

## تحويل السطوح المستوية الحلقية إلى سطوح دورانية برجية

د. جمال معماري<sup>(1)</sup>

### الملخص

هناك طرائق كثيرة من عمليات تحويل السطوح المستوية المرصوفة من عناصر لها أشكال هندسية مختلفة إلى سطوح فراغية. هذه الطرائق جميعها تعد أنه من أهم الشروط الاقتصادية، وأحياناً الجمالية، أن يكون عدد نماذج الأشكال المستخدم في حده الأدنى وله القياسات نفسها. تناول موضوع البحث دراسة عملية في تحويل السطوح المستوية الحلقية المشكلة من نماذجين هندسيين فقط، والتي لها قياسات هندسية مختلفة، إلى سطوح فراغية دورانية مرصوفة من النماذج نفسها، ولكن بقياسات وأبعاد ثابتة ومتكررة. أطلقنا على هذه السطوح تسمية السطوح الدورانية الحلقية، أو السطوح الدورانية البرجية. بدأنا الدراسة باستخدام نماذجين هندسيين (مثلث ومستطيل)، ثم انتقلنا إلى استخدام نماذجين هندسيين آخرين (المثلث وشبه المنحرف)، وقد وجدنا من خلال الدراسة أن تغيير قيم بعض المتحولات يفتح المجال للحصول على سطوح دورانية مختلفة. يمكن تطوير هذه الدراسة باختيار نماذج أكثر (مستطيل ومثلث وشبه منحرف)، كما يمكن اختيار نماذج ذات قياسات مختلفة وعندها نستطيع الحصول على سطوح دورانية متعددة.

**الكلمات المفتاحية:** السطوح المنحنية، السطوح القشرية، تشكيل السطوح المنحنية، السطوح الدورانية الحلقية، السطوح البرجية، تقريب السطوح، متحولات السطوح، الأسطح الضمنية، النمذجة الهندسية.

<sup>(1)</sup> مدرس، قسم العلوم الأساسية، كلية الهندسة المدنية، جامعة دمشق، سورية.

## Transform flat surfaces ringed the roofs of rotary towe

Dr. Jamal Memari<sup>(1)</sup>

### Abstract

There are many ways of operations to transform flat surfaces composed of multiple elements that have different geometric shapes to spatial surfaces. One of the most important economic conditions, and sometimes aesthetic ones, in the formation of these surfaces is for number of models we used to be at its minimum while having the same measurements.

In this subject of research we study the conversion ringed flat surfaces formed of two geometric models, with varying measurements, to spatial paved surfaces rotational models of the same, shapes of static and repetitive dimensions, which gives a more aesthetic form and the best economic sense. These surfaces are called surfaces rotational or cyclic surfaces rotary tower.

We started the study using two models (a triangle and a rectangle), and then we moved to the other two models (a triangle and a trapezoidal), where we found that changing some of the values of variables opens the way for a different rotational surfaces.

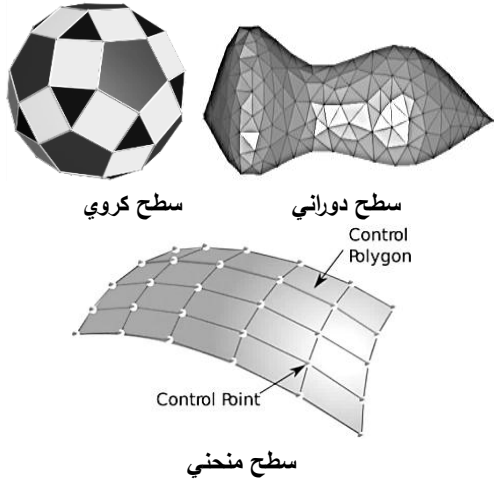
This study can be used to develop more models to choose (rectangle, triangle and trapezoid), and can be chosen with varying measurements models, and then we can have multiple rotational surfaces.

**Key words:** Curved surfaces, Cortical surfaces, Surfaces rotational ring, Surfaces tower, Form curved surfaces, Surface approximation, Parametric surfaces, Implicit surfaces, geometric modeling.

---

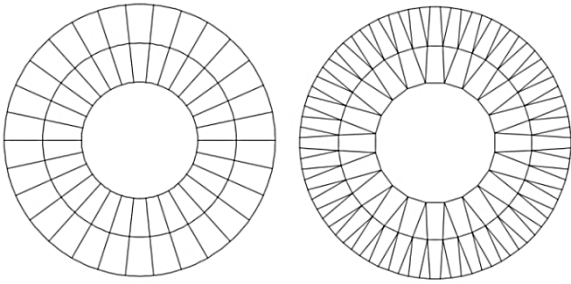
<sup>(1)</sup> Department of Basic Sciences, Faculty of Civil Engineering, Damascus University, Syria.

## المقدمة:



الشكل (3)

من بين نماذج تشكيل السطوح المستوية هناك التشكيل الحلقي الذي تصطف فيه العناصر على شكل حلقات دائرية متحدة المركز، بحيث تتكرر النماذج المستخدمة في كل حلقة، لكنها لا تحافظ على أبعادها. الشكل (4).



الشكل (4)

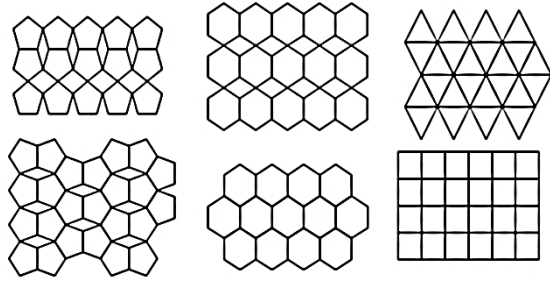
في هذا البحث نتطرق إلى دراسة عملية تحويل السطوح الدورانية الحلقية (Surfaces rotational ring) الواقعة في مستوي واحد والمرصوفة من أشكال مثلثية ومضلعات رباعية إلى سطوح دورانية فراغية.

الجديد في هذا البحث هو أن العناصر المستخدمة هي أشكال متناظرة ذات قياسات ثابتة في الحلقات كلها.

### مواد البحث وطرائقه:

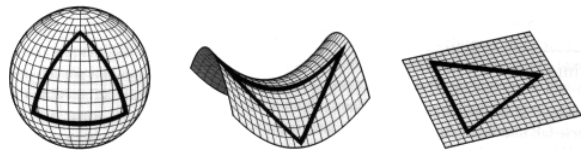
إذا قسّمنا سطحاً مستوياً إلى مجموعة من الدوائر المتحدة المركز، ثم قسّمنا محيط كل دائرة إلى مجموعة من الأوتار المتساوية الطول، بشرط أن يكون عدد الأوتار في كل دائرة مساوياً إلى ضعف عدد الأوتار في الدائرة السابقة.

هناك طرائق لا تحصى من عمليات تقسيم السطوح المستوية إلى عناصر وأشكال هندسية لها نماذج مختلفة. وتصبح هذه الطرائق أكثر محدودية عندما ينخفض عدد نماذج الأشكال الهندسية المستخدمة إلى نموذج واحد أو نموذجين، علماً أن الناحية الاقتصادية تفرض استخدام العدد الأدنى من النماذج المستخدمة المتطابقة أو المتقاربة بالقياسات مع الحفاظ على الناحية الجمالية. ويوضح الشكل (1) بعض أشكال التقسيم من نموذج واحد (One Form)، أو نموذجين ذات الأبعاد والقياسات المتطابقة [12].



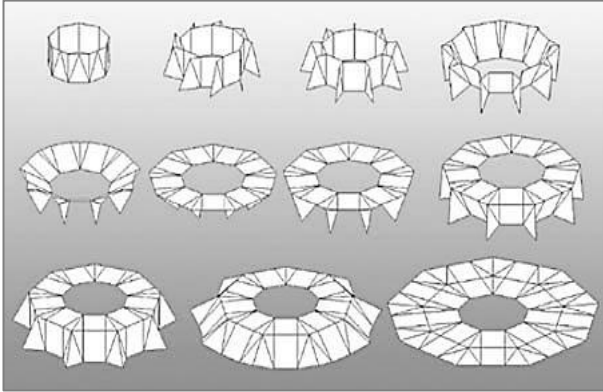
الشكل (1)

عند إجراء أي تغيير ثابت أو متدرج في قياس أحد النماذج أو توضعها، يجعل بعض الأشكال تخرج من السطح المستوي لتشكل سطحاً فراغياً. إذ يمكن أن تكون هذه السطوح الفراغية لها انحناء محدب أو مقعر باستخدام تغيير متتابع بالقياسات، (الشكل 2) [5], [14].



الشكل (2)

من المعروف أنه يمكن تشكيل السطح الفراغي من نموذج واحد فقط من العناصر الهندسية (مضلع رباعي أو مثلث)، أو من أكثر من نموذج هندسي (مضلعات مستوية لها أكثر من أربعة أضلاع). (الشكل 3) [10], [14].



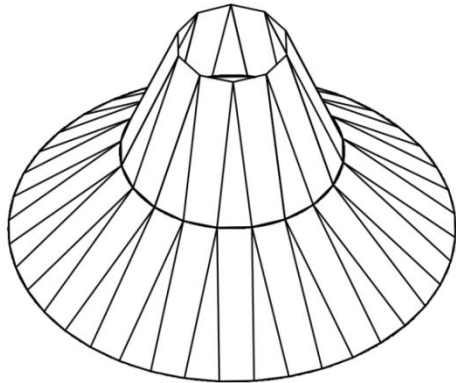
الشكل (7)

1- النموذج الأول: حالة مثلث ومستطيل

إذا فرضنا أن طول الوتر ( $\ell$ ) ثابت في الدوائر كلها فإننا نحصل، كما ذكرنا، على نموذجين من العناصر فقط، وهما: مثلث متساوي الساقين ومستطيل (الشكل 6).

نقوم الآن بنقل الدوائر المقسمة بالأوتار ( $\ell$ ) إلى مستويات مختلفة بحيث نحصل على سطح دوراني مشكل من عناصر هندسية مستوية متكررة مرصوفة على شكل حلقات (الشكل 8).

تتألف هذه العناصر من مثلثات متساوية الساقين ومستطيلات. ويبين الشكل (8) حلقتين من هذه الحلقات.



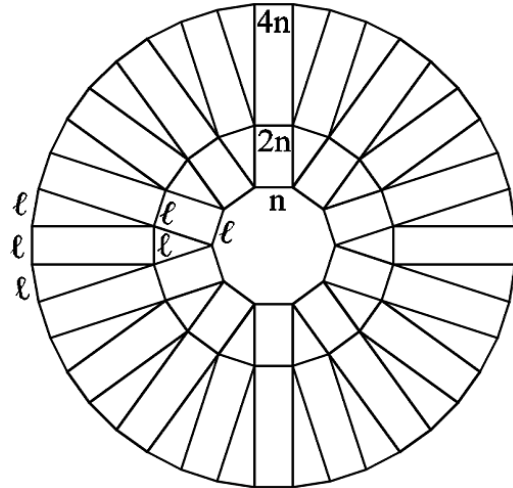
الشكل (8)

إن تحديد المستويات (المناسيب) التي تقع فيها هذه الدوائر المقسمة مرتبط بطول ساق المثلث ( $\alpha$ )، الذي هو في الوقت نفسه ارتفاع المستطيل. ونظراً إلى أن أساس الدراسة في هذا البحث يستند إلى استخدام نموذج موحد في الحلقات كلها، فالطول ( $\alpha$ ) ثابت.

أي إن عدد الأوتار في الدوائر المتتالية يأخذ التسلسل الآتي:  $n, 2n, 4n, 8n, 16n, \dots$

نقوم بالوصل بين رؤوس الأوتار في الدائرة ( $n$ ) مع رؤوس الأوتار في الدائرة ( $n+1$ ) بخطوط مستقيمة، بحيث نحصل على أشكال هندسية لها خاصية التناظر، التي يمكنها أن تأخذ النموذجين الآتيين فقط:

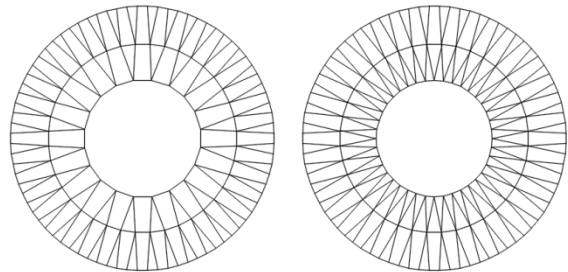
مثلث متساوي الساقين، مستطيل (الشكل 5).



الشكل (5)

أما في حال اختلف طول الوتر بين دائرة وأخرى، سواء كان مع المحافظة على التزايد المضاعف في عدد الأوتار  $n, 2n, 4n, \dots$  أو في تكرار العدد  $n$  في حلقتين متتاليتين، فإنه يضاف إلى الشكلين السابقين شبه المنحرف المتساوي الساقين. (الشكل 6).

إذا افترضنا أن الدوائر المقسمة بالأوتار لا تقع في مستوى واحد فإننا نحصل من رصف هذه الأشكال على سطوح دورانية، كل نسق من العناصر فيها يشكل حلقة دورانية. (الشكل 5) [12].



الشكل (6)

### 1-1 العلاقات الرياضية بين المتحولات:

عند تقسيم محيط الدائرة لعدد  $(n)$  من الأقسام، تكون الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:  $\alpha_n = \frac{2}{n}$  ويكون طول الوتر في قطعة التقسيم الواحدة يساوي:

$$\ell = 2R_n \sin \frac{\pi}{n}$$

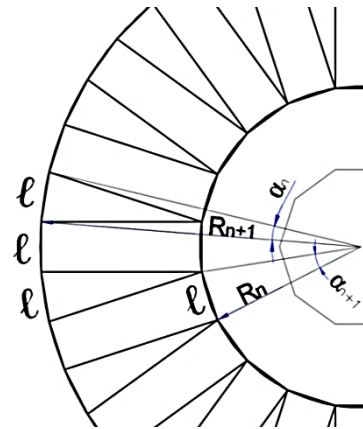
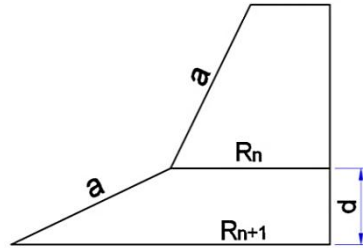
في الحلقة التي تليها يزداد عدد قطع التقسيم إلى  $(2n)$  وتصبح الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:

$$\alpha_{n+1} = \frac{\pi}{n}$$

وطول وتر التقسيم يساوي:

$$\ell = 2R_{(n+1)} \sin \frac{\pi}{2n}$$

يوضح الشكل (9) المسططين الأفقي والجبهي لحلقتين متتاليتين من سطح دوراني مؤلف من مجموعة حلقات مرصوفة بأشكال هندسية مستوية لها نموذج مثلثات ومستطيلات.



الشكل (9)

من المسقط الجبهي في هذا الشكل نكتب:

$$a^2 = d^2 + (R_{n+1} - R_n)^2 \quad (1)$$

بتعويض العلاقات السابقة في العلاقة (1) تصبح بالشكل الآتي:

$$a^2 = d^2 + \left( \frac{\ell}{2 \sin \frac{\pi}{2n}} - \frac{\ell}{2 \sin \frac{\pi}{n}} \right)^2 \quad (2)$$

من العلاقة (2) نجد أنه في حال كان لـ  $(a)$  قيمة ثابتة، فإن قيمة  $(d)$  تقترب من الصفر كلما ازدادت قيمة  $(n)$ ، وبذلك يمكننا حساب العدد الأعظمي  $(n)$  عندما تصبح  $(d = 0)$ :

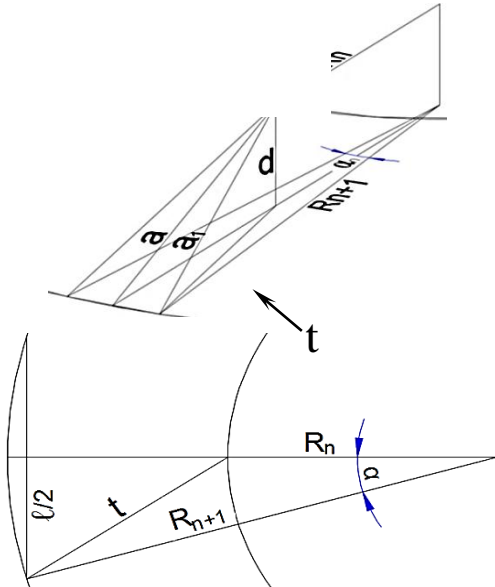
$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\pi}{2n}} - \frac{1}{\sin \frac{\pi}{n}} \right) = \frac{a}{\ell} \quad (3)$$

في الدراسة أعلاه تعبر القيمة  $(a)$  في المسقط الجبهي على البعد الناظم بين محيط الدائرتين  $(n, n+1)$ ، وهي لا تساوي طول ساق المثلث أو المستطيل، لكن الفرق بينهما مهمل خاصة عند القيم الكبيرة للمتحول  $(n)$ ، أو القيم الكبيرة للمسافة الشاقولية  $(d)$ .

من الشكل (9) يمكننا حساب طول ساق المثلث  $(a_1)$ ، كما يأتي:

$$a_1^2 = d^2 + t^2$$

$$t^2 = \left( \frac{\ell}{2} \right)^2 + (R_{(n+1)} \cos \alpha - R_n)^2$$



الشكل (10)

ومنه نكتب:

$$\ell = 2R_n \sin \frac{\pi}{n} \quad (5)$$

$$\ell = 2R_{(n+1)} \sin \frac{\pi}{2n} \quad (5)'$$

بمساواة العلاقتين (5) و(5)', نجد:

$$2R_n \sin \frac{\pi}{n} = 2R_{(n+1)} \sin \frac{\pi}{2n}$$

$$R_{(n+1)} = 2R_n \cos \frac{\pi}{2n} \quad (6)$$

بتعويض العلاقة (6) في (1) تصبح العلاقة (1) على الشكل الآتي:

$$a^2 = d_n^2 + R_n^2 (2 \cos \frac{\pi}{2n} - 1)^2 \quad (7)$$

### 2-1 طريقة تشكيل السطح:

نحسب النسبة  $(\frac{a}{\ell})$  من العلاقة (3) باختيار قيمة للعدد الأعظمي  $(n)$  (إذ  $d=0$ ).

وبإعطاء قيمة للمتحويل  $(\ell)$ ، يمكن حساب نصف القطر  $(n)$ ، وحساب القيمة  $(a)$  أو  $(1)$  من العلاقات السابقة (3,4,5,6,7).

التعويض تصبح العلاقة (2) على الشكل الآتي:

$$a_1^2 = d^2 + \left(R_{n+1} \sin \frac{\pi}{2n}\right)^2 + \dots \left(R_{n+1} - R_{(n+1)} \cdot 2 \left(\sin \frac{\pi}{4n}\right)^2 - R_n\right)^2 \quad (4)$$

لكن القيمة  $(\alpha)$  المستخدمة في العلاقات السابقة هي:

$$a^2 = d^2 + (R_{n+1} - R_n)^2$$

ومنه نجد أن الفارق بين الطول  $(a)$  والطول  $(a_1)$  صغير جداً مقارنة بالطول الكامل، خاصة في القيم الكبيرة للمتحويل  $(n)$ ، أو القيم الكبيرة للمسافة  $(d)$ .

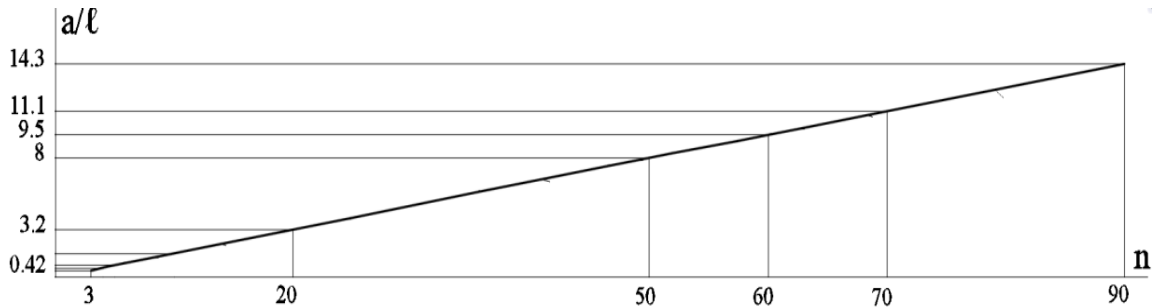
يبين المخطط على الشكل (11) القيمة العظمى التي يمكن أن يصل إليها العدد  $(n)$  بدلالة النسبة  $(\frac{a}{\ell})$ .

عند تقسيم الدائرة لعدد  $(n)$  من الأقسام، تكون الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:

$$\alpha_n = \frac{2\pi}{n}$$

وعند تقسيم الدائرة إلى عدد  $(n+1)$  من الأقسام، بحيث  $(n+1 = 2n)$ ، فإن الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:

$$\alpha_{n+1} = \frac{\pi}{n}$$



الشكل (11)

من العلاقة (5)، نجد:

نصف قطر الدائرة  $n$  هو  $(R_n = 63.72)$ .

والدائرة  $n+1$  هو  $(R_{(n+1)} = 127.36)$ .

من العلاقة (7) نجد:  $(\alpha=63.72)$  عندما  $(d=0)$ .

من العلاقة (4) نجد:  $(a_1=63.74)$  عندما  $(d=0)$ .

نختار القيم الآتية:

$$(n = 40), (\ell = 10), (a_1 = 65)$$

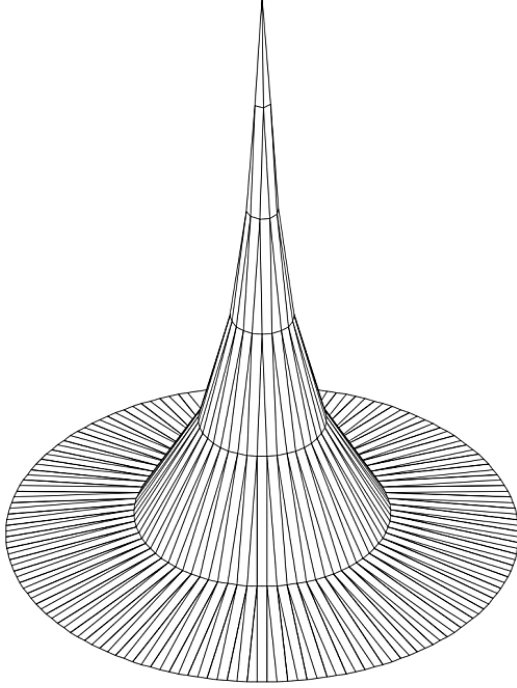
أما المسافات الشاقولية  $(d)$  التي تفصل بين مستويات أو مستويات المضلعات فتُحسب من العلاقة (2)، أو من العلاقة (4) لزيادة الدقة.

### 3-1 تطبيق:

بفرض أن عدد الأوتار الأعظمي في الدائرة قبل الأخيرة هو:  $(n = 40)$ .

وأن طول الوتر:  $(\ell = 10)$ .

وبين الشكل (13) الشكل الفراغي لهذا السطح الدوراني.



الشكل (13)

2- النموذج الثاني: حالة مثلث وشبه منحرف

إذا فرضنا أن طول وتر التقسيم يساوي  $(l)$  في مضلع الدائرة  $(n)$  ومضلع الدائرة  $(n + 2)$ ، في حين يساوي  $(\epsilon \cdot l)$  في مضلع الدائرة  $(n + 1)$  ومضلع الدائرة  $(n + 3)$ ، فإننا نحصل على نموذجين من العناصر، وهما مثلث متساوي الساقين وشبه منحرف متساوي الساقين.

نقوم بنقل مستويات الدوائر المقسمة بالأوتار إلى مستويات مختلفة بحيث نحصل على سطح دوراني مشكل من عناصر هندسية مستوية متكررة مرصوفة بجانب بعضها بعضاً، تتألف من:

حلقة تحوي مثلثات وأشباه منحرفة، وحلقة تحوي أشباه منحرفة فقط، بحيث يكون طول الساق في نموذج المثلث وشبه المنحرف ثابتاً في الحلقات كلها.

يبين الشكل (14) المسقط الأفقي لثلاث حلقات متتالية مشكلة من هذه النماذج.

ومنه نحصل على النتائج التالية:

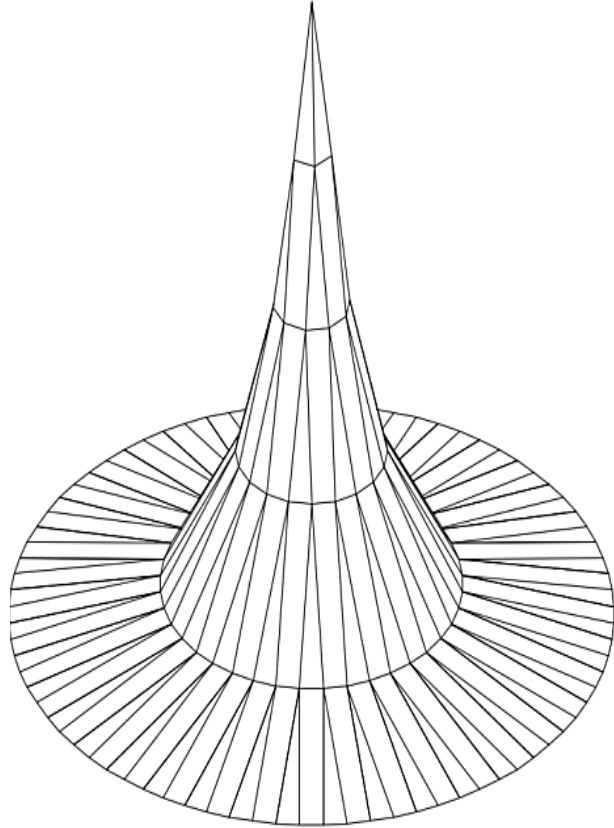
$$n = 40, R_{40} = 63.72, d_{40} = 13.31$$

$$n = 20, R_{20} = 31.96, d_{20} = 56.7$$

$$n = 10, R_{10} = 16.18, d_{10} = 63.05$$

$$n = 5, R_5 = 8.5, d_5 = 64.54$$

يوضح الشكل (12) المنظور الفراغي لهذا السطح.



الشكل (12)

إذا قمنا بزيادة العدد  $n$  في الدائرة قبل الحلقة الأخيرة إلى الضعف  $(n = 80)$  و  $(n + 1 = 160)$ ، وطول الوتر  $(l = 10)$ ، فإن قيمة  $a_1$  تصبح  $(a_1 = 130)$ . ومنه نحصل على النتائج الآتية:

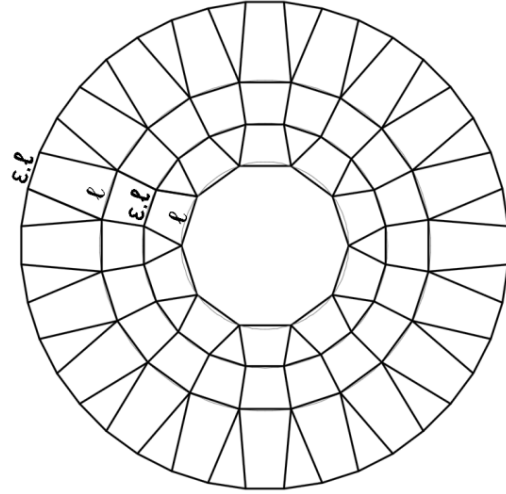
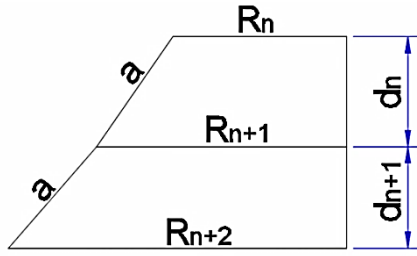
$$n = 80, R_{80} = 127.35, d_{80} = 26.32$$

$$n = 40, R_{40} = 63.73, d_{40} = 13.36$$

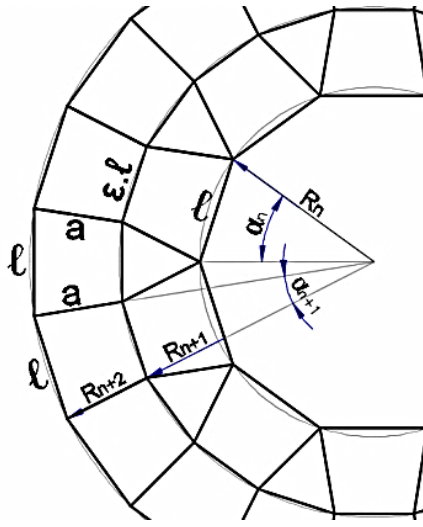
$$n = 20, R_{20} = 31.96, d_{20} = 126.06$$

$$n = 10, R_{10} = 16.18, d_{10} = 129.04$$

$$n = 5, R_5 = 8.5, d_5 = 129.77$$



الشكل (14)



الشكل (14)

## 1-2. العلاقات الرياضية بين المتحولات:

عند تقسيم الدائرة إلى عدد  $(n)$  من الأقسام، تكون الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:  $\alpha_n = \frac{2\pi}{n}$

وعند تقسيم الدائرة إلى عدد  $(n+1 = 2n)$ ، فإن الزاوية المركزية للقسم الواحد تساوي:  $\alpha_{(n+1)} = \frac{\pi}{n}$

من المسقط الأفقي للشكل (14)، نكتب:

$$l = 2R_n \sin \frac{\pi}{n} \quad (5)$$

$$\epsilon \cdot l = 2R_{(n+1)} \sin \frac{\pi}{2n} \quad (8)$$

$$l = 2R_{(n+2)} \sin \frac{\pi}{2n} \quad (9)$$

من العلاقات (5) و(8)، نستنتج:

$$R_{(n+1)} = 2 \cdot \epsilon \cdot R_n \cos \frac{\pi}{2n} \quad (10)$$

ومن العلاقات (5) و(9)، نستنتج:

$$R_{(n+2)} = 2R_n \cos \frac{\pi}{2n} \quad (11)$$

يوضح الشكل (15) المسقطين الأفقي والجبهوي لجزء من هذا السطح الدوراني. ومنه نكتب:

$$a^2 = d_n^2 + (R_{n+1} - R_n)^2 \quad (12)$$

$$a^2 = d_{(n+1)}^2 + (R_{n+2} - R_{n+1})^2 \quad (13)$$

بتعويض العلاقة (10) والعلاقة (11) بهاتين المعادلتين تصبح العلاقة (12) على الشكل التالي:

$$a^2 = d_n^2 + R_n^2 (2 \cdot \epsilon \cdot \cos \frac{\pi}{2n} - 1)^2$$

والعلاقة (13) الشكل التالي:

$$a^2 = d_{(n+1)}^2 + \left(2R_n \cos \frac{\pi}{2n}\right)^2 (1 - \epsilon)^2$$

تستخدم العلاقة (12) عندما يكون الرصف الحلقي يتألف من أشباه منحرفة ومثلثات، وتستخدم العلاقة (13) عندما يكون الرصف الحلقي أشباه منحرفة فقط.

## 1-2. طريقة تشكيل السطح:

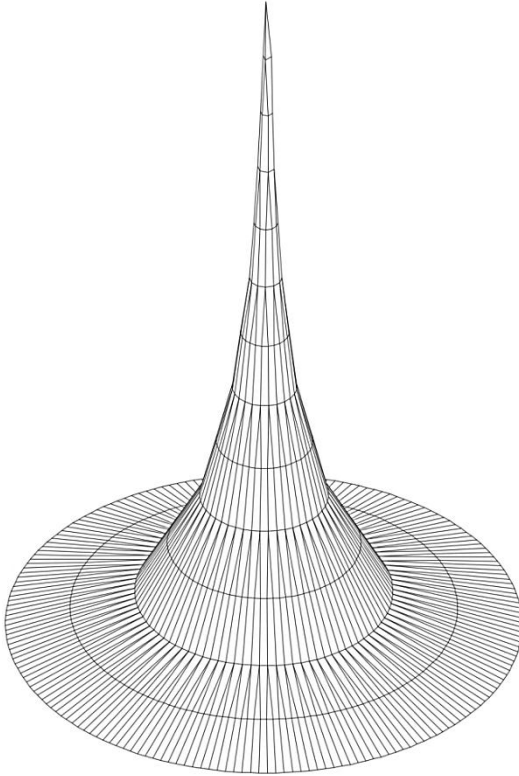
يتم اختيار العدد الأعظمي  $(n)$  فرضاً، وطول الوتر  $(l)$ ، وبناءً عليه يُحسب طول نصف القطر  $(R_n)$  من العلاقة (5)، أما طول ساق المثلث أو شبه المنحرف  $(a)$  فيُحسب من العلاقة (12) أو من العلاقة (13) عندما يكون  $(d = 0)$ ، والذي يقابل الطول الأدنى لساق المثلث أو شبه المنحرف.



(الجدول 1)

d	$R_{n+2}$	$R_{n+1}$	$R_n$	$\frac{2n}{n}$	رقم الحلقة
23.75	305.6	229	152.8	192	12
23.81				96	11
70.3	152.8	114.6	76.4	96	10
70.31				48	9
77.68	76.4	57.3	38.3	48	8
77.7				24	7
79.42	38.3	28.7	19.3	24	6
79.44				12	5
79.87	19.3	14.5	10	12	4
79.85				6	3
79.96	10	7.5	5.78	6	2
79.95				3	1

ويبين الشكل (15) المنظور الفراغي لهذا السطح.



(الشكل 15)

عندما ينتهي الرصف بنموذجين، أشباه منحرفة ومثلثات تحسب (a) من العلاقة (12) التي تأخذ الشكل الآتي:

$$a = R_n(2 \cdot \epsilon \cdot \cos \frac{\pi}{2n} - 1) \quad (14)$$

وعندما ينتهي الرصف بنموذج واحد، أشباه منحرفة فقط، تحسب (a) من العلاقة (13) التي تأخذ الشكل:

$$a = 2R_n \cos \frac{\pi}{2n} (1 - \epsilon) \quad (15)$$

**ملاحظة:** تؤدي القيمة ( $\epsilon$ ) دوراً مهماً في شكل النماذج المستخدمة، ومن ثم في شكل السطح الناتج.

لكي تكون هناك قيمة لـ (a) من العلاقة (14) يجب أن تتحقق المترابحة التالية:

$$\epsilon \geq \frac{1}{2 \cos \frac{\pi}{2n}} \quad (16)$$

ومن العلاقة (15) يجب أن تتحقق المترابحة:

$$\epsilon \leq 1$$

بمساواة العلاقة (13) مع العلاقة (15)، نستنتج:

$$\epsilon = \frac{1}{4 \cos \frac{\pi}{2n}} + 0.5 \quad (17)$$

## 2-2. تطبيق:

باختيار نموذجين من الأشكال: مثلث متساوي الساقين، وشبه منحرف متساوي الساقين.

وباختيار القيم ( $n = 96$ ) و ( $\ell = 10$ ).

نحسب قيمة نصف القطر من العلاقة (5):

$$R_n = 152.81 \text{ mm}$$

عند الحدود الدنيا لـ ( $n$ ) يجب أن يتحقق المترابحة

$$\epsilon \geq 0.577 \quad (16)$$

ونختار القيمة المثلثي من العلاقة (17):  $\epsilon = 0.75$

ومنه نحسب قيمة (a):  $a = 76.38$

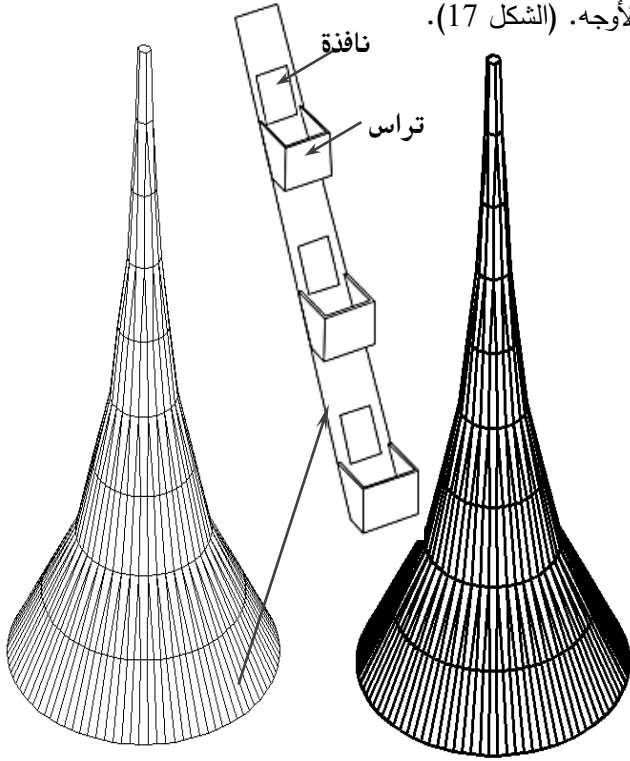
إذاً نختار القيم الآتية:

$$(n = 96), (\ell = 10), (a = 80)$$

ويكون عدد الحلقات (12)، نصفهم مرصوف بعناصر لها نموذج شبه منحرف فقط، وهي الحلقات الزوجية. والنصف الآخر يحوي نموذجين من العناصر هي مثلثات وأشباه منحرفة. يبين الجدول (1) النتائج الحسابية الضرورية.

كما يمكن أن تصنع على شكل جائز شبكي يكون هيكلاً لبناء دائري تأخذ فتحاته الشكل الهندسي لهذه العناصر، إذ يمكن إغلاق بعض الفتحات فيه بصفائح مصمته، أو شفافة من الزجاج للحصول على الشكل المعماري المطلوب.

يمكن تصميم بناء عالٍ برجى تكون أوجهه وجدرانه الخارجية لها هذا النموذج من الأشكال الهندسية، إذ يمكن إنشاء فتحات النوافذ وإضافة الشرفات إلى كل وجه من هذه الأوجه. (الشكل 17).



الشكل (17)

المجال الأكثر استخداماً لهذه البلاطات، هو أنه يمكن تصنيعها مسبقاً بقياسات محددة (بدلالة النسبة  $\frac{a}{p}$ )، وعند جمعها وتركيبها يمكننا الحصول على أشكال مختلفة من السطوح الدورانية تبعاً لنموذج العناصر المستخدمة ولعددتها الذي يُرصف في الحلقة الأولى.

يبين الشكل (18) السطح الناتج باستخدام نموذجين من العناصر، مثلث ومستطيل. ويوضح الشكل كيف يتغير

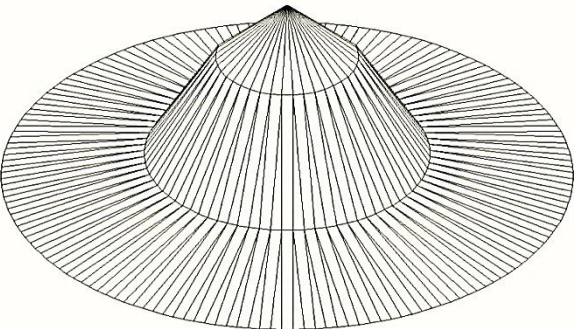
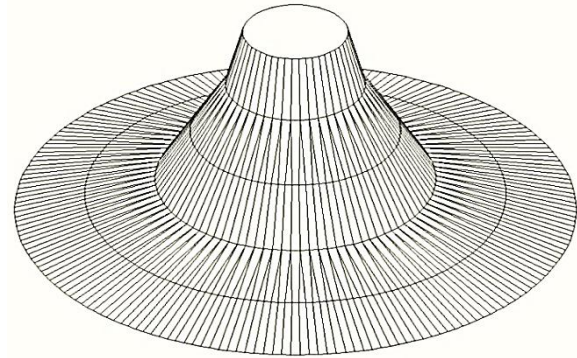
**ملاحظة:** إذا استخدمنا ( $a = 76.38$ ) التي توافق القيمة المتلى لـ ( $\epsilon = 0.75$ ) بدلاً من ( $a = 80$ )، وقعت الحلقتان الأخيرتان في مستوي واحد تماماً.

وإذا استخدمنا ( $\epsilon = 0.577$ ) كانت الحلقة الأولى أسطوانية الشكل.

#### الجانب التطبيقي من البحث:

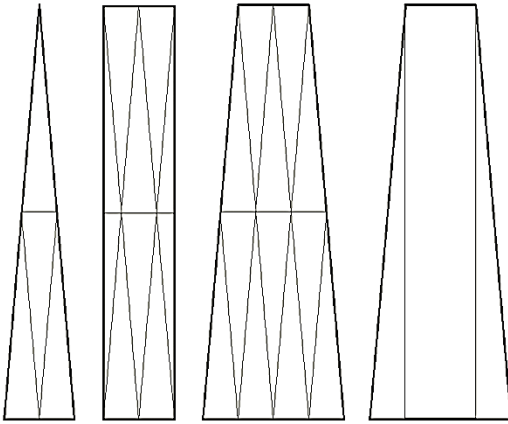
مع أن الدراسة مقتصرة على الناحية الوصفية حسب اختصاص الباحث (الهندسة الوصفية والرسم الهندسي)، لكن لأبأس من التطرق لفكرة مجال استخدام هذا النوع من التصميم.

من الممكن تصنيع البلاطات المشكلة للبرج الحلقى من صفائح معدنية أو بلاستيكية، أو من مواد خفيفة الوزن أو من مواد عازلة للحرارة، وغيرها من المواد التي تستخدم في البناء. أمّا مجال استخدامها فهو واسع. فمن الممكن استخدامها كتغطية للسطوح الدورانية، كما يمكن تشكيل السطوح الدورانية منها عن طريق تجميعها، إذ تستخدم كسقوف للأبنية والملاعب لجمالية شكلها المعماري (الشكل 16).



الشكل (16)

4- يمكن تشكيل الوجه الواحد بتجميعه من عدة عناصر جزئية؛ ممّا يسمح بتشكيل سطح برج من نموذج واحد من الأشكال (مثلثات فقط)، أو نموذجين كحد أقصى (الشكل 19):



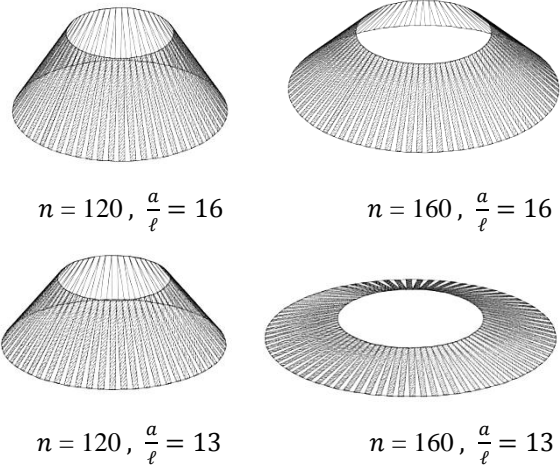
الشكل (19)

5- يمكن تصنيع هذه العناصر بشكل مسبق الصنع وقياسات ونماذج مختلفة، إذ يمكن استخدامها في رصف السطوح الدورانية.

6- كما يمكن جمعها على شكل حلقات دائرية وتجميعها مع بعض للحصول على سطوح دورانية برجية لها أشكال وارتفاعات مختلفة تبعاً لعدد عناصر الحلقة الأولى ( $n$ ) ولنسبة الأبعاد  $(\epsilon, a, \ell)$  في العنصر وطريقة تجميعها.

7- تناول البحث عملية تشكيل السطوح الدورانية البرجية من وجهة نظر الهندسة الوصفية، علماً أن إمكانية استخدام هذه العناصر في مجال العمارة والبناء متعدد، إذ يمكن استخدامها في رصف السطوح أو في تشكيل السطوح والسقوف، أو الهياكل (كجوائز شبكية)، كما يمكن استخدامها كبلطات خارجية في تشكيل الأبنية العالية البرجية التي لها شكل دوراني.

السطح الناتج بتغيير أبعاد العناصر المستخدمة  $(\frac{a}{\ell})$ ، وتغيير عدد العناصر ( $n$ ) في الحلقة الأولى.



الشكل (18)

### النتائج والمناقشة:

من خلال الدراسة أعلاه نستنتج ما يأتي:

- 1- يمكننا تشكيل سطوح دورانية برجية مرصوفة على شكل حلقات من عناصر هندسية مستوية تتألف من نموذجين أو ثلاثة نماذج من العناصر، التي لها محور تناظر وموحدة في القياسات.
- هذه النماذج هي عبارة عن: مثلث متساوي الساقين، مستطيل، شبه منحرف متساوي الساقين.
- 2- الجديد في هذا البحث هو استخدام عدد أصغري من النماذج الهندسية المتكررة ذات القياسات الثابتة والموحدة، إذ توصلنا إلى نتيجة أن تغيير قيم المتحولات  $(\epsilon, n, a/\ell)$  المرتبطة بأبعاد وعدد عناصر الرصف يسمح بالحصول على أشكال مختلفة من السطوح الحلقية الدورانية البرجية.
- كما أن طريقة تجميع هذه العناصر واختيار أشكالها يؤدي دوراً كبيراً في شكل السطح الدوراني البرجي الناتج.
- 3- اقتصرنا الدراسة على اختيار طول ثابت للوتر ( $\ell$ ) وموحد للعناصر جميعها في حلقات السطح البرجي كلها. لكن من الممكن تطوير هذه الدراسة باختيار طولين للوتر ( $\ell$ ) في الدائرة الواحدة وبشكل متناوب، ومنه يمكن زيادة عدد نماذج العناصر المستخدمة. ومن ثمّ الحصول على عدد أكبر من السطوح الدورانية البرجية.

## References

- [12] <https://str.llnl.gov/str/March03/Hyde.html>
- [13] <https://uk.pinterest.com/pin/572238696379420842/>
- [14] [https://www.google.com/search?q=Curved+surfaces+of+the+first+class&biw=1920&bih=979&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjXvI2F7IPMAhWKFiwKHVxAAJ4Q\\_AUIBigB#tbm=isch&q=curved+surface+origami+structures&imgc=bmQOJmOmsMuyLM%3A](https://www.google.com/search?q=Curved+surfaces+of+the+first+class&biw=1920&bih=979&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjXvI2F7IPMAhWKFiwKHVxAAJ4Q_AUIBigB#tbm=isch&q=curved+surface+origami+structures&imgc=bmQOJmOmsMuyLM%3A)
- |                    |            |                  |
|--------------------|------------|------------------|
| Received           | 2016/04/28 | إيداع البحث      |
| Accepted for Publ. | 2016/10/17 | قبول البحث للنشر |
- [1] Analytic Geometry Middlemiss, Marks, and Smart. 3rd Edition Ch. 15 Surfaces and Curves, § 15-4 Surfaces of Revolution LCCN 68-15472 pp 378 ff.
- [2] Anton, H. Calculus: A New Horizon, 6th ed. New York: Wiley, 1999.
- Apostol, T. M. Calculus, 2nd ed., Vol. 2: Multi-Variable Calculus and Linear Algebra, with Applications to Differential Equations and Probability. Waltham, MA: Blaisdell, 1969.
- [3] Albeverio, Sergio and Zegarliniski, Boguslaw, Construction of Convergent Approximations of Quantum Fields on Riemannian Manifolds, University of Bochum preprint SFB 237, 1989.
- [4] Curvature-Based Regularization for Surface Approximation Carl Olsson, Centre for Mathematical Sciences, Lund University, Sweden [calle@maths.lth.se](mailto:calle@maths.lth.se) Yuri Boykov Department of Computer Science, University of Western Ontario, Canad.
- [5] Farin G., Curves and surfaces for CAGD: a practical guide. Academic Press Inc., pp 343-358. 1993
- [6] Gray, A. "Surfaces of Revolution." Ch. 20 in Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 457-480, 1997.
- [7] Journal of the Brazilian Computer Society On-line version ISSN 1678-4804. J. Braz. Comp. Soc. 3(3) Campinas Apr. 1997  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-65001997000100003>  
A Methodology for Piecewise Linear Approximation of Surfaces
- [8] Sánchez-Reyes J., Paluszny, M., Weighted Radial Displacement: A geometric look at Bézier conics and quadrics. Computer-Aided Geometric Design, Vol 17, pp 267-289, 2000
- [9] Simplicial Approximations of Quantum Fields on Riemannian Manifolds, University of Bochum preprint SFB 237, 1989.
- [10] Грабко С. М. об одном виде конструирования и аппроксимации поверхностей – 1973- 127 с.
- [11] <http://ibois.epfl.ch/page-115322-en.html>