جامعة المستنصرية / كلية الإدارة والاقتصاد
قسم الاحصاء
المرحلة الثالثة

المادة: التحليل العددي (Numerical Analysis)
الكورس الدراسي الأول
العام الدراسي: 2026/2027

الأرقام المعنوية (Significant Figures)

م.م. لمى طارق عباس

1. المقدمة والأهمية العلمية (Introduction & Scientific Importance)

تُعد الأرقام المعنوية (Significant Figures / Significant Digits) من المفاهيم الأساسية والجوهرية في العلوم الطبيعية، التطبيقية، والتحليل العددي. في القياسات الحسابية والمعملية، لا يوجد قياس مطلق الدقة، حيث تخضع جميع البيانات العددية لنسبة من الشك أو عدم اليقين (Uncertainty). تُعرّف الأرقام المعنوية في أي عدد بأنها جميع الأرقام التي تُعرف بقدر مؤكد من الثقة بالإضافة إلى رقم واحد أخير غير مؤكد (مخمن أو مقدّر).

تتجلى أهمية الأرقام المعنوية في الأبحاث والتحليلات الأكاديمية في منعه إعطاء انطباع زائف بالدقة؛ فعلى سبيل المثال، كتابة ناتج قياس كـ 12.345678 جرام باستخدام ميزان تبلغ حساسيته 0.01 جرام يُعد خطأ منهجياً، لأن الأرقام بعد المرتبة الثانية عشرية لا تحمل أي معنى علمي وتُعتبر ضوضاء حسابية (Computational Noise).

2. قواعد تحديد الأرقام المعنوية (Rules for Determining Significant Figures)

لتحديد عدد الأرقام المعنوية في أي قيمة عددية ملموسة، نتبع القواعد المعيارية التالية:

القاعدة الأولى (الأرقام غير الصفرية): جميع الأرقام غير الصفرية (1-9) تُعد أرقاماً معنوية دائماً. مثال: العدد 483.75 يحتوي على 5 أرقام معنوية.

القاعدة الثانية (الأصفار بين الأرقام): الأصفار الواقعة بين رقمين معنويين غير صفريين تُحسب كأرقام معنوية (الأصفار المحصورة). مثال: 7004.05 يحتوي على 6 أرقام معنوية.

القاعدة الثالثة (الأصفار على اليسار): الأصفار الواقعة على يسار أول رقم غير صفري (الأصفار البادئة) لا تُعد أرقاماً معنوية، حيث تقتصر وظيفتها على تحديد موقع الفاصلة العشرية. مثال: 0.00045 يحتوي على رقمين معنويين فقط (4 و 5).

القاعدة الرابعة (الأصفار على اليمين مع فاصلة عشرية): الأصفار الواقعة على يمين العدد وتلي الفاصلة العشرية تُعد أرقاماً معنوية لأنها تشير إلى دقة أداة القياس. مثال: 45.00 يحتوي على 4 أرقام معنوية، و 0.0320 يحتوي على 3 أرقام معنوية.

القاعدة الخامسة (الأصفار في نهاية الأعداد الصحيحة): الأصفار في نهاية الأعداد الصحيحة دون فاصلة عشرية تُعد غامضة (Ambiguous). مثلاً 5000 قد تعني رقمين أو 3 أو 4 أرقام معنوية. ولإزالة الغموض يُوصى بإتباع التدوين العلمي (Scientific Notation). مثال: 5.00×10^3 يحتوي على 3 أرقام معنوية.

جدول توضيحي لعدد الأرقام المعنوية في حالات مختلفة:

التفسير العلمي	الأرقام المعنوية المقصودة	عدد الأرقام المعنوية	العدد (Value)
الأصفار على اليسار غير معنوية، الصفر بين 7 و 2 معنوي	7, 0, 2	3	0.00702
الأصفار المحصورة والصفة النهائية بعد الفاصلة معنوية	1, 0, 0, 0, 5, 0	6	100.050
التدوين العلمي يوضح الأرقام المعنوية بدقة في المضروب	4, 5, 0	3	4.50×10^{-3}
غامض بدون فاصلة عشرية أو تدوين علمي (يفضل 8.50×10^4)	8, 5 (والبقية حسب الدقة)	غير محدد (2-5)	85000
الصفر الأول على اليسار غير معنوي، الأصفار على اليمين معنوية	4, 0, 0	3	0.0400

3. القواعد الحسابية مع الأرقام المعنوية (Arithmetic Operations)

أولاً: الجمع والطرح (Addition and Subtraction)

عند جمع أو طرح الكميات الإحصائية أو الحسابية، يجب أن يحتوي الناتج النهائي على عدد من المراتب العشرية (Decimals) يساوي أقل عدد من المراتب العشرية الموجودة في أي من الأعداد الداخلة في العملية.

> مثال توضيحي (الجمع والطرح):
> احسب الناتج المعنوي للعملية: 12.584 + 3.21 - 4.1
> • 12.584 يحتوي على 3 مراتب عشرية.
> • 3.21 يحتوي على مرتبتين عشريتين.
> • 4.1 يحتوي على مرتبة عشرية واحدة (وهو الأقل).
> الحساب المباشر: 12.584 + 3.21 - 4.1 = 11.694
> النتيجة النهائية المقربة لمرتبة عشرية واحدة: 11.7

ثانياً: الضرب والقسمة (Multiplication and Division)

عند إجراء عمليات الضرب أو القسمة، يجب أن يحتوي الناتج النهائي على عدد من الأرقام المعنوية الكلية يساوي عدد الأرقام المعنوية في العدد الذي يملك أقل عدد منها بين الأعداد المشاركة.

> **مثال توضيحي (الضرب والقسمة):**
> احسب الناتج المعنوي للعملية: (3.245 × 1.5) / 2.8714
> • 3.245 (4 أرقام معنوية)
> • 1.5 (رقمان معنويان - وهو الأقل)
> • 2.8714 (5 أرقام معنوية)
> الحساب المباشر: (4.8675) / 2.8714 = 1.695166...

النتيجة النهائية المقربة لرقمين معنويين: 1.7

4. العلاقة بين الأرقام المعنوية وتحليل الأخطاء (Significant Figures & Error Analysis)

في التحليل العددي، يرتبط عدد الأرقام المعنوية الدقيقة بالخطأ النسبي (Relative Error). يُقال إن العدد التقريبي p يمثل القيمة الحقيقية p* بـ k من الأرقام المعنوية الدقيقة إذا كان الخطأ النسبي يحقق المتباينة التالية:

صيغة متباينة الخطأ النسبي (Relative Error Bound):

$$|p - p^*| / |p^*| \leq 0.5 \times 10^{(1-K)}$$

حيث k هو عدد الأرقام المعنوية الصحيحة والدقيقة.

فمثلاً إذا كان الخطأ النسبي أقل من 0.005 (أي 0.5×10^{-2})، فإن الناتج مضمون إلى 3 أرقام معنوية دقيقة.

5. أمثلة محلولة الشاملة (Solved Comprehensive Examples)

مثال محلول 1: عمليات مركبة (ضرب وجمع)

المطلوب: أوجد عدد الأرقام المعنوية وناتج العملية التالية وفق قواعد الأرقام المعنوية:

$$A = (54.321 \times 0.0034) + 1.200$$

الحل التفصيلي:

1) نحسب أولاً جزء الضرب: (54.321×0.0034)

- 54.321 يحتوي على 5 أرقام معنوية.
- 0.0034 يحتوي على رقمين معنويين (3 و 4).
- الناتج الحسابي = 0.1846914
- بالتقريب لرقمين معنويين يصبح الناتج: 0.18 (حيث يحتوي على مرتبتين عشريتين).

2) ننتقل لعملية الجمع: 0.18 + 1.200

- 0.18 يحتوي على مرتبتين عشريتين.

- 1.200 يحتوي على 3 مراتب عشرية.

- الناتج الحسابي = 1.38

النتيجة النهائية المؤكدة: 1.38 (تتكون من 3 أرقام معنوية).

مثال محلول 2: ربط الأرقام المعنوية بنسبة الخطأ

المطلوب: إذا كانت القيمة الحقيقية $x = \pi \approx 3.14159265$ والقيمة التقريبية $x' = 3.1416$، أحسب الخطأ المطلق والخطأ النسبي وحدد عدد الأرقام المعنوية الدقيقة.

الحل التفصيلي:

1) الخطأ المطلق (Absolute Error):

$$E_a = |x - x'| = |3.14159265 - 3.1416| = 0.00000735 = 7.35 \times 10^{-6}$$

2) الخطأ النسبي (Relative Error):

$$E_r = |x - x'| / |x| = (7.35 \times 10^{-6}) / 3.14159265 \approx 2.34 \times 10^{-6}$$

3) اختبار عدد الأرقام المعنوية k:

$$0.5 \times 10^{(1-6)} = 0.5 \times 10^{-5} \geq 2.34 \times 10^{-6}$$

بالتالي فإن القيمة التقريبية دقيقة حتى $k = 6$ أرقام معنوية.

.6