قسم هندسة التصميم والإنتاج . كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية . جامعة تشرين . اللاذقية . سورية.

Computer Aided Design For Finding the Optimum parameters to reduce The Worm – Cylinder speed box.

Dr. Samir Nmr Kafa *

(Accepted 20/3/2001)

□ ABSTRACT □

The unit (CAD), designing, increases the accuracy and goodness, while it reduces the required size work, and costs of the designed projects. it could be connected with the design accuracy, its goodness and the external appearance (such as drawing and dyeing), and due to the new mathematical calculation methods used as a solution for that ideal designed problems and applicability of the enduringness to improve the economical and technical specification of designed machines (such as reduction in size and age) .

Our present project aims to find the optimum designing parameters of the Worm – Cylinder – Speed box in the field of CAD – System.

* Lecturer at design and production engineering department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

لا يقصد من مفهوم "التصميم الأمثل" فحسب، ذلك التصميم الذي يهدف إلى إنشاء المشروع التقني المنفذ للعمليات والوظائف المطلوبة، وإنما يتعدى ذلك إلى التقيد ببعض المعطيات، والمعلومات التي تؤمن، وتحقق شروط جودة مطلوبة وضرورية. ومشكلة التصميم الأمثل ليست حديثة العهد، فالإنسان كان دائماً يسعى إلى الحصول على الشكل، والنوع الأحسن للمركبات والآلات، ولكن ذلك لم يتحقق إلا في العقدين الأخيرين مشروطاً بالتطور التكنولوجي العلمي المرتبط بالمكان، والزمان، والموارد، ونوع، وكمية المواد الأولية، وطبيعة الحصول عليها، ومكان توضعها [1، 2، 3]. كل هذه الشروط، والظروف المحيطة بالعقل البشري، ساعدت على ظهور الاحتمالات المتعددة، والمختلفة فيما بينها من حيث اختيار العامل الأساس، وهذا بدوره أدى إلى ظهور مسألة التصميم الأمثل، والتي أصبحت في وقتنا الحاضر من أهم المشاكل الملحة.

إن التحليل التوافقي لمسائل التصميم الأمثل، يسمح بالكشف عن مستويات حلولها المحدود، وغير الكبير. حيث أنها ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتطور الحاصل في مجال تكنولوجيا الحاسبات من جهة، وتطور طرق إيجاد القيم المثلى (Method Optimization) في عمليات التصميم الحديثة من جهة أخرى [4,5]. إن هذا النوع من المسائل، يحل عادة في إطار استخدام نظام الـ CAD / Computer Aided Design /، أو ما يعرف "التصميم باستخدام الحاسوب".

إن عملية حل مسائل التصميم الأمثل في نظام الـ CAD، تسمح بتصنيفها كنظام مؤتمت عالي الدقة، وعند العمل في هذا النظام /CAD/، فإن مسائل التصميم الأمثل، يمكن حلها على كل مراحل عملية التصميم. فمثلاً على مستوى التصميم الإجمالي للمشروع التقني، فإن مهمة التصميم الأمثل، تتلخص في تحديد القيم المثلى لعدد غير كبير من البارامترات الأساسية كمشروع واحد متكامل بالإضافة إلى أجزائه وخصائصه.

وهكذا فإن عملية أتمتة الإجراءات التصميمية، يمكن أن تترافق بسلسلة من حلول مسائل الأمثلة. ويكون عادة حل مشاكل التصميم الأمثل في شروط الـ CAD مترافقاً بمجموعة من العوائق، والصعوبات. ترتبط ارتباطاً وثيقاً بظهور احتمالات لتصاميم، وتركيبات لم تُدرس، ولم تبحث بعد الموديلات الرياضية المثلى لها. وهكذا تظهر مشكلة تأمين موديل رياضي فعال لحل مثل هذه المسائل، وقد يترافق ذلك مع تكوين لغة برمجة خاصة مناسبة، وضرورية لتأمين الحوار بين الموديل الرياضي الأمثل، وبين المستثمر في إطار تشغيل، واستثمار الكمبيوتر واختيار طرق حلها.

جدير بالذكر أنه عملياً، وفي معظم الحالات، يعبر عن المفهوم الأمثل بمعايير كمية، ككلفة أقل، أو سرعة أعظمية، أو بأقل انحراف عن المعدل الطبيعي ... الخ. لذلك فإن وضع مسألة رياضية تعطينا الحل الأمثل (Optimum design) يجعلنا نأخذ بعين الاعتبار أنه لا توجد اختلافات مبدئية في البحث عن القيم العظمى، أو الصغرى. وبالتالي كقاعدة، نجد أن النتائج المثلى، لا يتم الحصول عليها فوراً، وإنما نحصل عليها ضمن سير العملية الحسابية للوصول إلى نتيجة ما إن هذه العملية تسمى طريقة إيجاد القيم المثلى (Method Optimization).

والجدير بالذكر أيضاً أن تشغيل، واستثمار نظام الـ CAD في إطار عملية تشكيل، وصياغة مسألة إيجاد الحل الأمثل أمر معقد للغاية. لذلك يمكن تلخيصها بالخطوات التالية [5، 6، 7] :

1. دراسة الموضوع قيد البحث : أي فهم موضوع البحث، وهدفه، وتحديد البارامترات اللازمة.
2. الصياغة الوصفية: أي إيجاد العلاقة التي تربط بين النقاط الواصفة للموضوع من جهة المعيار الأفضل.
3. الصياغة الرياضية: أي ترجمة الصياغة الوصفية إلى لغة معادلات رياضية (تحدد بدالة الهدف والمحددات) والحل الأمثل. يتألف من مجموعة حلول لمنظومة المحددات للقيمة الصغرى، أو العظمى لدالة الهدف.
4. اختيار طريقة رياضية، نستطيع من خلالها حل المسألة.

5. اختيار لغة برمجة مناسبة لبرمجة المسألة.
6. حل المسألة باستخدام الحاسوب : أي إدخال كل المعلومات، والبرامج إلى الحاسوب، ومعالجتها، ومن ثم الحصول على النتائج اللازمة.

7. تحليل النتائج المحصول عليها: ويكون بإتباع إحدى الطريقتين التاليتين:

- رياضية: أي مقارنة النتائج المحصول عليها بواسطة الحاسوب مع الحل اليدوي التقليدي للموديل الرياضي.
 - اقتصادي وتكنولوجي: وذلك عندما نقارن النتائج المحصول عليها لهذا الموضوع المنمذج مع نتائج نموذج سابق معدل، أو نتائج نموذج معياري تجريبي.
- والبحث موضوع الدراسة، هو عبارة عن محاولة لتطبيق ما سبق ذكره في هذه المقدمة للحصول على التصميم الأمثل لمخفض علبة سرعة دودي. أسطواني اعتماداً على طرائق إيجاد الحلول المثلى للمشاكل الهندسية.

هدف البحث:

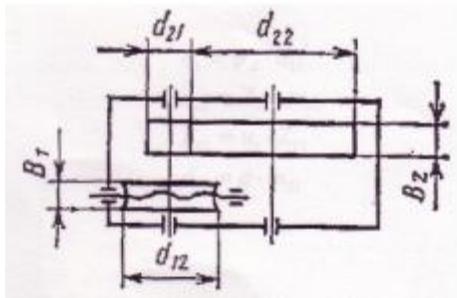
إيجاد التصميم الأمثل لبارامترات منخفض سرعة دودي . أسطواني، وذلك بغية تطوير، وزيادة إنتاجية الآلات نتيجة لفاعلية الوسائل المقترحة بأتمتة التصاميم من ناحية، ومن ناحية أخرى، رفع نوعية، وجودة التصاميم المنفذة اختصار زمن، وكلفة تحضير المسائل التصميمية، تخفيض احتمال ظهور الأخطاء، وتحسين نوعية الإخراج، والصياغة للمشاريع المصممة.

صحة ومصداقية الأوضاع الأساسية العلمية، ونتائج البحث الناتجة عنها:

إن مصداقية، وصحة نتائج البحث، تستند على درجة، ومستوى تطبيقها، واستخدامها في الواقع العملي لإنشاء الآلات وذلك بمقارنة أتمتة تصاميم العمل باستخدام الحواسيب، مع التصاميم المنفذة بالطرق التقليدية (بدون الحواسيب، وطرق التصميم الأمثل).

تحليل المسألة وصياغة الموديل الرياضي:

تبحث هذه المسألة في تحديد القيم المثلى لبارامترات منخفض سرعة دودي . أسطواني حيث تصاغ المسألة رياضياً من خلال مجموعة معادلات لا خطية، تتحدد



بدالة الهدف (Objective function) والمحددات

(Constraints) ويملك المنخفض المخطط

الكينيماتيكي المبين في الشكل /1/ :

الشكل /1/ يبين المخطط الكينيماتيكي للآلية.

- دالة الهدف:

نعتبر أن دالة الهدف، هي عبارة عن الكلفة العامة لمعدن مرحلتي المنخفض، ويعبر عنها رياضياً بالشكل :

$$C = K_1' \times m_{12} + K_2' (m_{12} + m_{22})$$

حيث أن :

K_1' المعامل الوزني، ويأخذ بعين الاعتبار كلفة واحدة الكتلة لمسننات المرحلة الدودية (المسنن الدودي والدودة).

K_2' المعامل الوزني، ويأخذ بعين الاعتبار كلفة الكتلة لمسننات المرحلة الأسطوانية.

كتلة المسنن الدودي. m_{12}
 الكتل الموافقة للمسننات الأسطوانية القائدة، والمقودة في المرحلة الأسطوانية. m_{21}, m_{22}

وفي المرحلة الدودية كلفة الدودة، تحسب بتحديد المعامل الوزني للمسنن الدودي، وهو المحور الذي يصنع في معظم الحالات من معادن نادرة، ومقاومة للاحتكاك .

نفترض أن المعامل عندها:

$$f = \frac{K_1'}{K_2'}$$

$$K = \frac{C}{K_2'} = f \times m_{12} + m_{21} + m_{22} \quad (1)$$

كتلة كل دولاب تعطى بالعلاقة:

$$m_{um} = 0.25pr_u B_u d_{um}^2 \quad (2)$$

حيث أن :

. u رمز دليل المرحلة.

. m رمز دليل المسنن.

. r كثافة معدن المسنن.

. B عرض المسنن.

. d قطر دائرة الخطوة للمسنن.

البارامترات الإنشائية تحسب من العلاقات:

$$B_1 = y_d \times d_{11} \quad (3)$$

$$d_{12} = Z_{12} \times m_{S1} \quad (4)$$

$$Z_{12} = u_1 \times Z_{11} \quad (5)$$

$$d_{11} = q \times m_{S1} \quad (6)$$

حيث أن :

. B_1 عرض المسنن الدودي.

. y_d معامل العرض.

. d_{11} قطر الدودة.

. d_{12} قطر دائرة الخطوة للمسنن الدودي.

. Z_{11} عدد خطوات الدودة.

. Z_{12} عدد أسنان المسنن الدودي.

. q السماكة النسبية للدودة.

. m_{S1} مودول التعشيق المحوري.

. u_1 نسبة النقل في المرحلة الدودية.

بالاعتماد على العلاقات (2)، (3) و (6) نجد أن :

$$f \times m_{12} = f \times r_1 \left(\frac{p}{4}\right) y_d \times u_1^2 \times q \times Z_{11}^2 \times m_{S1}^3 \quad (7)$$

و باعتبار أن:

تعويض (8) في (7) تأخذ العلاقة الشكل التالي:

$$C_1 = f \times r_1 \times \frac{p}{4} \times y_d \times \ddot{y} \quad (8)$$

$$t = q \times Z_{11}^2 \times m_{S1}^3 \times \ddot{y} \quad (9)$$

إن مجموع الحدين الثاني، والثالث من العلاقة (1) وباعتبار أن :

تأخذ الشكل التالي:

حيث أن :

$$m_{21} + m_{22} = r_2 \left(\frac{p}{4} \right) y_a \times a_2 \times d_{21}^2 (1 + u_2^2) \quad (10)$$

r_2 . كثافة معدن مسننات المرحلة الاسطوانية .

y_a . معامل عرض المسنن.

d_{21}, d_{22} . قطر دائرة الخطوة بالتتابع للمسنن القائد (التريس) ، والمقود (الترس) في المرحلة الأسطوانية.

a_2 . البعد بين المحورين في المرحلة الأسطوانية.

u_2 . نسبة النقل للمرحلة الأسطوانية.

من علاقات حساب مخفضات السرعة الأسطوانية، وباعتبار أن المسننات يجب أن تحقق شروط المتانة على الهصر نكتب:

$$d_{21} = 2 \times \sqrt{\frac{\sigma_{HP2} \times e_2 \times \ddot{y} \times T_{21} \times K_2}{\sigma_{HP2} \times u_2 \times y_a}} \quad (11)$$

$$e_2 = 340 \times 10^3 \sqrt{\text{Pas}}$$

حيث أن :

S_{HP2} . إجهاد التلامس المسموح به لمعدن أسنان التريس في المرحلة الاسطوانية.

T_{21} . عزم الفتل على المحور القائد للمرحلة الاسطوانية في المخفض.

K_2 . معامل التحميل الزائد.

ومعلوم أن:

$$T_{21} = u_1 \times h_1 \times T_{11} \quad (12)$$

حيث أن :

T_{11} . عزم الفتل على المحور القائد للمخفض.

h_1 . مردود المرحلة الأولى للمخفض.

وبتعويض العلاقة (11) و(12) في العلاقة (10) نجد أن :

$$m_{21} + m_{22} = r_2 \times p \times y_a \frac{\frac{\partial}{\partial} e_2 \frac{\partial^2}{\partial} \times \frac{T_{11} \times h_1 \times K_2}{y_a} \frac{\partial^2}{\partial}}{\frac{\partial}{\partial} s_{HP2} \frac{\partial}{\partial}} \times a_2 \frac{\partial^2}{\partial} u_1^{2/3} \times u_2^{-2/3} + u_1^{2/3} \times u_2^{4/3} \frac{\partial^2}{\partial} \quad (13)$$

نعوض العلاقات (9) و(13) في (1) نحصل على الشكل التالي لدالة الهدف:

$$g_0 = K = C_1 \times u_1^2 \times t + C_2 \times u_1^{2/3} \times u_2^{-2/3} \times a_2 + C_3 \times u_1^{2/3} \times u_2^{4/3} \times a_2 \quad (14)$$

$$C_2 = C_3 = r \times p \times y_a \frac{\frac{\partial}{\partial} e_2 \frac{\partial^2}{\partial} \times \frac{T_{11} \times h_1 \times K_2}{y_a} \frac{\partial^2}{\partial}}{\frac{\partial}{\partial} s_{HP2} \frac{\partial}{\partial}} \quad (15)$$

□.المحددات:

كمحددات لمسألة إيجاد القيمة المثلى للبارامترات a_2 و t, u_2, u_1 نأخذ المحددات على إجهاد التلامس الذي ينشأ أثناء تعشيق أجهزة نقل الحركة الدودية، والأسطوانية من ناحية، وعلى نسبة النقل العامة u من ناحية أخرى حيث :

$$s_{H1} = 169 \times 10^3 \sqrt{\frac{8 \times T_{11} \times K_1 \times h_1}{u_1 \times q \times Z_{11}^2 \times m_{s1}^3}} \quad \text{£ [s}_{HP1}]$$

$$s_{H2} = e_2 \sqrt{\frac{8 \times T_{21} \times K_2 \times h_2}{y_a \times u_2 \times d_{21}^3}} \quad \text{£ [s}_{HP2}]$$

$$u \text{ £ } u_1 \times u_2$$

وباعتبار أن :

$$d_{21} = 2 \times a_2 / (1 + u_2)$$

نكتب :

$$C_4 = \frac{169 \times 10^3}{s_{HP1}} \sqrt{8 \times T_{11} \times K_1 \times h_1} \quad (16)$$

$$C_5 = C_6 = \sqrt[3]{\frac{\frac{\partial}{\partial} e_2 \frac{\partial^2}{\partial} \times \frac{T_{11} \times K_2 \times h_1}{y_a}}{\frac{\partial}{\partial} s_{HP2} \frac{\partial}{\partial}}} \quad (17)$$

$$C_7 = u \quad (18)$$

ومنه نحصل على المحددة اللاخطية الأولى بالصيغة التالية:

$$g_1 = C_4 \times u_1^{-1/2} \times t^{-1/2} \quad \text{£ } 1 \quad (19)$$

المحددة الثانية تعتمد على علاقة إجهاد التلامس في المرحلة الأسطوانية، ولها الشكل :

$$g_2 = C_5 \times u_1^{1/3} \times u_2^{2/3} \times a_2^{-1} + C_6 \times u_1^{1/3} \times u_2^{-1/3} \times a_2^{-1} \quad \text{£ } 1 \quad (20)$$

المحددة الثالثة تؤخذ من علاقة نسبة النقل العامة حيث :

$$g_3 = C_7 \times u_1^{-1} \times u_2^{-1} \quad \text{£ 1} \quad (21)$$

. اختيار الطريقة العددية لحل المسألة :

بعد صياغة الموديل الرياضي للمسألة، نتحول من مسألة إيجاد القيمة المثلى لمخفض سرعة دودي . أسطواني ذو مرحلتين إلى مسألة برمجة هندسية بدالة هدف (14) ومحددات (19) ، (20) و(21) .
و تحسب درجة صعوبة المسألة من العلاقة التالية :

$$d = n - (m + 1) = 7 - (4 + 1) = 2 \quad (22)$$

حيث أن :

. n عدد الثوابت في دالة الهدف والمحددات C_i .

. m عدد البارامترات المثلى للمسألة (u1, u2, a2, t) .

تتوافق هذه المسألة مع البرنامج الثنائي الذي ينحصر في إيجاد القيمة العظمى للدالة المزروجة وفق العلاقة :

$$V(d) = K_{B0} \times K_{B1}^{r1} \times K_{B23}^{r2} \times \prod_{i=1}^7 d_i(r)^{-d_i(r)} \times \prod_{K=1}^3 l_K(r)^{l_K(r)} \quad (23)$$

عندما تكون درجة الصعوبة في مسألة البرمجة الهندسية أكبر من الصفر، فإن الحل العام للمحددات المزروجة يأخذ الشكل :

حيث :

. rj . المتغيرات القاعدية (الأساسية).

$$d = b^{(0)} + \sum_{j=1}^d r_j \times b^{(j)} \quad (24)$$

. b0 شعاع (مصفوفة) التنظيم.

. b(j) شعاع (مصفوفة) التعامد.

ومنه نجد:

$$d_i(r) = b_i^{(0)} + r_1 \times b_i^{(1)} + r_2 \times b_i^{(2)} \quad , i = 1, 2, \dots, 7$$

$$l_K(r) = l_K^{(0)} + r_1 \times l_K^{(1)} + r_2 \times l_K^{(2)} \quad , K = 1, 2, 3$$

هنا نجد أن :

$$l_1^{(j)} = b_4^{(j)} \quad , l_2^{(j)} = b_5^{(j)} + b_6^{(j)} \quad , l_3^{(j)} = b_7^{(j)} \quad , \quad j = 0, 1, 2$$

شروط عدم السلبية، أو خطأ التطابق المطبق على شعاع المصفوفة r هي:

$$b_i^{(0)} + r_1 \times b_i^{(1)} + r_2 \times b_i^{(2)} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 7$$

تحسب الثوابت الأساسية (القاعدية) من العلاقة:

$$K_{Bj} = \tilde{O} C_i^{b_i^{(j)}}, \quad j = 0,1,2$$

حيث $C_j > 0$ هي معاملات. أنظر العلاقات (21,.....,19,14).
و يجب أن تحقق مصفوفة شعاع التنظيم $b^{(0)}$ شروط التنظيم وشروط التعامد:

$$\sum_{i=1}^3 \dot{a} b_i^{(0)} = 1 \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^3 \dot{a} a_{ij} \times b_i^{(0)} = 0, \quad j = 1,2,3,4 \quad (26)$$

و تمذج مصفوفات أشعة خطأ التطابق $b^{(j)}$ ($j=1,2$) قاعدة فضاء حل المنظومة الأحادية الخطية للمصفوفة:
حيث أن :

$$\sum_{i=1}^3 \dot{a} y_i = 0 \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^7 \dot{a} a_{ij} \times y_i = 0, \quad j = 1,2,3,4 \quad (28)$$

a_{ij} . مصفوفة الأمثال لمدخلات مسألة البرمجة الهندسية.

ونحصل على مصفوفات الأشعة $b^{(0)}, b^{(1)}, b^{(2)}$ من نتائج إعادة تشكيل مصفوفة الأمثال حسب طريقة براند. حيث يصبح:

$$b^{(0)} = \begin{vmatrix} 1 \\ -1/2 \\ 1/2 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{vmatrix}, \quad b^{(1)} = \begin{vmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \\ -2 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}, \quad b^{(2)} = \begin{vmatrix} -1 \\ 1/2 \\ 1/2 \\ -2 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

وليس صعباً التأكد من أن مصفوفات أشعة التنسيق، وأشعة عدم التطابق، تحققان الشروط (25) و(28).
المتحولات المزدوجة هي :

$$d_1 = 1 - r_1 - r_2, \quad d_2 = -0.5 + r_1 + 0.5 r_2$$

$$d_3 = 0.5 + 0.5 r_2, \quad d_4 = 2 - 2 r_1 - 2 r_2$$

$$d_5 = r_1, \quad d_6 = r_2, \quad d_7 = 1$$

و يلزم لكي تتحقق شروط عدم السلبية، أن تكون المتحولات الأساسية r_1, r_2 محققة للشروط التالية:

$$r_1 \geq 0, \quad r_2 \geq 0, \quad r_1 + 0.5 r_2 \geq 0.5, \quad r_1 + r_2 \leq 1$$

تحسب قيمة r_1, r_2 المعبرين عن القيمة العظمى للدالة المزدوجة من حل منظومة المعادلات التالية:

$$K_{B1} = \prod_{i=1}^7 d_i^{b_i^{(1)}} \prod_{K=1}^3 I_K(d)^{-1 \binom{0}{K}} = \frac{r_1(-0.5 + r_1 + 0.5 \times r_2)}{(1 - r_1 - r_2)(r_1 + r_2)}$$

$$K_{B2} = \prod_{i=1}^7 d_i^{b_i^{(2)}} \prod_{K=1}^3 I_K(d)^{-1 \binom{2}{K}} = \frac{r_2(-0.5 + r_1 + 0.5 \times r_2)^{0.5} (0.5 + 0.5 \times r_2)^{0.5}}{(1 - r_1 - r_2)(r_1 + r_2)}$$

ومن العلاقات التالية نوجد الثوابت الأساسية:

$$K_{B1} \circ \prod_{i=1}^7 C_i^{b_i^{(1)}} = \frac{C_2 C_5}{C_1 C_4^2}, \quad \ddot{u}$$

$$K_{B2} \circ \prod_{i=1}^7 C_i^{b_i^{(2)}} = \frac{C_2^{0.5} C_3^{0.5} C_6}{C_1 C_4^2} \frac{\dot{y}}{\dot{b}} \quad (29)$$

بعد تحديد قيم r_1, r_2 العظمى، فإن قيمة الدالة المزوجة الأعظمية، تحدد من العلاقة :

$$V(d)_{\max} = K_{B0} \prod_{i=1}^7 d_i^{-b_i^{(0)}} \prod_{K=1}^3 I_K(d)^{1 \binom{0}{K}} \quad (30)$$

تحدد هذه القيمة بنفس الوقت القيمة الصغرى لدالة الهدف (14) .

ويمكن أن نحصل على القيم المثلى u_1, u_2, t, a_2 من حل منظومة المعادلات التالية:

$$C_1 \times u_1^2 \times t = d_1 \times V(d)_{\max}, \quad C_2 \times u_1^{2/3} \times u_2^{-2/3} \times a_2 = d_2 \times V(d)_{\max} \quad \ddot{u}$$

$$C_3 \times u_1^{2/3} \times u_2^{4/3} \times a_2 = d_3 \times V(d)_{\max}, \quad C_5 \times u_1^{1/3} \times u_2^{2/3} \times a_2^{-1} = d_5 / \frac{\dot{y}}{\dot{b}} \quad (30)$$

و نحصل من مجموعة المعادلات (30) على الحل الأمثل لبارامترات المخفض ممثلاً بالعلاقات التالية:

$$u_{2Opt} = \sqrt{\frac{d_{3Opt}}{d_{2Opt}}} = \sqrt{\frac{r_{2Opt} + 1}{2r_{1Opt} + r_{2Opt} - 1}}, \quad u_{1Opt} = \frac{C_7}{u_{2Opt}}$$

$$t_{Opt} = (q \times Z_{11}^2 \times m_{S1}^3)_{Opt} = \frac{C_4}{C_7} \frac{\ddot{u}}{\dot{b}} u_{2Opt}, \quad a_{2Opt} = C_6 C_7^{1/3} \frac{C_1}{C_5} + \frac{r_{1Opt}}{r_{2Opt}} \frac{\ddot{u}}{\dot{b}} u_{2Opt}^{2/3}.$$

. بناء خوارزمية حل مسألة البرمجة الهندسية :

تتضمن خوارزمية حل مسألة البرمجة الهندسية (Geometric programming) وصفاً دقيقاً، وشاملاً لسير حساب العمليات العدديّة، التي تعطى حلاً للمسألة بالطريقة المختارة (طريقة البرمجة الهندسية / Geometric programming method) بحيث توضع العمليات الحسابية على شكل مخطط انسيابي مؤلف من أجزاء منفصلة [6,7,8,9].

في الرسم المرفق رقم (2)، يوضح المخطط الانسيابي بشكل جيد مسألة البرمجة الهندسية، وتتابع العمليات الحسابية أثناء تنفيذ الأجزاء المنفصلة على الحاسوب:

المستطيل /1/ يقوم بتحليل نظام عمل المجموعة باستخدام طريقة البرمجة الهندسية تحديد دالة الهدف (14)،

والمحددات (19، 20، 21).

. المستطيل /2/ ادخال المعطيات التالية إلى الحاسوب :

$$T_{11}, u, K_1, K_2, f, y_d, y_a, h, r_1, r_2, s_{HP1}, s_{HP2}$$

. المستطيل /3/ حساب الثوابت C_j من العلاقات (8) و(15).....(18).

. المستطيل /4/ تشكيل مصفوفة الأمثال من معادلة الهدف، والمحددات بترتيب الأسطر .

. المستطيل /5/ حل المصفوفة بإيجاد معكوسها، وتشكيل مصفوفات واحدة لكل من أشعة التنسيق، وأشعة عدم التطابق .

. المستطيل /6/ يحدد درجة صعوبة المسألة من العلاقة (22).

. المستطيل رقم /7/ إيجاد القيم المزدوجة للمسألة بدرجة صعوبة صفرية .

. المستطيل رقم /8/ حساب قيم المتغيرات d, l .

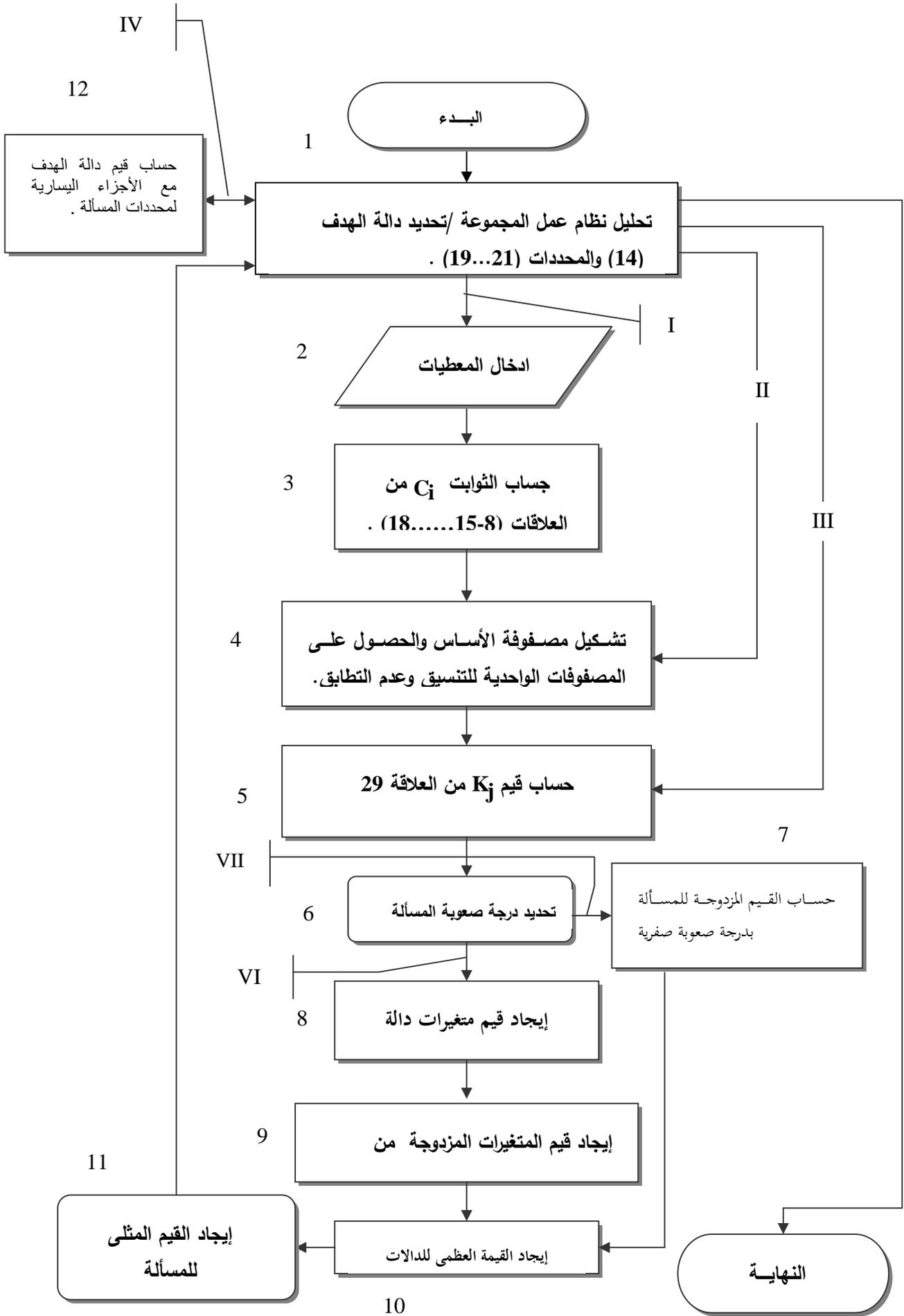
. المستطيل /9/ يقوم بحساب قيم المتغيرات المزدوجة للمسألة من العلاقة (29).

. المستطيل رقم /10/ يقوم بحساب القيم العظمى للدالات المزدوجة من العلاقة (30).

. المستطيل /11/ يقوم بإيجاد القيم المثلى لمعطيات الدخل المتغيرة من العلاقة (31).

. المستطيل /12/ يقوم بحساب قيم دالة الهدف مع الأجزاء اليسارية لمحددات المسألة :

$$u_{1Opt}, u_{2Opt}, a_{2Opt}, t_{Opt}, K'_{min} = \frac{K_{min}}{C_1 C_4^2 C_7}$$



الشكل رقم 2/ بين المخطط الانسيابي لحل المسألة.

× يبحث النظام الأول / I / العبور المتتالي لكل مراحل المسألة (من إدخال المعطيات الأولية إلى الحصول على القيم لمثالية لمتغيرات المسألة المطلوب حلها).

× النظام الثاني/II/ لعمل الجملة ككل يمكن استعماله في حالة نقل المعطيات الأولية للمسألة من البرامج المشكلة بالنسبة للمسألة، وكأنها خارجية (أي عبارة عن إشارات خارجية إضافية)، وهنا لا توجد ضرورة لإدخال المعطيات الأولية في صميم الجملة المركبة .

× النظام الثالث/III/ للعمل، يمكن استخدامه عند بحث، ودراسة تأثير الثوابت C_1 على القيم المثلى لدالة الهدف، ومتغيرات المسألة المعطاة.

× النظام الرابع / IV / لعمل المجموعة مخصص من اجل حساب قيم دالة الهدف، والأجزاء اليسارية للمحددات من أجل بعض القيم العشوائية لمتغيرات، وبارامترات المنشأة الواقعية.

× النظام الخامس / V / ينفذ إيقاف عمل المجموعة.

× النظام السادس/VI/ ينفذ عندما تكون درجة التعقيد أكبر من الصفر.

× النظام السابع /VII/ يُنفذ عندما تكون درجة التعقيد مساوية للصفر.

. كتابة البرنامج :

يمكن حل الخوارزمية الموصوفة سابقاً باستخدام الحاسوب، وهذا يتطلب كتابة البرنامج بإحدى لغات البرمجة العاملة على IBM-PC وقد أختيرت اللغة تريو باسكال /Turbo Pascal 7.0 – OOP/ لتنفيذ هذا البرامج [9,3].

. وصف البرنامج:

تتألف الحزمة البرمجية من برنامج رئيسي واحد GPM ،وثلاثة برامج فرعية GP3, GP10, GP22 . يقرأ البرنامج الرئيسي المعطيات، ويطلع النتائج، وينفذ جزءاً من الخوارزمية السابقة ، أما البرامج الفرعية، فهي تعمل من خلال البرنامج الرئيسي، وتنفذ مايلي:

البرنامج GP3 يقوم بحساب القيمة المطلقة لكل حدود معادلات المسألة ، والبرنامج GP10 يقوم بحساب معكوس مصفوفة نيوتن / رافسون ،أو إحدى المصفوفات الواحدة الفرعية ، أما البرنامج GP22 ،فيقوم بتحديد الشروط المتعامدة لكل من دالة الهدف، والمحددات.

. اختبار البرنامج :

إن البرنامج الموضوع يمكن تشغيله على أي حاسوب IBM-PC أو متوافق معه وبنتيجة التشغيل نحصل على مايلي:
ترجمة المعادلات الرياضية . المخطط الانسيابي، وخوارزمية حل المسألة من خلال حلول البرنامج.
بنتيجة الحساب يُرسم مخطط بياني مبين في الشكل (3) حيث أن المنحنيات المبينة، تتيح لنا بشكل واسع التعرف على تغير البارامترات C_2C_5/C_1C_4 كما تقوم بتحديد البارامترات الإنشائية المثلى لمخفض السرعة الدودي . الأسطواني حيث:

$$u_{2Opt} = \frac{C_7}{u_{1Opt}} = \frac{C_7 \times x_{Opt}}{C_4^2}$$

$$a_{2Opt}^* = \frac{a_{2Opt}}{\frac{\partial C_6 C_7^{1/3}}{\partial \theta}}$$

$$K_{min}^* = \frac{K_{min}}{(C_1 C_4^2 C_7)}$$

نوجد القيم المثلى لبارامترات منخفض السرعة الدودي . الأسطواني من خلال المعطيات التالية [12,11] :

$$T_{11} = 2.73 \text{ Nm}, u = 140, s_{HP1} = 177 \text{ MPas (برونز) } , s_{HP2} = 687 \text{ MPas (فولاذ 45) } ,$$

$$K_1 = 1.2 , K_2 = 1.5 , f = 6 , y_d = 0.75 , y_a = 0.25 , h_1 = 0.7 , r_1 = 7.5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/m}^3 ,$$

$$r_2 = 7.85 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/m}^3 .$$

يأخذ البارامتر القيمة التالية عند التطبيق :

$$C_2 C_5 / (C_1 C_4) \gg 0.039$$

ومن الشكل (3) نجد أن :

$$K_{\min} / (C_1 C_4^2 C_7) \gg 0.442$$

$$u_{2Opt} = \frac{C_7}{u_{1Opt}} = \frac{C_7 \times_{Opt}}{C_4^2} \gg 5.21$$

$$a_{2Opt} / \left(\frac{C_6 C_7^{1/3}}{e} \right) \gg 0.25 .$$

. $K_{\min} = 27.43 \text{ Kg}$ الكتلة الإنشائية الصغرى :

القيمة المثلى لنسب النقل في المرحلة الأولى، والثانية هي:

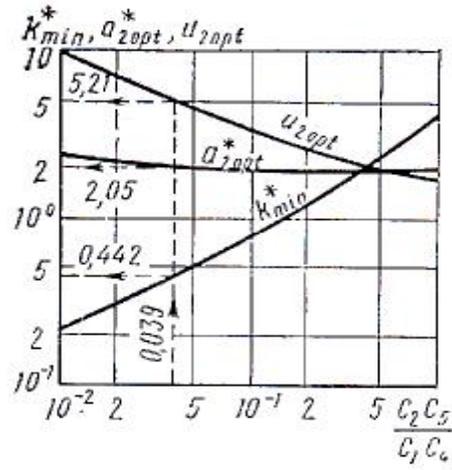
$$u_{1Opt} = 26.87 , \quad u_{2Opt} = 5.21$$

القيمة المثلى للبعد بين محوري المرحلة الأسطوانية، والبارامترات المتبقية التي تحدد المواصفات الهندسية للمخفض هي:
إن قيم هذه البارامترات محسوبة بالطريقة التقليدية، وهي [12,11] :

$$a_{2Opt} = 150.2 \text{ mm} , t_{Opt} = (q \times Z_{11}^2 \times m_{S1}^3)_{Opt} = 622.2 \text{ mm} .$$

$$u_1 = 35 , \quad u_2 = 4 , \quad a_2 = 143 \text{ mm} , \quad m_{S1} = 3.5 \text{ mm} , \quad q = 12 , \quad Z_1 = 1$$

مؤشر كتلة الدولاب الدودي لمعطيات هذه البارامترات، تبين أن الدولاب المصنوع من البرونز قد انخفضت كتلته تقريباً بحدود 38 % في التصميم الأمثل عنه في التقليدي.



الشكل /3/ يبين المخطط البياني المحدد للقيم المثلى لبارامترات مخفض السرعة الدودي . الأسطواني

نتائج البحث :

1. تطوير وزيادة إنتاجية الآلات، وذلك نتيجة لفاعلية الوسائل المقترحة كاستخدام الحواسيب في تصميم أجزاء الآلات وإيجاد القيم المثلى لبارامتراتهما.
2. إنقاص كتل المخفض بشكل محسوس ، توفير في الاستطاعة المهدورة، وتخفيض الكلفة العامة للمخفض ،مما يقود إلى رفع المردود العام.
3. فتح إمكانية إضافية لتحليل أعمق للحلول التصميمية بغية تطويرها، وجعلها أكثر كمالاً مع إمكانية دراسة أجزاء أخرى من الآلات، وإيجاد تصميمها الأمثل على قاعدة الخوارزمية والبرنامج الموضوع لحل مسألة البرمجة الهندسية بغية تحقيق، وتنفيذ حزمة برمجية تقوم بإيجاد التصميم الأمثل لكامل أجزاء الآلة.

.....

1. Abdelhamid M.K, McConnell K.G, A computer method for simulating service loads//Wxp.Mech-1986.
2. BI Hua-lin, Sun Guo-Zheng,Qiao Li-nan, Multipurpose optimum design of crane jib//China port. And waterway Eng.-1988,2,N1.
3. Donald Alcock, Inostrating Pascal, Cambridge university press, 1991.
4. James L. Kuester, Joe H. Mize, Optimization techniques with Fortran, McMraw – Hill Book Company – 1973.
5. Jasbir, S.Arora, Introduction to Optimum design, 1989 by McGraw-Hill Inc.
6. 1980 كريمةف . ، باكىروف ، أتمة التصاميم الهندسية باستخدام منظومة الكاد(باللغة الروسية)
7. ريشيتف،د،ة ، تصميم أجزاء الآلات باستخدام الحاسوب 1995 (باللغة الروسية)
8. Steven C. Chapra, Raymond P.Canal, Numerical method for Engineers // 1991.
9. 1976 بالوفينكين وآخرون ، خوارزميات الحلول المثلى للمشاريع (باللغة الروسية)
10. Turbo Pascal – OOP // Borland, 1991.
11. John H. Mathews, Numerical methods for mathematical, Science, And Engineering// 1992.
12. Moustafa Kamal A.F, Ebied A.M, Nonlinear modeling and control of overhead crane load sway//Trans.ASMEJ. dyn.Syst.Meas. And Contr. –1988