

استخدام كثيرات حدود بثوابت ديناميكية لحساب المنحنيات الهيدروستاتيكية للسفينة

الدكتور هيثم عيسى*

(تاريخ الإيداع 21 / 7 / 2010. قُبل للنشر في 13 / 3 / 2011)

□ ملخص □

يعالج هذا البحث مسألة حساب المنحنيات الهيدروستاتيكية للسفينة انطلاقاً من جدول إحداثيات البدن أو من رسمة الخطوط النظرية باستخدام تابع استقرار من الدرجة الثالثة بثوابت ديناميكية حسبت بطريقة المنحنيات المرنة التكعيبية وبطريقة شبه المنحرف. الثوابت السابقة يمكن أيضاً تعريفها أو إدخالها من قبل المستخدم. أعدت هذه الطريقة لتشمل كثيرات الحدود من مراتب أدنى حيث تؤخذ كحالات خاصة. تتصف هذه الطريقة بالشمولية إذا يمكنها معالجة خطوة متغيرة بين المقاطع. تنتج هذه الطريقة دراسة الأجزاء البارزة بشكل منفصل وتجميعها مع بدن السفينة. تمت دراسة سفينة معلومة البارامترات لمقارنة منحنياتها الهيدروستاتيكية مع النتائج التي نحصل عليها.

الكلمات المفتاحية: منحنيات هيدروستاتيكية، رسمة الخطوط النظرية، منحنيات الاتزان.

*مدرس - قسم الهندسة البحرية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The Computation of Ship's Hydrostatic Curves Using Polygons With Dynamic Coefficients

Dr. Heitham Issa*

(Received 21 / 7 / 2010. Accepted 13 / 3 / 2011)

□ ABSTRACT □

This paper deals with the computation of the ship's hydrostatic curves using as initial data the table of offsets or the ship's lines. A third order polynomial interpolation is employed. The polygon coefficients are calculated using two methods, the trapeze method and a third order flexible and fully correlated polygon. The polygons of lower order are considered as particular cases. The user can also introduce or define a new interpolating method. The method takes into account variable spaces between stations. The studied ship is supplied with documents which enable the validation of the obtained results.

Key words: hydrostatic curves, ship's lines, stability curves.

*Assistant professor, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

إن التقييم الصائب والدقيق لأمان السفن على الاتزان أثناء الإبحار هي مسألة ملحة ولا غنى عنها لما يترتب عليها من نتائج على أرواح الركاب وعلى طاقم السفينة عدا عن الخسائر المادية الفادحة الناتجة عن انقلاب وغرق السفينة. من هنا تبرز أهمية بناء برمجيات قادرة على إعطاء كمية كبيرة من التفاصيل بأسرع وقت ممكن والاستغناء عن طرق الحساب الورقية والتقليدية في حسابات الاتزان.

في العديد من الدراسات تتشابه طرق حساب العناصر الهندسية وفق الطرق التقليدية التي صممت أساساً لإجراء مثل هذه الحسابات يدوياً لذلك نجدتها تتحو نحو التبسيط الذي غدا مشكلة حقيقية مع تطور علم البرمجة مما يستدعي من الباحث الجراءة في العودة إلى أسس الطرق الرياضية وأخذ الحالة العامة لما توفره من تناسق في بناء البرمجيات ومعالجتها لأشكال معقدة للسفن وبدقة أكبر.

تعالج هذه الورقة مسألة استخدام طريقة أو حزمة من الطرق موحدة الشكل وتتصف بالشمول والدقة. الهدف الأساسي من هذا البحث هو بناء برنامج يعطي كل ما يمكن إجراؤه حسابياً في موضوع اتزان السفن بشكل يتيح لنا الحصول على العناصر الهندسية وحالة الاتزان في مختلف الظروف وحالات التحميل والحصول على المعلومة الدقيقة بأسرع وقت ممكن وأكبر دقة ممكنة وعرض النتائج بشكل سهل القراءة والتقييم.

يتطلب الوصول إلى هذا الهدف تخطيطاً جيداً بشكل لا تظهر معه عقبة تجعلنا نعود للإضافة والتعديل ولم نجد في الطرق التقليدية القدرة على معالجة الحالة العامة لسفينة موجودة أو قيد التصميم بسبب قيود وحالات خاصة تواكب طرق الحساب التقليدية في حساب عناصر السفينة الهندسية والتي غالباً ما تقف حائلاً أمام تطوير البرمجيات وربطها معاً.

تم بناء البرنامج بشكل كائني التوجه مما يتيح سهولة التطوير ويتمتع بإمكانية استخدام عدد غير منته من طرق الاستيفاء مما يحسن بشكل كبير دقة النتائج.

إن تسلسل البناء الحسابي هو ذو طبيعة هرمية بحيث يبدأ من شكل بدن السفينة التي إما أن تكون مزودة برسمة الخطوط النظرية أو بجدول إحداثيات البدن. في حال كان المتوافر هو رسمة الخطوط النظرية يتم في هذه الحالة معالجتها للحصول على إحداثيات البدن.

بعد معالجة رسمة الخطوط النظرية يتم حفظ إحداثيات السفينة في ملفات حيث تصبح المهمة التالية هي معالجة هذه الملفات لحساب حجم وإحداثيات مركز الدفع للسفينة وكذلك مساحات سطوح الطفو ومراكز ثقلها وعزومها السكونية وعزوم عطالتها وكذلك أنصاف أقطار الميتاسنتر الطولي والعرضي وكذلك حساب معاملات الامتلاء وترتيب النتائج على شكل منحنيات هيدروستاتيكية.

عند الارتفاع في الهرم صعوداً تكون الخطوة التالية هي حساب منحنيات الاتزان ومنحنيات الاتزان الديناميكي. بعدئذ وفي المرحلة التالية والتي تقترب فيها من قمة الهرم نقوم بدراسة التأثيرات المختلفة على منحنيات الاتزان كحركة السوائل في الخزانات وتأثير شحن ونقل الحمولات وكذلك تأثير القوى والعزوم الخارجية وتقييم حالة الاتزان في النهاية.

تتشابه المعالجة في المراحل السابقة ولكنها يجب أن تأتي مرتبة كما جاءت أعلاه بحيث تكون نتائج إحدى المراحل هي معطيات لمرحلة لاحقة.

في كافة المراحل نحتاج إلى طريقة استقرار وقد قمنا باختبار كثير حدود من الدرجة الثالثة بثوابت ذات طبيعة ديناميكية بتغييرها تتغير الطريقة الاستقرائية كليا بحيث تختلف الطرق فيما بينها بالدقة وبحيث تصبح كثيرات الحدود الأدنى مرتبة حالات خاصة من الحالة العامة.

تم أخذ طرق حساب قيم الثوابت كمثال وهذه الطرق هي: طريقة المنحنيات المرنة التكميلية وطريقة شبه المنحرف أما بالنسبة لبقية الطرق فالبرنامج مهياً لكي يقوم المستخدم بتعريفها و إدراجها. تمت الدراسة على سفينة مزودة بالوثائق التي تتيح لنا التحقق من صحة نتائجنا.

أهمية البحث وأهدافه:

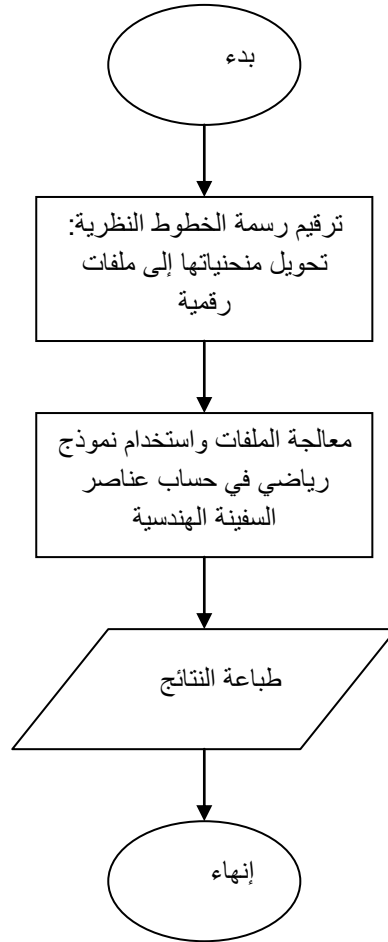
إن المنحنيات الهيدروستاتيكية هي من الوثائق التي لا غنى عنها لإجراء حسابات الاتزان عند إبحار السفينة. إن هدف البحث هو تطوير آلية حساب هذه المنحنيات بحيث تأخذ العملية أقل من ساعة واحدة لأي سفينة مهما كان شكلها معقداً والاستغناء عن الحسابات التي قد تستغرق أياماً. هذا البحث هو مقدمة لتطوير برنامج يجري الحسابات المتعلقة بإنشاء منحنيات اتزان سفينة و تقييم اتزان السفينة وفق معايير المنظمة البحرية العالمية.

طرائق البحث ومواده:

يقوم البحث على تطوير طريقة رياضية جديدة ونمذجتها بشكل يجعلها مرنة وقابلة للتوسع والتطوير. يعتمد هذا البحث أيضاً على برمجيات معالجة الصورة للحصول على معطيات رقمية انطلاقاً من معطيات غرافيكية تكون موجودة مع السفينة.

1. المخطط المنطقي:

تتلخص مراحل حسابات عناصر السفينة الهندسية بالمراحل التالية:



المخطط (1): مخطط يبين مراحل حساب عناصر السفينة الهندسية

يتم ترقيم رسمة الخطوط النظرية باستخدام برنامج ترقيم المتوافر على الموقع <http://issavndv.com>. يتم ترقيم خطوط المقاطع العرضية للسفينة من الأمام نحو الخلف بأسماء تمتلك صيغة على شكل أرقام متسلسلة بحيث يمكن معالجتها آلياً. يرقم أيضاً المقطع الجانبي للسفينة لمعرفة حدودها الجانبية عند إجراء التكمالات على الحجم وعزومه السكونية حول المستويات المختلفة. أثناء الترقيم يمكن أخذ السفينة بأبعادها الأصلية ولكن لتمكين تطبيق النتائج على كل السفن المشابهة هندسياً تم اعتماد قيم لا بعدية بحيث يتم التحويل إلى القيم البعدية قبل إجراء الحسابات عن طريق الضرب بمقياس رسم يمكن للمستخدم تغييره عند التنفيذ.

النموذج الرياضي:

بعد تحويل الخطوط النظرية إلى ملف نقطي تكون جودة إعادة بناء الخطوط النظرية معتمدة على عدد النقاط المستخدمة في عملية الترقيم ودقة الترقيم وطرق الاستقراء التي تختلف فيما بينها بالدقة. يتم تمرير منحنيات بين النقاط التي تم ترقيمها، لهذه المنحنيات معادلة موحدة في الشكل فيما بينها. في هذه الدراسة تم اعتماد كثير حدود من الدرجة الثالثة على الشكل التالي:

$$y = A_i (x - x_i)^3 + B_i (x - x_i)^2 + C_i (x - x_i) + D_i \quad (I)$$

i هو الدليل الذي يعبر عن كثير الحدود المار بين النقطتين (x_i, y_i) ، (x_{i+1}, y_{i+1}) .

A_i, B_i, C_i, D_i ثوابت كثير الحدود i .

إن حساب المساحة التي يحصرها المنحني الممثل بنقط الملف يؤول إلى قيمة مجموع تكاملات المنحنيات أعلاه كل ضمن المجال المحدد له:
المساحة:

$$S = \int_A dA = \sum_{i=1}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} y dx = \sum_{i=1}^n \left[\frac{A_i}{4} (x_{i+1} - x_i)^4 + \frac{B_i}{3} (x_{i+1} - x_i)^3 + \frac{C_i}{2} (x_{i+1} - x_i)^2 + D_i (x_{i+1} - x_i) \right] \quad (II)$$

حيث n هو عدد المنحنيات المستخدمة والذي ينقص عدد النقط الكلي بـ 1.
العزم السكوني للمساحة حول المحور y :

$$M_y = \int_A x dA = \sum_{i=1}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} x \cdot y dx = \sum_{i=1}^n \left[A_i \left[\frac{1}{5} x^5 - \frac{3}{4} x_i x^4 + x_i^2 x^2 - \frac{3}{2} x_i^3 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + B_i \left[\frac{1}{5} x^4 - \frac{2}{3} x_i x^3 + \frac{1}{2} x_i^2 x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + C_i \left[\frac{1}{3} x^3 - \frac{1}{2} x_i x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + D_i \left[\frac{1}{2} x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} \right] \quad (III)$$

العزم السكوني للمساحة حول المحور x :

$$M_x = \int_A y dA = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} y^2 dx = \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{14} A_i^2 (x_{i+1} - x_i)^7 + \frac{1}{6} [A_i \cdot B_i] (x_{i+1} - x_i)^6 + \frac{1}{10} [2A_i \cdot C_i + B_i^2] (x_{i+1} - x_i)^5 + \frac{1}{4} [B_i \cdot C_i + A_i \cdot D_i] (x_{i+1} - x_i)^4 + \frac{1}{6} [2B_i \cdot D_i + C_i^2] (x_{i+1} - x_i)^3 + \frac{1}{2} [C_i \cdot D_i] (x_{i+1} - x_i)^2 + \frac{1}{2} D_i^2 \cdot (x_{i+1} - x_i) \right] \quad (VI)$$

إحداثيات مركز ثقل المساحة:

$$(V) x_c = \frac{M_y}{S}, \quad y_c = \frac{M_x}{S}$$

عزم العطالة حول المحور x :

$$(VI) J_x = \int_A y^2 dA = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} y^3 dx = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{10} C_i^j$$

$$\begin{aligned}
 C_i^1 &= \frac{1}{3} D_i^3 (x_{i+1} - x_i) \\
 C_i^2 &= \frac{1}{2} C_i D_i^2 (x_{i+1} - x_i)^2 \\
 C_i^3 &= \frac{1}{3} [D_i C_i^2 + B_i D_i^2] (x_{i+1} - x_i)^3 \\
 C_i^4 &= \frac{1}{12} [C_i^3 + 6B_i C_i D_i + 3A_i D_i^2] (x_{i+1} - x_i)^4 \\
 C_i^5 &= \frac{1}{5} [2A_i C_i D_i + B_i C_i^2 + B_i^2 D_i] (x_{i+1} - x_i)^5 \\
 C_i^6 &= \frac{1}{6} [A_i C_i^2 + 2A_i B_i D_i + 3B_i^2 C_i] (x_{i+1} - x_i)^6 \\
 C_i^7 &= \frac{1}{21} [6 A_i \cdot B_i \cdot C_i + 3 A_i^2 \cdot D_i + B_i^3] (x_{i+1} - x_i)^7 \\
 C_i^8 &= \frac{1}{8} [A_i^2 \cdot C_i + A_i \cdot B_i^2] (x_{i+1} - x_i)^8 \\
 C_i^9 &= \frac{1}{9} A_i^2 \cdot B_i (x_{i+1} - x_i)^9 \\
 C_i^{10} &= \frac{1}{30} A_i^3 (x_{i+1} - x_i)^{10}
 \end{aligned}$$

عزم العطالة حول المحور y :

$$\begin{aligned}
 J_y &= \int_A x^2 dA = \sum_{i=1}^n \int_{x_i}^{x_{i+1}} x^2 y dx = \\
 &= \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{6} A_i (x_{i+1}^6 - x_i^6) + \frac{1}{5} [B_i - 3 \cdot A_i \cdot x_i] (x_{i+1}^5 - x_i^5) + \right. \\
 &\quad \left. \frac{1}{4} [C_i + 3 \cdot A_i \cdot x_i^2 - 2B_i \cdot x_i] (x_{i+1}^4 - x_i^4) + \frac{1}{3} [D_i - A_i \cdot x_i^3 + B_i \cdot x_i^2 - C_i \cdot x_i] (x_{i+1}^3 - x_i^3) \right]
 \end{aligned}$$

(VII)

يجدر الإشارة أعلاه إلى أنه عندما تكون المساحة واقعة في المستوي yz يتم استبدال x بـ y و y بـ z .

حجم السفينة:

بعد حساب مساحات المقاطع العرضية $S_{wr}(x)$ يتم حساب حجم السفينة بالعلاقة التالية:

$$V = \int_L S_{wr}(x) dx = \sum_{i=1}^{i=N_{wr}} \left[\frac{A_i}{4} (x_{i+1} - x_i)^4 + \frac{B_i}{3} (x_{i+1} - x_i)^3 + \frac{C_i}{2} (x_{i+1} - x_i)^2 + D_i (x_{i+1} - x_i) \right]$$

(XI)

حيث N_{wr} عدد كثيرات الحدود التي يتم تمريرها في نقط منحنى المساحة.

هي ثوابت كثيرات حدود منحنى المساحة:

$$S_{wr} = A_i (x - x_i)^3 + B_i (x - x_i)^2 + C_i (x - x_i) + D_i$$

العزم السكونية للحجم:

$$: M_{V_{xy}}$$

$$\begin{aligned} M_{V_{xy}} &= \int_T z dV = \int_L z_C S_{wr} dx = \int_L \frac{M_y}{S_{wr}} S_{wr} dx \\ &= \int_L M_y dx = \sum_{i=1}^{i=N_{wr}} \left[\frac{A'_i}{4} (x_{i+1} - x_i)^4 + \frac{B'_i}{3} (x_{i+1} - x_i)^3 + \frac{C'_i}{2} (x_{i+1} - x_i)^2 + D'_i (x_{i+1} - x_i) \right] \end{aligned} \quad (X)$$

حيث:

هي ثوابت كثيرات حدود منحنى العزم السكوني:

$$M_y = A'_i (x - x_i)^3 + B'_i (x - x_i)^2 + C'_i (x - x_i) + D'_i$$

$$: M_{V_{xz}}$$

$$\begin{aligned} M_{V_{xz}} &= \int_B y dV = \int_L y_C S_{wr} dx = \int_L \frac{M_z}{S_{wr}} S_{wr} dx \\ &= \int_L M_z dx = \sum_{i=1}^{i=N_{wr}} \left[\frac{A''_i}{4} (x_{i+1} - x_i)^4 + \frac{B''_i}{3} (x_{i+1} - x_i)^3 + \frac{C''_i}{2} (x_{i+1} - x_i)^2 + D''_i (x_{i+1} - x_i) \right] \end{aligned} \quad (XI)$$

حيث:

هي ثوابت كثيرات حدود منحنى العزم السكوني:

$$M_z = A''_i (x - x_i)^3 + B''_i (x - x_i)^2 + C''_i (x - x_i) + D''_i$$

$$: M_{V_{yz}}$$

$$\begin{aligned} M_{V_{yz}} &= \int_L x dV = \int_L x S_{wr} dx = \\ &= \sum_{i=1}^{i=n} \left[A_i \left[\frac{1}{5} x^5 - \frac{3}{4} x_i x^4 + x_i^2 x^2 - \frac{3}{2} x_i^3 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + \right. \\ &\quad \left. B_i \left[\frac{1}{5} x^4 - \frac{2}{3} x_i x^3 + \frac{1}{2} x_i^2 x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + C_i \left[\frac{1}{3} x^3 - \frac{1}{2} x_i x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + D_i \left[\frac{1}{2} x^2 \right]_{x_i}^{x_{i+1}} \right] \end{aligned} \quad (XII)$$

إحداثيات مركز الدفع:

$$(XIII) \quad x_F = \frac{M_{Vyz}}{V}, \quad y_F = \frac{M_{Vxz}}{V}, \quad z_F = \frac{M_{Vxz}}{V}$$

3. حساب ثوابت كثيرات الحدود:

ليست هناك طريقة واحدة تعطي قيماً محددة لثوابت كثيرات الحدود بل طرق مختلفة كل منها تعطي قيماً للثوابت تختلف عن الأخرى و تختلف فيما بينها بالدقة.

لتصميم طريقة جديدة أو موجودة لحساب ثوابت كثير الحدود نتبع الخطوات التالية:

■ نضع مجموعة من الشروط التي ينبغي على كثيرات الحدود تحقيقها.

■ من كل شرط وضعناه نتولد معادلة.

■ بكل جملة المعادلات نحصل على الثوابت التي تشكل مجاهيل الجملة الواجب حلها.

من هنا نجد أن كثير حدود من الدرجة الثالثة يحتاج لأربعة شروط يجب أن ينتج عنها أربع معادلات غير مرتبطة خطياً بحلها نحصل على الثوابت. إذا كانت الشروط من نوع Dirichlet فيمكن حساب الثوابت بشكل صريح Explicit، و إذا كان بعض الشروط من نوع Neumann فيكون حساب الثوابت بشكل ضمني Implicit أي أن ثوابت المنحنيات تترايط بشكل عضوي و تحل معاً دفعة واحدة. إن الطرق الضمنية تلائم أكثر السفن ذات الاشكال الانسيابية ذات السطوح المستمرة وقد تصبح هذه الطرق النموذجية لهذا النوع من السفن؛ قد تصبح سيئة عند استخدامها لحساب السفن التي تحوي سطوحاً متكسرة. من هنا تبرز أهمية استخدام أكثر من طريقة لتلائم معظم السفن التي تتم دراستها. عند فرض ثوابت الحدود العليا أصفارا تنخفض مرتبة كثير الحدود ويصبح بحاجة إلى عدد أقل من الشروط.

إن أبسط طريقة لحساب الثوابت هي:

طريقة شبه المنحرف Trapeze.

بما أن كثير الحدود هو من مرتبة أدنى تعطي لثوابت كثير الحدود العليا قيمة الصفر $A_i = 0, B_i = 0$ الشروط: المنحني يمر بنقطة حدود المجال (شرطان: يجب أن يمر في النقطة الأولى. يجب أن يمر في النقطة الثانية):

$$C_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}, \quad D_i = y_i$$

طريقة المنحنيات المرنة التكعيبية.

الشروط:

من أجل كثيري حدود متجاورين يجب أن:

- تتساوى قيمة التابع في النقطة المشتركة بينهما.
- يتساوى الميل في النقطة المشتركة بينهما.
- يتساوى المشتق الثاني لهما في النقطة المشتركة بينهما.
- تتعدم قيمة المشتق الثاني في نقطتي البداية لأول كثير حدود وفي نقطة النهاية لآخر كثير حدود.

نلاحظ أن الشرطين الثاني والثالث هما من نوع Neumann لذا وبالصيغة الرياضية للشروط ينتج جملة معادلات تتوضع ثوابت مصفوفة الطرف الأول فيها على الأقطار الرئيسية الثلاثة (مصفوفة ثلاثية الأقطار):

$$[A] \cdot [X] = [B]$$

بحيث:

$$a_{ij} = \begin{cases} j = i - 1 \Rightarrow 2l_i \\ j = i \Rightarrow \frac{2}{3} \cdot [l_{i+1} + l_i], l_i = y_{i+1} - y_i \\ j = i + 1 \Rightarrow \frac{1}{3} [l_{i+1}] \\ 0 : \text{else} \end{cases}$$

$$[X] = B_i$$

$$b_i = \frac{l_i y_{i+1} - (l_i + l_{i+1}) \cdot y_i + l_{i+1} y_{i-1}}{l_i \cdot l_{i+1}}$$

يتم حل هذه الجملة بتحويلها إلى جملة ثنائية الأقطار:

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} B_2 \\ B_i \\ B_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_2 \\ \beta_i \\ \beta_{n-1} \end{bmatrix}$$

حيث:

$$\alpha_i = \frac{l_{i+1}}{((3 \cdot (l_{i+1} + l_i)) - (6l_{i-1}) \cdot \alpha_{i-1})}$$

$$\beta_i = 3 \cdot \frac{l_i y_{i+1} - (l_i + l_{i+1}) \cdot y_i + l_{i+1} y_{i-1}}{l_i \cdot l_{i+1} \cdot ((3 \cdot (l_{i+1} + l_i)) - (6l_{i-1}) \cdot \alpha_{i-1})}$$

تحل هذه المصفوفة بسهولة بطريقة ارتدادية من العنصر الأخير $B_{n-1} = \beta_{n-1}$ و حتى العنصر الأول

بحيث:

$$B_{i-1} = \beta_i - \alpha_i \cdot B_i$$

بعدها تحسب بقية الثوابت بدلالة B_i وبعلاقات تحددها جمل المعادلات الناتجة عن الشروط أعلاه بحيث

يكون:

$$C_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{l_{i+1}} - \frac{2 \cdot B_i + B_{i+1}}{3} \cdot l_i ; i = 1, n-2$$

$$A_i = \frac{B_{i+1} - B_i}{3 \cdot l_{i+1}}, i = 1, n-1$$

$$D_i = y_i$$

النتائج والمناقشة:



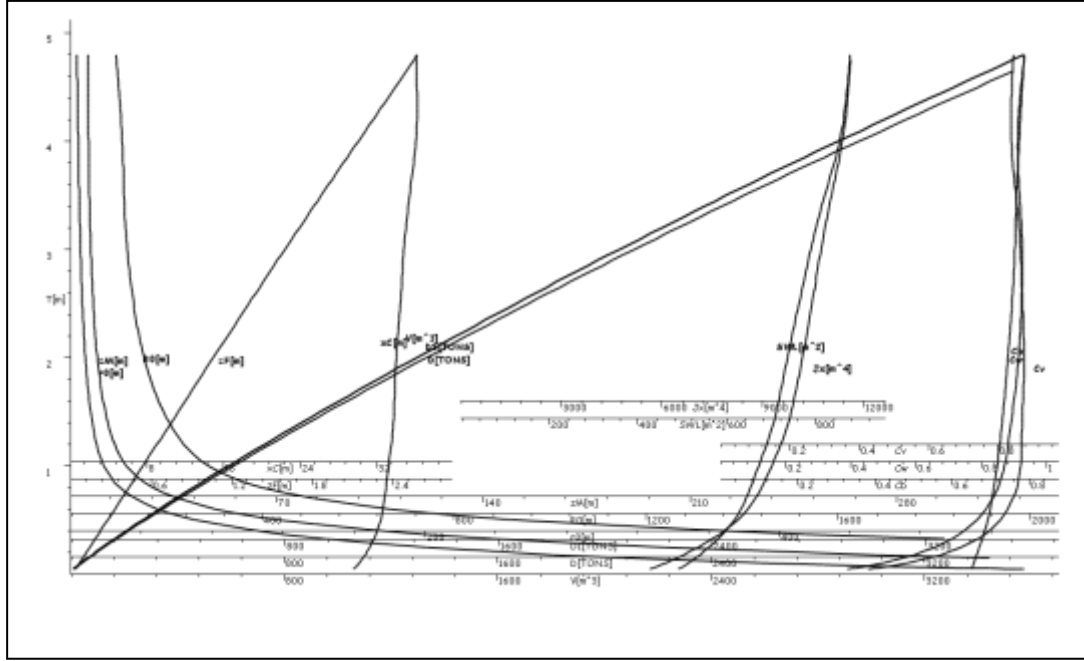
الشكل (1) : واجهة البرنامج الذي تم تصميمه للقيام بالحسابات.

النتائج النوعية:

البرنامج تم تزويده بواجهة رسومية بحيث يتم رسم المنحنيات الهيدروستاتيكية و بحيث يكون لكل متحول منحني ومقياس رسم خاص به بدلالة الغاطس الذي يكون مقياس الرسم الخاص به هو نفسه لجميع المتغيرات. يمكن تسجيل النتائج على شكل صورة كما في الشكل التالي والذي يمثل المنحنيات الهيدروستاتيكية للسفينة ASTILLEROS JOSE VALIÑA التي تمت دراستها والتي تمتلك المميزات التالية:

الجدول (1) : مميزات السفينة المدروسة ASTILLEROS JOSE VALIÑA

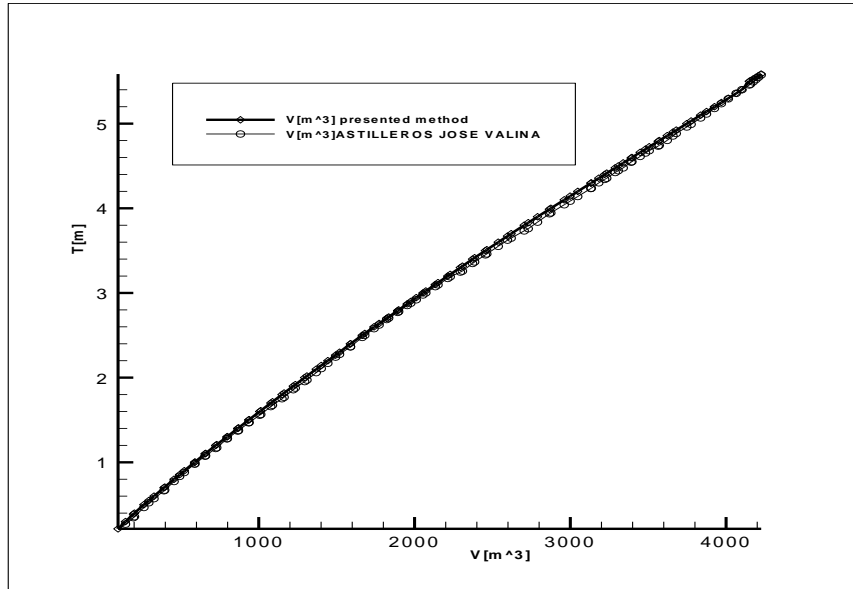
72.00	الطول الكلي للسفينة $LOA [m]$
69.00	الطول بين المتعامدين $L.B.P [m]$
13.20	العرض $B [m]$
8.60	الارتفاع $H [m]$



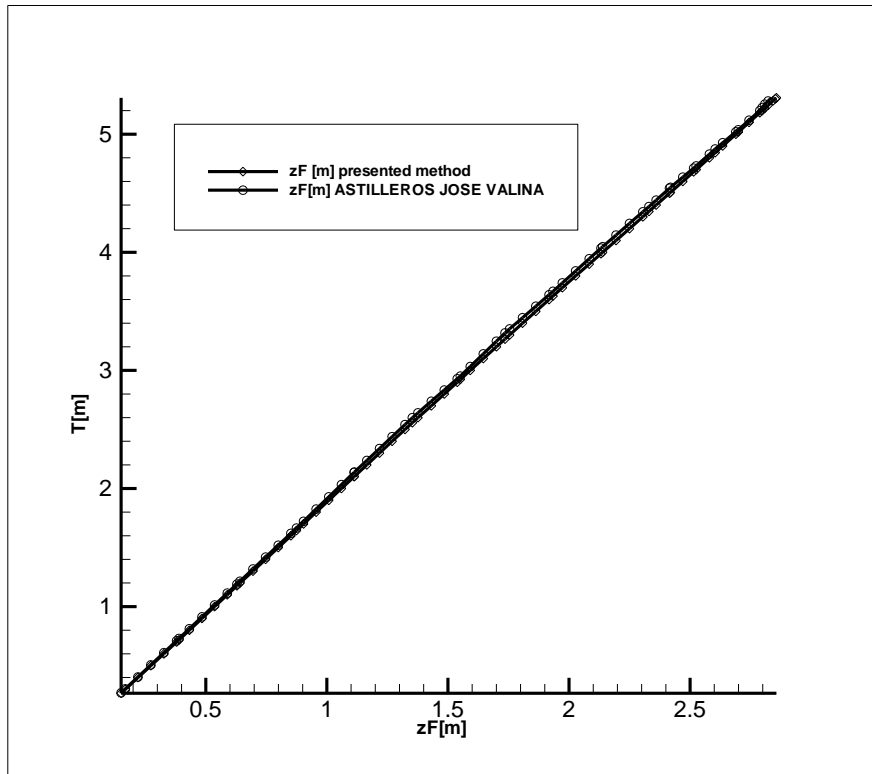
الشكل (2) المنحنى الهيدروستاتيكية للسفينة ASTILLEROS JOSE VALIÑA محسوبة وفق الطريقة المشروحة في هذا البحث ومرسومة بواسطة نفس البرنامج الذي تمت كتابته لإجراء الحسابات.

النتائج الكمية:

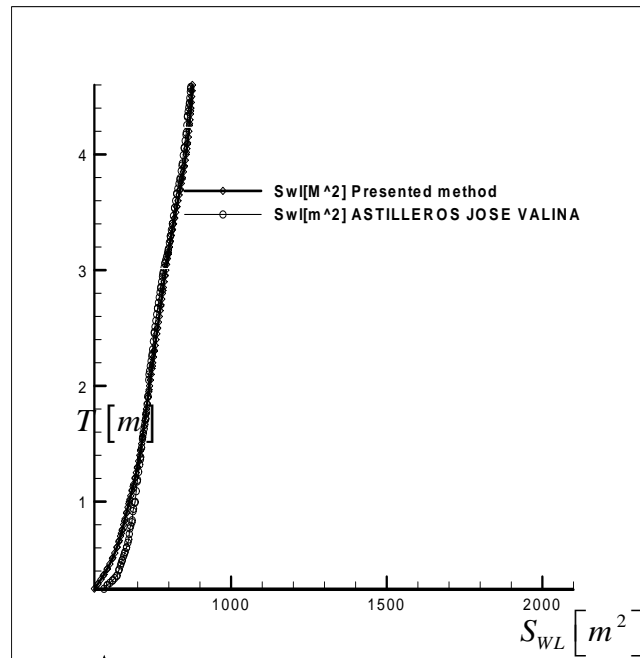
بما أن الوثائق الخاصة بالسفينة ASTILLEROS JOSE VALIÑA هي بحوزتنا فقد تم ترقيم منحنىاتها الهيدروستاتيكية الأساسية (التي تكفي للمقارنة والتي ليست مشتقة من المنحنى الأخرى) وهي منحنى حجم الإزاحة ومنحنى ارتفاع مركز الدفع بدلالة الغاطس وكذلك منحنى مساحات سطوح الطفو ثم تم دمجها على نفس الشكل وجاءت النتائج متطابقة بشكل جيد كما يظهر في الأشكال التالية.



الشكل (3) حجم الإزاحة بدلالة الغاطس حيث يمثل الخط \diamond الطريقة التي تم تقديمها في هذا البحث والخط \circ يمثل حجم الإزاحة الموجود مع وثائق السفينة المدروسة



الشكل (4) ارتفاع مركز الدفع بدلالة الغاطس حيث يمثل الخط \diamond الطريقة التي تم تقديمها في هذا البحث و الخط \circ يمثل ارتفاع مركز الدفع الموجود مع وثائق السفينة المدروسة



الشكل (4): مساحة سطح الطفو بدلالة الغاطس حيث يمثل الخط \diamond الطريقة التي تم تقديمها في هذا البحث و الخط \circ النتائج الموجودة مع السفينة المدروسة

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث تقديم طريقة قادرة على حساب عناصر السفينة الهندسية. تم استقراء إحدائيات السفينة بوساطة كثير حدود من الدرجة الثالثة بثوابت تملك مرونة الحساب بطرق متعددة حسب الحالة والحاجة، البرنامج أعطى نتائج تتطابق بشكل جيد جداً مع وثائق السفينة المدروسة. الطريقة قادرة على حساب السفينة بحالتها العامة بدون أن يكون هناك أي اهتمام بثبات خطوة التقسيم بين المقاطع مما يتيح لنا إمكانية بدء إجراء الحسابات على السفن قيد التصميم بإعطائها خطوة متغيرة تتقارب عند الحاجة لالتقاط تفاصيل أكثر للسفينة وتتبع في الحالة المعاكسة. البرنامج يملك القدرة على دراسة الأجزاء البارزة بنفس أسلوب دراسة بدن السفينة وضم النتائج معاً.

الخطوة المقبلة هي الاستمرار بإجراء اختبارات التحسين والدقة على النتائج وكذلك اختبار طرق استقراء جديدة كذلك البدء بالحسابات الخاصة برسم منحنى الاتزان المتعلق بالشكل ومنحنى ذراع عزم الاستبدال ومن ثم حساب وإظهار بشكل رسومي منحنى الاتزان الديناميكي وتزويده بمعايير المنظمة البحرية العالمية للتأكد من أن السفينة تلبى المعايير المذكورة. أخيراً يجب دراسة التأثيرات المختلفة على الاتزان كنقل الحمولات وشحنها وتأثير الحمولات السائلة وكذلك معرفة تأثير القوى الخارجية كالرياح والأمواج على حركة السفينة وإظهار النتائج بشكل رسومي واضح.

المراجع:

- [1] د. هيثم عيسى ، محاضرات اتزان السفن، قسم الهندسة البحرية- جامعة تشرين، 2009.
- [2] د. ميشيل بريهان، اتزان السفن 1، قسم الهندسة البحرية -جامعة تشرين، 1، 2006-600
- [3] ISSA, H., “L’Etude numérique d’un bassin à houle par la résolution directe des équations de Navier Stokes”, Thèse doctorat de l’Université de Poitiers -France, 2006, 00-110.
- [4] GUILBAUD, M, “Ecoulement de la surface libre”, PolycoPie des Etudiant de SEAT/ENSMA/SP2MI- Faculté de Science Fondamentale et Appliquée(SFA)- Université de Poitiers, France, 2007, 47.
- [5] BIRAN, A. B., “Ship Hydrostatics and Stability”, Butterworth-Heinemann, London, 2003, 08-100.
- [6] DERRETT, D.R., “Ship Stability for Masters and Mates”, Butterworth-Heinemann, OXFORD, 2006, 75-90.
- [7] الموقع الإلكتروني <http://issa.vndv.com>