استخدام معيار تقييد الحركة لتحليل بنية الآليات المستوية التي تملك درجة طلاقة واحدة و ازدواجات من ذات النوع وتطبيق ذلك على آلة مكونة من /١٤/حداً

مقدمة

تحليل بنية الآليات أصبح الخطوة الأولى لتصميم الميكانيزمات، ويُمكن من تنفيذ أشكالها المختلفة، فمن المعلوم في هذا المجال الأسلوب المقترح من قبل غريوبليرا(Грюблера) في إنشاء الميكانيزمات[1]، حيث بُين كيفية حساب عدد الازدواجات وعدد الحدود والحلقات المغلقة، وعدد الازدواجات التي توجد في حد ولا تربطه بحد آخر كما بُين أسلوب تحديد الحد الأعظمي التي يملكها أحد حدود الآلة من الازدواجات وذلك انطلاقاً من اعتماد معادلة حساب درجة الطلاقة، و قد أجريت أبحاث كثيرة، ودراسات حول التركيبات الهيكلية[1] [2,3,4]، وتم التوصل من قبل الاختصاصين في هذا المجال وفي مقدمتهم أسورا(Accypa) إلى تحليل الهياكل المستوية ذات درجة طلاقة واحدة، واقتراح النماذج والذي بلغ عددها ١٧٣ [5,6] .

لقد تمت دراسة تحليل الآليات المستوية بدرجة طلاقة مساوية للواحد انطلاقاً من معادلة حساب درجة الطلاقة عند أغلب الاختصاصين لتلك الآليات، ولكن أكثر الأبحاث من قبل الاختصاصين تم التركيز فيها على الميكانيزمات الأكثر انتشاراً، وفي مقدمتها المجموعات رباعية الحدود لـ أسورا/Accypa/[1,2,3,4,5,6]، وقد بين عدد الاحتمالات الممكنة وإيضاح طرق حسابها، و قد بين أن تحليل الآليات يتم لإعطاء

---

[1] - الهياكل هي التركيبات التي تملك درجة طلاقة مساوية للصفر(معيار تقيد الحركة يكون مساوياً أيضاً للصفر).

المعلومات الواضحة عنها، والتي لم تكن معلومة سابقاً من قبل الاختصاصين في هذا المجال، وتم توضيح الخلاف بين تحليل بنية الميكانيزمات و التحليل الحركي[1,2]، وفيما بعد تم تحليل الآليات التي تملك ثمانية حدود انطلاقاً من امتلاكها ازدواجات دورانية وبدون وجود مفاصل مزدوجة[٢]، وحتى تاريخه لم يتم وضع الأشكال النهائية للميكانيزمات المقترحة بشكل دقيق، وهناك العديد من الخلافات حول أشكالها وعددها إضافة إلى أنه لم يتم التطرق إلى آليات مستوية بـــ١٤ حداً إلا من خلال تحديد عددها، وبشكل غير دقيق أو توضيح كيفية تحديد هذا العدد وبدون احتساب التكرار[٣][6,7].

هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحديد عدد الاحتمالات الممكنة للآليات المستوية التي تملك درجة طلاقة 1 وذات ازدواجات من ذات النوع باستخدام معيار تقييد الحركة وتوضيح هذه الاحتمالات بالرسم التمثيلي لكل أنواع الحدود، أو بشكل آخر تأمين بنك معلومات عن الآليات المستوية، وتطبيق ذلك على آلية مكونة من/١٤/ حداً.

المناقشة:

الآليات المستوية هي بالتعريف تلك الآليات التي تكون أشعة السرع لكل نقاط حدودها موجهة بشكل مواز لمستوٍ يدعى مستوى الحركة حيث تكون مفاصل الازدواج السفلي المتوافقة مع الحركة المستوية هي المفاصل الدورانية، والانزلاقية، و باعتبار أن محاور دوران المفاصل الدورانية في هذه الآليات يجب أن تنتمي لمستوي الحركة لأن كل النقاط قد ترتبط بنقاط الحد الآخر في المفصل الانزلاقي، حيث تتحرك النقاط في خطوط موازية لاتجاه الانزلاق وتنسب إلى الحد أو العنصر الآخر[8,9,10,11].

[٢] - يقصد بالمفاصل المزدوجة تلك التي تصل أكثر من حدين مع بعضهما البعض.
[٣] - المقصود بالتكرار هو التبديل بين الحدود من النوع ذاته وهذا لا يعني أي تغيير تركيبة الآلية .

علاقة معيار تقيد الحركة

قبل الدخول في إيجاد معيار تقيد الحركة لابد من توضيح بعض المصطلحات وهي:

١- عدد درجات الطلاقة: يعني هذا المصطلح عدد الإحداثيات المستقلة اللازمة لتحديد وضع الميكانيزم، وهذا يتم بحساب درجات الطلاقة لجسم نسبة إلى حد[٤]، و عبارة درجة الطلاقة تستخدم للدلالة على حرية التحكم في الحركة حتى ولو كان هذا الجسم مصنعاً بشكل جيد، وباعتماد عدد درجات الطلاقة للازدواج الكينماتيكي و للميكانيزمات الأولية يكون مصطلح عدد درجات الطلاقة قد أصبح واضحاً، ويتوجب تصنيف الازدواجات نسبة إلى عدد درجات الطلاقة من خلال ارتباطية، و إعطاء أهمية للحركة النسبية بين الحدين، ولكي يتم تحديد معيار تقييد الحركة للتركيبة كتركيبة حركية لابد من معرفة الاصطلاحات التالية[11, 12,13] :

أ- شكل المفصل الحركي بين حدين صلبين غير متصلين ويساعد ارتباط الحدين بمعرفة عدد درجات الطلاقة لحركة أحد الأجسام المتمفصلة نسبة للآخر.

ب- العلاقات الحركية لميكانيزم: تعرف بأنها العدد الأصغري للإحداثيات المطلوبة لتحديد مواضع كل عناصر الميكانيزم نسبة إلى عناصر تختار على أنها قاعدة أو إطار[8,9,11,12,13].

ج- معيار تقييد الحركة(التحركية) تستخدم لتحديد عدد المتغيرات الزوجية التي يتوجب تحديدها قبل أن تكون مواضع كل نقاط التركيبة محددة كتابع للزمن.

فإذا فرضنا أنه في تركيبة[٥] مؤلفة من n حد وكانت هذه الحدود حرة وتتحرك بشكل مستقل فإن النظام يملك معيار تقيد حركة للتركيبة المستوية مقداره 3.n، ولكن من المتعارف عليه بشكل عام الآليات ليست حرة الحركة في الفراغ، وإنما يثبت أحد حدودها بإطار مرجعي(حد ثابت وليكن الأرض مثلاً)، هذا يعني فقدان ثلاث درجات

[٤] - الحد:في هذه الحالة هو الحد المرجعي(اطار)ثابت

[٥] - مصطلح تركيبة هو ذاته مصطلح آلية و العكس صحيح ويضم مجموعة ميكانيزمات

طلاقة للآليات المستوية وستة للآليات الفراغية، وبذلك يكون معيار تقييد الحركة الكلي للنظام المستوي هو(3(n-1 دون الأخذ بعين الاعتبار الارتباط بين حدود التركيبة(الازدواجات[٦])، فإذا كان للتركيبة مجموعة من الازدواجات التي تربط بين حدودها و البالغ (J)، وبالتالي يملك كل ازدواج f_i من درجات الطلاقة فإن معيار تقيد الحركة(التحركية) للآلية سوف ينقص، وذلك باعتبار أن هذين الحدين اصلاً يمتلكان في حالة التركيبات المستوية ثلاث درجات طلاقة، وبمعرفة عدد الازدواجات يمكن القول بأن عدد درجات الطلاقة للازدواج في الآلة هو $3 - f_{\mathrm{i}}$، وإذا كان لدينا(J) ازدواج عندئذاً يكون عدد درجات الطلاقة للازدواجات للتركيبة معطى بالعلاقة التالية[9,11]:

$$(3 - f_1) + (3 - f_2) + .. + (3 - f_{\mathrm{J}}) = \sum_{i=1}^{J}(3 - f_i) = 3J - \sum_{i=1}^{J} f_i \quad (1)$$

و بالتالي معيار تقيد الحركة يعطى بالعلاقة التالية:

$$M = 3(n - 1) - \left(3.J - \sum_{i=1}^{J} f_i\right) = 3(n - J - 1) + \sum_{i=1}^{J} f_i \quad (2)$$

حيث أن:

n− عدد حدود الآلية.

J−عدد الازدواجات.

$\sum_{i=1}^{J} f_{\mathrm{i}}$ − مجموع درجات الطلاقة للازدواجات (للمفاصل) .

وباعتبار الحالة المدروسة تملك ازدواجات من صنف واحد وليكن دورانياً بدرجة طلاقة واحد يكون لدينا:

$$\sum_{i=1}^{J} f_i = J.1 = J \quad (3)$$

و يتم حساب J من العلاقة التالية[3,6,7,10]:

---

[٦] - مصطلح الازدواجات يشمل المفاصل بأشكالها المختلفة

$$J = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \cdots in_i + \cdots + n_i \qquad (4)$$

حيث أن:

τ–العدد الأعظمي للارتباطات بأحد الحدود.

n_i –عدد الحدود التي تضاف للسلاسل الحركية في ازدواج حركي.

وباعتبار التركيبة مستوية تملك معيار تقيد حركة مساوياً للواحد أي أن M=1 بالتعويض في العلاقة(2) نجد:

$$1 = 3(\mathrm{n} - \mathrm{J} - 1) + \mathrm{J} \Rightarrow 2J = 3\mathrm{n} - 4 \Rightarrow J = \frac{3}{2}n - 2 \qquad (5)$$

بالعودة إلى المعادلة(5) يتوجب الإشارة إلى أن عدد الحدود يجب أن يكون زوجياً حتى يكون عدد الازدواجات عدد صحيح إذاً يجب أن يكون nعدد زوجي إضافة إلى أن المعادلة(5) تبين بأن عدد الحدود يجب أن يكون أكبر أو يساوي(2) وبالتالي فإن عدد الازدواجات الأعظمي التي يمكن أن يملكها أحد الحدود يعطى بالعلاقة التالية[2,3,7,9,11]:

$$\tau_{\max} = \frac{\mathrm{n}}{2} \qquad (6)$$

حيث أن:

$\tau_{\max}$ – تمثل العدد الأعظمي للازدواجات التي يمكن أن يملكها أحد الحدود المكون للتركيبة.

و هكذا بتحديد قيمة$\tau_{\max}$ أصبح بإمكاننا أن نعلم نوعية الحدود التي يمكن أن تدخل في تركيب الآلة فمثلاً$\tau_{\max} = 3$ هذا يعني أن الحد الأعظمي للازدواجات في أحد الحدود هو3 أي لا تملك الآلة سوى حدود ثنائية وثلاثية، وباعتبار أن أي حد في الآلية هو على الأقل يملك ازدواجين، وبالتالي فإن عدد حدود الآلية يكون مساوياً لمجموع أنواع الحدود أي أن:

$$n = n_2 + n_3 + \cdots + n_i \Longrightarrow n = \sum_{i=1}^{\tau_{max}} n_i \qquad (7)$$

حيث أن:

n_2 – عدد الحدود الثنائية[٧].

n_3– عدد الحدود الثلاثية.

n_i– عدد الحدود التي تملك (i)مفصل يتصل بـــ(i) حد مستقل.

أما عدد الازدواجات في التركيبة، وذلك باعتبار أن كل حد يرتبط بالحد الآخر بازدواج واحد فقط (فمثلاً إذا كان عدد الحدود الثنائية n_2 يكون عدد المفاصل $2n_2$ بدون وصل الحدود مع بعضها وبعد الوصل يصبح عدد المفاصل النصف، ولذلك تعطى بالعلاقة التالية:

$$J = \frac{1}{2}(2n_2 + 3n_3 + 4n_4 \ldots. + in_i) \qquad (8)$$

أو

$$2J = 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 \ldots. + in_i = \sum_{i=2}^{J} in_i \qquad (9)$$

حيث أن:

$$n_i \geq 0, \quad i = 2,3,4 \ldots. J$$

و بتعويض قيمة$2J$ من العلاقة(5) تأخذ المعادلة (9) الشكل التالي:

$$2J = 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + in_i = \sum_{i=2}^{J} in_i = 3n - 4 \qquad (10)$$

بتعويض العلاقة(5)في العلاقة(7)نجد أن في حالة آلية تملك تحركيه مساوية للواحد:

$$2J = 3(n_2 + n_3 + n_4 \ldots. + n_i) - 4 \qquad (11)$$

[٧] - الحد الثنائي هو التي يتصل من طرفيه مع الحدين المجاورين بواسطة مفصلين و الحد الثلاثي هو الذي يتصل مع الحدود المجاورة بواسطة ثلاثة مفاصل وهكذا........

بمساوات (11) مع (9) نجد أن:

$$2n_2 + 3n_3 + 4n_4 \ldots . + in_i = 3n_2 + 3n_3 + 3n_4 + \cdots + 3n_i - 4 \Longrightarrow$$

$$n_2 = 4 + n_4 + 2n_5 \ldots + (i-3)n_i \Longrightarrow n_2 = 4 + \sum_{i=4}^{\tau_{max}} (i-3)n_i \quad (12)$$

من العلاقة(12)يتبين بأن أي آلية مستوية ذات معيار تقييد حركة مساوياً للواحد يجب أن تحوي على الأقل أربع حدود ثنائية مما سبق يمكن القول:

١- عدد حدود الآلية المستوية بمعيار تقييد حركة واحد يجب أن يكون عدد زوجي.

٢- الحد الأعظمي لعدد الازدواجات التي يملكها أحد الحدود هو $\tau_{max} = \frac{n}{2}$.

٣- عدد الحدود الثنائية يجب أن لا يقل عن(4).

٤- الحد الأعظمي للازدواجات في الآلية المستوية $J = \frac{3}{2}n - 2$.

ويكون عدد الحدود الثلاثية بالتعويض في العلاقة (7)قيمة n_2 كما هو مبين في العلاقة (12) نجد:

$$n = n_2 + n_3 + \sum_{i=4}^{\tau_{max}} n_i = 4 + \sum_{i=4}^{\tau_{max}} (i-3)n_i + n_3 + \sum_{i=4}^{\tau_{max}} n_i \Longrightarrow$$

$$\Longrightarrow \; n_3 = n - 4 - \sum_{i=4}^{\tau_{max}} (i-2)n_i \qquad (13)$$

بمعرفة العدد الأعظمي من الازدواجات التي يملكها أحد الحدود كما تبين العلاقة (6) يمكننا أن نحدد مجال امتلاك التركيبة العدد من هذا الحد فمثلاً لنفرض الحالات التالية: n=8,10,...14 نجد أن:

$$n = 8 \Longrightarrow \tau_{max} = \frac{8}{2} = 4, n = 10 \Longrightarrow \tau_{max} = \frac{10}{2} = 5, n = 14 \Longrightarrow \tau_{max} = \frac{14}{2} = 7$$

بالتعويض في المعادلات(7) و(10) نجد:

$$\sum_{i=2}^{\tau_{max}=4} in_i = 3n-4 \Rightarrow \left.\begin{matrix} 2n_2+3n_3+4n_4 = 3.8-4 = 20 \\ n = n_2+n_3+n_4 = 8 \end{matrix}\right\} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} 2n_2+3n_3+4n_4 = 20 \\ 3n_2+3n_3+3n_4 = 24 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n_2 = 4+n_4 \\ n_3 = 4-2n_4 \end{cases}$$

و كما ذكر أعلاه بأن الحد الأدنى من الحدود الثنائية في الآليات المستوية $n_{2_{min}}$ لا يقل عن 4 حدود يكون عدد الحدود الرباعية مساوياً في هذه الحالة:

$$4 = 4 + n_4 \Rightarrow n_4 = 0$$

وباعتبار أن عدد الحدود الثلاثية يعطى وفق مايلي: $n_3 = 4 - 2n_4$ نستنتج حتى يكون هناك حدود ثلاثية يجب أن يكون عدد الحدود الرباعية أصغر من 2 و إلا يكون الناتج سالباً مما يعني أن هناك n_3 ناقص وهذا غير منطقي في تصميم الآليات ومنه يكون$n_{4_{max}}$=2 و بالتالي$0 \le n_4 \le 2$ و بذات الطريقة نحصل على النتائج الواردة في الجدول(١).

جدول(١)المجال الممكن لعدد الحدود التي تملك أكبر عدد من الازدواجات

عدد حدود الآليةn	τ_{max} العددالأعظمي للازدواجات	نوع الحد الذي يملك أكبر عدد من الازدواجات	مجال الأعداد الذي تملكه الآلية من الحد ذات أكبر عدد من الازدواجات
8	4	n_4	$0 \le n_4 \le 2$
10	5	n_5	$0 \le n_5 \le 2$
12	6	n_6	$0 \le n_6 \le 2$
14	7	n_7	$0 \le n_7 \le 2$
n	$\frac{n}{2}$	$n_{\tau_{max}}$	$0 \le n_{\tau_{max}} \le 2$

من الجدول(١) يتحدد لدينا المجال الذي يحدد عدد الحدود ذات العدد الأعظمي من الازدواجات وهذا يعني أن:$n_{\tau_{max}} = 0,1,2$، و بالتالي يكون نوع الحدود التي تؤلف الآلية محصور ضمن المجال التالي في حالة$n \ge 10$ [2,3,4,5]:

$$0 \le n_i \le A(a_i), i = \tau_{max}-1, \tau_{max}-2 \ldots .4$$

$A(a_i)$ – العدد الاعظمي للهدف و الذي يجب أن لايزيد عن العدد a_i.

$$a_i = \frac{n-4-\sum_{r=1}^{\tau max-i}(\tau_{max}-r-1)n_{(\tau_{max}-r+1)}}{i-2} \qquad (14)$$

حيث أن:

r– رتبة المجموعة(عدد الازدواجات الخارجية التي لا ترتبط بحد آخر).

النتائج

١– تطبيق الدراسة النظرية على تركيبة مكونة من ١٤ حداً

في الحالة المدروسة للتركيبة حيث *n=14* نحصل من تطبيق المعادلات(6) و (14) على النتائج التالية:

$$\tau_{max} = \frac{n}{2} = \frac{14}{2} = 7$$

وهذا يعني أن أكبر عدد من الازدواجات التي يمكن أن يمتلكها أحد حدود الآلية هو 7 من الجدول(١) نجد أن

$$0 \leq n_7 \leq 2 \qquad (15)$$

من المعادلة(14) نجد أن:

$$a_i = \frac{\mathrm{n}-4-\sum_{\mathrm{r}=1}^{\tau_{max}-i}(\tau_{\max}-r-1)n_{(\tau_{max}-r+1)}}{i-2} \Longrightarrow$$

$$a_6 = \frac{14-4-\sum_{\mathrm{r}=1}^{7-6}(7-r-1)n_{7-r+1)}}{6-2} == \frac{10-\sum_{\mathrm{r}=1}^{1}(7-r-1)n_7}{4} = \frac{10-(7-1-1)n_7}{4} = \\ = \frac{10-5n_7}{4}$$

وبذلك يتم تحديد القيمة العظمى لمجال عدد الحدود السداسي كما يلي:

$$0 \leq n_6 \leq \frac{10-5n_7}{4}$$

بالأسلوب ذاته نحدد القيمة العظمى لمجال عدد الحدود الخماسية والرباعية ونلخص النتائج في الجدول(٢).

الجدول(٢) يبين مجالات عدد الحدود

نوع الحد	القيمة العظمى لمجال عدد الحدود
n_6	$0 \le n_6 \le \frac{10-5n_7}{4}$
n_5	$0 \le n_5 \le \frac{10-5n_7-4n_6}{3}$
n_4	$0 \le n_4 \le \frac{10-5n_7-4n_6-3n_5}{2}$

أما فيما يخص الحدود n_2, n_3 يتم تحديدها من العلاقات(13),(12) ويحسب عدد الحدود السباعية من العلاقة(15)حيث أن:$n_7 =0,1,2$، ولكل قيمة من هذه القيم تقابلها قيم لـــn_6 ، ولكل قيمة لـــn_6 يقابلها قيم لـــn_5، ولكل قيمة لـــn_5 يقابلها قيم لـــn_4، وبعد إيجاد عدد الحدود السابقة نوجد قيم n_3, n_2 ،لكل حالة وفيما يلي مثال على الحساب على أن نورد باقي النتائج في الجدول(٣):

$$n_7 = 0 \Rightarrow 0 \le n_6 \le \frac{10-5.0}{4} = \frac{10}{4}$$

ويعبر عن ذلك بالمخطط التالي:

$$n_7 = 0 \begin{cases} \to n_6=0 \\ \to n_6=1 \\ \to n_6=2 \end{cases}$$

سوف نقوم بتوضيح الحسابات الكاملة لأحد الخيارات و نعبر عن باقي الحلول الأخرى بالمخطط التمثيل مع توضيح الحلول بشكل مصفوفات وجداول لاحقاً ولذلك يكون لدينا:

$$n_7 = 0 \Rightarrow \mathrm{n}_6 = 0 \Rightarrow 0 \le \mathrm{n}_5 \le \frac{10-5\mathrm{n}_7-4n_6}{3} = \frac{10}{3}, \mathrm{n}_5 = 0,1,2,3$$

$$\boldsymbol{n_7 = 0 \Rightarrow n_6 = 0 \Rightarrow n_5 = 0 \Rightarrow 0 \le n_4 \le} \frac{10-5.0-4.0-3.0}{2} = \frac{10}{2}=5$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{n_4 = 0, 1, 2, 3, 4, 5} \qquad \textbf{(16)}$$

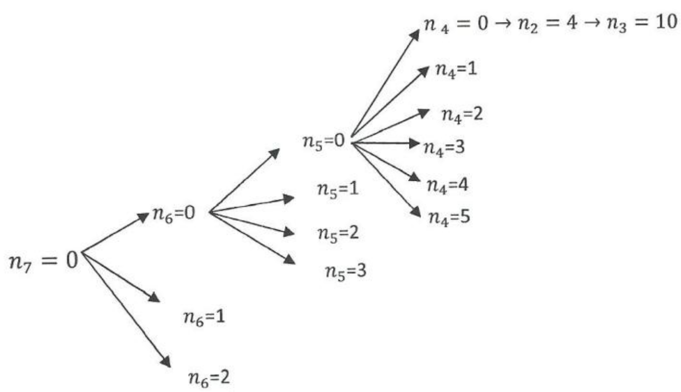
بأخذ الخيار التالي:

$$n_7 = n_6 = n_5 = n_4 = 0$$

نستطيع تحديد قيمة عدد الحدود الثنائية و الثلاثية وفق المعادلات(12),(13)فنحصل على:

$$n_2 = 4 + \sum_{i=4}^{\tau max}(i-3)n_i = \boldsymbol{4} + \sum_{i=4}^{7}(i-3)n_i = \boldsymbol{4 + n_4 + 2n_5 + 3n_6 + 4n_7 = 4 + 1.0 + 2.0 + 3.0 + 4.0 = 4}$$

$$n_3 = n - 4 - \sum_{i=4}^{\tau max}(i-2)n_i = \boldsymbol{14 - 4} - \sum_{i=4}^{7}(i-2)n_i = \boldsymbol{10 - 2n_4 - 3n_5 - 4n_6 - 5n_7 = 10 - 2.0 - 3.0 - 4.0 - 5.0 = 10}$$



سوف نعتمد توصيف لهذا التمثيل باعتماد الاختصارات المبينة في المعادلة التالية:

$$\mathrm{R}(n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7) \qquad (17)$$

فمثلاً بالنسبة للخيار الذي تم إيجاده أعلاه يعبر عنه كما يلي:

R(4 10 0 0 0 0 0)

حيث أن:

R− يعبر عن الحل أو الخيار.

$n_2 = 4$ − يعبر عن عدد الحدود الثنائية.

$n_3 = 10$ − يعبر عن عدد الحدود الثلاثية.

$n_4 = 0$ − يعبر عن عدد الحدود الرباعية.

$n_5 = 0$ − يعبر عن عدد الحدود الخماسية.

$n_6 = 0$ − يعبر عن عدد الحدود السداسية.

$n_7 = 0$ − يعبر عن عدد الحدود السباعية.

سوف نورد في الجدول(٣) توصيف بنك معلومات لباقي الحلول وعدد كل نوع منها.

جدول(٣) يبين عدد الحدود من كل نوع ورقم الحل و اختصاره

رقم	تمثيل خيار الحل	نـــــــوع الـــــحــــــــد					
الحل		n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
1	R(4100000)	4	10	0	0	0	0
2	R(581000)	5	8	1	0	0	0
3	R(66000)	6	6	2	0	0	0
4	R(743000)	7	4	3	0	0	0
5	R(824000)	8	2	4	0	0	0
6	R(924000)	9	0	5	0	0	0
7	R(670100)	6	7	0	1	0	0
8	R(751100)	7	5	1	1	0	0
9	R(832100)	8	3	2	1	0	0
10	R(913100)	9	1	3	1	0	0
11	R(840100)	8	4	0	1	0	0
12	R(921200)	9	2	1	2	0	0

13	R(1002200)	10	0	2	2	0	0
14	R(1010300)	10	1	0	3	0	0
15	R(760010)	7	6	0	0	1	0
16	R(841010)	8	4	1	0	1	0
17	R(922010)	9	2	2	0	1	0
18	R(1003010)	10	0	3	0	1	0
19	R(930110)	9	3	0	1	1	0
20	R(1011110)	10	1	1	1	1	0
21	R(1100210)	11	0	0	2	1	0
22	R(1020020)	10	2	0	0	2	0
23	R(1101020)	11	0	1	0	2	0
24	R(850001)	8	5	0	0	0	1
25	R(931001)	9	3	1	0	0	1
26	R(1012001)	10	1	2	0	0	1
27	R(1020101)	10	2	0	1	0	1
28	R(1101101)	11	0	1	1	0	1
29	R(1110011)	11	1	0	0	1	1
30	R(1200002)	12	0	0	0	0	2

٢- من الجدول(٣) نجد أن هناك /٣٠/ خيار لتشكيل تركيبة مكونة من /١٤حداً/ بمعيار تقيد حركة مساوياً للواحد و بازدواجات دورانية من الصنف ذاته.

٣- باستخدام الاختصارات الواردة في الجدول(٣) أصبح بإمكاننا استخدام الحاسب لأجراء إحصاء دقيق وتمثيل بسهولة من خلال إيجاد حلول لعدد من المصفوفات.

٤- من خلال الدراسة أعلاه يمكننا تقسم عملية تحليل بنية الآليات المستوية إلى المراحل التالية:

أ- الخطوة الأولى لحل مسألة تحليل بنية الآليات هي تحديد عدد الحدود $n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7$ ، وبذلك يتم تحديد عدد احتمالات الحلR.

ب- الخطوة الثانية هي لكل احتمال حل R يتم تحديد nحد لبنية الآلية التي من الممكن أن تشكل منها الآلية بعد وصل هذه الحدود من خلال قيمة$7 = \frac{14}{2} = \frac{n}{2} = \tau_{max}$.

ج- الخطوة الثالثة يكمن حل مسألة تحليل بنية الآليات من خلال إنتاج الحلول غير المتكررة للحدود(للبناء) وبذلك يكون جميع الحلول التي نكون أوجدناها تشكل بنك المعلومات عن الآليات المستوية ذات معيار تقيد حركة قيمته واحد ومكونـــــــة من /١٤ حداً/.

المراجع:

1-Вульфов И.И., Ернхов М.Л., Коловский М.З. идр., под ред. Смирнова Г.А., 1996-механика машин учеб. Пособие для ВТЗОВ –Высшая школа, Москва 511с.

2-Пейсах Э.Е.,Ностеров В.А.,2000-система проектирования плоских рычажных механизмов-Машиностроение,Москва,904с.

3- Пейсах Э.Е.,2005 Оструктрном синтезе рычажных механизмов,Теория механизмов и машшин, $N_\circ(1)Tom5$،с77-80.

4- Дворников Л.Т., Гудимова л.Н.,2008 Задача о поиске многообразия восьмизвенных плоских шарнирных групи Ассура, Теория механизмов и машшин, $N_\circ(1)Tom6$,с15-29.

5- Пейсах Э.Е. 2005 Катлог восьмизвенных плоских групп Ассура ,Теория механизмов и машшин,, $N_\circ(1)Tom5$,с15-27.

6- Дворников Л.Т.,2008 Квопросу о классификации плоских групи Ассура, Теория механизмов и машшин, $N_\circ(2)Tom6$,с18-25.

7- Пейсах Э.Е.,2008 структрный синтезе замкнутых кинематических цепей часть1,Теория механизмов и машшин, $N_\circ(1)Tom6$،с4-14

8- Kennet H.J,1999-Kinematics ,dynamics,and design of machine New York ,640p .

9-Jing –Shan Zhao, Zhi-Jing Feng, Jing-Xin Dong2006 Computation of the configuration degree of freedom of a spatial parallel mechanism by using reciprocal screw theory, Mechanism and Machine Theory ,Tom41, 1486-1504p.

10- Дворников Л.Т.,2004 опыт структрного синтеза механизмов, Теория механизмов и машшин, $N_\circ 2\ Tom2$,с3-17.

11-Grant R.F.,George L.C.,1993Analyicl mechanics Copyrights and Permissions Department, Harcourt Brace&Company,8th Floor, Orlando, Florida 32887

١٢- يوسف نزيه، بشيش نعيم،يونس عدنان،٢٠٠٦-نظرية الآلات منشورات جامعة البعث،٥٨٩ص.

١٣-عبيد سيمون، عمجة اسكندر ١٩٨٩ -نظرية الآلات منشورات جامعة دمشق،٥٥٩ص.