وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة دمشق
المعهد التقاني الهندسي
قسم المساحة

نظرية الأخطاء
The Theory of Errors

إعداد: م. أحمد كاظم

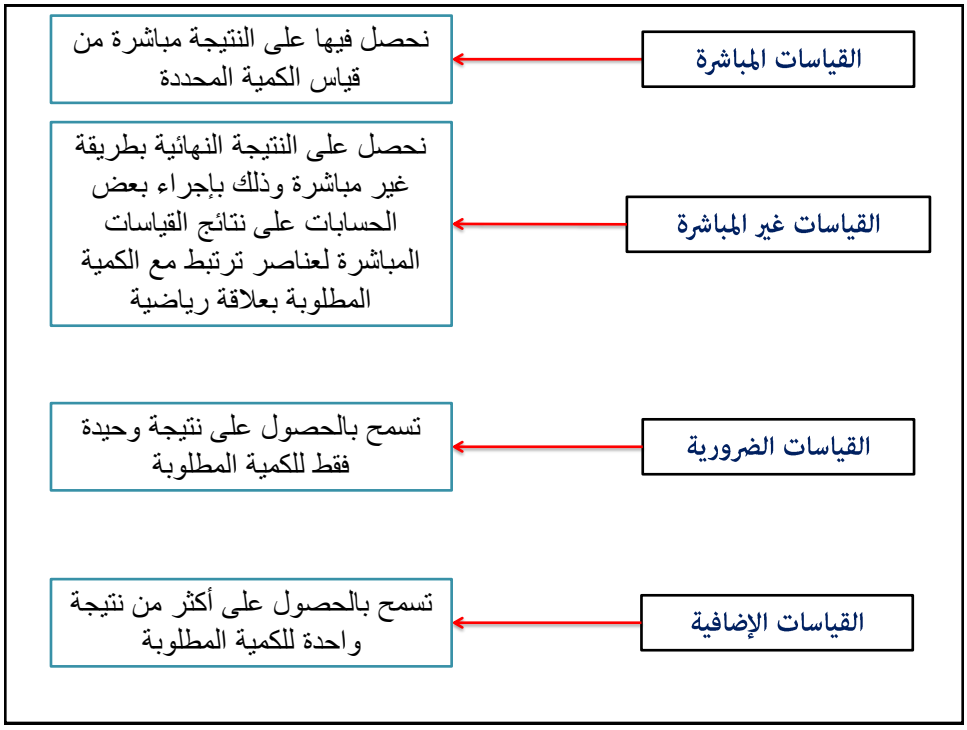
القياسات

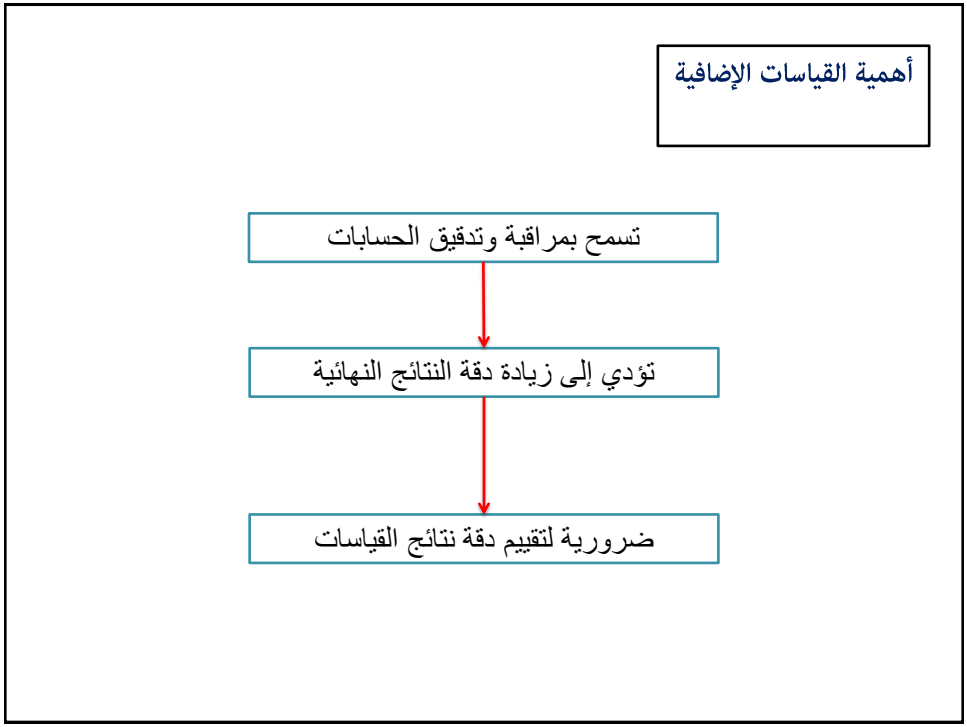
عملية القياس

هي العملية التي تسمح بمقارنة هذه الكمية بكمية آخرى من نفس النوع تؤخذ كوحدة للمقارنة ونحصل بنتيجتها على رقم يسمى نتيجة القياس

أنواع القياسات

- القياسات المباشرة
- القياسات غير المباشرة
- القياسات الضرورية
- القياسات الإضافية


القياسات المباشرة
نحصل فيها على النتيجة مباشرة من قياس الكمية المحددة
القياسات غير المباشرة
نحصل على النتيجة النهائية بطريقة غير مباشرة وذلك بإجراء بعض الحسابات على نتائج القياسات المباشرة لعناصر ترتبط مع الكمية المطلوبة بعلاقة رياضية
القياسات الضرورية
تسمح بالحصول على نتيجة وحيدة فقط للكمية المطلوبة
القياسات الإضافية
تسمح بالحصول على أكثر من نتيجة واحدة للكمية المطلوبة


أهمية القياسات الإضافية
تسمح بمراقبة وتدقيق الحسابات
تؤدي إلى زيادة دقة النتائج النهائية
ضرورية لتقييم دقة نتائج القياسات

الأخطاء

لكل عنصر في محيطنا قيمة دقيقة وثابتة إلا أن أية محاولة لتعيينه عن طريق القياس ومهما بلغت دقة القياس لن توصلنا إلى قيمته الحقيقية نظراً لوجود أخطاء في عملية القياس

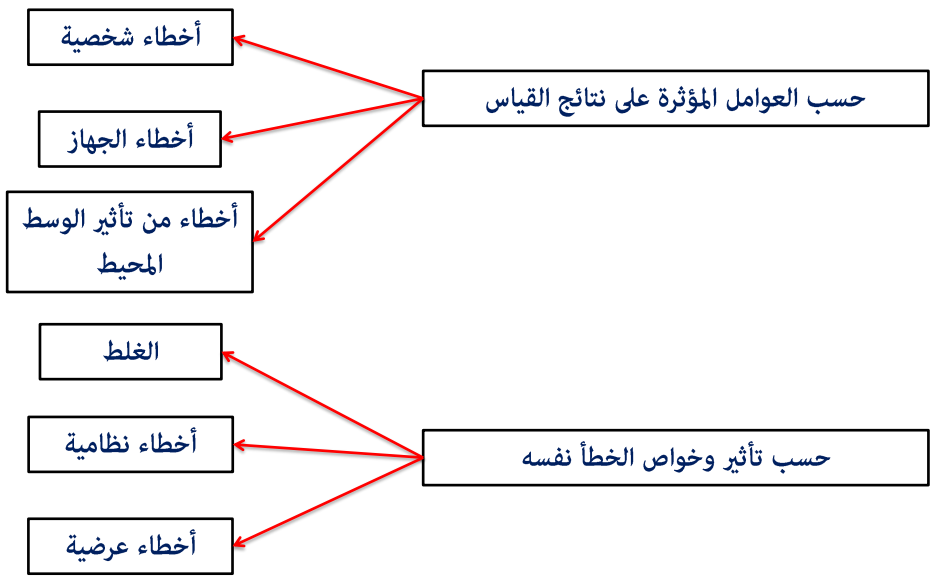
لو قسنا مجموع زوايا المثلث فإن النتائج على الواقع ستكون إما أكبر أو أصغر من (180^{o}) هذا الفرق يسمى الخطأ

تعريف الخطأ

خطأ القياس (Δ) هو الفرق بين نتيجة القياس (L) والقيمة الحقيقية (X)

$$\Delta = L - X$$

أنواع الأخطاء



أنواع الأخطاء

حسب العوامل المؤثرة على نتائج القياس

أخطاء شخصية

هي الأخطاء الناتجة عن عدم كمال خبرة وحواس الراصد
مثال : خطأ تقدير أجزاء السنتي متر على الميرا

أخطاء الجهاز

هي الأخطاء الناتجة عن عدم كمال الأجهزة المستعملة وصعوبة ضبطها بشكل كامل
مثال: عدم كمال ضبط الزئبقية الكروية في الجهاز

أخطاء من تأثير الوسط المحيط

هي الأخطاء الناتجة عن تأثير التضاريس والرياح والحرارة
الرياح تؤدي إلى اهتزاز الميرا - الحرارة تؤدي إلى تمدد وتقلص شريط القياس

أنواع الأخطاء

حسب تأثير وخواص الخطأ نفسه

الغلط

هو كل خطأ غير مقبول أو تتجاوز قيمته المطلقة قيمة ما يمكن توقعها والسبب الرئيسي هو عدم الانتباه ويمكن تلافيها بالتنظيم الجيد للأعمال إجراء قياسات إضافية

الأخطاء النظامية

هو كل خطأ معلوم السبب ويأخذ ضمن شروط القياس الثابتة إشارة ثابتة وقيمته تحسب بموجب قانون رياضي.
مثال: الخطأ الناتج في طول الضلع المقاس بالشريط المعدني بسبب اختلاف درجات الحرارة صيفاً تمدد وشتاءاً تقلص.

الأخطاء النظامية

كيف نتخلص من الخطأ النظامي

حساب الخطأ ثم إدخال التصحيحات اللازمة على نتائج القياس

إجراء القياسات بأسلوب معين يؤدي بشكل آلي إلى حذف تأثير الخطأ النظامي على النتائج
مثال: أخذ القراءة اللازمة بطريقة الدوران المضاعف (الجالس والمعكوس) باستخدام الجهاز

الأخطاء العرضية

هي الأخطاء التي لا يمكن تحديدها بقانون رياضي حيث أنها وضمن نفس الشروط للقياسات يمكن أن تظهر أو لا تظهر ويمكن أن تأخذ إشارات وقيم مختلفة ولا يمكن إلغاء تأثيرها على نتائج القياسات إلا أننا يمكن أن نجعل تأثيرها أقل ما يمكن على النتائج عن طريق دراسة صفاتها

صفات الأخطاء العرضية

الحدية

يقصد بذلك أن الخطأ العرضي (Δ) لا يمكن أن يتجاوز بقيمته المطلقة قيمة حدية عظمى (Δ_{MAX})

$$|\Delta| \leq |\Delta_{MAX}|$$

التعويض

يعني أن حاصل قسمة مجموع الأخطاء العرضية على عددها يساوي الصفر مع تزايد عدد القياسات إلى مالا نهاية

$$\lim_{n\to\infty}\left(\frac{\Delta 1+\Delta 2+\cdots\Delta n}{n}\right)=\lim_{n\to\infty}\frac{[\Delta]}{n}=0$$

الأخطاء العرضية

التحشد

أي أن عدد الأخطاء العرضية الكبيرة بقيمتها المطلقة أقل من عدد الأخطاء الصغيرة ويعتبر الصفر مركزاً لتجمع هذه الأخطاء

التناظر

أي أن الأخطاء العرضية تكون متناظرة حول القيمة الأكثر احتمالاً للعنصر المقاس

التجمع

أي أن الأخطاء العرضية تكون متجمعة حول القيمة الأكثر احتمالاً للعنصر المقاس

مثال عن الأخطاء النظامية

لدينا شريط قياس معدني تقلص بسبب البرودة بمقدار (5 mm) في كل متر وبالتالي في كل عملية قياس ستنقص القيمة المقاسة بمقدار الخطأ نفسه

مثال : تم قياس مسافة (25 m) وبالتالي سيكون مقدار الخطأ هو

$$x = 25 \times 5 = 125\ mm$$

إن تكرار عملية القياس باستخدام أداة القياس تحتوي على خطأ نظامي لا فائدة منه فنتائج القياسات ولو بدت قريبة من بعضها البعض إلا أنها تحمل ذات طابع الخطأ النظامي وبالتالي لا يمكننا الكشف عن الخطأ بمقارنتها ببعضها البعض.

مثال عن الأغلاط

تم القيام بعملية المسح الأرضي لقطعة أرض باستخدام جهاز مساحي وعند القيام بعملية تدوين نتائج القياس تم تسجيل قراءة (135) بدل القراءة (153) مما أدى إلى حدوث غلط في عملية تسجيل القراءات حيث لايمكن معرفة الأغلاط المرتبكة إلا في حال تم أخذ عدد من القراءات لنفس العنصر المرصود

القيمة الأكثر احتمالاً

من الصعب معرفة القيمة الحقيقة لأي كمية مقاسة وذلك لوجود أخطاء في القياس مهما كانت قيمة هذه الأخطاء صغيرة جداً

هي القيمة المتوسط الحسابي للقيم المقاسة حيث تمثل القيمة الأكثر توقعاً أو الأكثر قرباً من القيمة الحقيقية

المتوسط الحسابي = مجموعة الأرصاد ÷ عدد الأرصاد

$\overline{y}=\frac{\sum yi}{n}$ حيث أن yi هي القيم المرصودة و n عدد الأرصاد

الخطأ الحقيقي

هو الفرق بين القيمة المرصودة والقيمة الحقيقية لها وبما أن القيمة الحقيقية لا يمكن معرفتها وبالتالي لا يمكن معرفة الخطأ الحقيقي لكن في بعض الأحيان يمكن معرفة الخطأ الحقيقي من خلال مواصفات أو قواعد هندسية معلومة.

مثال: مجموع زوايا المثلث هو 180 درجة

الخطأ الحقيقي = القيمة المرصودة – القيمة الحقيقية

الخطأ الرسوبي (الظاهري)

هو الفرق أو الخطأ المتبقي بين القيمة المرصودة والقيمة الأكثر احتمالاً لها

$$Vi = \bar{y} - yi$$

حيث أن $\bar{y}$ هي القيمة الأكثر احتمالاً

yi هي القيمة المرصودة

V هو الخطأ الرسوبي

الخطأ المتوسط التربيع
(الانحراف المعياري)

يعبر عن مدى انحراف (ابتعاد أو اقتراب) القيمة المرصودة عن القيمة الأكثر احتمالاً

$$m^2 = \frac{[\Delta^2]}{n}$$

$$m = \sqrt{\frac{[[\Delta]]}{n}}$$

حيث أن m هو الخطأ المتوسط التربيع

n هو عدد الأرصاد

Δ هو الخطأ العرضي

مثال

تم قياس طول مسار 10 مرات باستخدام شريط القياس وكانت النتائج كما يلي

5.15 – 5.21 - 5.18 – 5.19 – 5.16 -5.18 – 5.17 - 5.22 – 5.20 – 5.15

1- احسب القيمة الأكثر احتمالاً (المتوسطة الحسابية)

2- احسب الخطأ المتوسط التربيع للقيمة الأكثر احتمالاً

الحل

نقوم بحساب القيمة الأكثر احتمالاً وذلك بحساب المتوسط الحسابي للقيم المرصودة

$$\bar{y} = \frac{\sum yi}{n} = \frac{51.81}{10} = 5.181$$

القيمة المقاسة	الخطأ الرسوبي	مربع الخطأ الرسوبي
5.15	0.031	0.000961
5.2	-0.019	0.000361
5.22	-0.039	0.00152
5.17	0.011	0.000121
5.18	0.001	0.000001
5.16	0.021	0.000441
5.19	-0.009	0.000081
5.18	0.001	0.000001
5.21	-0.029	0.000841
5.15	0.031	0.000961