

دراسة تأثير حركة الحمولات السائبة على ذراع عزم الاستبدال للسفينة

الدكتور هيثم عيسى*

(تاريخ الإيداع 14 / 3 / 2013. قُبل للنشر في 20 / 6 / 2013)

▽ ملخص ▽

يقدم هذا البحث طريقة جديدة لحساب أثر انزلاق الحمولات السائبة عرضياً لسفن نقل الحبوب وتقييم أثرها على أمان السفينة بشكل دقيق جداً. يمكن تحديد تأثير انزلاق الحمولات في حال كانت العنابر محملة بحمولات مختلفة وينسب ملء مختلفة. يمكن تقييم هذا الأثر كمياً من خلال رسم منحنى ذراع عزم الاستبدال المحصل. تقدم وفق هذه الطريقة مخطط زوايا مميزة خاصة بعملية الانزلاق، هذا المخطط يتم اقتراحه للمرة الأولى بحيث يقدم صورة شديدة الوضوح عن كل مرحلة من مراحل ميلان السفينة عرضياً نحو اليمين أو نحو اليسار.

الكلمات المفتاحية: الحمولة السائبة، ذراع عزم الاستبدال، زاوية الميلان العرضي، ذراع الاتزان الديناميكي.

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

Study of Bulk Cargo Influence Upon Ship's Righting Lever

Dr. Heitham Issa *

(Received 14 / 3 / 2013. Accepted 20 / 6 / 2013)

▽ ABSTRACT ▽

This paper presents a new method for studying the bulk cargo behavior and its effects on righting lever. Effects of cargo sliding in holds are computed for each heel angle. The deficiency of righting lever is quantitatively computed and plotted on the designed application windows. For the first time a three characterizing angles are presented here, what offer a new clear vision about the cargo sliding steps.

Key words: bulk carrier, righting lever, heel, dynamic lever.

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

مقدمة:

تعتبر ناقلات الحبوب من السفن التي تؤدي دوراً حيوياً في تزويد البلدان بحاجتها من الفلزات و الحبوب كالقمح والرز وغيرها. تكون كمية الحمولات المنقولة كبيرة تتراوح بين عشرة آلاف وثلاثمائة ألف طن [1] لذا فإن غرق هذا النوع من السفن يشكل كارثة وطنية.

بالإضافة لما ذكر أعلاه فإن الحمولات السائبة هي من أكثر أنواع الحمولات التي تجعل السفينة عرضة للانقلاب إن لم تتم دراستها بالشكل السليم كون انزلاق الحمولة له أثر دائم على ميلان السفينة. لقد تم إحصاء 31 حادثة بحرية تسبب بها انزلاق الحمولات السائبة بين 1954 و 1966 حيث غرقت من بينها 13 سفينة [2]. لا تكمن الخطورة بكون السفينة مائلة بشكل دائم وحسب ولكن شدة الميلان الدائم يعطي مؤشراً عن فقدان احتياطي الأمان الذي يتناسب مع مقدار الميلان العرضي الدائم، لذلك يجب إيجاد طريقة دقيقة للتنبؤ بسيناريو انزلاق الحمولات داخل العنابر قبل حدوث الميلان و مقدار احتياطي الأمان المتبقي.

تتيح هذه الدراسة المعرفة الدقيقة بأثر انزلاق الحمولة في كل عنبر من العنابر مهما كانت درجة امتلائه ونوع الحمولة التي بداخله، ومن هنا يمكن دراسة حالات مختلفة من التحميل داخل العنابر واتخاذ القرار الأفضل والسفينة لا تزال على رصيف المرفأ. إن عملية دراسة الحمولة السائبة و تمثيلها برمجياً هي عملية صعبة كون الحمولة تمر بأطوار مختلفة تتصرف في بعضها كحمولة صلبة وفي بعضها الآخر إلى ما يشبه انزلاق الحمولة السائلة. إن عملية معرفة الحدود الفاصلة بين هذه الأطوار برمجياً هو أمر حاسم في مصداقية النتائج التي يتم الحصول عليها.

نقدم في هذه الورقة رؤية جديدة مع اقتراح ثلاثة زوايا مميزة لعملية الانزلاق، هذه الطريقة تعطي فهماً شديداً للوضوح حول كل مرحلة من مراحل حركة الحمولة السائبة عرضياً واتجاهها. يستطيع البرنامج الذي تم تصميمه لإخراج نتائج غرافيكية على شكل حزمة منحنيات تمثل أثر كل عنبر من العنابر على منحنى ذراع عزم الاستبدال وكذلك الأثر المحصل لمجموع العنابر على منحنى ذراع عزم الاستبدال وبالتالي القيمة النهائية للمنحنى المذكور. يتيح البرنامج رؤية سيناريو الانزلاق تخطيطياً لكل عنبر وتسجيل الحركة على شكل فيلم متحرك.

أهمية البحث وأهدافه:

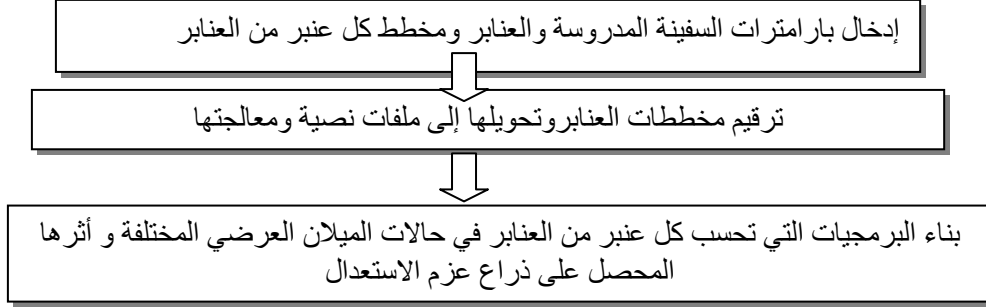
يوفر هذا البحث برمجيات في غاية الأهمية لدراسة حركة الحمولات السائبة في ناقلات الحبوب وإعطاء تقييم كمي حول شكل منحنيات التأثير المنفرد للعنابر على ذراع عزم الاستبدال.

طرائق البحث ومواده.

تم تطوير خوارزميات خاصة لدراسة سيناريو انزلاق الحمولة السائبة وتحويلها إلى برمجيات متكاملة مع واجهات لرسم وإخراج وتصدير النتائج. يعتمد هذا البحث أيضاً على برمجيات معالجة الصورة للحصول على معطيات رقمية انطلاقاً من معطيات غرافيكية.

النموذج الرياضي:

يبين المخطط (1) كيفية حساب الانزلاق على ميلان السفينة و أثرها على ذراع عزم الاستعداد.



المخطط (1): المخطط المنطقي لبرنامج الحمولات السائبة

بارامترات السفينة والعنابر

هي مجموعة من القيم الرقمية التي يتم إدخالها عبر واجهة البرنامج كوزن السفينة ووزن الحمولات داخل العنابر وملف يمثل قيمة ذراع عزم الاستعداد بدلالة زاوية الميلان العرضي دون الأخذ بالاعتبار أثر حركة الحمولة داخل العنابر.

يتم أيضا إدخال معلومات عن العنابر. بالنسبة للعنابر يتم مسح مخطط مقاطعها العرضية وتحويل شكلها الهندسي إلى ملف نصي نقطي من خلال استخدام برنامج ترقيم [6] الذي يمكن تحميله مجانا من الموقع <http://h-issa.com>. يتم أيضا إدخال أبعاد العنابر ووزن الحمولة ونوعها وزاوية الانزلاق α_s لكل حمولة من الحمولات.

الزوايا المميزة لحركة الحمولة السائبة في أحد العنابر

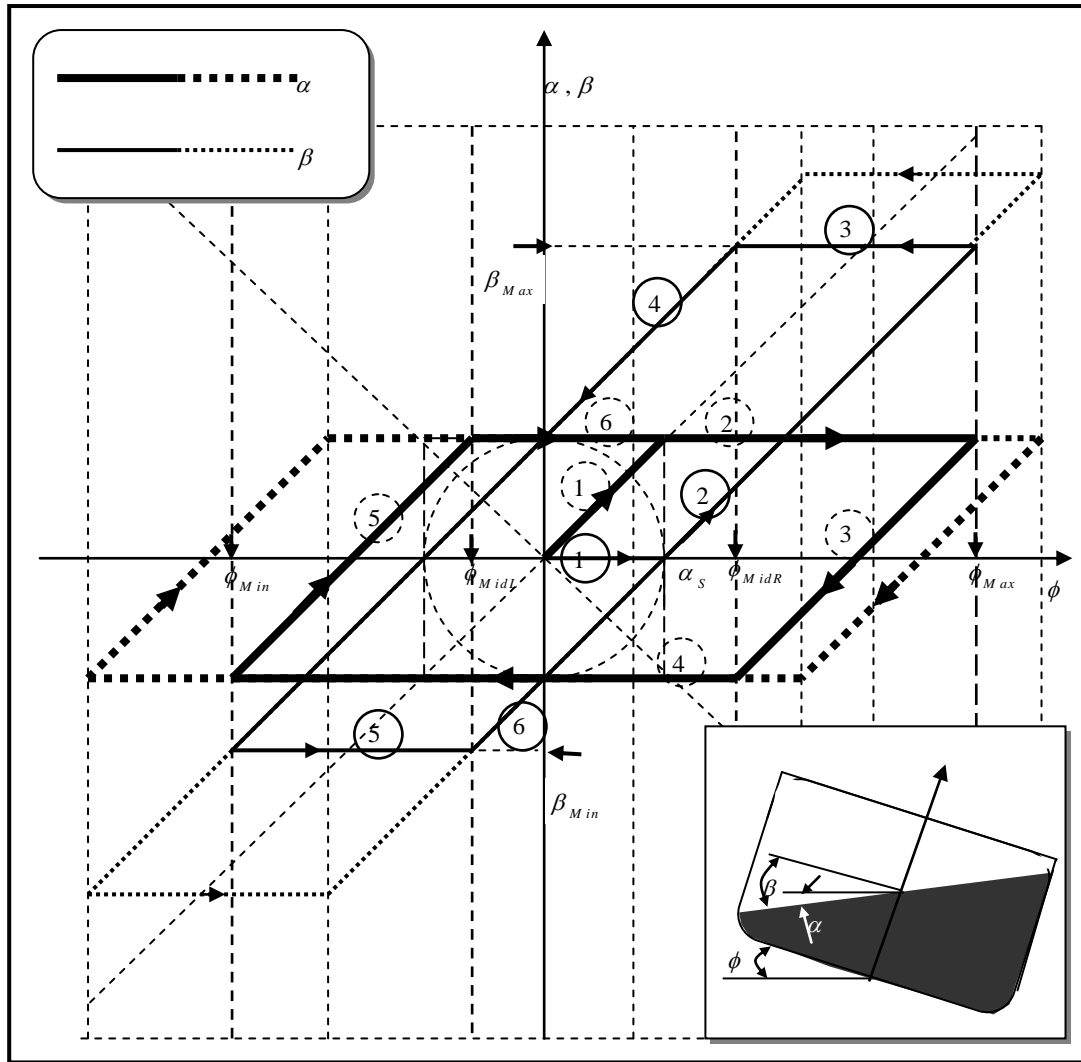
يمكننا تمييز ثلاثة زوايا مختلفة وهي:

ϕ : زاوية الميلان العرضي للسفينة وهي واحدة لجميع العنابر.

α : زاوية سطح الحمولة السائبة مع الأفق.

β : زاوية سطح الحمولة مع المستوي الأساسي للسفينة.

تجدر الإشارة هنا إلى أننا نفترض سطح الحمولة مستويا ولا نأخذ بالاعتبار الأشكال الأخرى (حالة تكون كومة أو مخروط ناتج عن عملية شحن الحمولة). الشكل التالي يبين علاقة الزوايا $\alpha(\phi)$ و $\beta(\phi)$ على المحور الشاقولي بدلالة زاوية الميلان العرضي ϕ



الشكل (1) الزوايا المميزة للحمولة السائبة في أحد العنابر.

لسفينة تتحرك بزوايا ميلان عرضي من الصفر حتى الزاوية ϕ_{Max} يمينا و العودة حتى أقصى زاوية ميلان عرضي نحو اليسار ϕ_{Min} يمكن تمييز ست مراحل تتصرف الحمولة السائبة خلال كل مرحلة بشكل سنشرحه بالتفصيل:

المرحلة الأولى :

لسفينة لا تميل عرضيا وبحمولة سائبة تتوضع بشكل أفقي يميل العنبر نحو اليمين بزواوية أصغر من زاوية انزلاق الحمولة يمينا تتصرف الحمولة السائبة كجسم صلب كمكون من مكونات السفينة وبالتالي لا يكون لعملية الميلان أي تأثير على ذراع عزم الاستبدال وتعطى قيم الزوايا المميزة في هذه الحالة بالعلاقة:

$$\alpha = \phi, \quad \beta = 0$$

المرحلة الثانية:

عندما تميل السفينة يمينا بزاوية أكبر من زاوية الانزلاق α_s تنزلق الحمولة السائبة وينتقل مركز ثقلها إلى موقع جديد وبالتالي سيؤثر هذا الانزلاق على ذراع عزم الاستعداد، سيتم حساب هذا التأثير في فقرة تالية، تكون قيم الزوايا المميزة معطاة بالعلاقة:

$$\alpha = \alpha_s, \quad \beta = \phi - \alpha_s$$

المرحلة الثالثة:

بعد الوصول إلى أقصى زاوية ميلان عرضي يمينا تعود السفينة وتتناقص قيمة الزاوية α إلى أن تنعدم وتأخذ قيم سالبة وعندما تصل قيمتها إلى $-\alpha_s$ تكون هذه المرحلة قد انتهت وتكون زاوية الميلان العرضي المقابلة لهذه الزاوية هي ϕ_{MidR} في هذه المرحلة لا تنزلق الحمولة وتتصرف كجسم صلب وتختلف هذه المرحلة عن المرحلة الأولى باحتفاظ السفينة بأثر انزلاق الحمولة في المرحلة الثانية وتكون بالتالي السفينة مائلة عرضيا. تعطى قيم الزوايا المميزة في هذه المرحلة بالعلاقات التالية:

$$\beta = \beta_{Max} = const = \phi_{Max} - \alpha_s$$

$$\alpha = \alpha_s - (\phi_{Max} - \phi) = \alpha_s - (\beta_{Max} + \alpha_s - \phi) = \phi - \beta_{Max}$$

المرحلة الرابعة:

خلال هذه المرحلة تبدأ الحمولة بالانسياب يسارا وبالتالي تتناقص قيمة الزاوية β ويتناقص ميلان السفينة الدائم نحو اليمين تستمر هذه المرحلة حتى تصل السفينة إلى أقصى زاوية ميلان عرضي نحو اليسار، تعطى الزوايا المميزة بالعلاقات التالية:

$$\alpha = -\alpha_s, \quad \beta = \beta_{Max} - (\phi_{MidR} - \phi)$$

المرحلة الخامسة:

عندما تعود السفينة من أقصى ميلان لها نحو اليسار لتميل يمينا تحتفظ السفينة بقيمة الميلان الناتج عن الانزلاق يسارا و تتصرف الحمولة السائبة في هذه المرحلة كجسم صلب. تزداد قيمة الزاوية α إلى أن تصل إلى قيمة زاوية الانزلاق نحو اليمين α_s وتكون قيمة زاوية الميلان العرضي المقابلة لهذه النقطة ϕ_{MidL} تعطى الزوايا المميزة لهذه المرحلة بالعلاقات التالية:

$$\beta = \beta_{min} = const, \quad \alpha = \alpha_s - (|\phi_{Min}| - |\phi|)$$

المرحلة السادسة (الأخيرة):

بشكل مشابه للمرحلة الأولى ولكن تختلف عنها بكون السفينة تبدأ مع حالة ميلان دائم تقرره القيم القصوى لزوايا الميلان العرضي التي تم الوصول إليها ϕ_{Max} , ϕ_{Min} تنزلق الحمولة يمينا وتعطى قيم الزوايا بالعلاقات التالية:

$$\alpha = \alpha_s, \quad \beta = \beta_{Min} + |\phi - \phi_{MidL}|$$

حساب تأثير انزلاق الحمولات في العنابر على ذراع عزم الاستعداد

يؤثر انزلاق الحمولة عند المرور بالمراحل 2, 4, 6 في أحد العنابر على قيمة ذراع عزم الاستعداد ويتناسب هذا التأثير مع مقدار انتقال مركز الحمولة. نعبر رياضياً عن هذا التأثير بالعلاقة التالية:

$$\Delta l = \frac{P_i}{P} [\Delta z_i \sin \phi + \Delta y_i \cos \phi]$$

$\Delta y_i, \Delta z_i$ مقدار التغير الرأسي والعرضي لإحداثيات مركز ثقل السفينة العنبر i .

P_i : وزن الحمولة في العنبر.

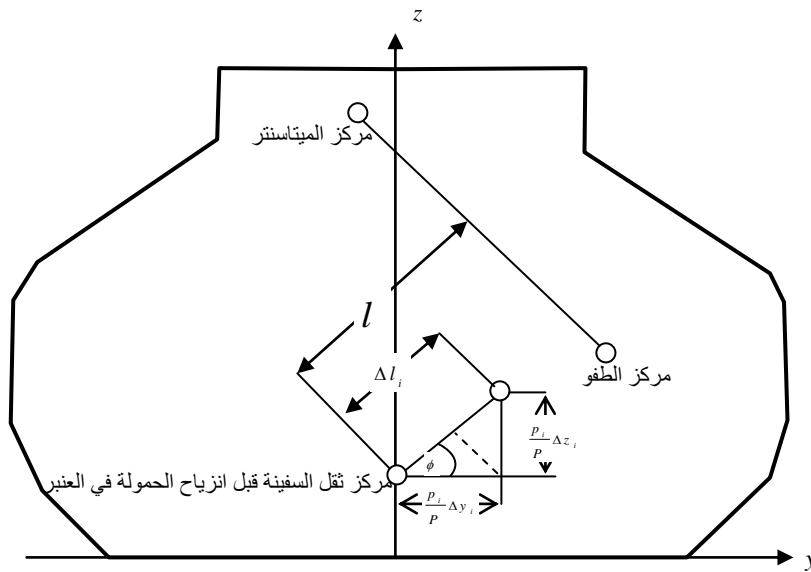
P : وزن السفينة.

الشكل (2) يوضح هندسياً مقدار النقص في ذراع عزم الاستعداد وعلاقته بمقدار الانسياب العرضي والرأسي

لمركز ثقل الحمولة في العنبر i .

يكون ذراع عزم الاستعداد بعد الأخذ بعين الاعتبار أثر انزلاق الحمولات في جميع العنابر [5]:

$$l_1 = l - \sum_{i=1}^{NH} \frac{P_i}{P} [\Delta z_i \sin \phi + \Delta y_i \cos \phi]$$



الشكل (2): انزياح مركز ثقل السفينة نتيجة انسياب الحمولة

l ذراع عزم الاستعداد قبل أخذ تأثير انسياب الحمولة بالاعتبار، l_1 قيمة ذراع عزم الاستعداد بعد أخذ تأثير

انسياب الحمولة بالاعتبار. إذا اعتبرنا أن NH عدد العنابر المملوءة جزئياً.

من أجل عنبر من العنابر يتم حساب مقدار التغير في إحداثيات مركز الثقل بمعرفة وزن الحمولة في العنبر

P_i ونوعها (α_{si} زاوية الانزلاق في العنبر i ، γ_i الوزن النوعي للحمولة في العنبر i).

يتم حساب القيمة الجبرية لمساحة المقطع العرضي المشغول بالحمولة في العنبر i بالعلاقة:

$$s_i = \frac{P_i}{\gamma_i L_i} \text{ حيث } L_i \text{ هو طول العنبر } i.$$

نقوم بحساب المساحات المتتالية من الصفر حتى الوصول إلى القيمة s_i لسطح حمولة يميل بزاوية β_i بحلقة تكرارية بدقة $0 \leq \varepsilon$ وهو متحول يأخذ قيمة حقيقية موجبة صغيرة تعبر عن دقة الحل يتم إدخال هذا المتحول عبر واجهة البرنامج.

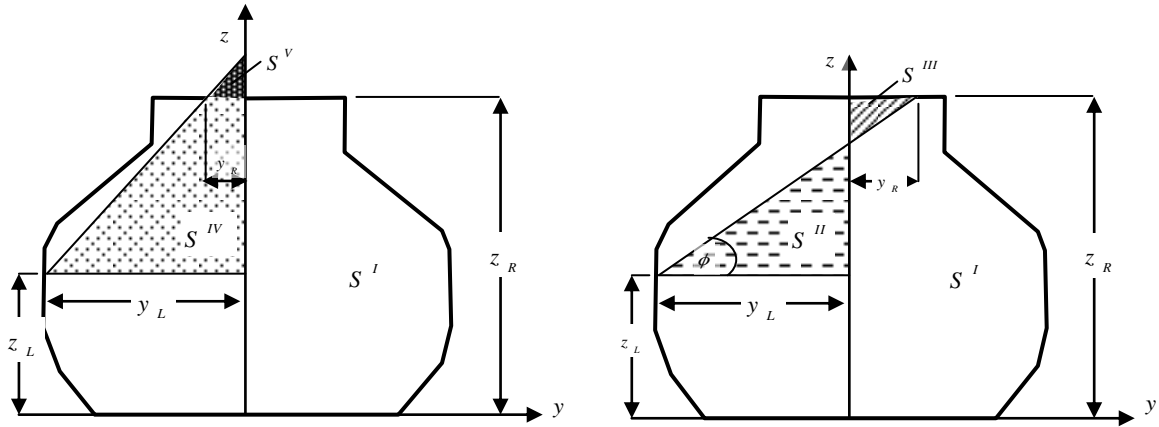
توفر الخوارزمية التكرارية المذكورة أعلاه حساب مساحة و إحداثيات مركز ثقل السطح المائل و إحداثيات مركز ثقله المتمثلة في الإحداثي العرضي والرأسي z_i, y_i للحمولة وهما القيمتان اللتان نحتاجهما لحساب Δl_i

$$\Delta y_i = y_i - y_{i0}, \quad \Delta z_i = z_i - z_{i0}$$

إذا $\beta_{i0} = 0$ يمكن أخذ $\beta_i = \beta_{i0}$ عند انزلاق الحمولة قبل انزلاق الحمولة عند $\beta_i = \beta_{i0}$ إذا

اعتبرنا أنه تمت تسوية سطح الحمولة في العنابر قبل الإبحار.

الحالات المحتملة لتوزيع الحمولة في العنبر يمكن أن تأخذ حالتين يوضحهما الشكل (3):



الشكل (3) : الحالات المحتملة لتوزيع الحمولة في العنبر

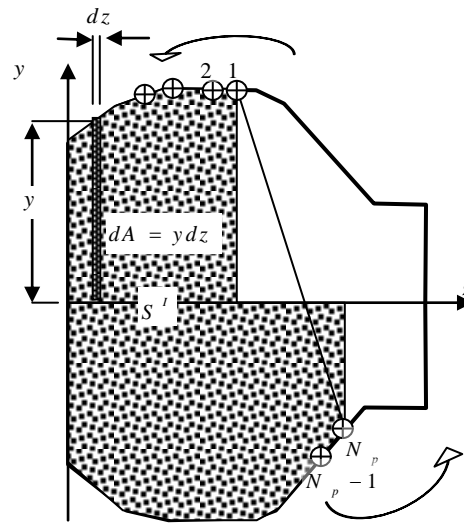
يتم حساب المساحة للشكل اليميني بالعلاقة:

$$S = S^I + S^{II} - S^{III}$$

$$S^I = \sum_{j=1}^{j=N_c} \int_{z_j}^{z_{j+1}} y \, dz = \sum_{j=1}^{j=n} \left[\frac{A_j}{4} (z_{j+1} - z_j)^4 + \frac{B_j}{3} (z_{j+1} - z_j)^3 + \frac{C_j}{2} (z_{j+1} - z_j)^2 + D_j (z_{j+1} - z_j) \right]$$

$$S^{II} = \frac{y_L^2}{2} \tan \phi$$

$$S^{III} = \frac{y_R^2}{2} \tan \phi$$



الشكل (4): رسم توضيحي يبين كيفية حساب المساحة S^I

حيث N_c : العدد الكلي لكثيرات حدود من الدرجة الثالثة تستخدم كتتابع استيفاء بين نقطتين متجاورتين على محيط العنبر وعددها ينقص العدد الكلي لنقاط محيط العنبر N_p للجزء المشغول بالحمولة بمقدار 1، كما في الشكل (4).

يتم حساب إحداثيات مركز الثقل بالعلاقات التالية:

$$y_c = \frac{S^I \cdot y_c^I + S^{II} \cdot y_c^{II} - S^{III} \cdot y_c^{III}}{S}$$

$$y_c^I = \frac{M_z^I}{S^I}, \quad y_c^{II} = \frac{y_L}{3}, \quad y_c^{III} = \frac{y_R}{3}$$

$$z_c = \frac{S^I \cdot z_c^I + S^{II} \cdot z_c^{II} - S^{III} \cdot z_c^{III}}{S}$$

$$z_c^I = \frac{M_y^I}{S^I}, \quad z_c^{II} = z_L + \frac{z_R - z_L}{3}, \quad z_c^{III} = z_R - \frac{z_R - z_L}{3}$$

$$M_y^I = \int_A z dA = \sum_{j=1}^{N_c} \int_{y_j}^{y_{j+1}} z \cdot y \cdot dz =$$

$$\sum_{j=1}^{j=N_c} \left[A_j \left[\frac{1}{5} \cdot z^5 - \frac{3}{4} z_j \cdot z^4 + z_j^2 \cdot z^2 - \frac{3}{2} \cdot z_j^3 \right]_{z_j}^{z_{j+1}} + \right. \\ \left. B_j \left[\frac{1}{5} \cdot z^4 - \frac{2}{3} z_j \cdot z^3 + \frac{1}{2} z_j^2 \cdot z^2 \right]_{z_j}^{z_{j+1}} + C_j \left[\frac{1}{3} \cdot z^3 - \frac{1}{2} z_j \cdot z^2 \right]_{z_j}^{z_{j+1}} + D_j \left[\frac{1}{2} \cdot z^2 \right]_{z_j}^{z_{j+1}} \right]$$

$$M_z^I = \int_A y dA = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{N_c} \int_{z_j}^{z_{j+1}} y^2 dz =$$

$$\sum_{j=1}^{N_c} \left[\frac{1}{14} A_j^2 (z_{j+1} - z_j)^7 + \frac{1}{6} [A_j \cdot B_j] (z_{j+1} - z_j)^6 + \frac{1}{10} [2 \cdot A_j \cdot C_j + B_j^2] (z_{j+1} - z_j)^5 \right]$$

$$+ \frac{1}{4} [B_j \cdot C_j + A_j \cdot D_j] (z_{j+1} - z_j)^4 + \frac{1}{6} [2 \cdot B_j \cdot D_j + C_j^2] (z_{j+1} - z_j)^3$$

$$+ \frac{1}{2} [C_j \cdot D_j] (z_{j+1} - z_j)^2 + \frac{1}{2} D_j^2 \cdot (z_{j+1} - z_j)$$

A_j, B_j, C_j, D_j ثوابت كثير الحدود j . بحيث يتم تمثيل محيط المقطع العرضي للمساحة من العنبر المشغولة بالحمولة بـ N_c كثير حدود. كثير الحدود المذكور يأخذ الشكل العام التالي:

$$y = A_j (z - z_j)^3 + B_j (z - z_j)^2 + C_j (z - z_j) + D_j, \quad z \in [z_j, z_{j+1}]$$

يستخدم كثير الحدود المذكور كتابع استيفاء وهو في الحالة العامة منحنى مرن يأخذ بالاعتبار إحداثيات النقاط المجاورة له وبحيث تملك توابع الاستيفاء مماسات مشتركة فيما بينها تنتج قيمة الثوابت كمصفوفة ثلاثية الأقطار [4] بلها ينتج لدينا قيمة جميع ثوابت كثيرات الحدود المستخدمة. من ناحية أخرى يمكن استخدام طرق أقل دقة لتحديد الثوابت السابقة و أبسط طريقة هي استخدام قطع مستقيمة كتوابع استيفاء حيث تسمى عندئذ الطريقة بطريقة شبه المنحرف وتعطى ثوابت كثير الحدود j بالعلاقات التالية:

$$A_j = 0, \quad B_j = 0, \quad C_j = \frac{y_{j+1} - y_j}{z_{j+1} - z_j}, \quad D_j = y_j$$

أما فيما يخص الحالة الثانية لتوضع الحمولة داخل العنبر شكل (3 يسار) فيتم حساب إحداثيات مركز الثقل بالعلاقة:

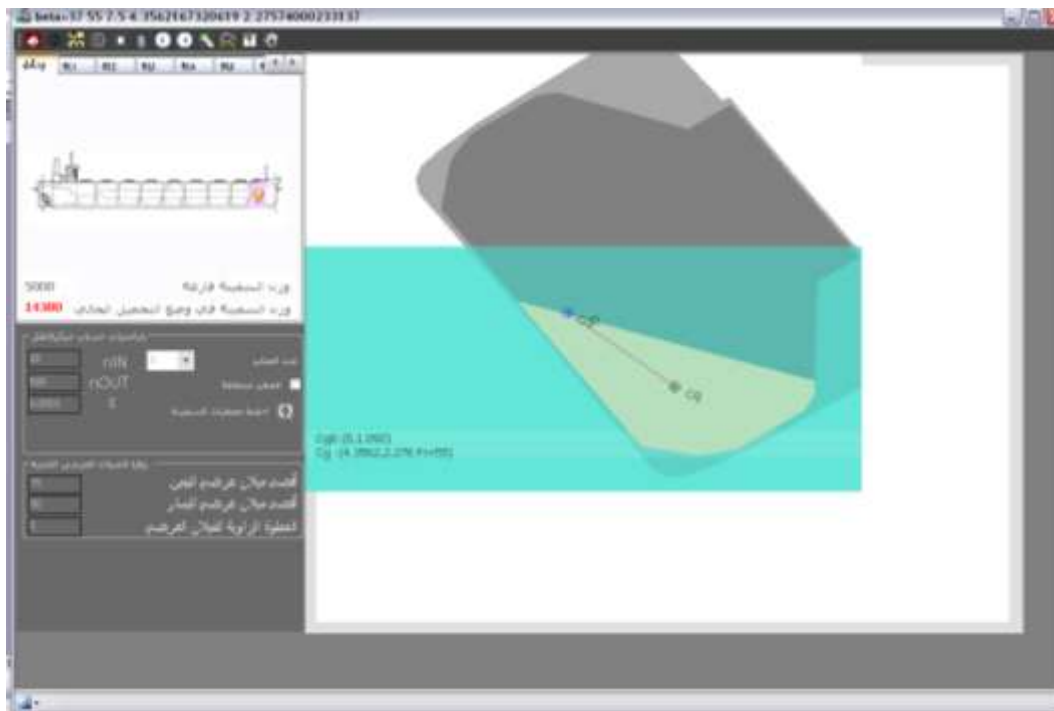
$$y_C = \frac{S^I \cdot y_C^I + S^{IV} \cdot y_C^{IV} - S^V \cdot y_C^V}{S}$$

$$y_C^{IV} = y_R - \frac{y_R - y_L}{3}, \quad y_C^V = \frac{y_R}{2}$$

بإعطاء بارامترات كل العنابر وحمولاتها و بأخذ زوايا ميلان عرضي متعاقبة نحسب عند كل زاوية مجموع تأثيرات انزلاق الحمولات في العنابر بالطريقة المشروحة أعلاه.

واجهة البرنامج

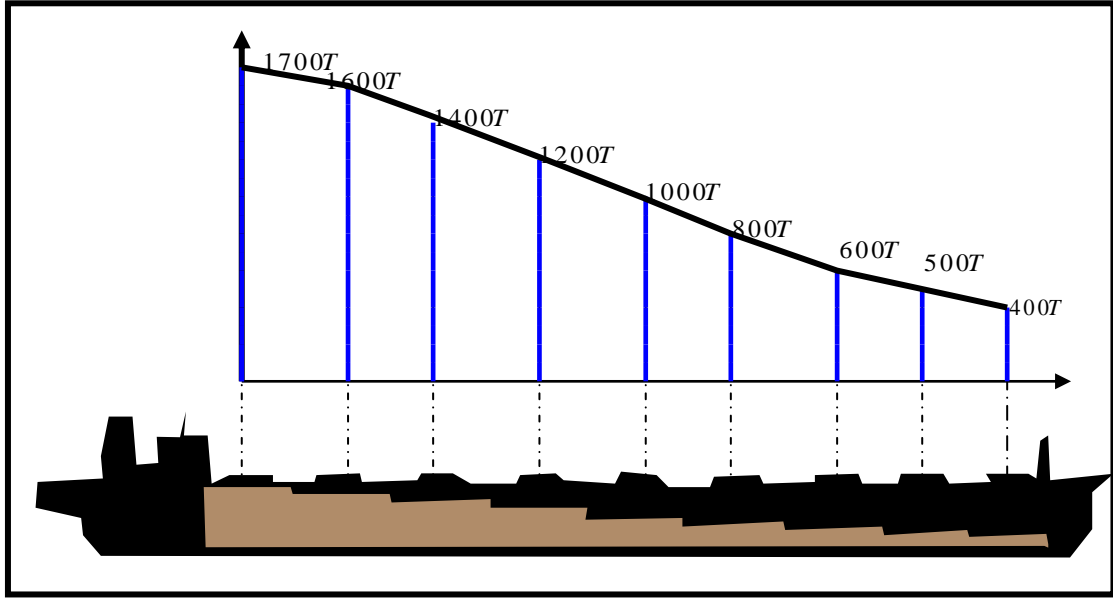
يبين الشكل (5) صورة عن واجهة البرنامج الذي قمنا بتصميمه و تتضمن المربعات النصية التي يمكننا من خلالها إدخال معطيات السفينة المدروسة وكذلك معطيات و قيمة أبعاد العنابر و كمية الحمولة ضمنها ونوعها و زاوية انسيابها. يحوي الشكل (5) أيضا مخطط للمقطع الطولي للسفينة مع العنابر بشكل يمكن نقل حالة التفعيل لعنبر بالضغط على أزرار إزاحة نحو اليمين واليسار. الجزء اليميني من واجهة البرنامج يعرض نافذة تبين لنا المقطع العرضي للعنبر المفعّل و الحمولة التي بداخله وحالة انسيابها وإحداثيات مركز ثقلها لحظيا مع إحداثيات مركز ثقلها في وضعها الأولي.



الشكل (5): واجهة البرنامج الذي تمت برمجته لحساب أثر انسياب الحمولات السائبة

النتائج والمناقشة :

نأخذ كمثال سفينة مكونة من تسعة عنابر تتوزع فيها الحمولة وفق المخطط التالي بشكل متزايد من الأمام إلى الخلف كما في الشكل (6).
يعتبر معطى على شكل ملف نصي منحنى ذراع عزم الاستبدال قبل إضافة أثر انسياب الحمولات عليه (الخط الأحمر على الشكل (7)).

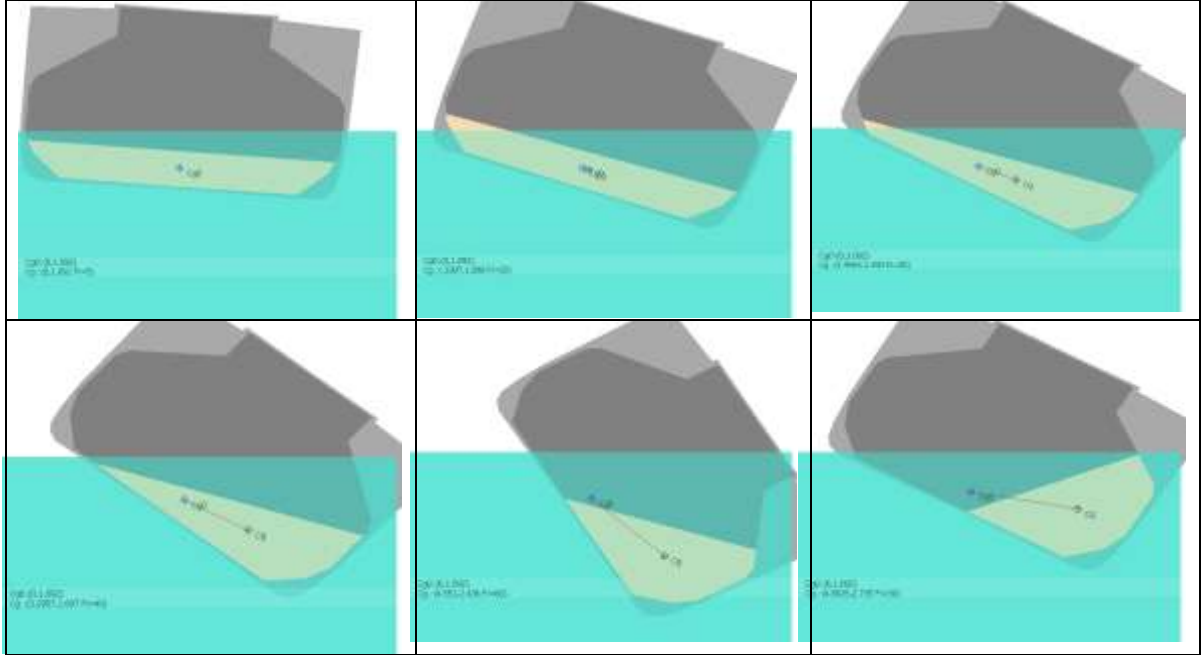


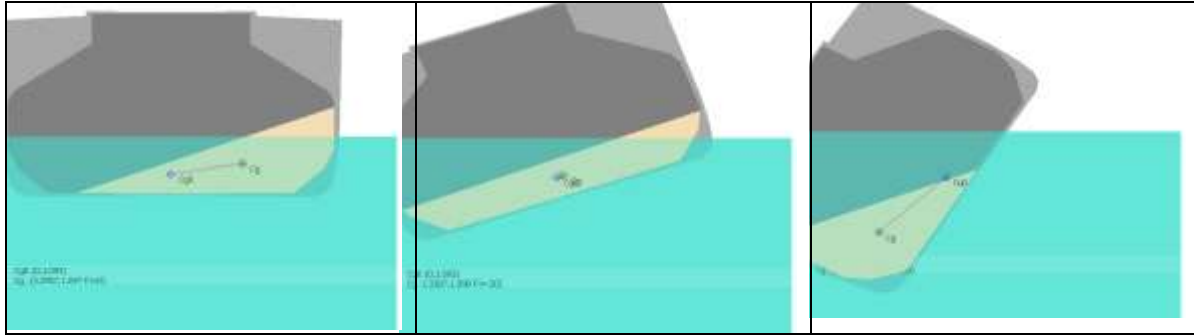
الشكل (6): مخطط يبين حالة التحميل المدروسة

العنابر المدروسة لها مقطع عرضي يظهره جدول النتائج في الشكل (7) أبعاد كل عنبر من العنابر والحمولة التي يحويها موجودة في ملف معطيات يتم توليده من واجهة البرنامج بعد إدخال القيم في مربعات نصية على واجهة البرنامج ويحفظ بشكل دائم ويمكن فتحه بأي وقت نشاء وإجراء الحسابات. كأبعاد للعنابر نأخذ في المثال التالي:

$$. \alpha_s = 18^\circ \quad l = 15m, \quad b = 15m, \quad h = 10m$$

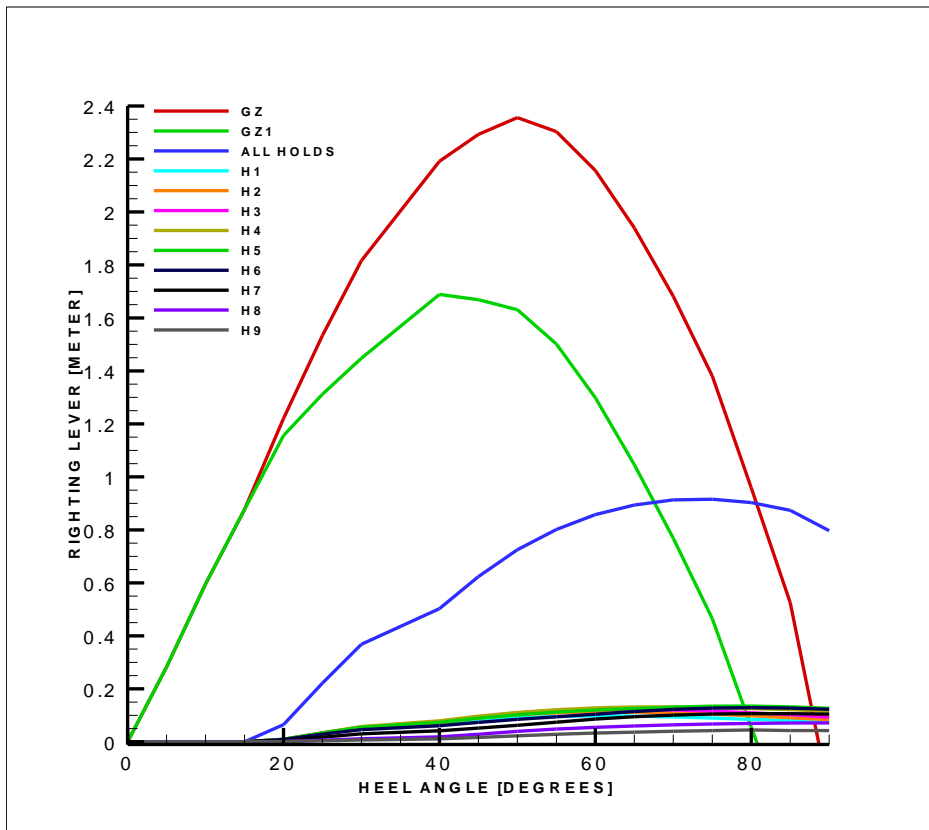
الشكل التالي يبين مراحل انسياب الحمولة في العنبر 1



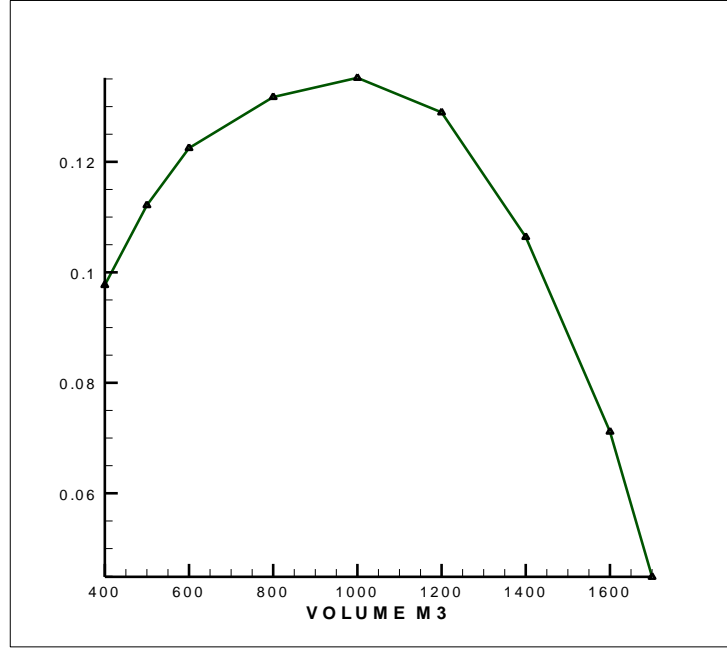


الشكل (6): نتائج نوعية تمثل شكل العنبر في مراحل ميلان السفينة المختلفة نحو اليمين ونحو اليسار

الشكل (7) يبين تأثير انسياب الحمولة عند ميلان السفينة يمينا ويسارا. يوضح الشكل تأثير انسياب الحمولة وأثره السلبي فبالنسبة لمدى الاتزان يلاحظ أنه تناقص من 88° إلى 86° وتناقصت القيمة العظمى لذراع عزم الاستعداد من $2.235m$ إلى 1.67 . لتقييم أثر نسبة الملاء على مقدار التأثير على ذراع عزم الاستعداد رسمنا لكل عنبر القيمة العظمى لتأثيره منفردا بدلالة مقدار حمولة العنبر فنتبين لدينا أن أكبر أثر سلبي لانسياب الحمولة في العنبر تكون عند ملء العنابر حتى منتصفها الشكل (8).



الشكل (7): منحنى ذراع عزم الاستعداد قبل (باللون الأحمر) وبعد انزلاق الحمولات في العنابر (باللون الأخضر) وتأثير انزلاق الحمولة في كل عنبر بدلالة زاوية الميلان العرضي وكذلك العزم المحصل لمجموع تأثيرات العنابر (باللون الأزرق)



الشكل (8): مقدار التأثير المنفرد $\Delta l_1 [m]$ للعنبر 1 على قيمة ذراع عزم الاستعداد للسفينة

بدلالة حجم الحمولة في العنبر $v [m^3]$

الاستنتاجات والتوصيات:

عرضنا في هذه الورقة طريقة جديدة ودقيقة لدراسة أثر انسياب الحمولة السائبة على قيمة ذراع عزم الاستعداد وكتبنا البرمجيات التي تخرج على واجهة البرنامج النتائج الكمية بشكل منحنيات.

اقترحنا طريقة جديدة تماما في النظرة إلى سيناريو الانسياب عن طريق اقتراح منحنى يمثل الزوايا المميزة لعملية انسياب الحمولة. البرنامج يظهر مخططاً تفصيلياً للسفينة وتوضع العنبر في السفينة و مخططاً مفصلاً للمقطع العرضي للعنبر وللحمولة التي بداخله كما يبين بشكل صور متتالية وبشكل واضح حركة الحمولة في العنابر وتسجيل هذه الحركة على شكل أفلام AVI.

تبين لنا أن انزلاق الحمولات في العنابر يؤدي إلى تناقص في قيمة ذراع عزم الاستعداد و يزداد هذا الأثر كلما كانت زوايا الانسياب صغيرة. يزداد التأثير السلبي لانزلاق الحمولات في العنابر بزيادة عدد العنابر التي يتم فيها الانزلاق، كما يكون أثر الانزلاق أعظما عندما تكون العنابر مملوءة حتى منتصفها. تكمن الخطورة في كون انسياب الحمولة يترك أثرا دائما على ميلان السفينة فتبقى السفينة مائلة حتى يؤثر عليها عزم ميلان عرضي خارجي يميلها في الاتجاه المعاكس لاتجاه ميلانها بزوايا أكبر من زاوية انسياب الحمولة. إن الميلان الدائم عدا عن تأثيره السلبي على الحالة النفسية لطاقم السفينة له أثر سلبي من ناحية تقليص هامش أمان السفينة للتعرض لعزوم ميلان عرضي باتجاه ميلانها الدائم. بحسب معايير المنظمة البحرية العالمية يجب على زاوية الميلان العرضي الدائم أن لا تتجاوز الـ 12 درجة [3].

للتخفيف من الأثر السلبي لانزلاق الحمولة ينصح بتفريغ الحمولات من عنبر إلى آخر بحيث يتم ملء العنابر بالكامل أو تفريغها بالكامل بحيث تتصرف الحمولة في هذه الحالة كحمولة صلبة كما ينصح بتغطية العنابر المملوءة جزئياً بأغطية مخصصة لهذا الغرض بحيث تمنع أو تخفف من انزلاق الحمولة. ننصح أيضاً بملء العنابر كلياً قبل الإبحار. ينصح بتفريغ العنابر المجاورة للعنابر المتوسطة وملء العنابر المتوسطة بالكامل بشكل متناظر طولياً بشكل لا يؤدي إلى ميلان طولي كبير للسفينة.

تمت دراسة عملية انزلاق الحمولة على أنه انزلاق عرضي صرف بسبب كونه يمثل الحالة الأخطر إلا أننا نوصي بدراسة تأثير الانزلاق العرضي والطولي معاً و أثر الانزلاق على ميلان السفينة طولياً. بالرغم من أن البرنامج يمكن استخدامه حالياً في السفن بوثوقية عالية إلا أننا نقترح تطويره أخذ أثر تكويم الحمولة على شكل مخروط و دراسة سيناريو انسيابها.

المراجع :

- [1] Captain J Isbester "BULK CARRIER DESIGN PRINCIPLES AND CRITERIA ", 16th INTERNATIONAL SHIP AND-OFFSHORE STRUCTURES CONGRESS-20-25 AUGUST 2006. SOUTHAMPTON, UK, 01-25.
- [2] BIRAN, A. B., "Ship Hydrostatics and Stability", Butterworth-Heinemann, London, 2003, 141-142.
- [3] DERRETT, D.R., "Ship Stability for Masters and Mates", Butterworth-Heinemann, OXFORD, 2006, 266-275.
- [4] د. هيثم عيسى ، " استخدام كثيرات حدود بثوابت ديناميكية لحساب المنحنيات الهيدروستاتيكية للسفينة " ، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث، 2011مجلد (33 عدد 2) -13.
- [5] د. ميشيل بريهان ، ائزان السفن2، قسم الهندسة البحرية -جامعة تشرين، 1، 2006-600
- [6] <http://h-issa.com>, 2012.