مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

مساهمة في بناء نظام برمجي لمعالجة مسائل الميكانيك الهندسي
برنامج الميكانيك الهندسي – EngMec1

الدكتور نعمان عيسى *
الدكتور نبيل دبانة **
منذر فرحات ***

(تاريخ الإيداع 19 / 8 / 2010. قُبِل للنشر في 25/ 4 / 2011)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى تطوير طريقة تدريس علم الميكانيك الهندسي عن طريق برمجة أبحاثه الأساسية وتقديمها إلى الطالب بأسلوب سهل وبنفس الوقت الاستفادة من البرنامج الموضوع في حل مختلف المسائل المتعلقة بمواضيع هذا العلم بسهولة وسرعة باستخدام الحاسب، ولهذه الغاية تم بناء نظام برمجي بلغة فيجوال بيسك VB يعتمد على صياغة رياضية مصفوفاتية لعمليات ومفاهيم الميكانيك الهندسي. تعتبر لغة VB لغة مرنة جداً يمكنها أن تستوعب الحل الرياضي بالإضافة إلى قدرتها على استخدام الوسائط المتعددة من أجل العرض والإظهار الفراغي.

يعالج برنامج الميكانيك الهندسي EngMec1 أهم مفاهيم الميكانيك الهندسي المستخدمة في الكليات الهندسية مثل (مسقط قوة على محور– عزم قوة– محصلة جملة من القوى والعزوم عند نقطة– المحصلة المركزية– تحليل جملة من القوى والعزوم على مجموعة من المحاور– ردود الأفعال في المساند وقوى الارتباط عند المفاصل الداخلية– القوى الداخلية– مراكز الثقل) بأسلوب مبسط وصياغة مصفوفاتية مستخدماً إمكانات الحاسب المتطورة في الإظهار الفراغي.

الكلمات المفتاحية: الميكانيك الهندسي، العملية التعليمية، المنشآت المقررة، مراكز الثقل، القوى، العزوم.

* مدرس – قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** أستاذ مساعد – قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم الهندسة الإنشائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (2) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (2) 2011

A Contribution in the Construction of a Programming System for the Treatment of Problems in Mechanical Engineering Engmec1 Program

Dr. Neman Issa [*]
Dr. Nabil Debbaneh [**]
Munzer Farhat [***]

(Received 19 / 8 / 2010. Accepted 25 / 4 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research aims at developing the teaching methods of Engineering Mechanics, through programming its basic researches and presenting them to the student in an easy way, and at the same time benefiting from the used programs in solving different problems of issues related to this science easily and quickly through the computer. For this reason a programming system has been built up using Visual Basic language (VB). This system depends on a mathematical form of operational matrix and the Mechanical Engineering ideologies. The VB language is considered as a very manageable language which can understand the mathematical solution, beside its ability to use the approved medium for presentation and solid geometrical manifestation.

There are so many understandings in Mechanical Engineering such as (Projection of a Force – Moment of a force – A Resultant force system – Reduction of a force system to a Wrench – Equivalent systems of forces – Reaction – Internal forces – Centre of gravity). We shall try to mould these understandings in the form of matrix and manifest them in a solid geometrical way through the computer.

Key Words: Mechanical Engineering, teaching process, Determined structures, weights centers, forces, moments.

[*]**Assistant Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Egineering, Tishreen University, lattakia, Syria.**
[**]**Associate Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Egineering, Tishreen University, lattakia, Syria.**
[***]**Postgraduate student, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Egineering, Tishreen University, lattakia, Syria.**

مقدمة:

يساهم التطور السريع لعلمي الإلكترونيات والمعلوماتية وتطبيقاتهما بشكل كبير في دفع عجلة التطور العلمي والثقافي والتقني، حيث يسمحان بتحميل الكثير من العمليات الذهنية والحسابية للوسائل التقنية ويفتحان المجال واسعاً لطرح مسائل أكثر تركيباً وتعقيداً مما يؤدي إلى زيادة الفعالية والتنظيم العلمي لمختلف مراحل العمل في كل مجالات التخطيط والإنتاج، مما يتطلب في معظم الأحيان تجديداً لصياغة طرق حل المسائل العلمية أي تجديداً للبناء الرياضي والمنهجي باتجاه استخدام الحاسوب.

تعتبر مسألة زيادة فعالية العمليات الذهنية بشكل مستمر، وضرورة تأهيل جميع الخريجين خلال فترة الدراسة على الاستعمال والتطبيق الفعال لطرق وأساليب التفكير التي ستواجههم في حياتهم العملية بعد الدراسة محط أنظار الأبحاث التربوية، ويزداد التوجه العلمي لتطوير نظم التعليم من خلال تحليل مراحل عمليتي التعليم والتعلم والعمل على تطويرهما والاستفادة من وسائل العصر التقنية.

العملية التربوية عبارة عن نشاط مشترك بين المعلمين والطلاب، وتوجد بين هذين العنصرين خلال العملية التربوية علاقات معينة يتم تحديد طابعها من خلال: الهدف – المضمون – طرق وأشكال التنظيم المناسبة، حيث يقوم المعلم خلال المرحلة التحضيرية بتحديدها واختيارها بينما يتم خلال المرحلة التنفيذية إيصال المضمون للطلاب والحصول على النتائج وتدقيقها وعلى ضوء هذه النتائج يتم الحكم على فعالية عمليات التعليم والتعلم وعلى كيفية تغييرها أو تحسينها وتطويرها في المستقبل. تكون وظيفة الطلاب خلال ذلك استقبال وتجميع وتركيز المعلومات ثم توسيع فهم المضمون عن طريق إجراء اختبارات وتدقيقات ذاتية متطورة المستوى.

تتضمن العملية التربوية عدة مراحل وتبرز في كل مرحلة بعض الوظائف للمعلم والطالب بشكل أقوى من الوظائف الأخرى مما يتطلب من النظم التعليمية دعماً متغيراً تبعاً للمرحلة الراهنة.

ويمكن طرح هذه المراحل بالشكل التالي:

1. المرحلة التحضيرية للمعلم والطالب.
2. إيصال المعلومات من جهة المعلم واستقبالها من جهة الطلاب.
3. المرحلة التدريبية حيث يقوم الطلاب بتثبيت معلوماتهم واكتساب المهارات الضرورية.
4. مرحلة التمرين حيث يقوم الطلاب بحل أنواع مختلفة من التمارين وتدقيق نتائجهم ذاتياً أو بالتعاون مع المعلم بحيث يغنوا معلوماتهم ويوسعوا آفاقهم.
5. مرحلة الامتحان الضروري لإعطاء التقدير الصحيح لمستوى الطلاب.

يحسن استخدام الوسائل المعلوماتية والبرامج التعليمية المدعمة بالحواسب مستوى ونوعية التعليم وتزيد من فعالية التحصيل العالي وتطبيقاته في الحياة العملية مما يرفع المستوى التخصصي للطاقات العاملة.

أهمية البحث وأهدافه:

دخلت الأتمتة شتى نواحي الحياة المعاصرة، ويتجه الاهتمام إلى الاستفادة من علوم الكمبيوتر في تطوير أساليب العمل وتكون الحاجة أكثر إلحاحاً إلى استخدام أحدث الطرق في العملية التعليمية والتدريسية وتوظيف إمكانيات البرمجة في خدمتها للحصول على أكبر مردود نوعي ممكن.

يعتبر علم الميكانيك الهندسي أحد أسس العلوم الهندسية، وهو يكتسب أهمية خاصة لأنه يعتبر حجر الزاوية ومطلب أساسي لفهم الكثير من المقررات التي تدّرس في كلية الهندسة المدنية مثل: مقاومة المواد وميكانيك الإنشاءات ومقررات البيتون المسلح والإنشاءات المعدنية.

ترتكز فكرة البحث على تطوير طريقة تدريس هذا العلم عن طريق برمجة أبحاثه الأساسية وتقديمها إلى الطالب بأسلوب سهل وبنفس الوقت الاستفادة من البرنامج الموضوع في حل مختلف المسائل المتعلقة بمواضيع هذا العلم بسهولة وسرعة باستخدام الحاسب.

يهدف البحث إلى بناء نظام برمجي بلغة فيجوال بيسك VB يعتمد على صياغة رياضية مصفوفاتية لعمليات ومفاهيم الميكانيك الهندسي حيث تعتبر لغة VB لغة مرنة جداً يمكنها أن تستوعب الحل الرياضي بالإضافة إلى قدرتها على استخدام الوسائط المتعددة من أجل العرض والإظهار الفراغي.

يمثل العمل المتضمن في هذا البحث دعماً للأهداف التالية:

1. البحث عن شكل جديد للحصة الدرسية تستخدم فيها الوسائل التقنية الحديثة لزيادة فعالية المدرسين والطلاب حيث يمكن للطلاب أن يحلوا نفس المثال أو أن يقوم كل طالب بحل مثال مختلف عن الآخر في نفس الوقت.
2. يساهم الاستخدام الأمثل للوسائل التقنية الحديثة في العملية التعليمية في:
   - اختصار الكثير من الوقت اللازم لبعض الأعمال التحضيرية.
   - الاستغناء عن الكثير من الأعمال الكتابية والرسومات الطويلة.
   - تمكين الطلاب من عملية التدقيق الذاتي الفوري.
   - استغلال الوقت الذي تم ربحه للتدرب على عدد أكبر من المسائل ولمعالجة حالات خاصة وإيصال معلومات موسعة تغني أفق الطلاب.
   - تقصير الطريق نحو الهدف المطلوب وإغناء مضمونه.
   - تقوية الأثر التعليمي والتحصيل خلال الحصة الدراسية.
3. يسهل البرنامج الموضوع عملية التدقيق والاختبار للمعلمين والطلاب حيث يمكنه معالجة حجم كبير من المعلومات بدقة كبيرة خلال فترة قصيرة.

يمكننا بوساطة برنامج الميكانيك الهندسي:

- تعليم أسس ومفاهيم الميكانيك الهندسي ابتداءً من أبسط المسائل وحتى أعقدها.
- استخدامه كوسيلة إيضاح للعملية التعليمية : حيث يمكننا هذا البرنامج من رسم المنشآت المستوية والفراغية والقوى المؤثرة فيها وعرضها بدقة ووضوح وسرعة على شاشة الحاسوب مع إمكانية تدويرها وتكبيرها ومعاينتها من زوايا متعددة من أجل المزيد من الإيضاح.
- تحسين أداء الطلاب: حيث يمكننا أن نظهر للطلاب تأثير أي تغيير في قيم أو اتجاهات القوى أو الشكل الهندسي للمنشأ بكل سهولة وسرعة.
- حل المسائل بسهولة وسرعة.
- تدقيق نتائج الحل اليدوي خطوة خطوة: يسمح البرنامج بعرض طريقة الحل بشكل مفصل.
- تدريب ذاتي: بعض الطلاب يطلبون مسائل محلولة في لوحة الإعلانات، ويسألون عن حلهم أصحيح هو أم لا، وأين مكان الخطأ في حال وجوده، هذا البرنامج يحاول تلبيه مختلف حاجاتهم.

• برنامج لامتحان الطلاب: حيث يمكن للطالب أن يمتحن نفسه ذاتياً، وسنحاول تطوير البرنامج ليخدم المذاكرات الفصلية حيث يمكن للطلاب الدخول إلى غرفة الحاسب وإجراء المذاكرة والحصول على النتيجة مباشرة.

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث اتباع المنهجية الآتية:

- جمع المعلومات الهندسية: العمليات الأساسية على الأشعة – القوى – ..
- صياغة المفاهيم بشكل مصفوفي: تحويل العمليات على الأشعة من الشكل الرياضي الشعاعي (جداء سلمي – جداء شعاعي – ..) إلى الشكل المصفوفي.
- كتابة المخططات النهجية: وضع البنية العامة للبرنامج المطلوب تمهيداً لكتابته بلغة البرمجة VB.
- كتابة البرنامج.
- وضع البرنامج تحت الاختبار.
- مناقشة نتائج الدراسة وصياغة الاستنتاجات.

العلاقات الأساسية في الميكانيك الستاتيكي Fundamental Equations [2] [3 [4]

الشعاع في جملة المحاور الإحداثية الديكارتية Cartesian Vector : $\vec{V} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}$

الشعاع المار من نقطتين : $\overrightarrow{r_{m_1 m_2}} = \overrightarrow{m_1 m_2} = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k}$

طويلة الشعاع Magnitude : $\left|\vec{V}\right| = \sqrt{{v_x}^2 + {v_y}^2 + {v_z}^2}$

جيوب تمام توجيه الشعاع Directions :

$$\vec{e}_v = \frac{\vec{V}}{\left|\vec{V}\right|} = \frac{v_1\vec{i} + v_2\vec{j} + v_3\vec{k}}{\left|\vec{V}\right|} = \frac{v_1}{\left|\vec{V}\right|}\vec{i} + \frac{v_2}{\left|\vec{V}\right|}\vec{j} + \frac{v_3}{\left|\vec{V}\right|}\vec{k} = \cos(\alpha)\vec{i} + \cos(\beta)\vec{j} + \cos(\gamma)\vec{k}$$

$$\cos^2(\alpha) + \cos^2(\beta) + \cos^2(\gamma) = 1$$

الجداء السلمي Dot Product :

$$s = \vec{A}.\vec{B} = \left|\vec{A}\right|.\left|\vec{B}\right|.\cos(\vec{A},\vec{B}) = a_1.b_1 + a_2.b_2 + a_3.b_3$$

الجداء الشعاعي Cross Product :

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$$

الجداء المختلط Mixed Product :

$$d = (\vec{a},\vec{b},\vec{c}) = (\vec{a} \wedge \vec{b}).\vec{c} = \vec{a}.(\vec{b} \wedge \vec{c}) = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix}$$

عزم قوة حول نقطة Moment of Force [4] :

$$\overrightarrow{M_{a,\vec{P}}} = \overrightarrow{r_{ab}} \wedge \vec{P} = M_{ab}.\vec{P}$$

$M_{ab} = \begin{bmatrix} 0 & -D_z & D_y \\ D_z & 0 & -D_x \\ -D_y & D_x & 0 \end{bmatrix}$ مصفوفة التباعد بين النقطة a ونقطة تأثير القوة b

عزم قوة بالنسبة لمحور [4] Moment of a Force about a specified axis :

$$\overrightarrow{M_{g,\vec{P}}} = D\overrightarrow{e_g} = k_{gg}.\overrightarrow{M_{a,\vec{P}}} = k_{gg}.M_{ab}.\vec{P}$$

$$D = \left|\overrightarrow{M_{g,\vec{P}}}\right| = \overrightarrow{M_{a,\vec{P}}}.\overrightarrow{e_g} = (\overrightarrow{r_{ab}} \wedge \vec{P}).\overrightarrow{e_g} = (\overrightarrow{r_{ab}}, \vec{P}, \overrightarrow{e_g}) = (\overrightarrow{e_g}, \overrightarrow{r_{ab}}, \vec{P})$$

$k_{gg} = \begin{bmatrix} e1.e1 & e1.e2 & e1.e3 \\ e2.e1 & e2.e2 & e2.e3 \\ e3.e1 & e3.e2 & e3.e3 \end{bmatrix}$ مصفوفة الإسقاط للمحور g

محصلة القوى Simplification of a Force and Couple System :

$$\overrightarrow{P_a} = \sum \overrightarrow{P_i}$$

$$\overrightarrow{M_a} = \sum \overrightarrow{M_i} + \sum \overrightarrow{M_{a,\vec{P}i}} = \sum \overrightarrow{M_i} + \sum \overrightarrow{r_{ai}} \wedge \overrightarrow{P_i}$$

الجملة المتوازنة Equilibrium : $\sum \overrightarrow{P_i} = 0, \sum \overrightarrow{M_i} = 0$

مركز الثقل Center of Gravity :

$$x = \frac{\sum W_i.x_i}{\sum W_i}$$

النتائج والمناقشة:

نورد فيما يلي نظرة عامة حول برنامج الميكانيك الهندسي.

1. <u>النافذة الافتتاحية:</u>

عند تشغيل برنامج الميكانيك الهندسي تظهر النافذة الافتتاحية المبينة في الشكل:

الشكل (1) النافذة الافتتاحية لبرنامج الميكانيك الهندسي

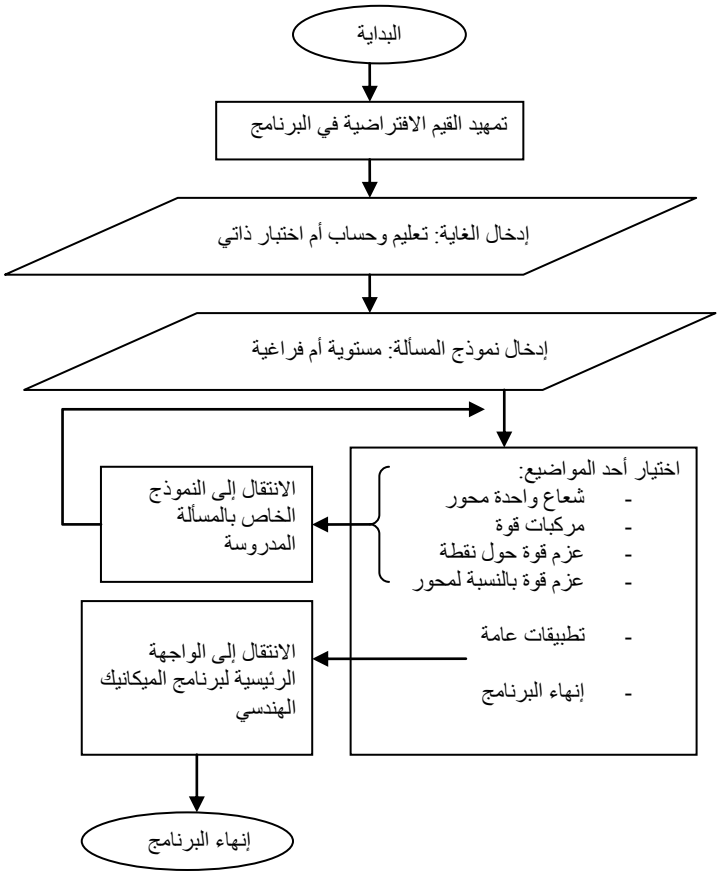
a. في قسم نموذج المسألة: نحدد هل الحالة مستوية أم فراغية.

b. في قسم اختر أحد المواضيع: نختار أحد المواضيع المطروحة، الغاية من المواضيع الأربعة الأولى تعلم أهم مبادئ الميكانيك الهندسي، حيث يتعلم الطالب كيفية حساب:

i. مركبات شعاع واحدة محور معين بنقطتين على المحاور الإحداثية.
ii. مركبات قوة محمولة على مستقيم معين بنقطتين على المحاور الإحداثية.
iii. عزم قوة حول نقطة.
iv. عزم قوة بالنسبة لمحور.

يمكن للطالب عندما يتقن هذه العمليات أن يختبر نفسه فيقوم بحل المسألة بمفرده ثم يتأكد من حله بوساطة البرنامج، يفضل التدرج في عملية التعلم بحيث يتقن الطالب المبادئ السابقة الواحدة بعد الأخرى أولاً قبل الانتقال إلى المسائل الأعقد.

يبين الشكل (2) المخطط النهجي العام لبرنامج الميكانيك الهندسي حيث يوضح آلية الإدخال والمعالجة.

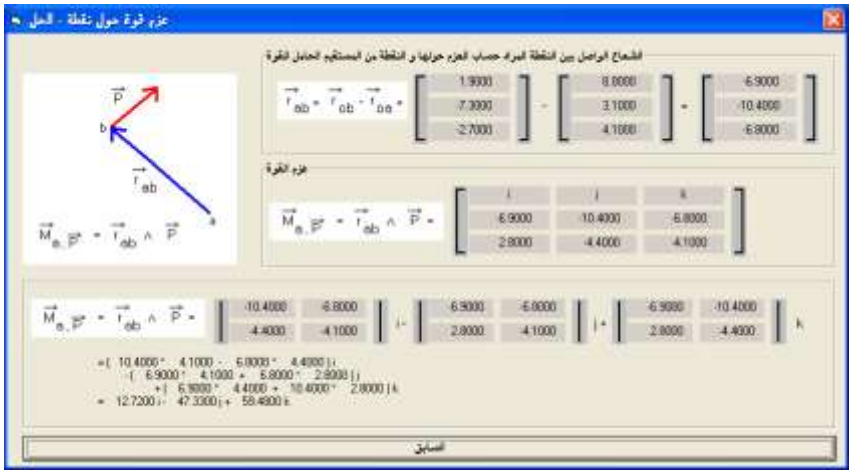


الشكل (2) المخطط النهجي العام لبرنامج الميكانيك الهندسي

تبين الأشكال (3,4,5) آلية إدخال العمليات الأساسية الأربعة اللازمة لتعلم أهم مبادئ الميكانيك الهندسي وكيفية إخراج نتائجها.

الشكل (3) مركبات قوة محمولة على مستقيم معين بنقطتين على المحاور الإحداثية

الشكل (4) عزم قوة حول نقطة – المعطيات



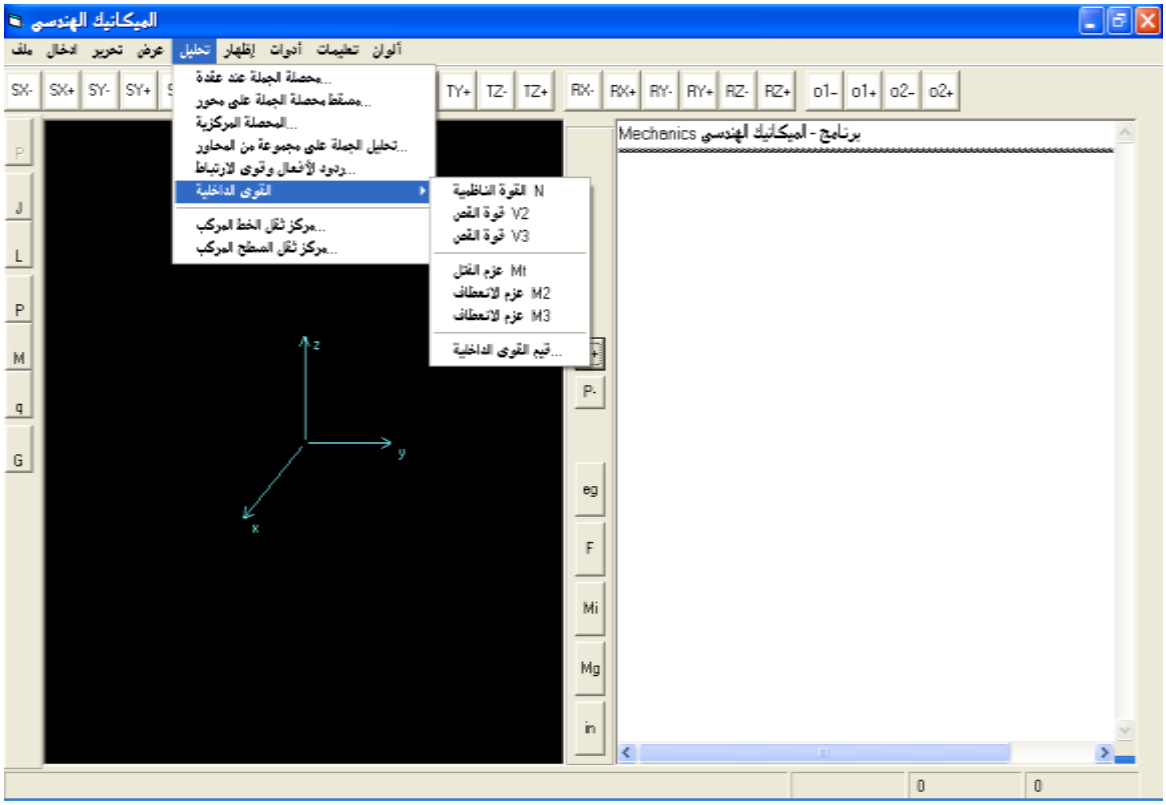
الشكل (5) عزم قوة حول نقطة – النتائج

مثلاً يتم إيجاد عزم قوة حول نقطة بالاعتماد على الخوارزميات التالية:

```
Public Function VectorTwoPoint(roa() As Double, rob() As Double) As Double()
'شعاع يمر بين نقطتين
Dim rab#(3)
Dim i%
    For i = 1 To 3
        rab(i) = rob(i) - roa(i)
    Next
    VectorTwoPoint = rab
End Function
Public Function VectorProduct(v1() As Double, v2() As Double) As Double()
'الجداء الشعاعي لشعاعين
Dim v#()
    ReDim v(3)
    v(1) = v1(2) * v2(3) - v1(3) * v2(2)
    v(2) = -v1(1) * v2(3) + v1(3) * v2(1)
    v(3) = v1(1) * v2(2) - v1(2) * v2(1)
    VectorProduct = v
End Function
Public Function MomentForce(p() As Double, rob() As Double, _
                            roa() As Double) As Double()
'عزم قوة حول نقطة
Dim rab#(), M#()
    'شعاع يمر بين نقطتين
    rab = VectorTwoPoint(roa, rob)
    'الجداء الشعاعي لشعاعين
    M = VectorProduct(rab, p)
    MomentForce = M
End Function
```

2. التطبيقات العامة :

1. عند اختيار "تطبيقات عامة" من النافذة الافتتاحية للبرنامج تظهر النافذة الرئيسية لبرنامج الميكانيك الهندسي.



الشكل (6) نافذة التطبيقات العامة لبرنامج الميكانيك الهندسي

تسمح هذه النافذة بحساب جملة من القوى والعزوم المستوية أو الفراغية حيث يمكننا حساب:

a. محصلة الجملة عند عقدة.

b. مسقط محصلة الجملة على محور.

c. المحصلة المركزية.

d. تحليل الجملة على مجموعة من المحاور.

e. ردود الأفعال في المساند وقوى الارتباط عند المفاصل الداخلية لمنشأ مقرر مستوٍ أو فراغي مؤلف من عناصر خطية أو قوسية.

f. القوى الداخلية لمنشأ مقرر مستوٍ أو فراغي مؤلف من عناصر خطية أو قوسية.

g. مركز ثقل خط مركب مستوٍ أو فراغي مؤلف من مستقيمات أو أقواس.

h. مركز ثقل سطح مركب مستوٍ محدد بخط مركب (مستقيمات أو أقواس) ويمكننا تجميع عدة سطوح (إضافة – حذف) بحيث تشكل السطح النهائي.

2. يتم إدخال المعطيات بالنسبة للمواضيع الأربعة الأولى التي تظهر في النافذة الافتتاحية للبرنامج (مركبات شعاع الواحدة – مركبات قوة – عزم قوة حول نقطة – عزم قوة بالنسبة لمحور) بطريقة سهلة عن طريق مربعات النص حيث يظهر البرنامج قيماً افتراضية أو يطلب إدخال المعطيات المطلوبة لحل المسألة.

ولكن عندما يختار الطالب "تطبيقات عامة" تصبح آلية الإدخال أعقد حيث تتطلب هذه الآلية إدخال العقد (النقاط) والعناصر التي يتألف منه المنشأ (الخطوط والأقواس) إضافة إلى إدخال الحمولات المركزة والحمولات الموزعة المؤثرة في هذه العناصر وتعريف مجموعة من المحاور ليتم تحليل القوى عليها أو لتعبر هذه المحاور عن مساند المنشأ، وعندما يكون المنشأ مؤلفاً من عدة شرائح (يوجد مفاصل داخلية بين العناصر) يجب أن يعرف الطالب هذه الشرائح.

حاولنا تبسيط آلية إدخال المعطيات قدر المستطاع بحيث تلبي الغاية المطلوبة منها بسهولة وسرعة مع مراعاة أن الطالب جديد على بيئة البرامج الإنشائية وأن الغاية الأولى من برنامج الميكانيك الهندسي هي خدمة العملية التدريسية وحل المسائل الصغيرة.

حاولنا التفنن في طريقة عرض المنشأ على شاشة الحاسب ليستطيع الطالب عرض المسألة من زوايا رؤية مختلفة في الفراغ وبمقاييس رسم يمكن تغييرها بسهولة مما ينمي لدى الطالب الحس الهندسي الفراغي، يمكننا مثلاً تدوير المنشأ أو تحريكه أو تغيير مقياس الرسم باتجاه أي محور من المحاور الإحداثية.

تم ترتيب أوامر الإدخال والتحليل والاستعراض في شريط قوائم يظهر أعلى البرنامج أسفل شريط العنوان بالإضافة إلى ثلاثة أشرطة أدوات تظهر في نافذة البرنامج.

3. إدخال العقد: لإدخال النقاط المميزة في الجملة الإنشائية، اختر الأمر: إدخال / العقد، يدخل الطالب إحداثيات العقدة x,y,z في مربعات النص ثم ينقر الزر "موافق مع تكرار الأمر" إذا رغب في استمرار عملية إضافة العقد أو ينقر الزر "موافق" لإدخال إحداثيات عقدة واحدة.

ملاحظة: يمكننا حذف العقد أو تعديل إحداثياتها بوساطة قائمة "تحرير".

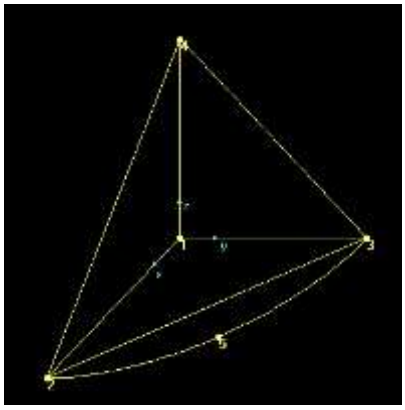
الشكل (7) إدخال احداثيات العقد

4. رسم الخطوط: لإدخال العناصر الخطية المكونة للجملة الإنشائية، اختر الأمر: إدخال / رسم الخطوط، يصبح مؤشر الفارة بالشكل + دلالة على نمط الرسم.

يتم رسم الخطوط بالنقر بالفارة من عقدة إلى أخرى وهكذا يتم رسم سلسلة من العناصر الخطية المتصلة ببعضها، يمكننا استخدام الزر الأيمن للفارة للبدء بسلسلة جديدة، للخروج من نمط الرسم والعودة إلى نمط الاختيار ننقر الأداة P الموجودة على شريط الأدوات يسار الشاشة.

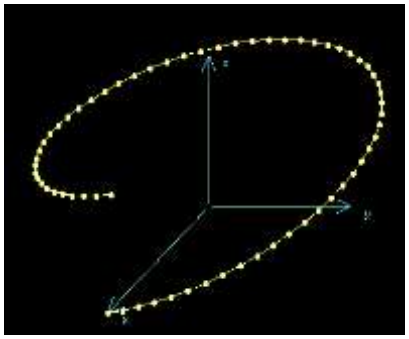
ملاحظة: يمكننا إظهار إحداثيات العقد التي تم إدخالها وأرقام عقدتي بداية ونهاية الخط باختيار الأمر: إظهار/ المعطيات – إظهار/ العقد – إظهار/ الخطوط.

5. رسم الأقواس: لرسم الأقواس، اختر الأمر: إدخال / رسم الأقواس، يظهر مربع حوار يقدم إمكانيات مختلفة حيث يمكننا رسم الأقواس الموازية للمستويات الإحداثية XY , YZ , ZX بطريقتين إما بتحديد نقطة بدايته ونقطة مركزه ونقطة نهايته أو بتحديد ثلاث نقاط تقع على القوس.



الشكل (8) رسم الأقواس

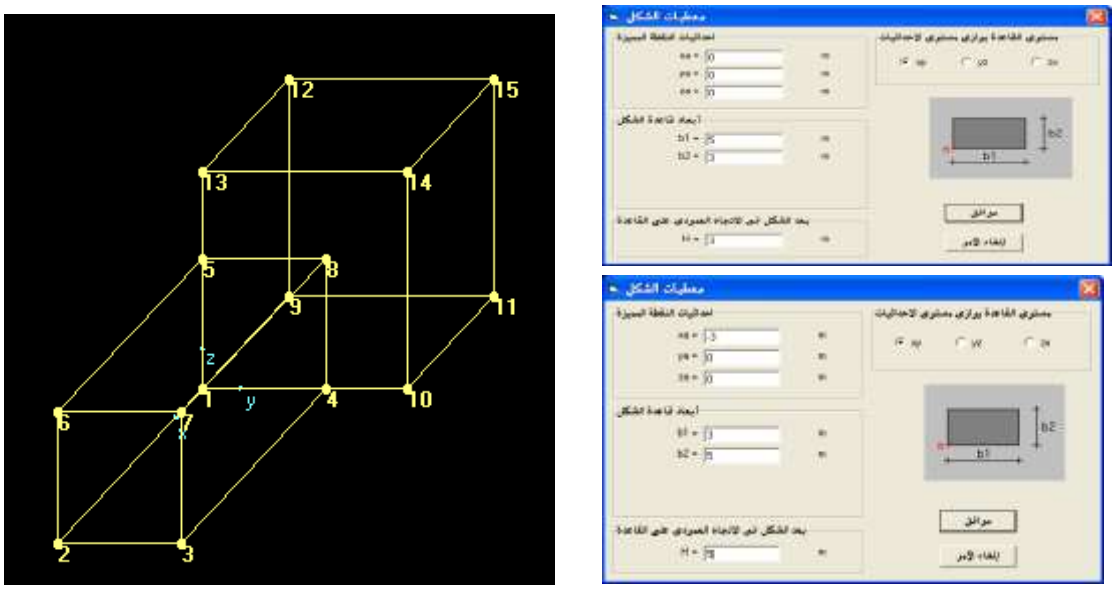
6. رسم المنحنيات: لرسم المنحنيات، اختر الأمر: إدخال / خطوط تقع على خط منحنٍ، سيتم اعتبار المنحني مؤلفاً من مجموعة من الخطوط الصغيرة.



الشكل (9) رسم المنحنيات

7. رسم الأشكال السطحية: إذا كان الشكل الهندسي مؤلفاً من مجموعة من الأشكال السطحية يمكننا رسمه بسرعة باستخدام الأمر: إدخال / أشكال مساحية / مستطيل – شكل T – شكل L.

8. رسم الأشكال الحجمية: إذا كان الشكل الهندسي مؤلفاً من مجموعة من الأشكال الحجمية يمكننا رسمه بسرعة باستخدام الأمر: إدخال / أشكال حجمية / متوازي مستطيلات – شكل T فراغي – شكل L فراغي.



الشكل (10) رسم الأشكال الحجمية

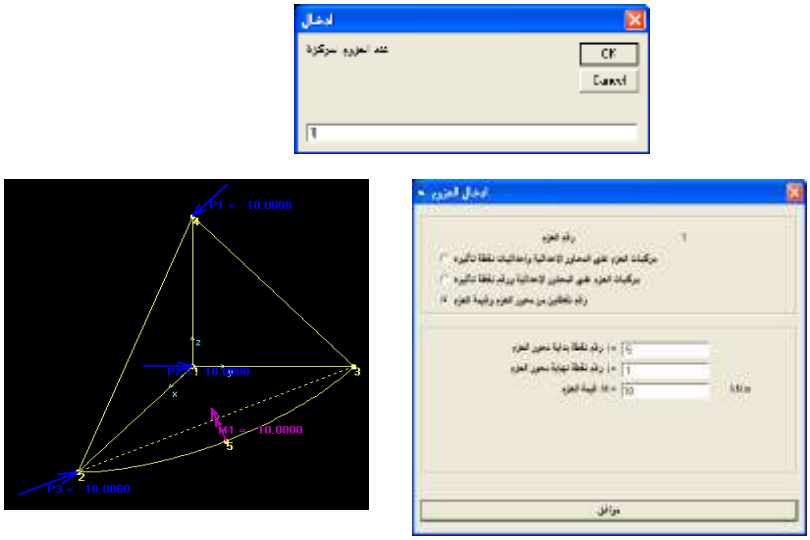
9. إدخال القوى المركزة: لإدخال القوى المركزة، اختر الأمر: إدخال / القوى المركزة، يظهر مربع حوار يطلب إدخال عدد القوى المركزة ثم يظهر مربع حوار لإدخال هذه القوى ويحوي هذا المربع ثلاث إمكانيات:

i. إدخال مركبات القوة على المحاور الإحداثية وإحداثيات نقطة تأثيرها.

j. إدخال مركبات القوة على المحاور الإحداثية ورقم نقطة تأثيرها.

k. إدخال رقم نقطتين من محور القوة وقيمة هذه القوة.

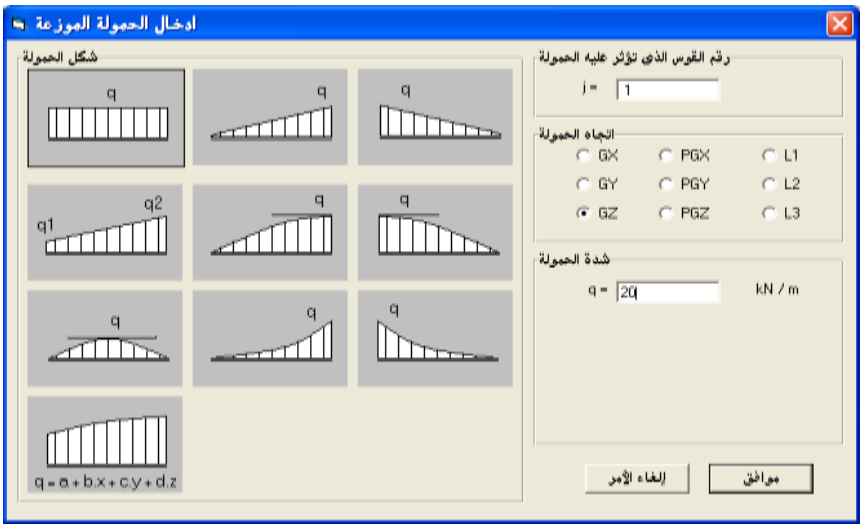
10. إدخال العزوم المركزة: لإدخال العزوم المركزة، اختر الأمر: إدخال / العزوم المركزة، يتم إدخال العزوم المركزة بنفس طريقة إدخال القوى المركزة.



الشكل (11) إدخال العزوم المركزة

11. إدخال الحمولات الموزعة المؤثرة في الخطوط: لإدخال الحمولات الموزعة المؤثرة في الخطوط، اختر الخط (أو الخطوط) بالنقر عليه بالفارة ثم اختر الأمر: إدخال / حمولة موزعة تؤثر في خط.

12. إدخال الحمولات الموزعة المؤثرة في الأقواس: لإدخال الحمولات الموزعة المؤثرة في الأقواس، اختر القوس (أو الأقواس) بالنقر عليه بالفارة ثم اختر الأمر: إدخال / حمولة موزعة تؤثر في قوس.



الشكل (12) إدخال الحمولات الموزعة

13. مقياس رسم الحمولات: يمكننا تكبير أو تصغير مقياس رسم الحمولات باستخدام الأداتين +P , – P الموجودتين على شريط الأدوات اليميني.

14. توليد مسألة: يمكننا توليد مسألة (رسم الشكل الهندسي للجملة مع الحمولات المؤثرة فيها) بشكل عشوائي، باختيار الأمر: إدخال / توليد مسألة.

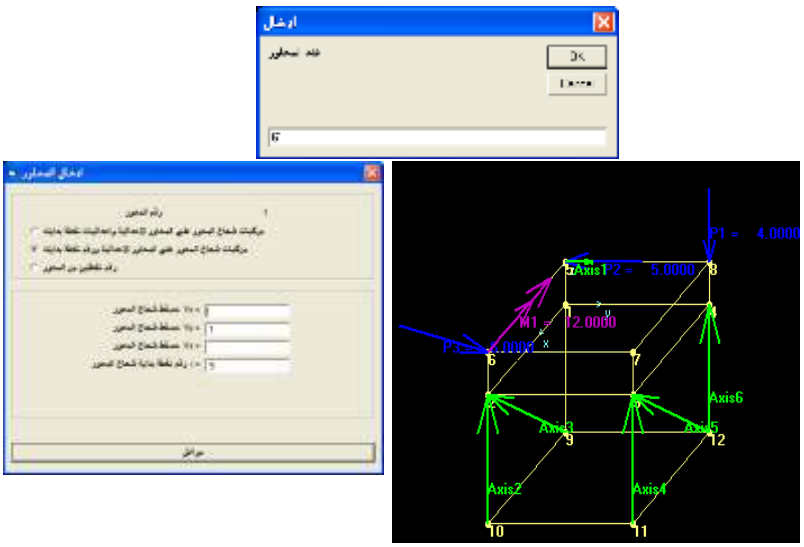
15. يمكننا بوساطة برنامج الميكانيك الهندسي تحليل الجملة على مجموعة من المحاور، ومن أجل ذلك يلزم تعريف المحاور باختيار الأمر: إدخال / المحاور.

يظهر مربع حوار يطلب إدخال عدد المحاور، ثم يظهر مربع حوار يحوي ثلاث إمكانيات لإدخال المحاور:

l. مركبات شعاع المحور على المحاور الإحداثية وإحداثيات نقطة بدايته.

m. مركبات شعاع المحور على المحاور الإحداثية ورقم نقطة بدايته.

n. رقم نقطتين من المحور.



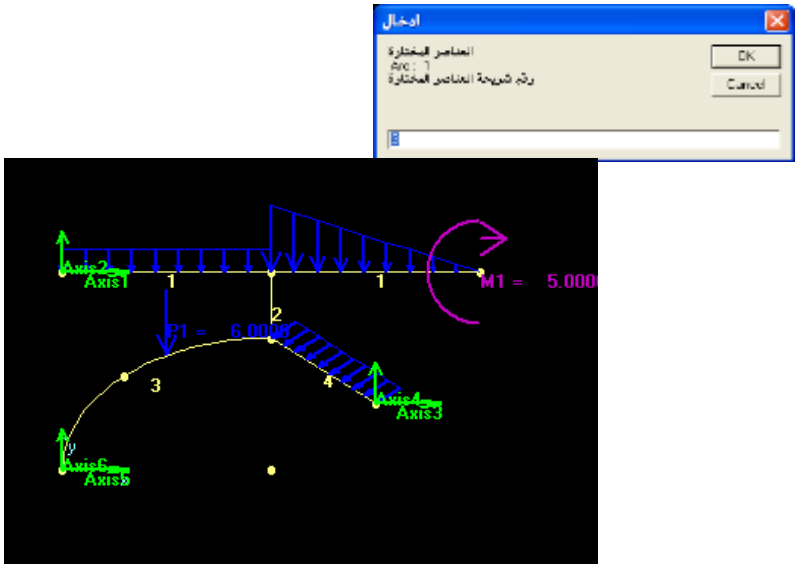
الشكل (13) إدخال المحاور

16. يمكننا بوساطة برنامج الميكانيك الهندسي حساب المنشآت المستوية والمنشآت الفراغية المقررة ستاتيكياً حيث يتم تعريف المساند بوساطة الأمرين: إدخال المحاور – إدخال / نوعية المحاور.

وعندما يكون المنشأ مؤلفاً من أكثر من شريحة (وجود مفاصل داخلية) يمكننا تعريف الشرائح، ويتم ذلك باختيار العناصر الخطية والأقواس ثم اختيار الأمر: إدخال / تعريف الشرائح ثم ندخل رقم شريحة العناصر المختارة، أو يمكننا اختيار الأمر: إدخال / شرائح مستقلة لتعريف شريحة منفصلة لكل عنصر من العناصر التي تم اختيارها.

ملاحظات:

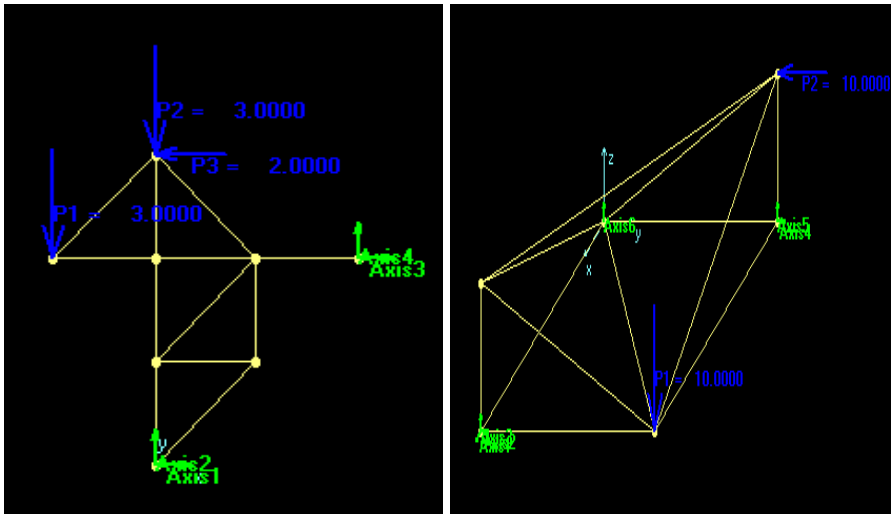
- لإظهار أو إخفاء أرقام العقد والعناصر، اختر الأمر: عرض / أرقام العقد – عرض / أرقام الخطوط.
- لإظهار أو إخفاء أرقام شرائح العناصر، اختر الأمر: عرض / أرقام شرائح الخطوط.



الشكل (14) تعريف الشرائح

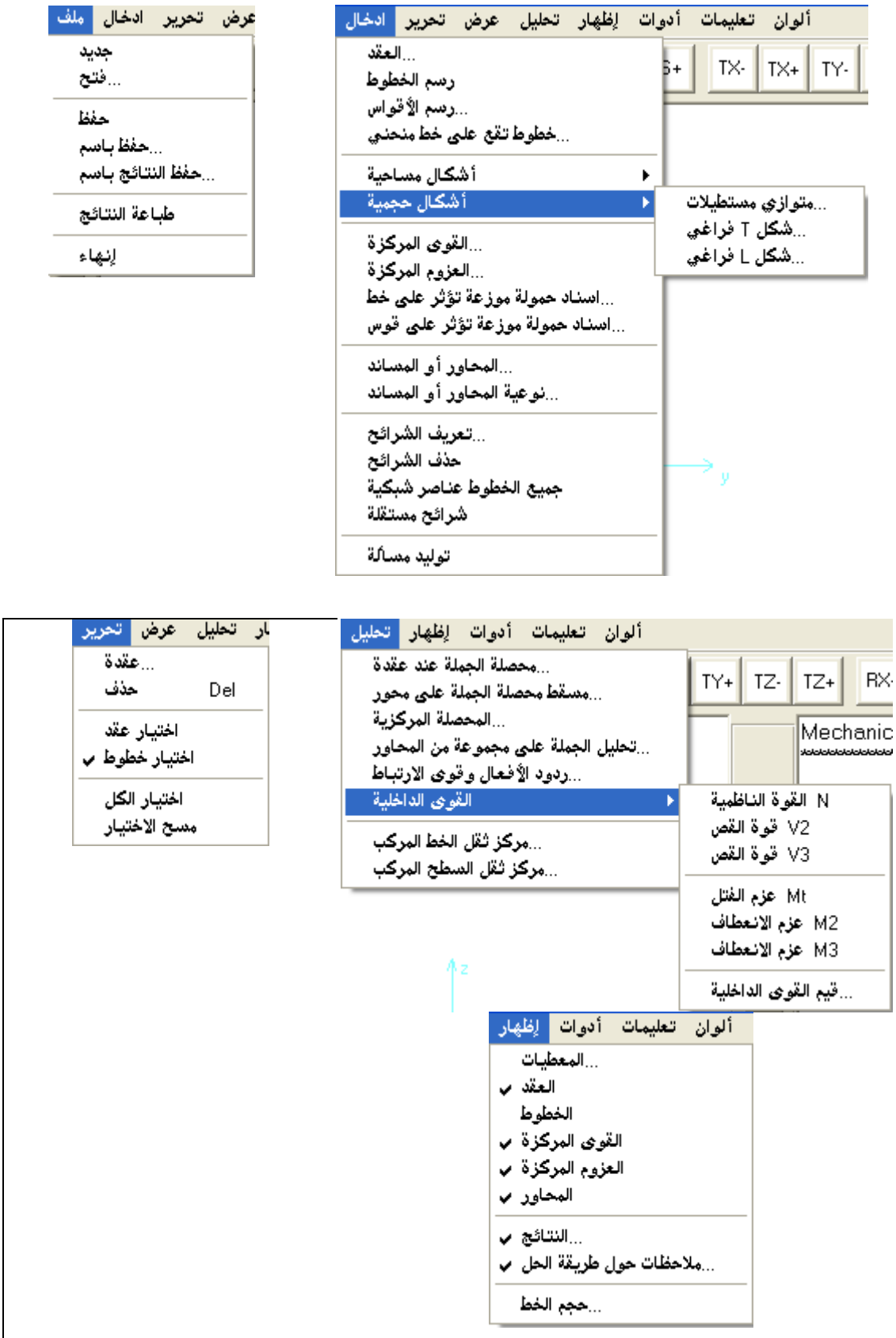
17. عندما يكون المنشأ عبارة عن جائز شبكي مقرر مستوٍ أو فراغي، يمكننا تعريف الشرائح باختيار الأمر: إدخال / جميع الخطوط عناصر شبكية.

ملاحظة: لحذف الشرائح التي تم تعريفها، نختار الأمر: إدخال / حذف الشرائح.



الشكل (15) منشآت شبكية مستوية وفراغية

18. شريط القوائم العلوي: ويحوي القوائم: ملف – إدخال – تحرير – عرض – تحليل – إظهار – أدوات.



الشكل (16) أشرطة الأدوات

19. شريط الأدوات اليميني: ويحوي هذا الشريط أداتي تكبير وتصغير مقياس عرض القوى الخارجية ومخططات القوى الداخلية بالإضافة إلى الأدوات الأساسية الأربعة (شعاع واحدة محور – مركبات قوة – مركبات عزم – عزم قوة حول نقطة – عزم قوة بالنسبة لمحور) وتعرض هذه الأدوات الحسابات الجزئية بشكل مفصل ليستطيع الطالب أن يتأكد من حله ويعرف أين أخطأ.

ويمكننا في هذه الأدوات اختيار نقطة أو قوة ما بسرعة من خلال القوائم المنسدلة التي تظهر في مربعات الحوار الخاصة بهذه الأدوات بدون الحاجة لإعادة تعريف هذه النقطة أو القوة.

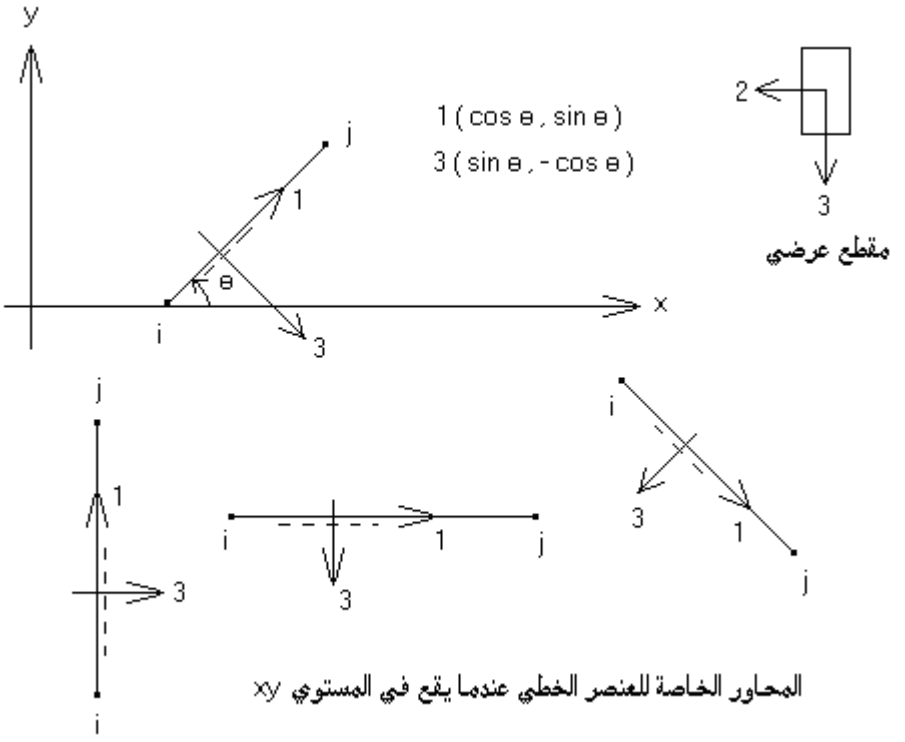
20. شريط الأدوات اليساري: ويحوي أهم الأدوات المستخدمة في إدخال المعطيات.

المحاور الخاصة للعنصر الخطي :

المحور الأول ينطبق على العنصر ويتجه من نقطة بداية هذا العنصر إلى نقطة نهايته، نعتبر نقطة بداية العنصر النقطة ذات الإحداثيات الأصغر، حيث ننظر أولاً إلى الإحداثي x فإن كان للنقطتين نفس القيمة ننظر إلى الإحداثي y فإن كان للنقطتين نفس القيمة ننظر إلى الإحداثي z .

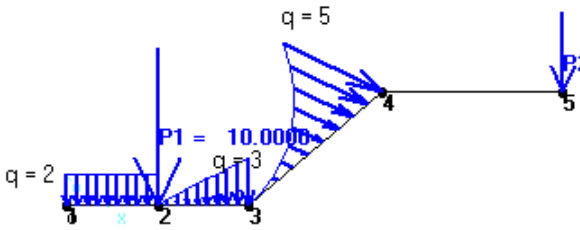
المحور الثاني يكون عمودياً على المحور الأول ويتجه نحو z الموجبة (وإلا نحو x الموجبة في حالة العنصر الخطي الشاقولي).

يحدد المحور الثالث بحيث تكون ثلاثية المحاور الخاصة (1,2,3) يمينية.



الشكل (17) المحاور الخاصة للعنصر الخطي

مثال : أوجد المحصلة المركزية لجملة القوى المستوية المبينة في الشكل :



رقم النقطة i
احداثيات النقطة x , y (m)

i = 1 ,	x =	0.0000 , y =	0.0000
i = 2 ,	x =	2.0000 , y =	0.0000
i = 3 ,	x =	4.0000 , y =	0.0000
i = 4 ,	x =	7.0000 , y =	4.0000
i = 5 ,	x =	11.0000 , y =	4.0000

يتم الحل في برنامج الميكانيك الهندسي وفق الخطوات التالية:

- إدخال إحداثيات العقد باختيار الأمر: إدخال / العقد.
- رسم العناصر الخطية بالفارة بعد اختيار الأمر: إدخال / رسم الخطوط، ثم نختار الأداة P للعودة إلى نمط الاختيار.
- لإدخال القوى المركزة نختار الأمر: إدخال / القوى المركزة.
- لإدخال الحمولات الموزعة نختار العنصر الخطي الذي تؤثر فيه الحمولة ثم نختار الأمر: إدخال / حمولات موزعة تؤثر في خط.
- لإيجاد المحصلة المركزية لجملة القوى، نختار الأمر: تحليل / المحصلة المركزية.

المحصلة المركزية

Px = 6.6667 kN

Py = −27.0000 kN

Mz = 0.0000 kN.m

قيمة القوة المحصلة P = 27.8109 kN

قيمة العزم المحصل M = 0.0000 kN.m

المعادلة المركزية

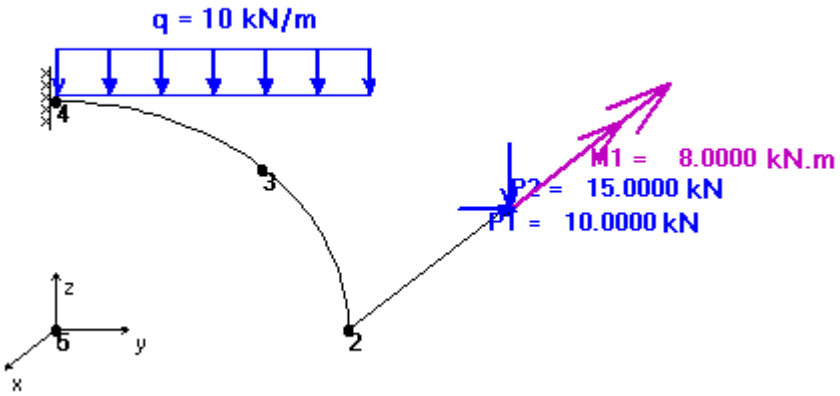
Row1 : (−27.0000) * x + (−6.6667) * y = (−140.2500)

التقاطع مع المحاور الإحداثية

x = 0 , y = 21.0375

x = 5.1944 , y = 0

مثال : أوجد ردود الأفعال وارسم مخططات القوى الداخلية للمنشأ الفراغي المبين في الشكل علماً بأن 24 قوس دائري نصف قطره 4 m .



رقم النقطة i
احداثيات النقطة x, y, z (m)

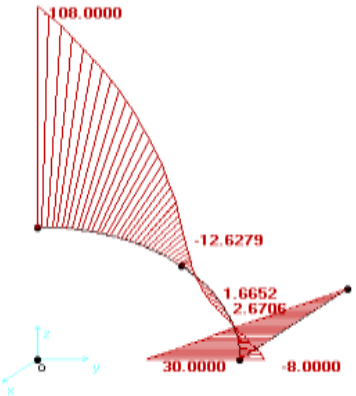
i = 1 , x =	-3.0000 ,	y =	4.0000 ,	z =	0.0000
i = 2 , x =	0.0000 ,	y =	4.0000 ,	z =	0.0000
i = 3 , x =	0.0000 ,	y =	2.8284 ,	z =	2.8284
i = 4 , x =	0.0000 ,	y =	0.0000 ,	z =	4.0000
i = 5 , x =	0.0000 ,	y =	0.0000 ,	z =	0.0000

يتم الحل في برنامج الميكانيك الهندسي وفق الخطوات التالية:

–إدخال العقد والعناصر والحمولات بنفس الأسلوب المتبع في المثال السابق.

–تعريف المساند بوساطة الأمرين: إدخال / المحاور، إدخال / نوعية المحاور، لدينا ستة محاور (ثلاثة محاور لقوى باتجاه المحاور الإحداثية – وثلاثة محاور لعزوم باتجاه المحاور الإحداثية) تعبر المحاور السابقة عن ردود الأفعال في الوثاقة الفراغية.

– لإيجاد ردود الأفعال ورسم مخططات القوى الداخلية، نختار الأمر المناسب من قائمة تحليل.



مخطط عزم الانعطاف M2 (kN.m)

الاستنتاجات والتوصيات:

يمكن تطوير برنامج الميكانيك الهندسي باتجاهات مختلفة مثل:

-يمكن تطوير هذا البرنامج ليخدم المذاكرات الفصلية حيث يمكن للطلاب الدخول إلى غرفة الحاسب وإجراء المذاكرة والحصول على النتيجة مباشرة.

-تطوير طريقة العرض بشكل تفصيلي أكثر مع تأمين خيارات متعددة لعرض خطوات الحل.

-حساب الإجهادات المستوية والفراغية.

-تصميم المنشآت المعدنية والخرسانية.

المراجع:

[1] – BOURNE, D.E.; KENDALL, P.C. *Vector Analysis and Cartesian Tensors*. Third edition, CHAPMAN & HALL, Great Britain, 1996, 304.

[2] - HIBBELER, R.C. *Engineering Mechanics Statics*. Eighth Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 1998, 624.

[3] - BEDFORD, A.; FOWLER, W. *Engineering Mechanics Statics*. Second Edition, Addison Wesley Longman, Menlo Park , 1999, 599.

[4] - ZUMPE,G. Angewandfe Mechanik Band 1 , Akademie verlag Berlin , 1975 , 177.

[5] - ZUMPE,G. *Angewandfe Mechanik Band 2* , Akademie verlag Berlin , 1984 , 274.