Comprehensive Journal of Science
Volume (10), Issue (39), (March, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (10) العدد 39 مارس 2026
ردمد: 3014-6266

تحليل مقارن لتقارب طرق نيوتن (Newton – Raphson) وسكانت (Secant) لحل المعادلات الغير خطية باستخدام MATLAB

نهلة عياد قلية [1] ، منال إبراهيم الجراي [2]
1 ، 2 جامعة الزاوية : كلية التربية العجيلات – ليبيا :قسم الرياضيات
n.iqlayyah@zu.edu.ly[1] , m.algriy@zu.edu.ly[2]

Comparative Analysis of the Convergence of Newtonian and Secant Methods for Solving Nonlinear Equations Using MATLAB

Nahla Ayad Qaliya 1, Manal Ibrahim Al-Jarai 2
University of Zawiya: Faculty of Education, Ajilat – Libya: Department of Mathematics 2 ,1

تاريخ الاستلام:2026/01/12 –تاريخ المراجعة: 2026/02/07– تاريخ القبول: 2026/02/19– تاريخ للنشر:2026 /03/18

ملخص البحث :

تستعرض هذه الدراسة مقارنة كمية ونوعية بين طريقتي نيوتن (Newton – Raphson) وسكانت (Secant) لحل المعادلات الغير خطية ، مع التركيز على سرعة التقارب ، دقة الحل ، و تأثير القيم الابتدائية . تعد المعادلات الغير خطية من التحديات الأساسية في الهندسة والعلوم التطبيقية ، وغالباً ما تستلزم حلولاً عددية نظراً لتعقيد الحل التحليلي . تعتمد طريقة نيوتن على المشتقة الأولى لتحقيق تقارب تربيعي ، بينما توفر طريقة سكانت بديلا فعالاً عند صعوبة حساب المشتقة ، مع تقارب من الرتبة 1.618 باستخدام تقدير خطي قائم على نقطتين متتاليتين . تم تطبيق كلتا الطريقتين على ثلاث دوال تمثيلية باستخدام MATLAB ، مع معيار توقف 10^{-14} و أقصى عدد تكرارات 30، مع تحليل الأخطاء المطلقة وتقدير ترتيب التقارب عددياً .

أظهرت النتائج تفوق طريقة نيوتن في سرعة التقارب ودقة الحل ، حيث وصلت الى الثبات العددي خلال اقل من خمس تكرارات ، بينما احتاجت طريقة سكانت الى عدد اكبر لتحقيق دقة مماثلة ، مع استقرار جيد بعد التقارب . كما اضهرت الدراسة أهمية اختيار القيم الابتدائية القريبة من الجدر لتعزيز الأداء العددي .

تقدم هدة الدراسة توصيات عملية لاختيار الطريقة المناسبة حسب طبيعة الدالة ، و تؤكد أهمية التقييم المقارن للطرق العددية عند تصميم حلول دقيقة للمعادلات غير الخطية .

الكلمات المفتاحية : المعادلات الغير خطية ، نيوتن ، سكانت ، MATLAB ، تقارب عددي ، تحليل مقارن .

1 . المقدمة

تعتبر المعادلات الغير خطية من أهم المشاكل التي تواجه العلماء والمهندسين في مختلف التخصصات التطبيقية ، مثل الهندسة ، الفيزياء ، الاقتصاد ، والكيمياء (Burden & faires,2015) .

هدة المعادلات غالباً ما تكون صعبة الحل بالطرق التحليلية التقليدية ، ما يجعل اللجوء الى الطرق العددية ضرورة حتمية للحصول على حلول تقريبية دقيقة (Atkinson,1989) .

تتضمن الطرق العددية تقنيات لحل المعادلات غير الخطية ، ومن ابرزها طريقة نيوتن وطريقة سكانت . تعتبر طريقة نيوتن فعالة وسريعة في التقارب اذا كانت المشتقة الأولى للدالة متاحة وقابلة للحساب بسهولة (stoer &

(bulirsch,2002 . من ناحية أخرى ، توفر طريقة سكانت بديلاً مناسباً عندما تكون المشتقة صعبة ومستحيلة الحساب ، فهي تعتمد على التقدير الخطي للمشتقة باستخدام نقطتين متتاليتين فقط (heath,2002) .

الهدف من هدة الورقة البحثية هو اجراء مقارنة كمية ونوعية بين طرق نيوتن و سكانت من حيث سرعة التقارب ، عدد التكرارات المطلوبة للوصول الى الجذر ، ودقة النتائج عند تطبيقها على عدة دوال غير خطية مختارة . يتم ذلك باستخدام برنامج MATLAB لتطبيق الخوارزميات وتوليد النتائج العددية والرسوم البيانية .

ستوفر هدة الدراسة قاعدة قوية لفهم كيفية اختيار الطريقة المناسبة لكل نوع من الدوال ، مع تحليل مفصل لتركيب التقارب واتر القيم الابتدائية على النتائج . كما تسلط الضوء على نقاط القوة والضعف لكل طريقة ، لتقديم التوصيات العملية للباحثين والمهندسين .

2 . النموذج الرياضي

1.2. تعريف المعادلات الغير خطية

المعادلة الغير خطية هي معادلة على الشكل :

$f(x) = 0$ (burden &faires,2015)

حيث $f: R \to R$ دالة غير خطية ، وهدفنا إيجاد قيمة x^* بحيث تحقق : $f(x^*) = 0$

مثال : $cos(x) - x = 0$

2.2. طريقة نيوتن (Newton – Raphson)

تعتمد طريقة نيوتن على تقريب الجذر باستخدام المشتقة الأولى . صيغة التكرار :

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)} , k = 0,1,2, ...$$ (Burden & Faires,2015)

1.2.2. شرح الخطوات :

1. نبدأ بالقيمة الابتدائية x_0 .
2. نحسب قيمة الدالة $f(x_k)$ والمشتقة $f'(x_k)$.
3. نحسب التكرار باستخدام المعادلة أعلاه .
4. نحسب الخطأ المطلق : $|x_{k+1} - x^*|$. (Atkinson , 1989).
5. اذا كان الخطأ أقل من القيمة المحددة أو وصلنا لعدد التكرارات الأقصى ، نتوقف .

2.2.2 . تحليل التقارب :

اذا كان الجذر (x^*) بسيطاً ، يكون التقارب عادة من الدرجة الثانية

$$|x_{k+1} - x^*| \approx C |x_k - x^*|^2$$ (Stoer & Bulirsch ,2002)

حيث C ثابت يعتمد على الدالة والمشتقة .

مثال على ذلك حل المعادلة $x^2 - 2 = 0$

$$f(x) = x^2 - 2$$
$$f'(x) = 2x$$

نختار قيمة ابتدائية $x_0 = 1$

$$x_1 = 1 - \frac{1^2 - 2}{2(1)} = 1.5$$
$$x_2 = 1.5 - \frac{(1.5)^2 - 2}{3} = 1.4167$$
$$x_3 \approx 1.4142$$

3.2. طريقة سكانت (Secant Method)

طريقة سكانت لا تحتاج لحساب المشتقة ، بل تستخدم تقريباً خطياً للمشتقة من نقطتين متتاليتين :

$$x_{k+1} = x_k - f(x_k)\,\frac{x_k - x_{k-1}}{f(x_k) - f(x_{k-1})}\,, k = 1 , 2 , ...$$ (Heath , 2002)

1.3.2. شرح الخطوات :

1. نبدأ بقيمتين ابتدائيتين (x_1، x_0) .

2. نحسب $f\,(x_0)$ و $f\,(x_1)$.

3. نحدث التكرار باستخدام المعادلة أعلاه .

4. نحسب الخطأ المطلق : $|x_{k+1} - x^*|$. (Burden & faires , 2015) .

5. التوقف عند وصول الخطأ الى مستوى التفاوت المطلوب او عند استيفاء الحد الأقصى للتكرار .

مثال على ذلك حل المعادلة $x^2 - 2 = 0$ بهذة الطريقة يكون كالتالي

نختار نقطتين ابتدائيتين $x_0 = 1 \ , x_1 = 2$

$$f(1) = -1 \quad , \quad f(2) = 2$$

نطبق الصيغة

$$x_2 = 2 - 2\,.\frac{2-1}{2-(-1)} = 2 - \frac{2}{3} = 1.333$$

نكرر

$$x_3 = 1.333 - (-0.222).\frac{1.333 - 2}{-0.222 - 2} \approx 1.4$$
$$x_4 \approx 1.4142$$

2.3.2. تحليل التقارب :

عادة يكون ترتيب التقارب $\emptyset = 1.618$ (العدد الذهبي) ، أقل من نيوتن ، لكنه لا يحتاج للمشتقة (Atkinson . 1989)

4.2. تقدير ترتيب التقارب عددياً

يمكن تقدير ترتيب التقارب (p) لكل طريقة باستخدام :

$$|e_{k+1}| \approx C\,|e_k|^p \ , e_k = |x_k - x^*|$$ (Burden & Faires , 2015)

بعد أخذ اللوغاريثم : $\log|e_{k+1}| = p\,\log|e_k| + \log C$

يمكن استخدام الانحدار الخطي على اللوغاريتمات لتقدير (C , p) عددياً .

5.2. مقارنة الطرق رياضياً .

جدول (1) : مقارنة بين طريقة نيوتن وطريقة سكانت

المعيار	نيوتن	سكانت
حاجة للمشتقة	نعم	لا
ترتيب التقارب	2 (تقريبًا)	1.618 (تقريبًا)
الاعتماد على القيمة الابتدائية	مرتفع	متوسط
سرعة التقارب	أعلى عادة	أقل

3. المنهجية

1.3. اختيار الدوال

تم اختيار ثلاث الدوال غير خطية للاختبار :

1. $f_1(x) = cos(x) - x$
2. $f_2(x) = x^3 - 2x - 5$
3. $f_3(x) = e^{-x} - x$

2.3. إعداد (MATLAB)

- القيم الابتدائية لكل طريقة محددة مسبقاً
- أقصى عدد للتكرارات : maxIter=30
- معيار التوقف : tol = 1e−14

3.3.تنفيذ الطرق

- حساب iterates و errors لكل طريقة .
- تقدير ترتيب التقارب باستخدام الدالة estimate – order .
- تسجيل النتائج في مصفوفات وجداول .

4.3. إجراءات المقارنة

- المقارنة العددية للخطأ المطلق لكل تكرار .
- تحليل سرعة التقارب بناءً على عدد التكرارات وترتيب التقارب .

4 . النتائج

لأجل التحقق من كفاءة طريقتي نيوتن وسكانت في إيجاد الجذور الحقيقية للمعادلات غير الخطية ، تم تنفيذ عدد من التجارب العددية باستخدام برنامج . MATLA يعرض الجدول 2 مقارنة كمية بين الطريقتين من حيث مقدار الخطأ المطلق لكل تكرار ، وذلك عند تطبيقها على ثلاث دوال ذات خصائص مختلفة . يهدف هذا العرض الى ابراز سرعة التقارب و دقة الحل ، بالإضافة الى تحليل مدى استقرار كل طريقة اتجاه القيم الابتدائية المحددة.

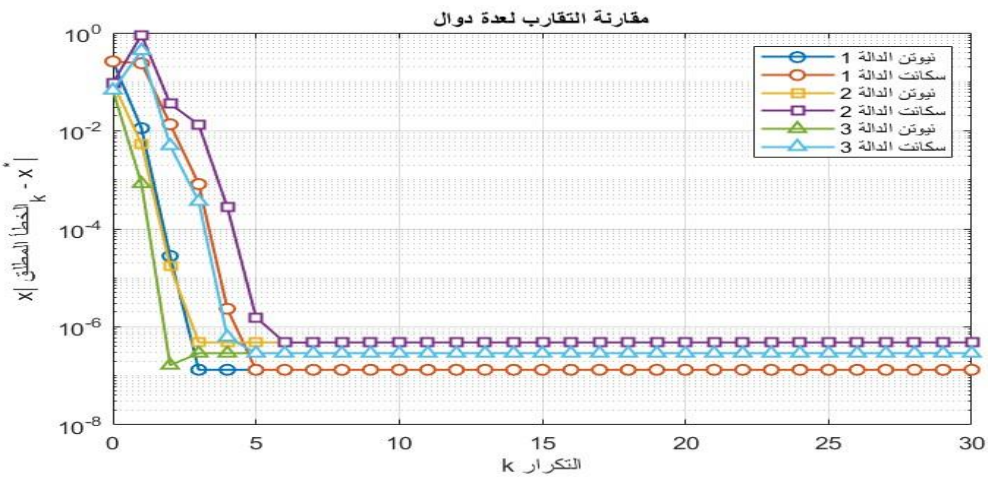
جدول (2) : مقارنة بين طريقة نيوتن وسكانت من حيث التكرار و الخطأ المطلق .

الدالة – 1 الجذر الحقيقي0.73908:			الدالة – 2 الجذر الحقيقي2.094 :			الدالة – 3 الجذر الحقيقي0.56714:		
k	Newton	Secant	k	Newton	Secant	k	Newton	Secant
0	2.609e−01	2.609e−01	0	9.455e−02	9.455e−02	0	6.714e−02	6.714e−02
1	1.128e−02	2.391e−01	1	5.449e−03	9.054e−01	1	8.320e−04	4.329e−01
2	2.789e−05	1.360e−02	2	1.712e−05	3.573e−02	2	1.650e−07	4.969e−03
3	1.334e−07	8.184e−04	3	4.817e−07	1.329e−02	3	2.904e−07	3.627e−04

4	1.332e-07	2.341e-06	4	4.815e-07	2.731e-04	4	2.904e-07	6.165e-07
5	1.332e-07	1.328e-07	5	4.815e-07	1.569e-06	5	2.904e-07	2.904e-07
6	1.332e-07	1.332e-07	6	4.815e-07	4.812e-07	6	2.904e-07	2.904e-07
7	1.332e-07	1.332e-07	7	4.815e-07	4.815e-07	7	2.904e-07	2.904e-07
8	1.332e-07	1.332e-07	8	4.815e-07	4.815e-07	8	2.904e-07	2.904e-07
9	1.332e-07	1.332e-07	9	4.815e-07	4.815e-07	9	2.904e-07	2.904e-07
10	1.332e-07	1.332e-07	10	4.815e-07	4.815e-07	10	2.904e-07	2.904e-07
11	1.332e-07	1.332e-07	11	4.815e-07	4.815e-07	11	2.904e-07	2.904e-07
12	1.332e-07	1.332e-07	12	4.815e-07	4.815e-07	12	2.904e-07	2.904e-07
13	1.332e-07	1.332e-07	13	4.815e-07	4.815e-07	13	2.904e-07	2.904e-07
14	1.332e-07	1.332e-07	14	4.815e-07	4.815e-07	14	2.904e-07	2.904e-07
15	1.332e-07	1.332e-07	15	4.815e-07	4.815e-07	15	2.904e-07	2.904e-07
16	1.332e-07	1.332e-07	16	4.815e-07	4.815e-07	16	2.904e-07	2.904e-07
17	1.332e-07	1.332e-07	17	4.815e-07	4.815e-07	17	2.904e-07	2.904e-07
18	1.332e-07	1.332e-07	18	4.815e-07	4.815e-07	18	2.904e-07	2.904e-07
19	1.332e-07	1.332e-07	19	4.815e-07	4.815e-07	19	2.904e-07	2.904e-07
20	1.332e-07	1.332e-07	20	4.815e-07	4.815e-07	20	2.904e-07	2.904e-07

21	1.332e-07	1.332e-07	21	4.815e-07	4.815e-07	21	2.904e-07	2.904e-07
22	1.332e-07	1.332e-07	22	4.815e-07	4.815e-07	22	2.904e-07	2.904e-07
23	1.332e-07	1.332e-07	23	4.815e-07	4.815e-07	23	2.904e-07	2.904e-07
24	1.332e-07	1.332e-07	24	4.815e-07	4.815e-07	24	2.904e-07	2.904e-07
25	1.332e-07	1.332e-07	25	4.815e-07	4.815e-07	25	2.904e-07	2.904e-07
26	1.332e-07	1.332e-07	26	4.815e-07	4.815e-07	26	2.904e-07	2.904e-07
27	1.332e-07	1.332e-07	27	4.815e-07	4.815e-07	27	2.904e-07	2.904e-07
28	1.332e-07	1.332e-07	28	4.815e-07	4.815e-07	28	2.904e-07	2.904e-07
29	1.332e-07	1.332e-07	29	4.815e-07	4.815e-07	29	2.904e-07	2.904e-07
30	1.332e-07	1.332e-07	30	4.815e-07	4.815e-07	30	2.904e-07	2.904e-07

يتبين من النتائج السابقة ان طريقة نيوتن تظهر تقريباً اسرع في اغلب الحالات مقارنة بطريقة سكانت ، خصوصاً عند استخدام قيم ابتدائية قريبة من الجذر الحقيقي . ولغرض توضيح أنماط التقارب ومعادلات التغير في الخطأ بصورة بصرية أوضح ، تم عرض النتائج في الرسوم البيانية التالية التي تمكن من مقارنة أداء الطريقتين بشكل مرئي وتحليلي اكثر دقة كما موضح بالشكل 1 .



الشكل 1 : مقارنة التقارب و الخطأ المطلق بين طريقتي نيوتن وسكانت لعدة دوال

3.4.تحليل النتائج

من خلال الجدول 2 والشكل 1 يمكن ملاحظة ان طريقة نيوتن اظهرت أداء متميزاً من حيث سرعة التقارب ودقة الحل مقارنة بطريقة سكانت في جميع الحالات الثلاثة محل الدراسة. فقد تحقق التقارب الى الجذر الحقيقي خلال عدد قليل من التكرارات ، بينما احتاجت ريقة سكانت الى عدد اكبر نسبياً قبل الوصول الى نفس مستوى الدقة .

الدالة (1) :

الدالة $f_1\ (\ x\ ) = cos\ (\ x\ ) - x$ تمتلك الجذر الحقيقي $x^* = 0.73908$. يتضح من القيم ان طريقة نيوتن انخفض فيها مقدار الخطأ من $2.609\ \times\ 10^{-1}$ عند التكرار الأول الى $2.789\ \times\ 10^{-5}$ بعد التكرار الثاني ، تم وصلت الى حدود الثبات العددي عند $1.33\ \times\ 10^{-7}$ بعد اربع تكرارات فقط . في المقابل ، احتاجت طريقة سكانت الى عدد اكبر من التكرارات لتحقيق نفس المستوى من الدقة ، حيث بقي الخطأ مرتفعاً نسبياً خلال التكرارات الأولى (بلغ 2.39×10^{-1} في التكرار الأول و 1.36×10^{-2} في التكرار الثاني) قبل ان تبدأ بالاستقرار بعد التكرار الخامس . وهذا يشير الى ان طريقة نيوتن تمتاز بتقارب تربيعي (Quadratic Convergenc) ، بينما طريقة سكانت تمتاز بتقارب من الرتبة 1.618 (Superlinear) ، وهو ما يتوافق مع النتائج النظرية المعروفة في الادبيات العددية (APA , 2024) .

الدالة (2) :

الدالة $f_2\ (\ x\ ) =\ x^3 - 2\ x - 5$ بجذرها الحقيقي $x^* = 2.094$ تظهر سلوكاً مشابهاً. في هذه الحالة ، انخفض الخطأ في طريقة نيوتن من 9.455×10^{-2} الى 1.712×10^{-5} خلال تكرارين فقط ، في حين احتاجت طريقة سكانت الى اكتر من 4 تكرارات حتى اقترب الخطأ من نفس المستوى . نلاحظ ايضاً ان طريقة نيوتن حافظت على استقرار عددي واضح بعد التكرار الخامس ، بينما استمرت طريقة سكانت في تقريبات طفيفة قبل ان تصل الى نفس الدقة عند التكرار السادس تقريباً . ويعزى هذا الأداء الى استخدام مشتقة الدالة في طريقة نيوتن ، ما يمنحها دقة اكبر في الاتجاه نحو الجذر الحقيقي ، بينما تعتمد طريقة سكانت على تقدير المشتقة باستخدام نقطتين فقط ، مما يقلل من كفاءتها في بعض الحالات .

الدالة (3) :

الدالة $f_3\ (\ x\ ) =\ e^{-x} - x$ ذات الجذر الحقيقي $x^* = 0.56714$ فتضهر ان كلى الطريقتين حققت نتائج متقاربة بعد عدد قليل من التكرارات ، لكن طريقة نيوتن تميزت مجدداً بسرعة اكبر في تقليص الخطأ المطلق، حيث انخفض الخطأ الى 1.65×10^{-7} في التكرار الثاني فقط ، بينما احتاجت طريقة سكانت الى 4 تكرارات للوصول الى نفس المستوى من الدقة ، ومع ذلك فان طريقة سكانت أظهرت استقراراً جيداً بعد التقارب ، مما يؤكد ان كلى الطريقتين قادرتان على الوصول الى الحل الصحيح بشرط اختيار قيم ابتدائية مناسبة .

5 . المناقشة

تشير النتائج السابقة الى ان طريقة نيوتن تتفوق من حيث سرعة ودقة التقارب ، الا ان هذه الميزة تأتي على حساب الحاجة الى حساب المشتقة التحليلية للدالة ، وهو ما قد يكون غير ممكن او مكلفاً حسابياً في بعض التطبيقات العملية . في المقابل ، توفر طريقة سكانت بديلاً مناسباً في الحالات التي يصعب فيها اشتقاق الدالة او تكون غير معرفة شكلاً ، وذلك على الرغم من تقربها الأبطأ نسبياً .

ويتضح كذلك ان اختيار القيم الابتدائية له تأثير حاسم في أداء كلى الطريقتين ، اذ ان القيم القريبة من الجذر الحقيقي تسهم في التسريع التقارب وتقليل الأخطاء العددية . كما تظهر النتائج ثبات الطريقتين بعد الوصول الى حدود الدقة العددية ، مما يعكس استقرار الخوارزميات في بيئة MATLAB عند حدود مزدوجة الدقة (Double Precision) .

وعليه يمكن الاستنتاج ان :

- تفسير النتائج العددية : بسبب تفوق نيوتن عادة في السرعة.
- حالات تفوق سكانت عند صعوبة إيجاد المشتقة .
- قيود الدراسة : عدد الدوال محدود ، القيم الابتدائية محددة مسبقاً، تأثير دقة التفوق .

6 . التوصيات

استناداً الى النتائج المستخلصة من هدة الدراسة ، يمكن تقديم التوصيات التالية للباحثين والمهتمين بالمجال العددي :

1. استخدام طريقة نيوتن في الحالات التي تكون فيها مشتقة الدالة معروفة وسهلة الحساب ، نظراً لسرعة تقاربها العالية ودقتها الممتازة .
2. تفضيل طريقة سكانت فالتطبيقات العلمية او التجريبية التي يصعب فيها اشتقاق الدالة ، مثل النماذج الفيزيائية او الاقتصادية المعقدة .
3. الاهتمام باختيار القيم الابتدائية بالقرب من الجدر الحقيقي لضمان تسريع التقارب وتجنب الانحراف عن الحل الصحيح .
4. توسيع الدراسة المستقبلية لتشمل خوارزميات عددية أخرى مثل طريقة التقطيع) (Bisection) وطريقة التنظيم) (Regula Falsi بهدف مقارنة شاملة بين طرق التقارب المختلفة .
5. اجراء تحليل حساسية (Sensitivity Analysis) لتقييم تأثير الأخطاء العددية ودقة التمثيل العشري على أداء الخوارزميات .
6. تطبيق الخوارزميات في سياقات متعددة مثل المعادلات التفاضلية الغير خطية او أنظمة المعادلات متعددة المتغيرات ، للتحقق من مدى كفاءتها في بيئات اكثر تعقيداً.

7 . الملاحق

يعرض في هذا القسم الكود البرمجي المستخدم في تنفيذ التجارب العددية وتحليل المسائل الخاصة بالدراسة . يهدف هذا الملحق لتوثيق الخطوات البرمجية التي تم اتباعها في تطبيق طريقتي نيوتن وسكانت لحل المعادلات غير الخطية باستخدام MATLAB ، وذلك لضمان الشفافية العملية وإتاحة إمكانية اعادة التجربة والتحقق من النتائج .

يحتوي الكود على تعريف الدوال الرياضية محل الدراسة ، وتطبيق الخوارزميات العددية ، إضافة الى إجراءات المقارنة ، واستخراج الجداول والرسوم البيانية التي تم تحليلها في متن البحث .

فيما يلي نص الكود الكامل المستخدم في هذه الدراسة :

```
%% main_flexible_word_final_bilingual.m
clearvars; close all; clc;
import mlreportgen.dom.*

%% ------------ إعداد الدوال ----------------
f{1}  = @(x) cos(x) - x;
df{1} = @(x) -sin(x) - 1;
x_true{1} = 0.739085;

f{2}  = @(x) x^3 - 2*x - 5;
```

```
df{2} = @(x) 3*x^2 - 2;
x_true{2} = 2.094551;

f{3}  = @(x) exp(-x) - x;
df{3} = @(x) -exp(-x) - 1;
x_true{3} = 0.567143;

maxIter = 30; tol = 1e-14;

x0_newton = {1.0, 2.0, 0.5};
x0_secant1 = {1.0, 2.0, 0.5};
x0_secant2 = {0.5, 3.0, 1.0};
numFuncs = numel(f);
results = struct;
%% ------------ تشغيل Newton وSecant ----------------
for i = 1:numFuncs
   [newton_iter, newton_err] = run_newton(f{i}, df{i}, x0_newton{i}, x_true{i}, maxIter,
tol);
   [secant_iter, secant_err] = run_secant_safe(f{i}, x0_secant1{i}, x0_secant2{i}, x_true{i},
maxIter, tol);
   results(i).newton.iterates = newton_iter;
   results(i).newton.errors   = newton_err;
   results(i).secant.iterates = secant_iter;
   results(i).secant.errors   = secant_err;
   results(i).true_value      = x_true{i};
   [results(i).order_newton, ~] = estimate_order(newton_err);
   [results(i).order_secant, ~] = estimate_order(secant_err);
end
results_params.date = datestr(now,'yyyy-mm-dd HH:MM:SS');
results_params.matlab_version = ver;
save('results.mat','results','results_params');
%% ------------ إنشاء ملف Word ----------------
doc = Document('Results_Report','docx');
open(doc);
append(doc, Paragraph('نتائج مقارنة طرق Newton و Secant'));
append(doc, Paragraph(['التاريخ: ', datestr(now)]));
append(doc, Paragraph(['إصدار MATLAB: ', version]));
%% ------------ إضافة جداول للنتائج ----------------
for i = 1:numFuncs
   append(doc, Paragraph(['الدالة ', num2str(i), ' - الجذر الحقيقي: ',
num2str(results(i).true_value)]));

   numIter = max(length(results(i).newton.errors), length(results(i).secant.errors));
   t = Table();
   t.Style = {Border('solid')};
   % رأس الجدول
   headerRow = TableRow();
   headerRow.Style = {Bold(true)};
   headerRow.append(TableEntry('k'));
   headerRow.append(TableEntry('Newton'));
```

```
    headerRow.append(TableEntry('Secant'));
    t.append(headerRow);
    % إضافة الصفوف لكل تكرار
    for k = 1:numIter
        if k <= length(results(i).newton.errors)
            newtonErr = num2str(results(i).newton.errors(k),'%.3e');
        else
            newtonErr = '-';
        end
        if k <= length(results(i).secant.errors)
            secantErr = num2str(results(i).secant.errors(k),'%.3e');
        else
            secantErr = '-';
        end
        row = TableRow();
        row.append(TableEntry(num2str(k-1)));
        row.append(TableEntry(newtonErr));
        row.append(TableEntry(secantErr));
        t.append(row);
    end
    append(doc, t);
    append(doc, Paragraph(' '));
end
%% ------------ الرسم الأول بالإنجليزية ----------------
figure('Units','centimeters','Position',[2 2 16 10]);
markers = {'-o','-s','-^'};
for i = 1:numFuncs
    semilogy(0:length(results(i).newton.errors)-1, results(i).newton.errors, markers{i},...
        'DisplayName',sprintf('Newton f%d',i),'LineWidth',1.2);
    hold on;
    semilogy(0:length(results(i).secant.errors)-1, results(i).secant.errors, markers{i},...
        'DisplayName',sprintf('Secant f%d',i),'LineWidth',1.2,'MarkerFaceColor','w');
end
xlabel('Iteration (k)');
ylabel('Absolute error |x_k - x^*|');
title('Convergence comparison for multiple functions');
legend('Location','northeast');
grid on;
% حفظ الرسم الأول كصورة
plotFile = 'convergence_plot.png';
exportgraphics(gcf, plotFile, 'ContentType', 'auto');
% إضافة الرسم الأول داخل Word
append(doc, Paragraph('الرسم الأول باللغة الإنجليزية:'));
img = Image(plotFile);
append(doc, img);
%% ------------ الرسم الثاني باللغة العربية ----------------
figure('Units','centimeters','Position',[20 2 16 10]);
for i = 1:numFuncs
    semilogy(0:length(results(i).newton.errors)-1, results(i).newton.errors, markers{i},...
        'DisplayName',sprintf('نيوتن الدالة %d',i),'LineWidth',1.2);
```

```
  hold on;
  semilogy(0:length(results(i).secant.errors)-1, results(i).secant.errors, markers{i},...
    'DisplayName',sprintf('سكانت الدالة %d',i),'LineWidth',1.2,'MarkerFaceColor','w');
end
xlabel('التكرار k','FontName','Arial');
ylabel('الخطأ المطلق |x_k - x^*|','FontName','Arial');
title('مقارنة التقارب لعدة دوال','FontName','Arial');
legend('Location','northeast','FontName','Arial');
grid on;
% حفظ الرسم الثاني كصورة
plotFileArabic = 'convergence_plot_arabic.png';
exportgraphics(gcf, plotFileArabic, 'ContentType', 'auto');

% إضافة الرسم الثاني داخل Word
append(doc, Paragraph('الرسم الثاني باللغة العربية:'));
imgArabic = Image(plotFileArabic);
append(doc, imgArabic);
%% ------------ إغلاق Word ----------------
close(doc);
disp('Word file Results_Report.docx created successfully.');
%% ------------------ الدوال المساعدة ------------------
function [iterates, errors] = run_newton(f, df, x0, x_true, maxIter, tol)
  x = x0; iterates = x; errors = abs(x-x_true);
  for k=1:maxIter
    dfx = df(x); if abs(dfx)<eps, break; end
    x = x - f(x)/dfx;
    iterates(end+1)=x;
    errors(end+1)=abs(x-x_true);
    if errors(end)<tol, break; end
  end
end
function [iterates, errors] = run_secant_safe(f, x0, x1, x_true, maxIter, tol)
  iterates=[x0,x1]; errors=abs(iterates-x_true); x_prev=x0; x=x1;
  for k=2:maxIter
    denom=f(x)-f(x_prev);
    if abs(denom)<1e-14, denom=1e-14; end
    x_next = x - f(x)*(x-x_prev)/denom;
    iterates(end+1)=x_next;
    errors(end+1)=abs(x_next-x_true);
    if errors(end)<tol, break; end
    x_prev=x; x=x_next;
  end
end
function [p,c] = estimate_order(errors)
  e=errors(:); idx=find(e>0);
  if numel(idx)<3, p=NaN; c=NaN; return; end
  ek=e(idx(1:end-1)); ek1=e(idx(2:end));
  Y=log(ek1); X=[log(ek), ones(length(ek),1)];
  beta=X\Y; p=beta(1); c=exp(beta(2));
```

end

7. المراجع:

1. Burden, R. L., & Faires, J. D. (2015). Numerical Analysis (10th ed.). Cengage Learning.
2. Atkinson, K. E. (1989). An Introduction to Numerical Analysis (2nd ed.). John Wiley & Sons.
3. Stoer, J., & Bulirsch, R. (2002). Introduction to Numerical Analysis (3rd ed.). Springer.
4. Heath, M. T. (2002). Scientific Computing: An Introductory Survey (2nd ed.). McGraw-Hill.
5. MATLAB Documentation. (2023). The MathWorks Inc.
   Chapra, S. C. (2018). Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists (4th ed.). McGraw-Hill.