نـموذج تـخطيطي جديـد للأكسونـومترية العمودية•

A New Graphical Model of Orthogonal Axonometry

ملخص

سنقوم فـي هذا البحث بدراسة نموذج تخطيطـي جديد للإسقاط الأكسونومتري العمودي. سوف نمثل نقطة في الأكسونومترية العمودية عن طريق القيام بعمليتـي تدوير، حيث تتضمن عملية التدوير الأولى الانتقال من المستوي الإحداثي Oxy إلى المستوي الجنبي، في حين تتضمن عملية التدوير الثانية الانتقال من المستوي الجنبي إلى مستوي الإسقاط الأكسونومتري. ووفق هذا الأسلوب الجديد كلياً في الإسقاط الأكسونومتري العمودي فإنه يمكننا تمثيل الإجسام الهندسية على أي مستوي إسقاط اعتباري، وهو ما سنبينه بالأمثلة العملية.

• الدكتور المهندس تيسير خليل – أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية

نموذج تخطيطي جديد للأكسونومترية العمودية

1 المقدمة

الغاية من علم الهندسة الوصفية هو تمثيل الأجسام الهندسية. إن تمثيل الأجسام الهندسية يتيح لنا إمكانية دراسة هذه الأجسام وتصورها في الفراغ، وبالتالي نستطيع حل المسائل المختلفة المتعلقة بهذه الأجسام بالاعتماد على طرق تخطيطية بالرسم. إن الوسيلة الأكثر فعالية لتمثيل الأجسام الهندسية هي الإسقاط بكافة أنواعه وطرقه.

من المعلوم أن النقطة تتعين في الفراغ بواسطة إحداثياتها المنسوبة لثلاثة محاور إحداثية فراغية تتلاقى في نقطة واحدة ندعوها مبدأ الإحداثيات، وقد تشكل جملة المحاور الإحداثية السابقة ثلاثية متعامدة أو يمكن أن يكون لها وضعية عامة[1].

عندما نختار مستويات الإسقاط بحيث تكون موازية أو معامدة للجسم الهندسي المدروس، فإن هذا الأمر يتيح لنا إنشاء مساقط الجسم بسهولة بالإضافة إلى سهولة أخذ الأبعاد مباشرة من المساقط، إلا أنه وبالمقابل تكمن الصعوبة الأساسية عند محاولتنا لتخيل الجسم المدروس فراغياً انطلاقاً من مساقطه في هذه الحالة. فالمكعب يملك مسقط مربع الشكل إذا كانت قاعدته توازي مستوي الإسقاط، وأما رباعي الوجوه فمسقطه قد يكون على شكل مثلث إذا كان أحد أوجهه معامداً لمستوي الإسقاط، كما يمكن سرد العديد من الأمثلة الأكثر تعقيداً. إن ما سبق يشير إلى الحاجة لتمثيل الأجسام الهندسية وفق أسلوب يسهّل إمكانية تصور شكلها الفراغي، وهنا تبرز أهمية الإسقاط الأكسونومتري كأحد أهم أساليب التمثيل الأجسام في دراسات الهندسة الوصفية [1].

قد يكون الإسقاط الأكسونومتري في الحالة العامة إسقاطا مائلاً، علماً أن الإسقاط الأكسونومتري قد يكون مائلاً إلا أن مستوي الإسقاط الأكسونومتري يوازي أحد أوجه الثلاثية المتعامدة التي ننسب الفراغ إليها وهي الحالة المعروفة باسم الأكسونومترية الجبهية. كما أن الإسقاط الأكسونومتري في الحالة الخاصة هوإسقاط أكسونومتري عمودي، وهي الحالة موضوع هذا البحث.

في الحالة العامة للإسقاط الأكسونومتري، أي الأكسونومترية المائلة، تعطى مساقط المحاور ومساقط أشعة الواحدة المحمولة عليها، وهذا الأمر كافٍ تماماً لتمثيل أي نقطة بمعرفة إحداثياتها الثلاث. وعندما يكون الإسقاط جبهياً، فإن مسقطي المحورين الموازيين لمستوي الإسقاط الأكسونومتري يوازيان المحورين ويساويانهما بالطول، ويكفي تعيين استقامة المحور الثالث ومسقط شعاع الواحدة عليه. في الإسقاط الأكسونومتري العمودي نحصل على أوضح تمثيل للجسم الهندسي لكننا مقيدين بعلاقة

تربط مساقط المحاور ونسب التصغير عليها، وهذا النوع من الإسقاط يعطي الشكل الحقيقي الذي تراه عين الناظر [4].

إن أية ثلاثة مستقيمات متلاقية في نقطة يمكن اعتبارها مساقط أكسونومترية لثلاثية الإحداثيات، حيث أن نقطة تلاقي المستقيمات الثلاث هي المسقط الأكسونومتري للمبدأ، كما أن أي ثلاث نقاط واقعة على المستقيمات الثلاث يمكن اعتبارها مساقط نهايات أشعة الواحدة على كل محور من الثلاثية الإحداثية. لتكن الأشعة $\mathbf{i}$ و $\mathbf{j}$ و $\mathbf{k}$ أشعة الواحدة على المحاور الإحداثية ox و oy وoz على الترتيب. إن العلاقة الشعاعية للنقطة M هي:

$$\mathbf{OM} = \mathrm{x} \cdot \mathbf{i} + \mathrm{y} \cdot \mathbf{j} + \mathrm{z} \cdot \mathbf{k}$$

وأما في المسقط الأكسونومتري فالعلاقة تصبح:

$$proj(\mathbf{OM}) = \mathrm{x} \cdot proj\mathbf{i} + \mathrm{y} \cdot proj\mathbf{j} + \mathrm{z} \cdot proj\mathbf{k}$$

المسقط الأكسونومتري لنقطة M_1 من المحور ox تقع على المسقط الأكسونومتري لهذا المحور وتبعد عن مسقط المبدأ مسافة $(\mathbf{OM_1})'$ حيث:

$$(\mathbf{OM_1})' = x \cdot proj\mathbf{i}$$

وبالمثل فالمسقط الأكسونومتري لنقطة M_2 من المحور oy تقع على المسقط الأكسونومتري لهذا المحور وتبعد عن مسقط المبدأ مسافة $(\mathbf{OM_2})'$ حيث:

$$(\mathbf{OM_2})' = y \cdot proj\mathbf{j}$$

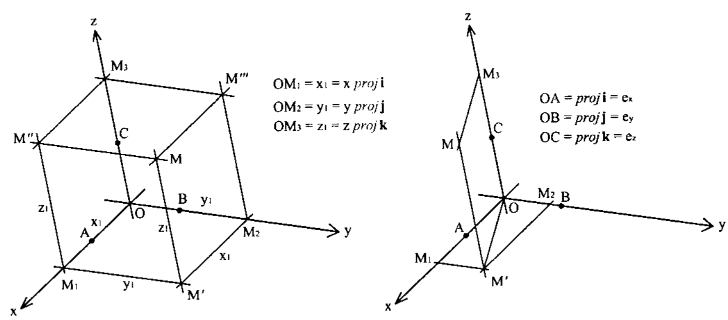
أما المسقط الأكسونومتري لنقطة M' من مستوي الإحداثيات oxy احداثياها هما x و y فهي نقطة من مستوي اللوحة تقع على تقاطع المستقيمين المارين من مسقط M_1 موازياً لمسقط oy ومن مسقط M_2 موازياً لمسقط ox [4].

المسقط الأكسونومتري لنقطة M(x,y,z) والتي مسقطها على xoy ينطبق على M' وتقع على المستقيم المار من M' والموازي للمحور oz وعلى بعد من M' يساوي إلى $z \cdot proj\mathbf{k}$، وبهذا نكون قد عينا المسقط الأكسونومتري للنقطة M(x,y,z).
أما في الحالة المعاكسة فإن النقطة M قد تكون المسقط الأكسونومتري لمجموعة النقاط الواقعة على المستقيم المار من M والموازي لإستقامة شعاع الإسقاط الأكسونومتري. حتى تكون النقط M مسقط أكسونومتري لنقطة وحيدة في الفراغ فالشرط اللازم والكافي لهذا الأمر هو معرفة أحد إحداثيات النقطة M، كالقيمة y_m.

نأخذ على المستقيم المار من M والموازي للمحور oy (الاتجاه العمودي على المحور xoz) طولاً يساوي إلى $y \cdot proj\,\mathbf{j}$ ، وهكذا نكون قد عينا المسقط الأكسونومتري للمسقط الجبهي للنقطة M. بمعرفة M و M'' فإننا نستطيع إيجاد M_1 و M_3، أي أننا استطعنا معرفة المسقطين الأكسونومتريين للإحداثيين x و y، ونستطيع إكمال متوازي المستطيلات المشكل من إحداثيات النقطة M، كما هو مبين في الشكل (1).

وهكذا فإن الشرط اللازم والكافي لتعيين المسقط الأكسونومتري لنقطة ما في الفراغ هو معرفة مساقط المحاور وأطوال شعاع الواحدة عليها، بالإضافة طبعاً إلى إحداثيات النقطة المراد تمثيلها. أما إذا علمنا مساقط المحاور في الإسقاط الأكسونومتري ومساقط أطوال أشعة الواحدة عليها فإن كل نقطة في الفراغ تتعين بمسقطين لها على مستويين قد يكون أحدهما مستوي الإسقاط الأكسونومتري نفسه، أما الإخر فهو المسقط الأكسونومتري لأحد المساقط على مستوٍ من المستويات الإحداثية الثلاث [2] ، [3].

في الإسقاط الأكسونومتري العمودي تكون أشعة الإسقاط عمودية على مستوي الإسقاط الأكسونومتري. يقطع مستوي الإسقاط الأكسونومتري المحاور الإحداثية في ثلاث نقاط هي X و Y و Z تشكل مثلثاً تمر من رؤوسه مساقط المحاور، وندعو هذا المثلث بمثلث الآثار.إن OX و OY و OZ هي ارتفاعات المثلث السابق وهي المساقط الأكسونومترية للمحاور الإحداثية الثلاث.



الشكل (1)

في الإسقاط الأكسونومتري العمودي لا يمكننا اختيار مساقط كيفية لأشعة الواحدة، حيث أن أطوال مساقط أشعة الواحدة تساوي إلى تجيبات الزوايا التي تميلها هذه المحاور على مستوي الإسقاط المدروس، ونسمي هذه المساقط بنسب التصغير على المحاور، حيث ترتبط مع بعضها البعض وفق العلاقة التالية:

$$e_x^2 + e_y^2 + e_z^2 = 2$$

إن المستقيم العمودي على مستوي الإسقاط يميل بزوايا α_1 و β_1 و γ_1 وهي الزوايا المتممة لـ α و β و γ على المحاور والتي ترتبط بالعلاقة:

$$\cos^2 \alpha_1 + \cos^2 \beta_1 + \cos^2 \gamma_1 = 1$$

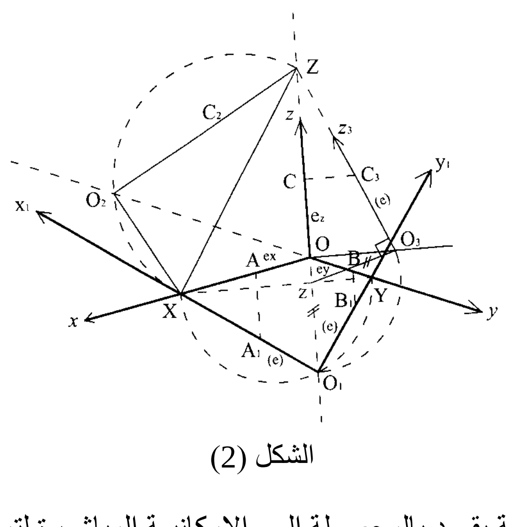
وعلى اعتبار أن:

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha \qquad , \qquad \cos \alpha_1 = \sin \alpha$$

يمكننا أن نكتب:

$$\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 2$$

إن قيم مربعات نسب التصغير $e_x^2 \ , \ e_y^2 \ , \ e_z^2$ أصغر من 1 وتصلح لأن تكون أضلاع مثلث. وهكذا نستطيع إنشاء محاور أكسونومترية إذا علمنا نسب التصغير عليها، وفق طريقة تعرف بإسم طريقة باسترناك نسبة للعالم الذي أوجدها. يبين الشكل (2) تطبيقاً لهذه الطريقة، علماً بأنه ليس من الضروري معرفة نسب التصغير الثلاث وإنما يمكننا إيجاد مثلث الإثار بمعرفة أعداد متناسبة مع نسب التصغير الثلاث [3].



الشكل (2)

إن تمثيل نقطة يقود بالمحصلة إلى الإمكانية المباشرة لتمثيل المستقيمات والمستويات ودراسة العلاقات بينها من توازٍ وتقاطع، وبالتالي نستطيع تمثيل الجسم الهندسي مهما كان معقداً [2].

2 النموذج التخطيطي للأكسونومترية العمودية

لنفرض أنه لدنا جملة المحاور الإحداثية الديكارتية الفراغية Oxyz. ولنفرض أنه لدينا مستوي إسقاط سنرمز له بالمستوي ω، كما هو مبين في الشكل (3). إن النقطة `O هي المسقط العمودي للنقطة O على المستوي $\omega$، وهذا يعني أن شعاع الإسقاط وليكن الشعاع s يعامد المستوي $\omega$ وهو بطول يساوي إلى طول القطعة المستقيمة `OO، أي أن:

$$s = OO` \quad , \quad s \perp \omega$$

يتقاطع المستوي ω مع المحور الإحداثية الديكارتية الثلاث Ox و Oy و Oz بثلاث نقاط هي على الترتيب النقاط X و Y و Z. ندعو المثلث الناتج عن نقاط التقاطع وهو المثلث XYZ بمثلث الآثار.

لنفترض أن المستقيمين `ZO و XY يتقاطعان في نقطة سندعوها النقطة M. نعلم من خواص الإسقاط الأكسونومتري العمودي أن المستقيم `ZO يعامد المستقيم XY، فنكتب:

$$ZO` \cap XY = M \quad , \quad ZO` \perp XY$$

سوف نرمز للمستوي المشكل من النقاط الثلاثة O و M و Z بالمستوي γ، أي $\gamma = OMZ$، كما سنرمز للمستوي المشكل من النقاط الثلاثة X و O و Y بالمستوي μ، أي أن $\mu = XOY$. من الواضح أن المستويين γ و μ هما مستويان متعامدان، كما أن المستويين γ و ω هما مستويان متعامدان، ونكتب:

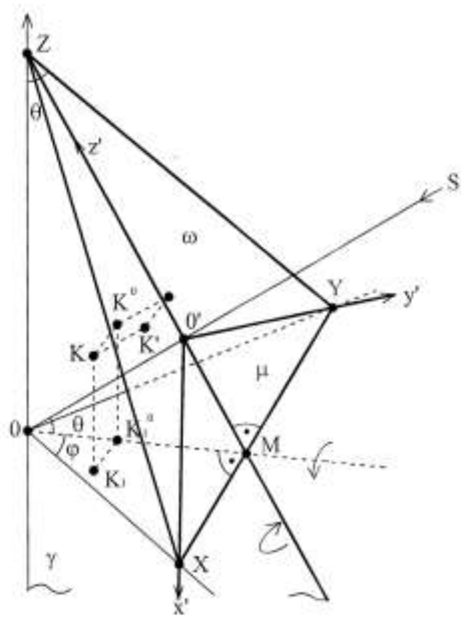
$$\gamma \perp \mu \quad , \quad \gamma \perp \omega$$

إذا كان لدينا نقطة ما مثل النقطة K، فإن مسقطها العمودي على المستوي ω هو النقطة `K، حيث أن النقطة `K هي نقطة تقاطع الشعاع s المار عبر النقطة K مع المستوي ω. سوف نقوم فيما يلي بإيضاح طريقة إيجاد النقطة `K.

سنرمز بـ K_1 للمسقط العمودي للنقطة K على المستوي μ، وسنرمز بـ K^0 للمسقط العمودي للنقطة K على المستوي γ، كما سنرمز بـ $K_1{}^0$ للمسقط العمودي للنقطة K^0 على المستوي γ. إذا رسمنا شعاع الإسقاط المار عبر K^0، فإنه سوف يتقاطع مع المستقيم ZM في نقطة. وإذا رسمنا مستقيماً ماراً من نقطة التقاطع هذه بحيث يكون هذا المستقيم موازياً للمستقيم XY، فإننا نكون قد عينا النقطة `K.

من السهولة بمكان أن نلاحظ من الشكل (3) أن للنقطة `K مسافة مقدارها $\xi_k = K_1K_1^0$ مقاسة اعتباراً من المستقيم ZM. سوف نقوم بتطبيق العمليات التالية:

1. سنقوم بتدوير المستوي μ حول المستقيم OM وصولاً إلى المستوي γ.
2. سنقوم بتدوير المستوي γ حول المستقيم ZM وصولاً إلى المستوي ω.



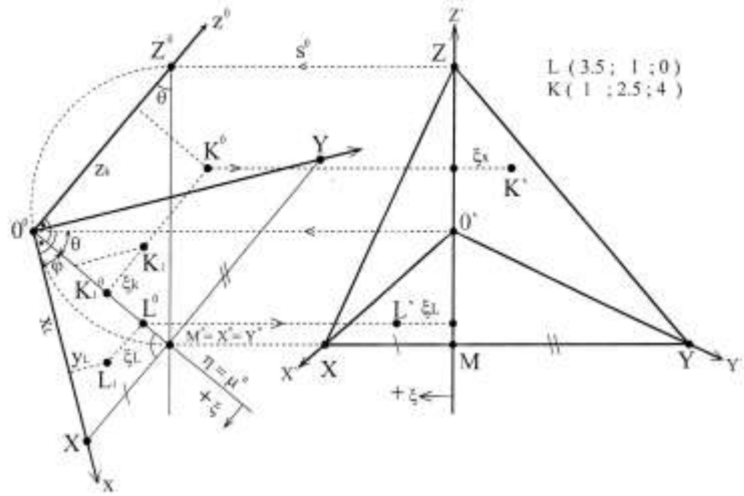
الشكل (3)

لنفترض أن مثلث الآثار XYZ معطى، كما هو مبين في القسم اليميني من الشكل (4). سوف نقوم بإيجاد النقطة `O والتي تدعى المركز العمودي بالإضافة إلى المحاور الأكسونومترية الثلاث $x` = O`X$ و $y` = O`Y$ و $z` = O`Z$. لنقم بوضع المستوي الجنبي $\gamma$ بعد التدوير في القسم الأيسر من الشكل (4). يمكننا رسم الثلث ZOM بعد التدوير: النقطة $O^0$ هي نقطة تقاطع نصف الدائرة ذات القطر $Z^0M^0$ مع المستقيم الأفقي لمار عبر النقطة `O. المستقيم $O`O^0$ المرسوم هنا يمثل اتجاه الإسقاط بعد الدوران.

نرسم المستقيم XY المار من النقطة M^0 وبحيث يكون المستقيم XY معامداً للمستقيم O^0M^0 أي أن:

$$M^0 \in XY \quad , \quad XY \perp O^0M^0$$

وأخيراً وبمعرفة النقطتين X و Y نرسم O^0xy.



الشكل (4)

لنرسم النقطتين $L\ (\ 3.5\ ,\ 1\ ,\ 0\ )$ و $K\ (\ 1\ ,\ 2.5\ ,\ 4\ )$. نرسم المسقط L_1 ونقوم برسم مسقطه L^0، فيكون $L^0 = L_1$. وبهذا نكون قد حصلنا على المسافة $\xi_L = L_1L^0$. نحدد على المستقيم الأفقي المار عبر النقطة L^0 طولاً يساوي إلى طول القطعة المستقيمة ξ_L وذلك إلى يمين المستقيم $Z`M$ وبذلك نكون قد حددنا النقطة $L`$.

وبنفس الطريقة نوجد النقطة $K`$، فبعد أن نكون قد رسمنا $K_1$ نقوم بإسقاطها على المستوي $\mu$ للوصول إلى $K_1^0$ ونرسم $K_1^0K^0 = z_k = 4$ ، وعندها فإن $K_1K_1^0 = \xi_K$ وبالتالي أصبح بالإمكان رسم $K`$.

3 تمثيل الأجسام الهندسية

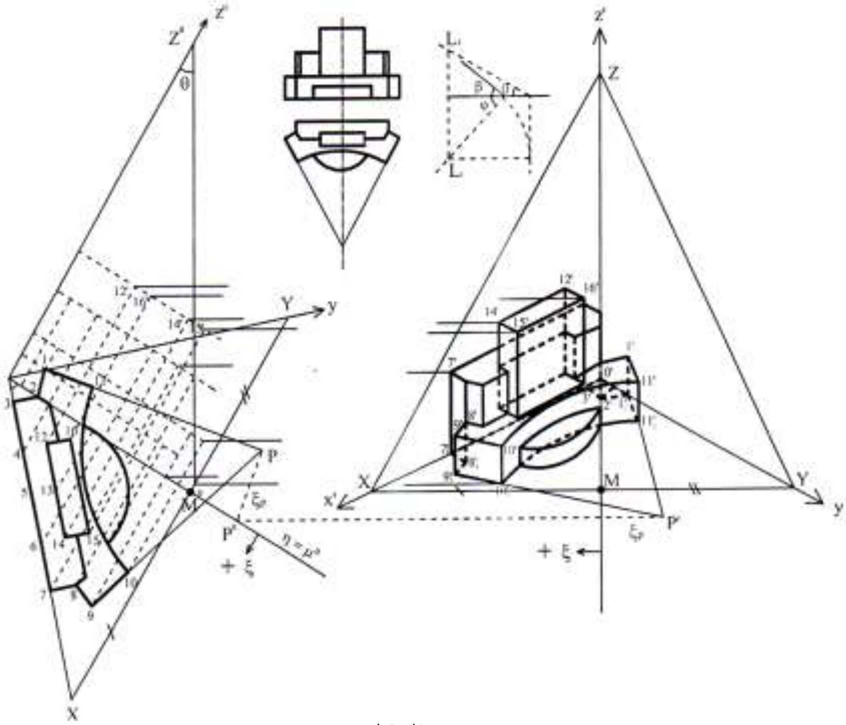
يبين الشكل (5) جسماً هندسياً محدداً بمسقطيه حسب هندسة مونج. يتحدد شعاعي الإسقاط بالزاويتين $\varphi = \angle(s_1,Ox)$ و $\beta = \angle(s_2,Oy)$. بعد القيام بعملية التدوير يمكننا أن نوجد الزاوية $\theta = \angle(s,\mu)$، كما هو مبين في الشكل (5).

بعد الحصول على أشعة الإسقاط يتم تحديد مستوي الإسقاط ω والمثلث XYZ. في بادئ الأمر نرسم $M^0Z^0 = MZ$. سنحاول إيجاد كلٍ من XM و YM.

الزوايا الثلاث $\angle(s,\mu)$ و $\angle O`OM$ و $\angle OZM$ هي زوايا متساوية كما هو واضح من الشكل (3)، أي أن:

$$\theta = \angle (s,\mu) = \angle O`OM = \angle OZM$$

نرسم الزاوية θ عند الرأس Z^0. وبهذا يتم الوصول إلى النقطة O^0 وإلى يمينها تم رسم مسقطها `O.



الشكل (5)

بما أن $O^0M^0 = s_1$ فإن $\angle\varphi = \angle(O^0x , O^0M^0)$، والتالي نكون قد حصلنا على المحورين O^0x و O^0y مع كون $O^0y \perp O^0x$. المستقيمان المرسومان من النقطة M^0 والمعامدان للمحورين O^0X و O^0Y السابقين يتقاطعان معهما في النقطتين X و Y على الترتيب. نرسم القطعتين XM و YM في القسم اليميني من الشكل (5) بحيث أن $XM = XM^0$ و $YM = YM^0$. وهكذا يكون المثلث الأكسونومتري XYZ قد تم رسمه.

بعد أن رسمنا O^0xy، فإنه يمكننا رسم مخطط الجسم الهندسي المفروض. يتم رسم المسقط الأكسونومتري لكل نقطة من نقاط الجسم وفق الطريقة المشروحة سابقاً. يبين القسم اليميني من الشكل (5) منظور الجسم الهندسي المدروس.

4 تمثيل الدوائر وكثيرات الأضلاع

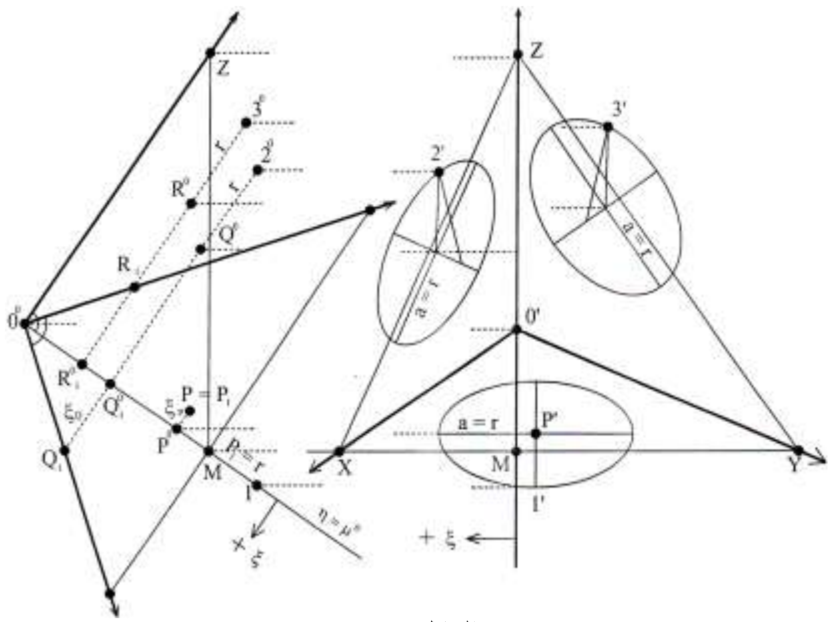
ليكن لدينا مثلث آثار XYZ. نرسم كلاً من O^0MZ و O^0XY كما هو مبين في الشكل (6). لنرسم دائرة في المستوي μ مركزها النقطة P (4 , 4 , 0)، ولنرسم دائرة أخرى في المستوي ν مركزها النقطة Q (4 , 0 , 5)، ولنرسم دائرة أخرى في المستوي π مركزها النقطة R (0 , 5 , 3).

نرسم المسقط `P للنقطة P. القطر الكبير للقطع الناقص هو مسقط القطر، وهو يوازي لأثر المستوي الموافق، وبحيث أن a = r.القطر الصغير للقطع الناقص في المستوي μ مسقط القطر كذلك، وهو يعامد الأثر الأول للمستوي. نصف القطر هو $P^01$ = r، وبالتالي يمكن أن نحصل على `1.

فيما يخص الدوائر الواقعة في المستوي ν والمستوي π نستخدم نقطة النهاية لنصف القطر هذا والموازي لـ OZ، ونكتب:

$$Q^02^0 = r \quad , \quad R^03^0 = r$$

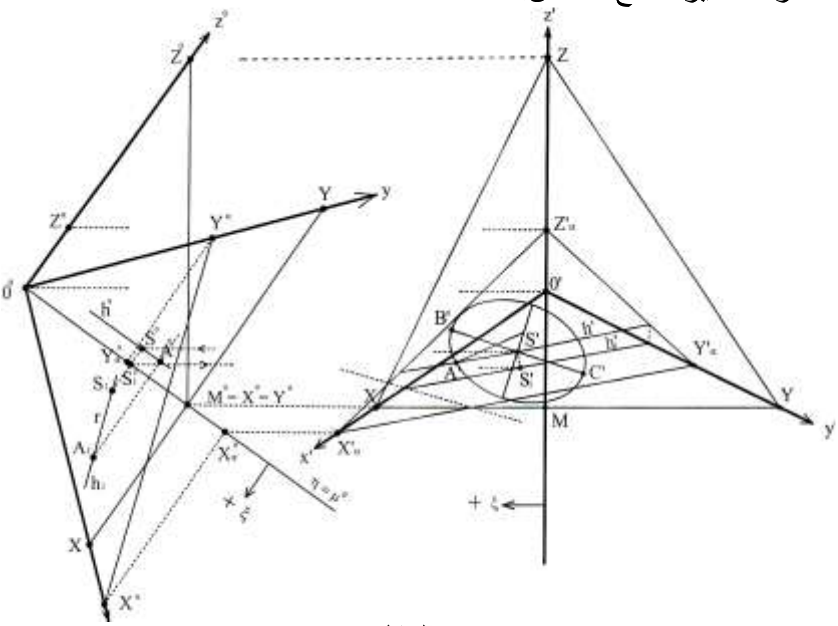
النقطتين `2 و `3 هما نقطتين من القطع الناقص.



الشكل (6)

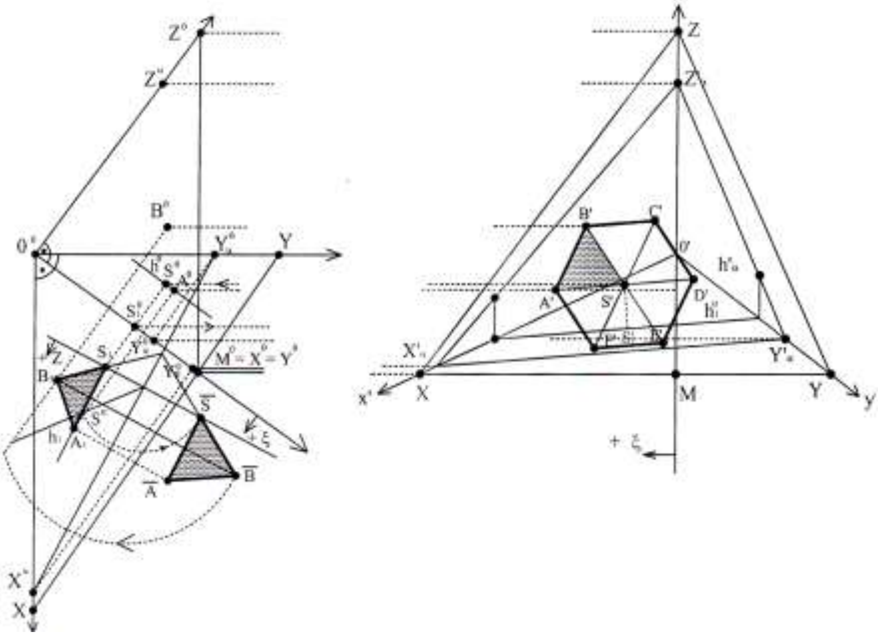
يبين الشكل (7) دائرة مرسومة في مستوي ما وليكن المستوي α. يمر القطر الكبير $B`C`$ للقطع الناقص من S موازيا للمستقيم القاطع $1_{\alpha\omega}$ المار القاطع للمستويين α و ω وبحيث يكون $B`C` = 2r$.

سنوجد النقطة A الواقعة على القطع الناقص وعلى المستقيم الأفقي المار من المركز. ولهذا سنرسم القطعة المستقيمة $S_1A_1 = r$ والواقعة على المستقيم h_1 المار من S_1 حيث $h_1 \parallel X_\alpha Y_\alpha$. تقع النقطة $A0$ على المستقيم $h0$، وتقع النقطة $A`$ على المستقيم $h`$، كما هو مبين على القسم اليميني من الشكل (7)، وصار بالامكان تمثيل القطر الصغير للقطع الناقص.



الشكل (7)

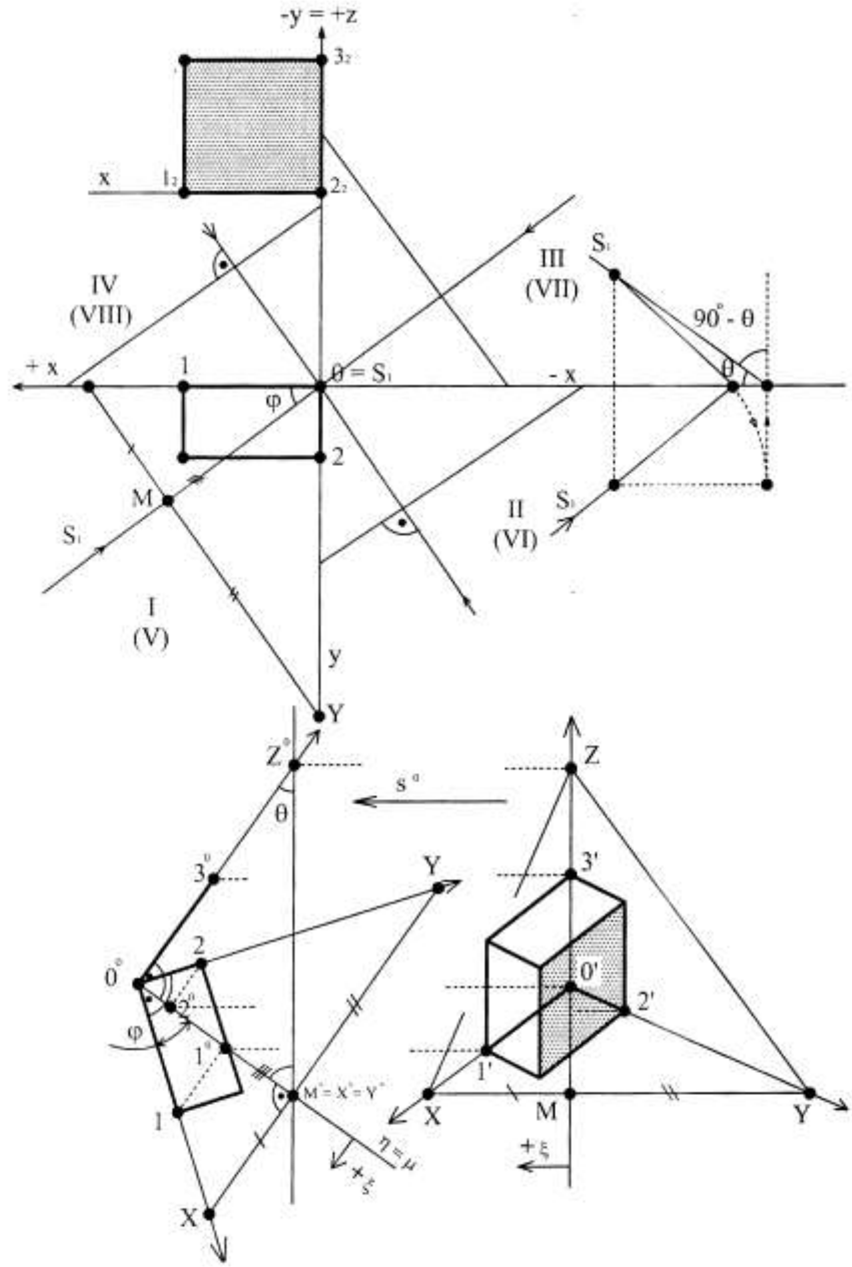
إذا أردنا الحصول على الشكل الحقيقي لجسم ما يقع في مستوٍ ما، فيمكننا أن نقوم بتدوير هذا المستوي حول الأثر الأول في O^0xy. يبين الشكل (8) سداسي أضلاع منتظم مرسوم في المستوي α، حيث أن مركز سداسي الأضلاع هو النقطة S ونصف قطر الدائرة المحددة له هي r ويقع أحد رؤوسه وهو الرأس A على المستقيم الأفقي h_α وبحيث أن $AS = X_\alpha Y_\alpha$ // A_1S_1. يتم تدوير المستوي α حول الأثر الأفقي $X_\alpha Y_\alpha$ وصولاً إلى المستوي μ وبالتالي يتم رسم المثلث ABC وفق أبعاده الحقيقية.باستخدام نفس الأسلوب، يمكننا أن نوجد النقطة B_1، وبعد ذلك يمكننا أن نوجد الإحداثي الثالث z_B عن طريق إيجاد كل من النقطتين B^0 و $B`$.وللحصول على باقي الرؤوس يمكننا استخدام نفس الأسلوب أو الاستفادة من خواص التناظر لسداسي الأضلاع المنتظم.



الشكل (8)

5 تمثيل جسم هندسي في الحالة العامة

نعلم أن الفراغ يتم تقسيمه بواسطة ثلاثة مستويات إحداثية إلى ثمانية أثمان. سوف نعطي طريقة لرسم الأجسام الهندسية في حال كان شعاع الإسقاط محدد لدينا. يبين الشكل (9) جسماً هندسياً عبارة عن متوازي سطوح يقع رأسه في مبدأ الجملة الإحداثية. إذا كانت لدينا الزاويتين φ و θ مفروضتين، فإن شعاع الإسقاط s_1 يتحدد ويكون $s_1 \perp XY$.

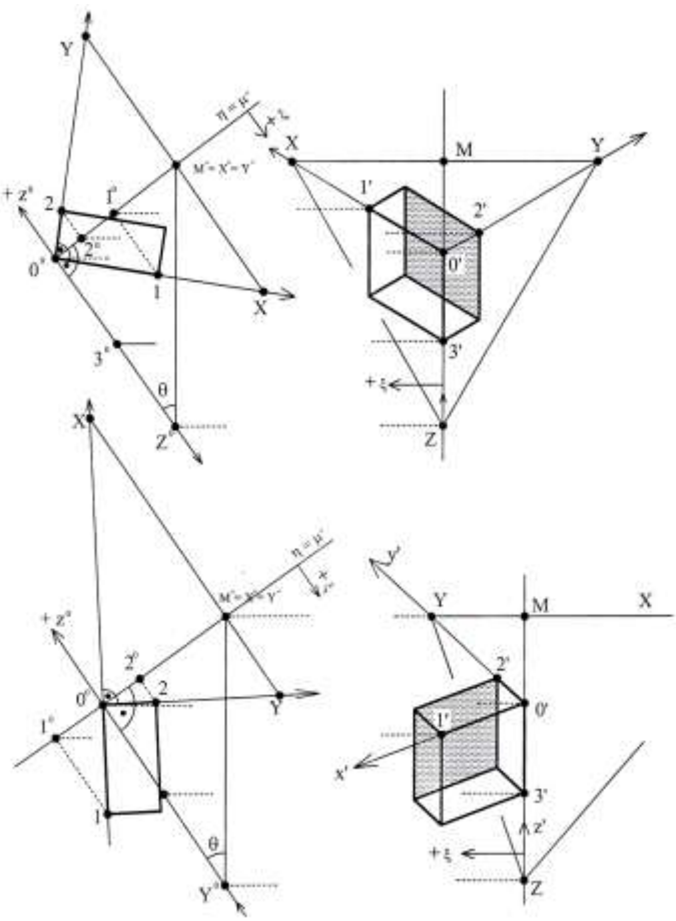


الشكل (9)

هنــاك عــدة احتمــالات لإشــارة الإحــداثيين X و Y. هاتــان النقطتــان تحــددان الاتجـاهين الموجـب والسـالب للمحـورين Ox و Oy. فمـثلاً، إذا كنـا ننظـر مـن الـثمن I، عندها فإن النقطـة Z^0 تقـع أعلـى النقطـة M0 ويكـون$0 < X$ و $0 < Y$. يبـين الشـكل (8) الجملة الإحداثية O^0xy مرسومة باستخدام الزوايا المفروضة.

يبين القسم العلوي الشكل (10) الجسم الهندسي نفسة، أي متوازي السطوح عند النظر إليه من الأسفل ومن جهة اليسار، أي من الثمن V. تقع النقطة M^0 هنا أعلى النقطة Z^0. نحصل على النقطة O^0 انطلاقاً من الزاوية θ، وهنا فإن $X > 0$ و $Y > 0$ أيضاً.

يبين القسم السفلي من الشكل (9) الجسم الهندسي عند النظر إليه من الأسفل ومن جهة اليمين، أي من الربع VI، وهنا فإن $X < 0$ و $Y > 0$، وهذا ما يحدد الاتجاهات الموجبة والسالبة للمحاور.



الشكل (10)

5 الاستنتاجات والنتائج

قمنا في هذا البحث بإعطاء طريقة جديدة لتمثيل الأجسام الهندسية في الأكسونومترية العمودية. تعتمد هذه الطريقة على القيام بعملية التدوير، حيث يلزمنا عمليتي تدوير. إن عملتي التدوير التي تضمنتهما هذه الطريقة تضمنان لنا الوصول إلى المستوى الأكسونومتري مروراً بالمستوي الجنبي للإسقاط فقط، وهذا ما يمكن من تمثيل مختلف الأجسام الهندسية على مستوي إسقاط اعتباري. تم شرح الخطوات اللازمة للوصول إلى هذا النموذج التخطيطي للأكسونومترية العمودية، و تم إعطاء بعض التطبيقات العملية على هذه الطريقة وفق هذا النموذج. من خلال الأمثلة المطروحة في البحث يتضح أن هذه الطريقة تمتاز بالسهولة والشمولية. تكمن السهولة في هذه الطريقة في أنها تقوم على إجراء عمليتي تدوير، وهو أمر سهل بالنسبة للباحثين في الهندسة الوصفية. أما شمولية الطريقة فتكمن في إمكان تطبيقها على مختلف الأجسام الهندسية المستوية منها والفراغية، وذلك كما بينت الأمثلة العملية.

A New Graphical Model of Orthogonal Axonometry

Abstract

In this research we will study a new model for representing geometrical objects in orthogonal axonometry. We well construct a point via two rotations, the first includes transforming from the Oxy plane to the profile plane, while the second rotation includes transforming from the profile plane to the axonometric projection plane.

Using this totally new method in axonometric projection we can demonstrate geometrical bodies on any arbitary projection plane, and this is what we will show by practical examples.

المراجع العلمية

1 **Чорбаджиев Др. ,** *Дескриптивна геометрия* , Наука и изкуство , София 1992.

2 **Н. Узунов** *Дескриптивна геометрия* , София 1995.

3 **C. Roubaudi ,** *Traité de GEOMETRIE DESCRIPTIVE* **,** 120 Bed St. Germin , Paris.

4 **E. L. Ince ,** *Principles of Descriptive Geometry* **,** Edward Arnold & Co. , London.