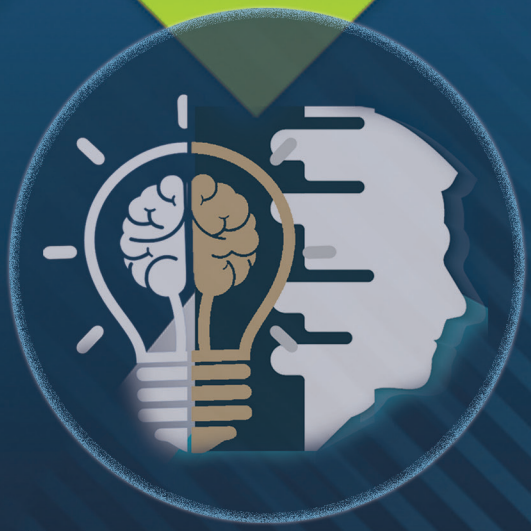
مجلة العلوم الإنسانية
بجامعة حائل

جامعة حائل
University of Ha'il

مجلة العلوم الإنسانية

دورية علمية محكمة تصدر عن جامعة حائل



السنة التاسعة، العدد 30
المجلد الثاني، يونيو 2026

Arcif Analytics

Print ISSN:1658-788X
Online E-ISSN:1658-8819

مجلة العلوم الإنسانية

دورية علمية محكمة تصدر عن جامعة حائل

للتواصل:

مركز النشر العلمي والترجمة

جامعة حائل، صندوق بريد: 2440 الرمز البريدي: 81481

https://uohjh.com/

j.humanities@uoh.edu.sa

ردمد : إلكتروني E-1658-8819 ورقي 1658- 788X رقم الإيداع 14398368

نبذة عن المجلة

تعريف بالمجلة

مجلة العلوم الإنسانية، مجلة دورية علمية محكمة، تصدر عن وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي بجامعة حائل كل ثلاثة أشهر بصفة دورية، حث تصدر أربة أعداد في كل سنة، وبحسب اكتمال البحوث المجازة للنشر.

وقد نجحت مجلة العلوم الإنسانية في تحقيق معايير اعتماد معامل التأثير والاستشهادات المرجعية للمجلات العلمية العربية معامل " آرسيف Arcif " المتوافقة مع المعايير العالمية، والتي يبلغ عددها (32) معياراً، وقد أطلق ذلك خلال التقرير السنوي الثامن للمجلات للعام 2023.

رؤية المجلة

التميز في النشر العلمي في العلوم الإنسانية وفقاً لمعايير مهنية عالمية.

رسالة المجلة

نشر البحوث العلمية في التخصصات الإنسانية؛ لخدمة البحث العلمي والمجتمع المحلي والدولي.

أهداف المجلة

تهدف المجلة إلى إيجاد منافذ رصينة؛ لنشر المعرفة العلمية المتخصصة في المجال الإنساني، وتمكن الباحثين –من مختلف بلدان العالم– من نشر أبحاثهم ودراساتهم وإنتاجهم الفكري لمعالجة واقع المشكلات الحياتية، وتأسيس الأطر النظرية والتطبيقية للمعارف الإنسانية في المجالات المتنوعة، وفق ضوابط وشروط ومواصفات علمية دقيقة، تحقيقا للجودة والريادة في نشر البحث العلمي.

قواعد النشر

لغة النشر

1- تقبل المجلة البحوث المكتوبة باللغتين العربية والإنجليزية.
2- يُكتب عنوان البحث وملخصه باللغة العربية للبحوث المكتوبة باللغة الإنجليزية.
3- يُكتب عنوان البحث وملخصه ومراجعه باللغة الإنجليزية للبحوث المكتوبة باللغة العربية، على أن تكون ترجمة الملخص إلى اللغة الإنجليزية صحيحة ومتخصصة.

مجالات النشر في المجلة

تهتم مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل بنشر إسهامات الباحثين في مختلف القضايا الإنسانية الاجتماعية والأدبية، إضافة إلى نشر الدراسات والمقالات التي تتوفر فيها الأصول والمعايير العلمية المتعارف عليها دوليًّا، وتقبل الأبحاث المكتوبة باللغة العربية والإنجليزية في مجال اختصاصها، حيث تعنى المجلة بالتخصصات الآتية:

- علم النفس وعلم الاجتماع والخدمة الاجتماعية والفلسفة الفكرية العلمية الدقيقة.
- المناهج وطرق التدريس والعلوم التربوية المختلفة.
- الدراسات الإسلامية والشريعة والقانون.
- الآداب: التاريخ والجغرافيا والفنون واللغة العربية، واللغة الإنجليزية، والسياحة والآثار.
- الإدارة والإعلام والاتصال وعلوم الرياضة والحركة.

أوعية نشر المجلة

تصـــدر المجلة ورقيًّا حســـب القواعد والأنظمة المعمول بها في المجلات العلمية المحكمة، كما تُنشـــر البحوث المقبولة بعد تحكيمها إلكترونيًّا لتعم المعرفة العلمية بشكل أوسع في جميع المؤسسات العلمية داخل المملكة العربية السعودية وخارجها.

ضوابط النشر في مجلة العلوم الإنسانية وإجراءاته

أولاً: شروط النشر

أولاً: شروط النشر

1. أن يتّسم بالأصالة والجدّة والابتكار والإضافة المعرفية في التخصص.
2. لم يسبق للباحث نشر بحثه.
3. ألا يكون مستلّاً من رسالة علمية (ماجستير / دكتوراة) أو بحوث سبق نشرها للباحث.
4. أن يلتزم الباحث بالأمانة العلمية.
5. أن تراعى فيه منهجية البحث العلمي وقواعده.
6. عدم مخالفة البحث للضوابط والأحكام والآداب العامة في المملكة العربية السعودية.
7. مراعاة الأمانة العلمية وضوابط التوثيق في النقل والاقتباس.
8. السلامة اللغوية ووضوح الصور والرسومات والجداول إن وجدت، وللمجلة حقها في مراجعة التحرير والتدقيق النحوي.

ثانيًا: قواعد النشر

1. أن يشتمل البحث على: صفحة عنوان البحث، ومستخلص باللغتين العربية والإنجليزية، ومقدمة، وصلب البحث، وخاتمة تتضمن النتائج والتوصيات، وثبت المصادر والمراجع باللغتين العربيّة والإنجليزيّة، والملاحق اللازمة (إن وجدت).
2. فـــي حال (نشر البحث) يُزوَّد الباحث بنسخة إلكترونية من عدد المجلة الذي تم نشر بحثه فيه، ومستلاًّ لبحثه .
3. فـــي حال اعتماد نشر البحث تؤول حقوق نشره كافة للمجلة، ولها أن تعيد نشره ورقيّاً أو إلكترونيّاً، ويحقّ لها إدراجه في قواعد البيانات المحلّيّة والعالمية – بمقابل أو بدون مقابل– وذلك دون حاجة لإذن الباحث.
4. لا يحقّ للباحث إعادة نشر بحثه المقبول للنشر في المجلة إلا بعد إذن كتابي من رئيس هيئة تحرير المجلة.
5. الآراء الواردة فـــي البحوث المنشورة تعبر عن وجهة نظر الباحثين، ولا تعبر عن رأي مجلة العلوم الإنسانية.
6. النشر في المجلة يتطلب رسوما مالية قدرها (1000 ريال) يتم إيداعها في حساب المجلة، وذلك بعد إشعار الباحث بالقبول الأولي وهي غير مستردة سواء أجيز البحث للنشر أم تم رفضه من قبل المحكمين.

ثالثًا: توثيق البحث

أسلوب التوثيق المعتمد فـــي المجلة هو نظام جمعية علم النفس الأمريكية (APA7)

رابعا: خطوات وإجراءات التقديم

1. يقدم الباحث الرئيس طلبًا للنشر (من خلال منصة الباحثين بعد التسجيل فيها) يتعهد فيه بأن بحثه يتفق مع شروط المجلة، وذلك على النحو الآتي:

أ. البحث الذي تقدمت به لم يسبق نشرة (ورقيا أو إلكترونيا)، وأنه غير مقدم للنشر، ولن يقدم للنشر في وجهة أخرى حتى تنتهي إجراءات تحكيمه، ونشرة في المجلة، أو الاعتذار للباحث لعدم قبول البحث.

ب. البحث الذي تقدمت به ليس مستلا من بحوث أو كتب سبق نشرها أو قدمت للنشر، وليس مستلاً من الرسائل العلمية للماجستير أو الدكتوراة.

ج. الالتزام بالأمانة العلمية وأخلاقيات البحث العلمي.

د. مراعاة منهج البحث العلمي وقواعده.

هـ. الالتزام بالضوابط الفنية ومعايير كتابة البحث في مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل كما هو في دليل المؤلفين لكتابة البحوث المقدمة للنشر في مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل وفق نظام APA7

2. إرفاق سيرة ذاتية مختصرة في صفحة واحدة حسب النموذج المعتمد للمجلة (نموذج السيرة الذاتية).
3. إرفاق نموذج المراجعة والتدقيق الأولي بعد تعبئته من قبل الباحث.
4. يرسل الباحث أربع نسخ من بحثه إلى المجلة إلكترونيّاً بصيغة (word) نسختين و (PDF) نسختين تكون إحداهما بالصيغتين خالية مما يدل على شخصية الباحث.
5. يتم التقديم إلكترونياً من خلال منصة تقديم الطلب الموجودة على موقع المجلة (منصة الباحثين) بعد التسجيل فيها مع إرفاق كافة المرفقات الواردة في خطوات وإجراءات التقديم أعلاه.
6. تقوم هيئة تحرير المجلة بالفحص الأولي للبحث، وتقرير أهليته للتحكيم، أو الاعتذار عن قبوله أولياً أو بناء على تقارير المحكمين دون إبداء الأسباب وإخطار الباحث بذلك
7. تملك المجلة حق رفض البحث الأولي ما دام غير مكتمل أو غير ملتزم بالضوابط الفنية ومعايير كتابة البحث في مجلة حائل للعلوم الإنسانية.
8. في حال تقرر أهلية البحث للتحكيم يخطر الباحث بذلك، وعليه دفع الرسوم المالية المقررة للمجلة (1000) ريال غير مستردة من خلال الإيداع على حساب المجلة ورفع الإيصال من خلال منصة التقديم المتاحة على موقع المجلة، وذلك خلال مدة خمس أيام عمل منذ إخطار الباحث بقبول بحثه أوليًا وفي حالة عدم السداد خلال المدة المذكورة يعتبر القبول الأولي ملغي.
9. بعد دفع الرسوم المطلوبة من قبل الباحث خلال المدة المقررة للدفع ورفع سند الإيصال من خلال منصة التقديم، يرسل البحث لمحكّمين اثنين؛ على الأقل.
10. في حال اكتمال تقارير المحكّمين عن البحث؛ يتم إرسال خطاب للباحث يتضمّن إحدى الحالات التّالية:

أ. قبول البحث للنشر مباشرة.

ب. قبول البحث للنّشر؛ بعد التّعديل.

ج. تعديل البحث، ثمّ إعادة تحكيمه.

د. الاعتذار عن قبول البحث ونشره.

11. إذا تطلب الأمر من الباحث القيام ببعض التعديلات على بحثه، فإنه يجب أن يتم ذلك في غضون (أسبوعين من تاريخ الخطاب) من الطلب. فإذا تأخر الباحث عن إجراء التعديلات خلال المدة المحددة، يعتبر ذلك عدولا منه عن النشر، ما لم يقدم عذرا تقبله هيئة تحرير المجلة.
12. في حالة رفض أحد المحكمين للبحث، وقبول المحكم الآخر له وكانت درجته أقل من 70%؛ فإنّه يحق للمجلة الاعتذار عن قبول البحث ونشره دون الحاجة إلى تحويله إلى محكم مرجح، وتكون الرسوم غير مستردة.

13. يقدم الباحث الرئيس (حسب نموذج الرد على المحكمين) تقرير عن تعديل البحث وفقاً للملاحظات الواردة في تقارير المحكمين الإجمالية أو التفصيلية في متن البحث
14. للمجلة الحق في الحذف أو التعديل في الصياغة اللغوية للدراسة بما يتفق مع قواعد النشر، كما يحق للمحررين إجراء بعض التعديلات من أجل التصحيح اللغوي والفني. وإلغاء التكرار، وإيضاح ما يلزم. وكذلك لها الحق في رفض البحث دون إبداء الأسباب.
15. في حالة رفض البحث من قبل المحكمين فإن الرسوم غير مستردة.
16. إذا رفض البحث، ورغب المؤلف في الحصول على ملاحظات المحكمين، فإنه يمكن تزويده بهم، مع الحفاظ على سرية المحكمين. ولا يحق للباحث التقدم من جديد بالبحث نفسه إلى المجلة ولو أجريت عليه جميع التعديلات المطلوبة.
17. لا ترّد البحوث المقدمة إلى أصحابها سواء نشرت أم لم تنشر، ويخطر المؤلف في حالة عدم الموافقة على النشر
18. يحق للمجلة أن ترسل للباحث المقبول بحثه نسخة معتمدة للطباعة للمراجعة والتدقيق، وعليه إنجاز هذه العملية خلال 36 ساعة.
19. لهيئة تحرير المجلة الحق فـــي تحديد أولويات نشر البحوث، وترتيبها فنّياً.

المشرف العام

سعادة وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي

أ. د. هيثم بن محمد بن إبراهيم السيف

هيئة التحرير

رئيس هيئة التحرير

أ. د. نوف بنت سالم الشمري

أستاذ البلاغة والنقد، جامعة حائل، المملكة العربية السعودية

أعضاء هيئة التحرير

أ. د. عبد العزيز بن سليمان الغسلان

أستاذ السياسة الشرعية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية

المملكة العربية السعودية

أ. د. عمر عبد الله العنانزة

أستاذ الإدارة الفندقية، جامعة اليرموك

المملكة الأردنية الهاشمية

أ. د. عبد الله محمد أبو تينة

أستاذ القيادة التربوية، جامعة قطر، دولة قطر

أ. د. سيندر دوفتشين

أستاذ تعليم اللغة، جامعة كيرتن، أستراليا

د. ثامر بن عيسى العميم

أستاذ اللغويات التطبيقية المشارك، جامعة حائل

المملكة العربية السعودية

د. عمر عبد الله الصمعاني

استاذ تنمية المواهب والابتكار المشارك، جامعة حائل

المملكة العربية السعودية

د. محمد بن حسين أوانق أحمد

محاضر أول (Senior Lecturer) في دراسات اللغة العربية

جامعة ملايا، ماليزيا

أ. ممدوح نويجع الرشيدي

سكرتير هيئة التحرير

مدير إدارة التحرير

د. علي بن عيسى الشمري

أستاذ المناهج وتعليم اللغة العربية المشارك، جامعة حائل، المملكة العربية السعودية

الهيئة الاستشارية

أ.د فهد بن سليمان الشايع

جامعة الملك سعود – مناهج وطرق تدريس

Dr. Nasser Mansour
University of Exeter. UK – Education

أ.د محمد بن مترك القحطاني

جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية – علم النفس

أ.د علي مهدي كاظم

جامعة السلطان قابوس بسلطنة عمان – قياس وتقويم

أ.د ناصر بن سعد العجمي

جامعة الملك سعود – التقييم والتشخيص السلوكي

أ.د حمود بن فهد القشعان

جامعة الكويت – الخدمة الاجتماعية

Prof. Medhat H. Rahim
Lakehead University - CANADA
Faculty of Education

أ.د رقية طه جابر العلواني

جامعة البحرين – الدراسات الإسلامية

أ.د سعيد يقطين

جامعة محمد الخامس – سرديات اللغة العربية

Prof. François Villeneuve
University of Paris 1 Panthéon Sorbonne
Professor of archaeology

أ. د سعد بن عبد الرحمن البازعي

جامعة الملك سعود – الأدب الإنجليزي

أ.د محمد شحات الخطيب

جامعة طيبة – فلسفة التربية

فهرس الأبحاث

م	عنوان البحث	رقم الصفحة
1	المرونة الأسرية وعلاقتها بالتكيف مع الإعاقة لدى المراهقين من ذوي الإعاقة الحركية: دراسة وصفية من منظور الخدمة الاجتماعية د. هاني بن شاكر بن حمود الشريف	40 – 11
2	حكم بيع الحيوان بالوزن وهو حيٌّ «دراسة فقهيَّة مقارنة» د. نواف بن فرحان السعيد	53 – 43
3	درجة ممارسة معلمات العلوم بالمرحلة الابتدائية للاستقصاء المعزَّز بالجدل (ADI) وتصوراتهن نحوه د. مريم بنت فراج بن عويض الشلوي	76 – 55
4	تجليات الصراع في الشعر النسوي: دراسة موضوعية فنية في ديوان روضة الحاج «ثم توليت للظل» د. جواهر بنت عبد الله العصيمي	97 – 79
5	تمكين الذكاء الاصطناعي لتعزيز الحوكمة الذكية ورفع كفاءة إدارة التعليم العالي د .لولوه بنت صالح الفراج	113 – 99
6	فاعلية استخدام الذكاء الاصطناعي لتدريس مقرر مناهج البحث في تنمية التحصيل الأكاديمي والاتجاه نحو استخدامه في التعلم لدى طلاب البكالوريوس بالجامعة الإسلامية د. تركي بن مقعد الروقي	137 – 115
7	المهارات الموجهة لمستقبل الطلاب الدوليين بكليات التربية بالجامعات السعودية د .نايف بن يوسف بن حمد القاضي	158– 139
8	تصورات أعضاء هيئة التدريس في الجامعات السعودية حول دمج بيئات التعلم الافتراضية القائمة على الميتافيرس «Metaverse» في ممارساتهم التعليمية د .عبير بنت محمد القحطاني	183– 161
9	ممارسات القيادة الخضراء في المدارس الثانوية الحكومية بالمدينة المنورة وعلاقتها بتعزيز الممارسات البيئية المستدامة د .بدر بن سالم بن شارع البدراني	209 – 185
10	توظيف خوارزمية K-Means في الكشف عن القواعد المطردة في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد د.خليوي بن سامر بن خليوي العياضي	233 – 211
11	مرتكزات الاتصال والإقناع بين الطفل والصورة الإعلانية، دراسة سيميائية في ضوء علم اللغة النفسي د .وداد بنت صالح بن عبد الله القرعاوي	252 – 235
12	صورة الديستوبيا في رواية «رفّ اليوم» للكاتبة نجوى العتيبي – ثنائية المحنة والمنحة أنموذجا د .مشاعل بنت سمير العنزي	267 – 255

توظيف خوارزمية K-Means في الكشف عن القواعد المطردة في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد

Employing the K-Means Algorithm to Detect Regular Rules in the Structures of Infinitives of Three-Letter Verbs

د.خليوي بن سامر بن خليوي العياضي
أستاذ تعليم اللغة العربية لغير الناطقين بها المشارك، قسم إعداد وتدريب المعلمين، معهد تعليم اللغة العربية،
الجامعة الإسلامية بالمدينة المنورة، المملكة العربية السعودية.
https://orcid.org/0009-0006-7379-1052

Dr. Khelaiwi Samer Khelaiwi Aleyadhi
Associate Professor of Teaching Arabic to Speakers of Other Languages,
Department of Teacher Preparation and Training, Institute of Teaching Arabic to Speakers of Other Languages, Islamic University of Madinah, Saudi Arabia.

(تاريخ الاستلام: 2026/01/17، تاريخ القبول: 2026/02/22، تاريخ النشر: 2026/04/01)

المستخلص

هدفت الدراسة إلى الكشف عن مدى انتظام أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد في قواعد مطردة، موظفة خوارزمية K-Means، ولتحقيق غرض الدراسة جُمعت عينةٌ للأفعال الثلاثية المجردة بلغت (2086) فعلًا، واستخرجت خصائصها من «معجم الأفعال الثلاثية في العربية»، واعتمد الباحث في ذلك على المنهج الوصفي الاستقرائي، ووصف خصائص المدخلات ورمزها قبل معالجتها ومن ثم حلل النتائج التي أظهرتها الخوارزمية، وتوصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج من أهمها : الكشف عن عددٍ مطردٍ من القواعد للعينة المفحوصة بلغ (23) قاعدة، وحاز وزن المصدر «فَعْل» على النصيب الأكثر من تلك القواعد، إذ بلغ (19) قاعدة، وأظهرت النتائج ما لمركز الخصائص الصرفية من نسبة تأثير كبرى في صياغة القواعد، وبناء على النتائج التي توصلت إليها الدراسة أوصت بأمور من أهمها: ضرورة فصل قيم الخصائص التي تتضمن أكثر من احتمال لرفع نسبة اطراد القاعدة، والاستفادة من قدرة الحاسوب في التعامل مع كثرة القواعد التفصيلية التي تصعب على العقل البشري.

الكلمات المفتاحية: خوارزمية K-Means ، الفعل الثلاثي المجرد، أبنية المصادر

Abstract

The study aimed to investigate the extent of regularity in the structures of infinitives of three-letter root verbs within consistent rules, utilizing the K-Means algorithm, a machine learning technique designed to cluster inputs into homogeneous groups. To achieve the study's objective, a sample of 2,086 three-letter root verbs was collected, and their features were extracted from the "Dictionary of Three-Letter Verbs in Arabic". The researcher adopted a descriptive-Inductive approach by describing and encoding the input features prior to processing, followed by an analysis of the results yielded by the algorithm. The study concluded with several findings, most notably: the identification of thirteen (23) consistent rules within the examined sample; the infinitive pattern «Fa›l» accounted for the largest share, comprising eleven (19) of these rules; and the demonstration of the significant influence of the Morphological Features on rule formulation. Based on these findings, the study offered key recommendations, including the necessity of separating feature values containing multiple possibilities to enhance rule regularity, and leveraging computational power to manage the multitude of detailed rules that exceed human cognitive capacity.

Keywords: K-Means Algorithm, Three-letter root verbs, Infinitive structures

للاستشهاد: العياضي، خليوي بن سامر بن خليوي. (2026). توظيف خوارزمية K-Means في الكشف عن القواعد المطردة في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد. *مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل*، 02 (30)، ص211 – ص233.

التمويل: لا يوجد تمويل لهذا البحث

Funding: There is no funding for this research

مقدمة:

حظيت اللغة العربية منذ القرون الأولى للتدوين باهتمام كبير من العلماء، استهدف حفظ مادتها اللغوية وضبط قواعدها الصوتية والصرفية والنحوية. وكان الباعث لهذه الجهود الحاجةَ الماسة لصيانة اللسان العربي من اللحن الذي بدأ بالظهور نتيجة الاختلاط بالأمم الأخرى واتساع رقعة الدولة الإسلامية (الطنطاوي، د.ت، ص.ص. 15-19). اعتمد العلماء الأوائل، وعلى رأسهم الخليل بن أحمد وسيبويه، منهجاً علمياً قائماً على الاستقراء والوصف، فجمعوا المادة اللغوية من مظانها الأصلية، ثم صنفوها وبوبوها، وصولاً إلى استنباط القواعد الكلية التي تحكم التراكيب والأبنية (العمراوي، 2013، ص. 2).

وهدفت المنهجية العلمية لدى القدماء إلى البحث عن «العلة» و«القياس» (الزجاجي، 1979، ص.64)، فعملوا على تحويل الملاحظات المتناثرة إلى قوانين تضبط الظواهر التي حللوها، وميزوا بين ما هو «مطرد «يسير وفق قاعدة ثابتة، وبين ما هو عكس ذلك مما يُحفظ ولا يُقاس عليه. وكان هذا بُغية فهم بنية اللغة وكيفية عملها، مما أدى إلى تأسيس علوم اللغة العربية (البلاغة، والنحو، والصرف، والأصوات). وقد اعتنوا في ضبط وتقعيد جزء كبير من المنظومة اللغوية، فوضعوا ضوابط لأواخر الكلم (الإعراب والبناء)، وقواعد لأبنية الكلمة (الاشتقاق والتصريف)، مما جعل العربية لغة مقّعّدة ومضبوطة بمعايير دقيقة.

إلا أن هناك أبوابًا في علوم العربية حَكَم عليها العلماء بالسماع لعدم اطرادها في قواعد تنتظم فيها مفرداتها، وكان على رأس هذه الأبواب مصادر الفعل الثلاثي المجرد (الرفايعة، 2005، ص. 235)، وعلى الرغم من جهود العلماء في محاولة ضبط مصادر الفعل الثلاثي، إلا أن محاولاتهم أفضت إلى ضوابط أغلبها تقريبية، سواء ارتبطت تلك القواعد بالجوانب الصوتية، أو الصرفية، أو النحوية، أو الدلالية (الزعبي، 1996، ص. 219)؛ لذلك كان حكم العلماء بسماعية مصادر أفعال الثلاثي المجرد (الزعبلاوي ،1988، ص.45).

ويلاحظ على القواعد التي حاول فيها العلماء ضبط مصادر الثلاثي المجرد، مجيؤها على ضابط أو ضابطين، فتارة جعلوا ضابط القاعدة ضابط التعدي واللزوم، وربما جعلوا ضابطين كاللزوم والدلالة للحكم على وزن مصدره، ولم يتتبعوا الخصائص والجوانب مجتمعة في محاولة التقعيد، (العياضي ،2018، ص.ص. 356،387)، ولاشك أن هذا الأمر مقبول في حينه لأمرين الأول: أن المَطلب التعليمي للغة ينشُد أن تكون القواعد قصيرة شاملة لا يوجد فيها مزيد تفصيل (العياضي، 2018، ص.41)، والثاني: أن تتبع خصائص متعددة أمرٌ صعبٌ على قدرة العقل البشرية، ويحتاج إلى أدوات تُيسّر مثل هذا العمل(Miller, 1956, pp. 88, 95) .

ويبدو أن هذا أحد الأسباب الذي جعلت القاعدة وإن صدقت على عدد من الأفعال، إلا أنها لا تتماشى مع عدد آخر منها، مما يجعل هناك استثناءات كثيرة في القاعدة، وهذا ما أثبتته دراسات تتبعت القواعد التي وضعها العلماء مثل قاعدة ما دل على حرفة فهو على وزن فِعالة (الماجري والورهاني،2009، ص.336). هذا الغياب للقواعد المطردة في باب يُشكّل جزءا مهما من اللغة العربية –الفعل الثلاثي المجرد– إذ يمثل نسبة كبيرة من الجذور والأفعال المستعملة في اللغة (مير علم، 2021)، يعدّ محل دراسة تستدعي من الباحثين تحليله ومعالجته، ولا شك أن له انعكاسات في ميادين أخرى كميدان التعليم، وتذليل اكتساب اللغة للمتعلمين.

ولا شك أن تتبع هذه الخصائص مجتمعة يُشكّل عبئًا كما ذُكر، خاصة مع محدودية الإمكانات لديهم التي تقْصُر عن معالجة هذا التعدد في القيم، وقد أشار العياضي (أ) (2022، ص. 28) في دراسته لتوصيف قواعد جمع التكسير من الثلاثي المفرد على وزن «فعْل» المجرد من تاء التأنيث، إلى أن القواعد المحتملة لهذا النوع، بناءً على خصائص ما جاء على هذا الوزن، تصل إلى 41472 قاعدة محتملة، وهي ناتج ضرب قيم كل خاصية من الخصائص كما يلي:

(4 *2*3*12*12*12) = 41472 قاعدة محتملة

وهنا تأتي أحد أدوات العصر المتمثلة في خوارزميات الذكاء الاصطناعي؛ لتعالج هذه القضية، فتفهم هذه التعقيدات في الخصائص، وتعالج ضخامة البيانات، بل إنّ منشأها قائم على الحاجة إلى التصنيف والتجميع والتنقيب في البيانات، وهي لا تقوم بعملية إحصائية وحسب، بل الأمر أكبر من ذلك إذ إنها تقوم بالتعرف على خصائص المدخلات ومحاولة ضم بعضها إلى بعض من خلال رصد العلاقات فيما بينها، وتفسير تلك النتائج تفسيرا مبنيًا على بيانات كمية، وهذا هو الأمر الذي تحتاج إليه قضية مثل قضية عدم اطراد أبنية الفعل الثلاثي المجرد.

من هذا المنطلق، تأتي هذه الدراسة لتوظف أحد خوارزميات الذكاء الاصطناعي K-Means وهي إحدى خوارزميات تعلم الآلة غير الخاضعة للإشراف Unsupervised Learning ؛ إذ تلبي الحاجة التي تَنشُدها الدراسة، في محاولة للكشف عن القواعد التي تطرد فيها أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد، فهي تتتبع خصائص المدخلات التي تمثلها في هذه الدراسة (الأفعال)، وقياس العلاقات بينها، وضمها تحت مجموعة واحدة تنتمي إليها؛ لذا تجمع الدراسة بيانات مُمَثِّلة للأفعال الثلاثية، مع ترميز خصائصها الصوتية (مخارج أصوات الحروف)، والصرفية (باب الفعل، الصحة والعلة)، والنحوية (التعدي واللزوم) في قيم رقمية، ثم تخضع هذه البيانات للمعالجة عبر خوارزمية K-Means؛ لتوزيع الأفعال في مجموعات بناءً على التشابه في الخصائص؛ بغية استخراج «قواعد مطردة» تربط بين خصائص الفعل وبين وزن مصدره.

مشكلة الدراسة

تحددت مشكلة الدراسة في عدم اطراد أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد في قواعد ضابطة لها، ومع محاولات العلماء لاستنباط قواعدها الناظمة لها، إلا أن القواعد التي استخرجوها لا تطّرد في جميع المفردات التي تنضوي تحتها، فكان «السماع» هو الحكم النهائي في باب مصادر الفعل الثلاثي المجرد، وقد ذكرت العديد من الدراسات

الإشكال الذي يواجه مثل هذه الأبواب وأشارت إلى ضرورة استثمار الحاسوب في معالجتها؛ لما يقدمه من قدرات يمكن أن تساهم في كشف القواعد الناظمة لهذا الباب (العياضي (أ)، 2022؛ العياضي (ب)، 2022؛ المهيوبي ،2017 ؛آل طه ، 2005)، وعلى حد علم الباحث لم تجرَ بعدُ دراسةٌ في هذا الميدان، وظفت خوارزمية K-Means لمعالجة المدخلات وجعلها في مجموعات متجانسة بناء على خصائصها.

أسئلة الدراسة

تسعى هذه الدراسة للإجابة عن الأسئلة الرئيسة التالية:

1. ما واقع انتظام الأفعال الثلاثية المجردة تحت قواعد مطردة لأبنية المصادر وفقًا لمخرجات خوارزمية K-Means؟
2. ما القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزنٍ مصدرٍ بعينه؟
3. ما الخصائص الأكثر تأثيرًا في قواعد أبنية مصادر الفعل لثلاثي المجرد؟

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1. الوقوف على واقع انتظام الأفعال الثلاثية المجردة تحت قواعد مطردة لأبنية المصادر وفقًا لمخرجات خوارزميةK-Means.
2. حصر القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزن مصدر بعينه.
3. الكشف عن الخصائص الأكثر تأثير في قواعد أبنية مصادر الفعل لثلاثي المجرد.

أهمية الدراسة

تتمثل أهمية هذه الدراسة في النقاط التالية:

1. تُعد هذه الدراسة استجابة للأبحاث التي نادت بضرورة حوسبة اللغة ومعالجة قضاياها، سواء لفهم وحل الإشكاليات اللغوية، أو تمكين الآلة من اللغة.
2. تعالج الدراسة موضوعًا يعد ضروريا في العصر الحالي، خاصة مع تطور الأدوات التقنية التي يمكن توظيفها في ميدان البحث اللغوي؛ في محاولة لتقديم رؤى جديدة في قضاياه التي كانت ولا تزال محل دراسة.
3. تقدم الدراسة نموذجاً تطبيقياً لكيفية توظيف خوارزميات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات اللغوية العربية.
4. توفر الدراسة بيانات ونتائج تمثل مادة غنية للباحثين في مجال اللسانيات الحاسوبية ومعالجة اللغات الطبيعية، لإجراء المزيد من الدراسات.
5. تشجع الدراسة على استكشاف إمكانيات خوارزميات الذكاء الاصطناعي في معالجة قضايا لغوية مشابهة، مما يمهد الطريق لمزيد من الدراسات البينية التي تجمع بين علوم اللغة وعلوم الحاسوب.
6. تسهم الدراسة في إثراء ميدان يحتاج إلى أجراء مزيد من الدراسات، وتضافر الجهود فيه من اللغويين والحاسوبيين على حد سواء.

مصطلحات الدراسة

الخوارزمية: صيغة حاسوبية لحل المشكلات تقوم على تنفيذ سلسلة من الإجراءات المحددة (الصرايرة، و الكيلاني، 2019، ص.112)

K-Means: إحدى خوارزميات الذكاء الاصطناعي المندرجة تحت خوارزميات التجميع في تعلم الآلة تقوم على تقسيم المدخلات إلى مجموعات بناء على قرب خصائصها من بعض، وذلك بحساب مسافة بين كل مدخل ومركزه بحيث تضم المدخلات المتقاربة تحت مجموعة واحدة ذات تشابه كبير في الخصائص (Zhao, 2022, p. 2)

ويعرفها الباحث إجرائيا: بأنها الخوارزميات الحسابية التي تقوم بتقسيم الأفعال الثلاثية المجردة إلى مجموعات (Clusters) بناءً على التشابه في سماتها الصوتية والصرفية والنحوية، بعد تحديد عدد المجموعات (k)؛ للوصول إلى قواعد المصادر المطردة.

القواعد المطردة: يعرفها الباحث إجرائيا بأنها الأنماط التي تنتظم فيها الأفعال الثلاثية المجردة بنسبة 95 ٪ فأكثر.

المصدر: هو اللفظ الدال على الحدث، مجردا عن الزمان متضمنا أحرف فعله لفظا أو معوضا مما حذف بغيره (الغلاييني، 2007، ج1، ص.120).

أبنية المصادر : يعرفها الباحث إجرائيا بأنها: الأوزان الصرفية التي تأتي عليها الأسماء الدالة على الحدث المجرد من الزمن للأفعال الثلاثية المجردة المستخرجة من معجم «معجم الأفعال الثلاثية في العربية»

حدود البحث:

الحد الموضوعي:

تحددت الدراسة في تطبيق خوارزمية K-Means على عينة مُمَثِّلة للأفعال الثلاثية المجردة المجموعة من «معجم الأفعال الثلاثية في العربية» للدكتور خالد توكال مرسي.

الحد الزماني:

أجريت الدراسة في الفصل الأول من العام الدراسة 2025–2026

الجانب النظري:

مصادر الفعل الثلاثي المجرد:

تُمثل مصادر الفعل الثلاثي المجرد إحدى أكثر الظواهر الصرفية الغنية في اللغة العربية؛ نظراً لتعدد أبنيتها وعدم خضوعها لقانون قياسي ضابط. وقد بذل اللغويون القدماء والمحدثون جهوداً حثيثة لضبط شتات هذه المصادر عبر استقراء اللغة ومحاولة إيجاد روابط منطقية تحكمها، إلا أن تلك الجهود كشفت عن اضطراب واضح وتداخل كبير بين القواعد والاستثناءات. وفيما يلي ذكر لبعض تلك المحاولات

التي قام بها العلماء:

الاحتكام إلى كثرة الورود: حاول العلماء التغلب على تشتت المصادر عبر البحث عن «أصل واحد» يُقاس عليه، فذهبوا إلى رد المصادر إلى وزن «فَعْل»؛ معللين ذلك بكثرة دورانه، ولخفته، وصلاحيته للدلالة على «المرة» من أي فعل (المبرد، 1994، ج 2، ص 125؛ ابن سيدة، 1996، ص 281). غير أن هذا التقييس ينافي الواقع اللغوي الذي يشهد بوجود أفعال لم تأت على وزن فَعْل، مثل الفعل «وقى» (الزعبي، 1996، ص 150–151)، مما جعل هذه القاعدة غير قطعية. وقد أكد المحدثون هذه النتيجة، مشيرين إلى أن العربية خالفت اللغات التي اكتفت بمصدر أو اثنين بجنوحها إلى التفنن والتكثير في الصيغ، مما يجعل التنبؤ بالمصدر أمراً متعذراً دون العودة للمعجم (برجشتراسر، 1994، ص 52؛ الزعبي، 1996، ص 187).

الاحتكام إلى الدلالة : حاول علماء اللغة الكشف عن أثر الدلالة على بناء المصدر المناسب للفعل، فلاحظوا أن هناك أثرا واضحًا بين بعض المعاني ووزن المصدر(ابن فارس، 1910، ص 191؛ الأندلسي، 1998، ج 2، ص 490؛ سيبويه، 1982، ج 4، ص 28–30)، ومما ذكروه في ذلك وزن «فَعَال» لما دل على صوت كعوى وصرخ، و»فِعَالة» لما دل على حرفة كزرع وحرث، و»فَعَلان» لما دل على اضطراب وتقلب كجال و طاف، و «فَعَالَة» فيما دل على حسن أو قبح كنضر وقبح، أو دل على قوة أو جرأة كصلب ، وشجع، أو ما دل على رفعة أو ضعة كسعد ولؤم، غير أن هذه الضوابط الدلالية لم تطرد؛ فقد أثبت الاستقراء وجود تداخل كبير، إذ قد يأتي ما يدل على صوت على وزن «فَعِيل» (مثل ضجيج) بدلاً من «فَعَال»، كما أظهرت الإحصاءات المعجمية أن نسبة ما جاء على وزن «فِعَالة» دالاً على الحرفة لا يتجاوز النصف في المعجم الوسيط (الماجري والورهاني، 2009، ص 336). ومن الملاحظ في هذا الباب تعدد المصادر للفعل واختصاص كل مصدر بمعنى، كما في حَصْدٌ الدال على الفعل وحَصادٌ الدال على انتهاء الزمان (سيبويه، 1982، ج 2، ص 102)، فقد تتعدد المصادر للفعل ويختلف المعنى كما أنها قد تتعدد والمعنى واحد كما في مصادر مكث التي بلغت 10 مصادر وكلها بمعنى واحد كما ذكر ابن منظور (ابن منظور، 1414هـ، ج 2، ص 191).

الاحتكام إلى التعدي واللزوم: أشار العلماء إلى العلاقة التي تربط بين التعدي واللزوم والوزن المناسب للمصدر، وربما زادوا شرطا آخرا للحكم على وزن المصدر المتعدي أو اللازم، فقد جعل سيبويه «فَعْل» مصدراً للفعل المتعدي وفُعُول للازم إن لم يدل على صوت أو سير أو امتناع أو مهنة (ابن عقيل، 1980، ج 3، ص 125؛ الإستراباذي، 1982، ج 1، ص 153–154)، وقد ربطوا بين التعدي وباب الفعل فجعلوا «فَعْل» من كل متعدٍ جاء من باب نصر كخلق أو باب ضرب كوعد أو باب حسب كومق (سيبويه، 1982، ج 4، ص 5–10)، ومن ربطهم مع الدلالة ما جاء من اللازم يفيد الامتناع والإباء فيكون على وزن «فِعَال» كشرد وطمح، وما دل على صوت يكون على فُعال كبغم (الإستراباذي، 1982، ج 1، ص 157؛ سيبويه، 1982، ج 4، ص 5)، إلا أنها لم تطرد في شيء من ذلك.

الاحتكام إلى لغات العرب: نقل عن العلماء ذكرا لعلاقة وزن المصدر بلغات القبائل ومنه ما حكي عن الفراء: «إذا جاءك فِعْلٌ مما لم يسمع مصدره فاجعله فَعْلاً للحجاز وفُعُولاً لنجد»، ومن ذلك أيضا مجيء الزُّعْم على وزن فَعْل لغة لتميم وبني أسد، وبالفتح فَعْل لغة أهل الحجاز، وبالكسر فِعْل لغة لقيس (ابن الجوزي، 2002، ص 470؛ الراجحي، 1996، ص 167)، ومن ذلك مجيء الصراع والحصاد على وزن فِعَال لغة لقيس وأهل الحجاز وبالفتح فَعَال لغة لتميم (السيوطي، 1986، ج 2، ص 276)، إلا أننا لا نجد هذ التتبع في جميع الأوزان ولكنها ملاحظات ذكرها العلماء، تحتاج إلى دراسة إحصائية شاملة تتجاوز مجرد الملاحظات.

الاحتكام إلى اعتلال الفعل: حاول العلماء ربط «علة الفعل» بوزن المصدر فربطوا بين المثال اليائي ووزن «فُعال» كيعر, وقالو يأتي على «فَعَلان» كيرق، وإن كان واويا ربطوه بالمصدر «فَعْل» كوأد أو يأتي على «فِعالة» كوضؤ (ابن القطاع، 1360هـ، ج 3، ص 327–328)، وذكروا أن الأفعال الجوفاء تفضل الوزن «فَيْعولة» كصار وكان وقاد (الأنباري، د.ت.، ج 2، ص658–659)، وهروبها من الوزن «فُعُول» بسبب الثقل فجعلوا صام على «فَعْل» أو «فِعال» (الأندلسي، 1998، ج 2، ص491) ،إلا أن الاستقراء لم يُظهر تأثيراً مطرداً لنوع العلة في اختيار الوزن؛ فالفعل المعتل (المثال، والأجوف، والناقص) تتعدد مصادره تماماً كالصحيح، ومن ذلك مجيء سار يسور على «فُعول» ومثله غار. وانحصر الجهد العلمي هنا في تبرير التغييرات الصوتية (الإعلال والإبدال) داخل البنية، دون القدرة على التنبؤ بالوزن نفسه بناءً على نوع العلة.

الاحتكام إلى مخارج أصوات الحروف: أشار العلماء إلى أثر مخارج أصوات حروف الفعل في الحكم على الوزن المناسب ومن ذلك وزن «فَعَل» فمجيئه على هذا الوزن بسبب الصوت الحلقي لعين الكلمة، وعلل ابن السراج ذلك بقوله « وكذلك في الهاء لأنها مستفلة في الحلق، وكلما سفل الحرف كان الفتح له ألزم والفتح من الألف والألف أقرب إلى حروف الحلق من أختيها» (ابن السراج، 1996، ج 3، ص 102–103)، وللمتكم فتح العين تخفيفا أو إبقاؤها ساكنه (ابن جني، 1954، ج 2، ص306)، ووردت في القرآن القراءتان في «سنين دأبا» فجاءت بالفتح وبالتسكين (النويري، 2003، ج 2، ص 395).

وخلاصة الأمر فيما ذكر أن مصادر الفعل الثلاثي المجرد لا تتسم بالاطراد؛ فرغم الجهود العلمية لضبطها بقواعد صوتية أو صرفية أو نحوية أو دلالية، إلا أنها ظلت قواعد تقريبية وتكثر فيها الاستثناءات. وهذا التعدد والتشعب يجعل من الاعتماد على الحدس أو القياس أمراً عرضة للخطأ، ولا تغنينا عن الحاجة الماسة إلى الحفظ والرجوع للمعاجم (حسين، 1353هـ، ص 51–53؛ سقال، 1996، ص 190–191؛ Wright, 1896, Vol. 1, p. 112). والملاحظ من جهود العلماء أنهم تتبعوا الخصائص التي احتكموا إليها منفردة، وربما نظروا للقاعدة من خلال خاصيتين كاللزوم والدلالة، إلا أنهم لم ينظروا لعدد من الخصائص مجتمعة من أجل الكشف عن القواعد التي تطرد فيها أفعال تلك المصادر؛ لذا وظفت الدراسة خوارزمية K-Means

للقيام بهذا الأمر؛ لما تتمتع به من إمكانات تراعي هذا التعدد في الخصائص؛ بُغية محاولة الكشف عن تلك القواعد التي تطرد فيها أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد.

خوارزمية K-Means:

يعود تاريخ خوارزمية K-Means إلى حقبتي الخمسينات والستينات من القرن الماضي، إذ طُوّرت من خلال جهود بحثية لعدة علماء، من أبرزهم لويد (Lloyd, 1957) ، وفورجي (Forgy, 1965) ، وجانسي (Jancey, 1966) ، وماكوين (MacQueen, 1967) ، وصِيغ اسم الخوارزمية «K-Means» في ورقة بحثية قدمها ماكوين عام 1967. وتعد إحدى تقنيات التنقيب عن البيانات التي تهدف إلى تنظيم المدخلات في مجموعات متجانسة، وظهرت الحاجة لها مع زيادة البيانات، وتعدد خصائصها وأبعادها، مما يصعب على الإدراك البشري استيعابها والتعامل معها، وكان من أوائل المجالات التي استخدمت هذه الخوارزمية مجال المناخ؛ لما فيه من بيانات ضخمة وخصائص متعددة تحتاج إلى كشف الأنماط والتصنيف والتنبؤ، وهذا ما توفره الخوارزمية (Doan et al., 2023,p. 2215)

جاءت الخوارزمية لتعالج تلك البيانات التي تتسم بالعشوائية وعدم التصنيف؛ إذ هدفها تنظيمها في مجموعات بناءً على التشابه فيما بينها (Xiangyuan et al., 2020, p. 1)، ويقوم حساب التشابه وتوزيع البيانات بناء على عدد المجموعات المطلوب تقسيم البيانات عليه، وفق معادلة تقوم بحساب قرب كل مدخل من مركز المجموعة –قيم K – وبناء على مخرجاتها تقوم بضم المدخلات بناء على المسافة تحت مجموعة K الأقرب، ومن تلك المعادلات لحساب المسافة المعادلة التالية (Zhao, 2022, p. 2):

$$d(x_i, x_j) = \left(\sum_{k=1}^{p} |x_{ik} - x_{jk}|^2 \right)^{1/2}$$

تعبر d عن المسافة والقيم xi, xj تمثل قيم المدخلات التي يراد حساب المسافة فيما بينها وهي قيم المدخل في xi وقيمة المركز xj، فلو قدر أن هناك حاجة لتقسيم متعلمي لغة عربية في مجموعات تضم المتعلمين ذوي الخصائص المتقاربة بناء على عدد من بياناتهم التي حققوها على النحو التالي:

جدول 1

مدخلات وخصائص متعلمي اللغة العربية

المدخل	الحصيلة اللغوية	القواعد	القراءة	الاستماع
طالب (x1)	2500	85	120	8
طالب (x2)	400	30	40	2
طالب (x3)	2300	80	115	9
.....	.....	.....	.....	.....

فبعد جمع البيانات وترميزها إلى أرقام كما يظهر في المثال، تحتاج الخوارزمية قيم مبدئية للمجموعات التي يراد توزيع البيانات عليها لتبدأ عملية حاسب المسافات، ولتوضيح الصورة يمكن اقتراح أن يقسم الطلاب إلى مجموعتين وتكون بيانات قيم المجموعتين على النحو التالي:

جدول 2

القيم الأولية لمراكز المجموعات

المركز	الحصيلة اللغوية	القواعد	القراءة	الاستماع
قيم مركز K1	2400	82	118	8
قيم مركز K2	500	35	45	3

بعد تطبيق معادلة حساب المسافة بين قيم المدخلات وقيم المجموعات، يُسند المدخل إلى مركز المجموعة ذي المسافة الأقرب، وتستمر هذه العملية بحساب المسافة بين كل مدخل وقيم مراكز المجموعات حتى تنتهي الخوارزمية من جميع المدخلات ، وفيما يلي مثال على :

جدول 3

المسافات بين قيم المدخلات وقيم المراكز

المدخل	المسافة عن المركز 1	المسافة عن المركز 2	المجموعة المنتمي له
طالب (x1)	100.5	2001.0	المجموعة (1)
طالب (x2)	1900.8	105.2	المجموعة (2)
طالب (x3)	150.3	1850.5	المجموعة (1)
.....	.....	.....	.....

وتجدر الإشارة إلى أن تحديد قيمة K تكون ابتداء في خوارزمية K-Means في حال كان المُدخِل على دراية بالقيمة المناسبة لعدد المجموعات، وفي حال كان معد البيانات لا يعلم إلى كم مجموعة يحتاج تقسيم البيانات، فهناك عدة طرق لاقتراح قيمة K المناسبة

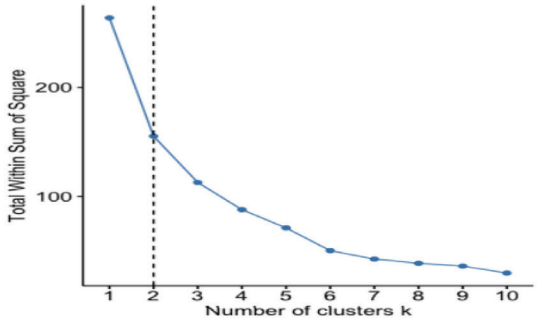
بناء على البيانات المُدخَلة، ومن تلك الطرق ما يلي (Wulan-dari,2020,pp.122-123):

طريقة الكوع Elbouw Method:

تقوم هذه الطريقة على مبدأ التجربة المتكررة؛ إذ تبدأ بافتراض وجود مجموعة واحدة فقط (K=1)، ثم تحسب إجمالي المسافات بين المدخلات ومركزها ، وفي كل مرة تزيد القيمة (k = 2, 3, …)، وتحسب إجمالي بين المسافات بين المدخلات ومراكزها إلى أن يصبح هناك استقرار وتقارب في القيم الناتجة بين متوسط قيم K بناء على بعد المدخلات لمراكزها، لتأخذ شكلا في الرسم البياني يشبه الكوع، عندها تعتمد قيمة هذا المنحنى قيمةً فضلى لـ K كما يظهر في المثال التالي:

شكل 1

***مثال لمخرجات طريقة الكوع* Elbouw Method**

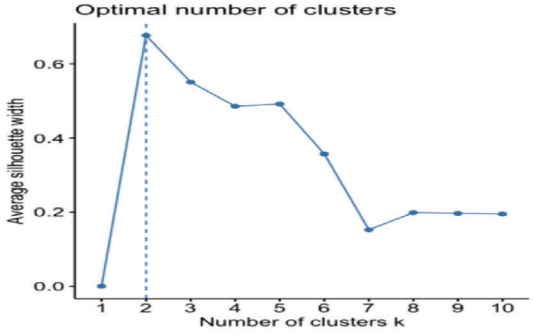


طريقة Silhouette:

تقوم هذه الطريقة على مبدأ قياس جودة التجميع بين المدخلات، ويحدد في ضوء هذا أفضل قيمة من قيم K لاعتمادها، وبُنيت معادلتها لتقارن بين مدى قرب كل مدخل من عناصر مجموعته (التماسك) و مدى بعده عن أقرب عنصر من المجموعة المجاورة له (الانفصال). تُنتج هذه العملية معاملاً قيمته تتراوح بين (1- إلى 1)؛ إذ تشير القيمة القريبة من (1) إلى أن النقاط في مكانها الصحيح ومفصولة جيداً، بينما تشير القيم المنخفضة أو السالبة إلى وجود تداخل بين عناصر في المجموعة الواحدة، وبناءً على ذلك تُعتمد قيمة K التي تحقق أعلى متوسط عام لمعامل Silhouette لكافة النقاط، كما يظهر في المثال التالي:

شكل 2

***مثال لمخرجات طريقة* Silhouette**

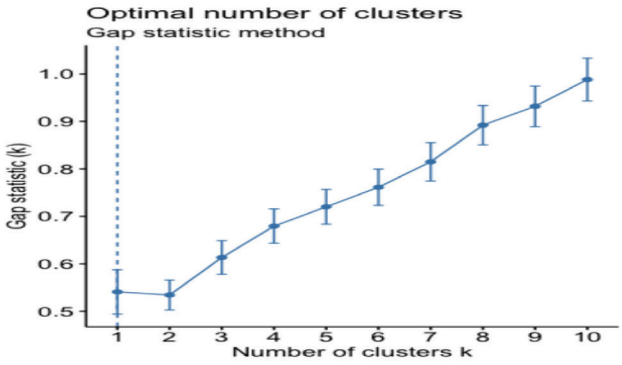


طريقة Gap Statistics:

تقوم هذه الطريقة على مبدأ مقارنة التباعد الفعلي بين البيانات ومركزها وتقارنها بقيمة التباعد بين بيانات ومراكز افتراضية، لحساب القيمة التي بينها (الفجوة Gap) . وتهدف هذه العملية إلى استبعاد التجميع الناتج عن الصدفة؛ من خلال النظر إلى أكبر قيمة للفجوة، فلو قُدّر أن قيمة K في المرة الأولى كانت 1 (مجموعة واحدة) وأجريت عملية حساب بُعد المسافة بينها وبين عناصرها ثم قورنت بالقيمة الافتراضية التي خرجت من معادلة Gap Statistics فكانت النتيجة 1000، ثم أجريت المعادلة بزيادة K إلى قيمة 2 وقورنت النتيجة مع النتيجة الافتراضية التي تحسبها المعادلة وكانت النتيجة 500 فهنا تعد قيمة K ذات المجموعة الواحدة أفضل وأكبر تماسكا في عناصرها من قيمتها ذات المجموعتين، وهنا تكون قيمة K 1، وهذا بناء على شرط الخوارزمية الذي يرى قيمة K الأنسب هي القيمة التي تكون فيها قيمة K اللاحقة تساوي أو أقل من قيمة K السابقة، وفيما يلي مثال على مخرجات هذه الطريقة:

شكل 3

***مثال لمخرجات طريقة* Gap Statistics**

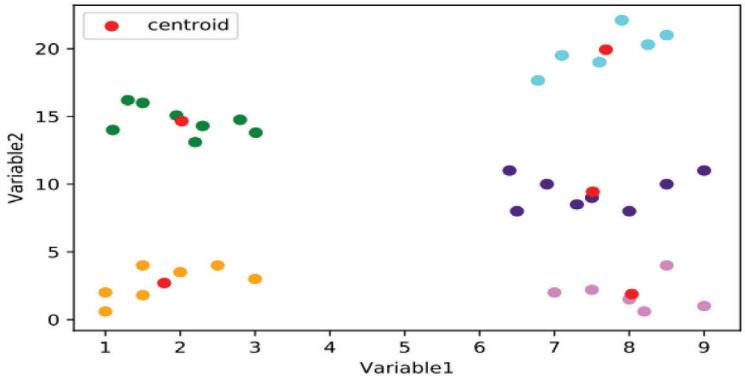


مخرجات الخوارزمية

بعد الانتهاء من تطبيق خوارزمية K-Means ، تكون البيانات قد توزعت على عدد المجموعات المعتمد لتشكل مجموعة متجانسة بناء على خصائصها، وذلك من خلال حساب المسافات بين المدخلات ومراكزها وفقا لقيم تلك الخصائص، وفيما يلي تمثيل بصري لتوزع البيانات والتفافها حول مركزها:

شكل 4

مثال للتمثيل البصري ثنائي البعد للبيانات



*المصدر: Rahman et al. (2021, p. 5)

وتجدر الإشارة إلى أن زيادة عدد المجموعات (K) بشكل مبالغ فيه، قد يؤدي إلى تفتيت البيانات على نحو ينافي غرض الخوارزمية التي تسعى إلى تجميع البيانات ذات الخصائص المتجانسة، في المقابل تقليل عدد المجموعات يؤدي إلى التباين في مدخلات المجموعة الواحدة، وهذا يؤثر فيه بطبيعة الحال عدة عوامل، منها ضخامة البيانات وقيم خصائصها وغير ذلك؛ لذلك قد يأخذ القرار النهائي في تحديد قيمة K عدة تجارب ليصل الأمر في ذلك إلى اختيار القيمة الأنسب.

منهجية الدراسة وإجراءاتها

منهج الدراسة

اعتمدت الدراسة في إجراءاتها على منهجين:

الأول: المنهج الوصفي: الذي يُعرف بأنه طريقة لوصف الموضوع المراد دراسته من خلال منهجية علمية صحيحة، وتصوير النتائج التي يتم التوصل إليها على أشكال رقمية معبرة يمكن تفسيرها (قاسم، 2019، ص 46)، واعتمدت عليه الدراسة في وصف خصائص الأفعال الصوتية والصرفية والنحوية، لتسهيل معالجتها حاسوبيا.

الثاني: المنهج الاستقرائي: الذي يقوم على ملاحظة الظواهر وتجميع البيانات ورصد خصائصها للوصول إلى أحكام وقواعد كلية عامة (قاسم، 2019، ص 73) وطبقت الدارسة هذا النهج بالاستعانة بالحاسوب من خلال توظيف خوارزميات تعلم الآلة (Machine Learning)؛ للكشف عن القواعد المطردة في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد.

إجراءات الدراسة

مرت الدراسة بخطوات بدءا من جمع البيانات وانتهاء باستخراج القواعد المطردة، وجاءت على النحو التالي:

1. جمع العينة: حُدد "معجم الأفعال الثلاثية في العربية" (مرسي، 2010) لجمع العينة؛ لتوفيره البيانات التي تخدم هدف الدراسة، وقد بلغ عدد الأفعال التي جمعت منه (2086) فعلا.
2. استخراج الخصائص: استخرجت الخصائص التي ترتبط بالمدخلات ارتباطا وثيقا من المعجم، من خلال استقراء المعلومات التي تتعلق بها، وتنطبق على جميع المدخلات محل الدراسة.
3. الترميز الرقمي: في هذه العملية حُولت الخصائص اللغوية المستخرجة إلى قيم رقمية؛ لتناسب خوارزميات المعالجة الحاسوبية.
4. تحديد قيمة K المناسبة لتحقيق أهداف الدراسة التي تسعى إلى الكشف عن القواعد التي تطرد فيها أبنية المصادر.
5. تطبيق خوارزمية (K-Means) على العينة؛ لتقسيم الأفعال إلى مجموعات بناءً على خصائصها، وفي هذه الخطوة تستخرج القواعد في تلك المجموعات التي تطرد فيها الأفعال تحت بناء وزن مصدر محدد.
6. تحليل النتائج وتفسيرها: استقراء المجموعات الناتجة عن الخوارزمية، واستخلاص القواعد الناظمة للأبنية وتفسيرها.

عينة الدراسة

جمعت عينة الدراسة من "معجم الأفعال الثلاثية في العربية" لمؤلفه خالد توكال مرسي، وقد بلغ عدد الأفعال التي جمعت منه 2086 فعلا يختلف كل فعل عن الآخر في البنية؛ طلبًا لتقليل التداخل بغية ضبط التشتت في المدخلات، وقد أُخذ من كل مدخل خصائص أول فِعْلٍ ذُكر، وتحددت هذه الخصائص في ثلاثة جوانب: صوتية، وصرفية، ونحوية، ضمت ست خصائص.

قوائم الخصائص:

يتطلب تطبيق خوارزمية K-Means تغذية البيانات بخصائص تُمكّنها من توزيع الأفعال إلى مجموعات، وبناء عليه وضع عدد من الخصائص توزعت في هذه الدراسة إلى ثلاثة جوانب: الجانب الصوتي، والجانب الصرفي، والجانب النحوي، وأعطيت كل قيمة من هذه القيم رقمًا يمثلها لغرض المعالجة الحاسوبية، وبلغ عدد الخصائص (6) خصائص وجاءت على النحو التالي:

جدول 4

خصائص المدخلات

الجانب الصوتي		الجانب الصرفي		الجانب النحو
مخرج الحرف الأول	مخرج الحرف الثاني	مخرج الحرف الثالث	باب الفعل	حالة الفعل	التعدي واللزوم

الجانب الصوتي:

غطى الجانب الصوتي ثلاث خصائص من خصائص المدخلات وهي خاصية مخرج الحرف الأول، ومخرج الحرف الثاني، ومخرج الحرف الثالث، واعتمدت الدراسة على قائمة مخارج الحروف التي ذكرها كمال بشر في كتابة علم الأصوات (بشر، 2000) بالإضافة إلى مخرج الجوف ليمثل حروف المد (ابن الجزري، 2006، ص.1)، فجاءت قيم تلك المخارج على النحو الآتي:

جدول 5

مخارج الحروف وقيمها الحاسوبية

المخرج	الحروف	القيمة الحاسوبية
الجوف	حروف المد	1
حنجرية	الهمزة – ه	2
حلقي	ع – ح	3
لهوي	ق	4
أقصى الحنك	ك – غ – خ	5
وسط الحنك	ي	6
لثوي حنكية	ش – ج	7
لثوي	ز – ص – س –ر	8
أسناني لثوي	ض – د – ط – ت– ل – ن	9
مابين الأسنان	ظ– ذ– ث	10
أسناني شفوي	ف	11
شفوي	ب – م – و	12

الجانب الصرفي:

غطى الجانب الصرفي للمدخلات خاصيتين: الأولى: خاصية باب الفعل التي تظهر حركت العين في الماضي والمضارع، والثانية: خاصية حالة الفعل من حيث الصحة والإعلال والتضعيف، وجاءت قيم خاصية باب الفعل على النحو التالي:

جدول 6

أبواب الفعل الثلاثي وقيمه الحاسوبية

باب الفعل	المثال	القيمة الحاسوبية (One-Hot Encoding)
فَعَلَ – يفعِل	جلَس – يجلِس	0|1
فَعَلَ – يفعَل	ذهَب – يذهَب	0|1
فَعَلَ – يفعُل	نصَر – ينصُر	0|1
فَعِلَ – يفعَل	سمِع – يسمَع	0|1
فَعِلَ – يفعِل	حسِب – يحسِب	0|1
فَعُلَ – يفعُل	حسُن – يحسُن	0|1

وقيم خاصية حالة الفعل جاءت على النحو التالي:

جدول 7

حالات الفعل الثلاثي وقيمه الحاسوبية

حالة الفعل	المثال	القيمة الحاسوبية (One-Hot Encoding)
صحيح	كَتَبَ	0|1
مهموز	أكَلَ – سأل – قرأ	0|1
مثال	وَعَدَ	0|1
أجوف واوي	قَالَ	0|1
أجوف يائي	بَاعَ	0|1
ناقص يائي	رَمَى	0|1
ناقص واوي	دَعَا	0|1
لفيف مقرون	طَوَى	0|1
لفيف مفروق	وَقَى	0|1
مضعف	مَدَّ	0|1

تجدر الإشارة إلى أنه إذا اجتمع في الفعل همز وعلة حكم على الفعل بأنه معتل فيأخذ القيمة بحسب مكان حرف على العلة كما يظهره العرض أعلاه.

الجانب النحوي:

جاءت آخر خاصية في خصائص المدخلات لتغطي الجانب النحوي في المدخلات، وتمثلت في التعدي واللزوم، وجاء قيم هذا الجانب على النحو التالي:

جدول 8

حالات التعدي واللزوم وقيمه الحاسوبية

التعدي واللزوم	المثال	القيمة الحاسوبية (One-Hot Encoding)
متعدي	نصر: نصر الله عباده	0|1
لازم	جلس: جلس الطالب في الفصل	0|1
متعدي ولازم	بلج : لازم : بلج الصبحُ (أضاء)	0|1
	متعدي :بلج البابَ (فتحه)	

يلاحظ في جميع الخصائص المذكورة انطباقها على جميع المدخلات التي تمثلها عينة الدراسة، وهناك خصائص أخرى ذكرها العلماء في معرض كلامهم عن ضبط أبنية المصادر ومن تلك الخصائص خاصية الدلالة، وخاصية اللغة ويقصد بها ورود وزن المصدر في لغة هذيل أو تميم أو أسد، إلا أن استخراج هذه الخصائص يحتاج إلى مزيد دراسة بحيث يكون منتظم في جميع المدخلات، وفيما يلي مثال فعلي لبعض المدخلات وقيمها بعد الترميز:

جدول 9

مثال للمدخلات وقيمها الحاسوبية

المدخل	مخرج ح(1)	مخرج ح(2)	مخرج ح(3)	حالة الفعل	باب الفعل	التعدي واللزوم
أب	2	12	12	10	3	3
جبر	7	12	8	1	3	3

أنواع قيم المدخلات الحاسوبية:

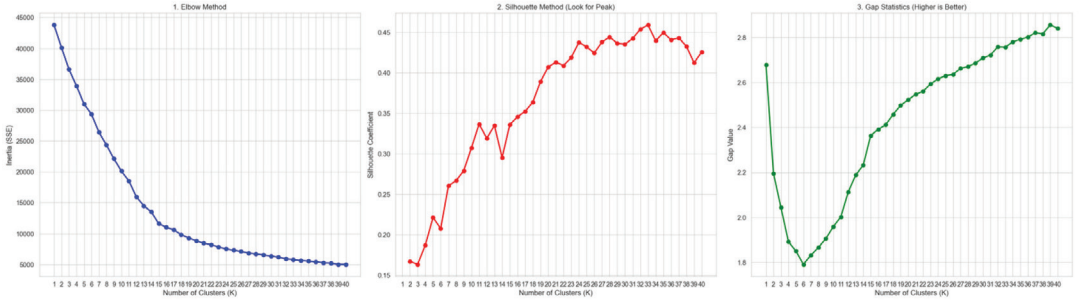
اتبعت الدراسة منهجية هجينة في ترميز البيانات، فقد تعاملت مع الخصائص الصرفية والنحوية بصفتها قيم فئوية (Nominal Data) واتبعت في ترميزها طريقة One-Hot؛ لضمان الحيادية بين الفئات المستقلة لعدم وضوح مفهوم المسافة بين قيمها (Nam et al., 2025, p. 2)، وهذه الطريقة تجعل كل قيمة من قيمها خاصية مستقلة تأخذ إما قيمة 0 أو 1، فعلى سبيل المثال تتحول خاصية التعدي واللزوم إلى ثلاث خصائص استناداً إلى قيمها، فتكون الخاصية الأولى خاصية التعدي، والثانية اللزوم، والثالثة التعدي واللزوم، فإن كان الفعل متعدياً أُعطيت خاصية التعدي قيمة 1 أما الخاصيتان الأخريان تأخذان قيمة 0 في كل منهما، أما خصائص المخارج الصوتية فأبقيت قيمها قيماً ترتيبية (Ordinal Values) ؛ وذلك لمحاكاة البُعد الفيزيائي المتصل للجهاز النطقي؛ إذ إن الترتيب الرقمي للمخارج (من الجوف 1 إلى الشفتين 12) يعكس حقيقة القرب والبعد المكاني بين الأصوات، مما يمكّن خوارزمية K-Means من حساب المسافات الصوتية بدقة.

تحديد قيمة K :

أُجريت معادلات تحديد قيمة K للتنبؤ بأنسب عدد للمجموعات؛ وذلك بتطبيق طريقة (Elbow)، وطريقة (Silhouette)، وطريقة (Gap Statistics) على بيانات الأفعال وخصائصها، بهدف التحقق من العدد الأمثل لقيمة K الذي يحاول الحصول على أعلى درجات التجانس داخل المجموعة الواحدة، والتباين بين المجموعات المختلفة، وجاءت قيم تلك الطرق على النحو التالي:

شكل 5

مخرجات طرق حساب قيم K المقترحة



ظهر من الشكل (5) أن القيم المقترحة لـ K جاءت متعددة وفقًا لكل طريقة، فأظهرت مخرجات طريقة Elbow أن قيمة k المقترحة تكون ما بين (14) و(15) كما هو واضح في المنحنى الذي يظهره الرسم البياني للطريقة، أما طريقة Silhouette فقد أظهرت ارتفاعات بلغ أعلاها قيمة (45) قبل أن تظهر انخفاضًا بعد ذلك، والمشاهد في الشكل البياني أن هناك تسارعًا في البداية، وارتفاعات في أكثر من قيمة، ومن تلك القيم (11) و(15) و(24) و(33) و(28) ، أما طريقة Gap Statistics فقد جاءت مخرجاتها لتقترح إبقاء جميع المدخلات تحت مجموعة واحدة. وتجدر الإشارة إلى أن هدف الدراسة الكشف عن القواعد التي تنتظم فيها الأفعال تحت أبنية المصادر، والمطّلع على مجموع أوزان مصادر الفعل الثلاثي المجرد، يعلم أن عددها يفوق أعلى قيمة مقترحة بشكل كبير، فقد عدّ ابن الحاجب (2014، ص.ص. 286-282) في الشافية (34) وزنًا، وعلق ابن جماعة في حاشيته على شرح الجاربردي بأن سيبويه عد منها (32) وزنًا، وذكر بأن الشريف قال بأن ابن القطاع زاد على ما ذكره ابن الحاجب (61) وزنًا، وأورد Wright (1896, pp. 110-112) قائمة لأوزان مصادر الفعل الثلاثي المجرد أوصلها إلى (44) وزنًا، وأحصت الزعبي في دارستها على أوزان مصادر الثلاثي (67) وزنًا، قسمتها إلى قسمين الأول: أوزان مشهورة ويكثر تداولها في الكلام وبلغت (16) وزنًا والثاني: أوزان قليلة الاستعمال وبلغت (51) وزنًا (1996، ص.219).

وللتأكد من اختيار قيمة K المناسبة، فقد أُختبرت قيمه المقترحة من مخرجات الطرق في شكل (5) بتطبيق خوارزمية (ARI Adjusted Rand Index) التي تقوم بقياس استقرار توزيع البيانات في المجموعات؛ وذلك بأن تُعيد توزيع البيانات على عدد المجموعات المقترح أكثر من مرة، ثم تتأكد بعد كل مرة أن البيانات المعاد توزيعها تكون في نفس المجموعة وإن تغير رقمها، فمثلا في هذا السياق لو قدّر أن قيمة K تساوي 10 فستقوم خوارزمية ARI عدة مرات بتوزيع الأفعال على عشر مجموعات، وتنظر في كل مرة تعيد التوزيع هل الأفعال المرتبطة ببعض تكون في نفس المجموعة وإن تغير رقم المجموعة أم لا؟ فإن كان في نفس المجموعة فهذا يدل على أن قيمة K موثوقة وأن توزع البيانات على المجموعات لم يأت صدفة، بل لأن القيم مترابطة، وتأتي قيم ARI بين 1− و1+ وتدل القيم القريبة من 1+ على الاستقرار العالي، بينما القيم التي تقترب من 1− تدل على ضعف الاستقرار واحتمالية أن البيانات تجمعت صدفة (Shilpa et al., 2025, p. 2). ويظهر الجدول (10) نتائج اختبار ARI على قيم K المقترحة، علماً أن إعادة التوزيع أجريت 50 مرة لكل قيمة من قيم K:

جدول 10

نتائج اختبار ARI على قيم K المقترحة

قيم k	متوسط ARI	الانحراف المعياري
11	0.8376	0.0956
14	0.7934	0.0678
15	0.9235	0.0647
16	0.8762	0.0527
24	0.9176	0.0232
28	0.9000	0.0288
33	0.9035	0.0355
45	0.8431	0.0503

كما يتضح من الجدول (10) أن أفضل قيمة مقترحة لـ K هي قيمة 24؛ إذ حصلت على درجة 0.9176 وهي قيمة مرتفعة جداً، أما قيمة 15 فعلى الرغم من حصولها على درجة 0.9235، إلا أن الانحراف المعياري جاء مرتفعًا؛ مما يشير إلى أن هامش الخطأ في استقرار البيانات أكبر من هامش الخطأ في قيمة 24 في هذه الحالة، إضافة إلى أن درجة متوسط ARI لقيمة (24) ليست بعيدة عن قيمة (15).

تطبيق خوارزمية K-Means:

تجدر الإشارة قبل عرض نتائج تطبيق الخوارزمية أن تُوضّح نقطتان:

الأولى: أن خوارزمية K-Means تُعدّ أحد خوارزميات تعلم الآلة للتجميع، وتُعد من الخوارزميات غير الخاضعة للإشراف (un-supervised learning)، أي أن البيانات التي تعالجها تكون غير مصنفة، وتقوم الخوارزمية بناءً على المدخلات بتجميع البيانات التي تتقارب في الخصائص تحت مجموعة واحدة من خلال حساب المسافات بين تلك المدخلات ومركز مجموعتها، وهذا ما حدث عند إدخال البيانات في الخوارزمية فلم يقدم للخوارزمية صِنْف هذا المدخل الذي يمثل وزن المصدر في هذا السياق، والغرض الباعث لذلك هو هدف الدراسة؛ إذ إنها تحاول تجميع الأفعال تحت قاعدة واحدة تطرد في مصدر معين، فتمت المرحلة الأولى بإدخال المدخلات (الأفعال) وخصائصها؛ لتقوم الخوارزمية بوضع الأفعال المتقاربة في الخصائص تحت مجموعة واحدة، ثم في المرحلة التي تليها يُنظر للمجموعات التي انطبقت على قواعدها شروط النظر في الاطراد –توضح في النقطة الثانية – ليوضع بجانب كل فعل من الأفعال التي في تلك القاعدة الواحدة وزن المصدر المذكور له في المعجم؛ ليُحكم بعد هذه الخطوة على اطراد القاعدة.

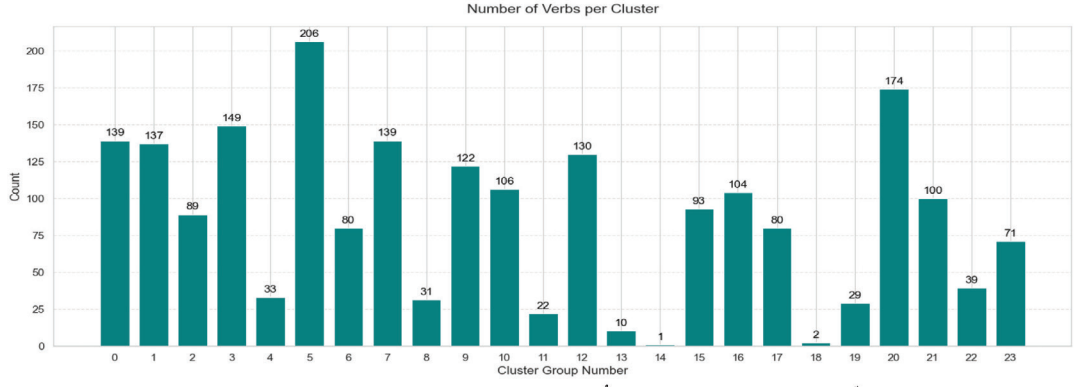
الثانية: حُدد للنظر في القاعدة في أي مجموعة أن يكون عدد الأفعال تحت القاعدة المستخرجة أكثر من (10) أفعال، بعدها يُنظر في الأفعال وتستخرج أوزان مصادرها من معجم الأفعال، فإن مثّل وزن مصدر في أي قاعدة من تلك القواعد نسبة 95 ٪ أو أكثر، عُدت تلك القاعدة مطردة، والذي جعل البحث يَحكم في عدد الأفعال أن يكون أكثر من عشرة؛ لأن جمع الكثرة لما جاوز العشرة، وما جعله يحتكم إلى نسبة 95 ٪ في اطراد القاعدة؛ ما أوردته الأبحاث في العلوم الإنسانية أن نسبة الخطأ في هذه المجالات تُقبل إلى 5 ٪ (Fraenkel et al., 2012, p. 228)

مخرجات الخوارزمية:

بعد تطبيق خوارزمية K-Means على عينة البحث التي بلغت 2086 فعلا، وبعد أن حُدّد فيها عدد المجموعات – قيمة K - 24 مجموعة، أظهرت نتائج الخوارزمية توزيع الأفعال على المجموعات وفق النحو التالي كما يظهره الشكل (6):

شكل 6

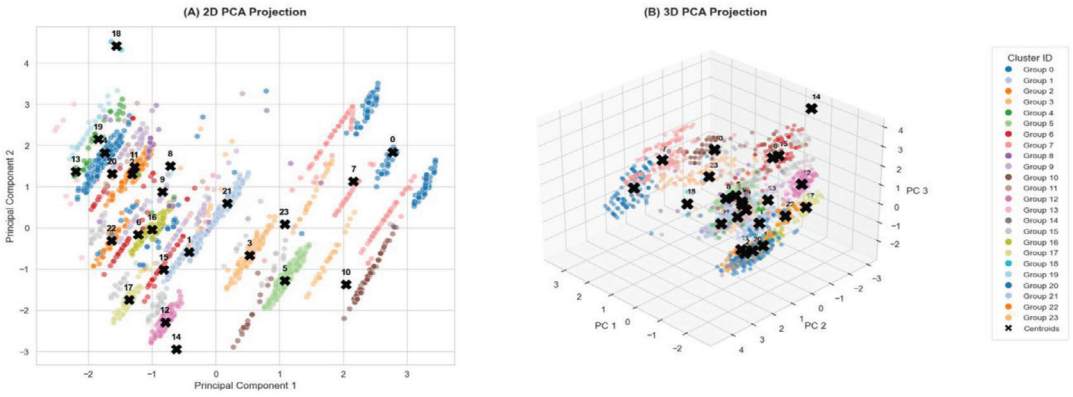
توزّع الأفعال على المجموعات



يوضح الشكل (6) توزّع الأفعال على 24 مجموعة، ويُظهر الرسم تبايناً ملحوظاً في أعداد الأفعال في تلك المجموعات، فقد تراوحت ما بين 1 و206 أفعال، إذ سجلت المجموعة الخامسة (5) أعلى عددًا للأفعال بواقع 206 أفعال، بينما جاءت المجموعات (14، 18، 13) أقل المجموعات عددًا. يشير هذا النمط إلى تفاوت واضح في كثافة المجموعات؛ إذ تظهر هيمنة لبعض المجموعات الكبرى، في مقابل وجود مجموعات هامشية تحوي عددًا قليلاً جداً من الأفعال، مما يعكس كفاءة الخوارزمية في عزل الأفعال ذات الخصائص النادرة في مجموعات مستقلة بدلاً من دمجها، ويؤيد هذا التمايز ما أظهر التمثيل البصري في البعد 2D و 3D في الشكل (7) التالي:

شكل 7

التمثيل البصري لتوزيع الأفعال على المجموعات



يظهر الشكل (7) تمايزاً مكانياً واضحاً بين المجموعات الـ 24، حيث تتكتل النقاط الممثلة للأفعال في مساحات محددة متقاربة تعكس الانتماء لكل مجموعة، مما يشير إلى كفاءة الخوارزمية في تجميع الأفعال ذات الخصائص المتشابهة في مجموعة متجانسة. كما يُلاحظ أن التداخل عند الحدود بين المجموعات المتجاورة محدود جداً، وهو أمر يعكس دقة الفصل بناءً على الخصائص، أيضا مما يلاحظ وجود قيم متطرفة (Outliers) إلا أنها قليلة تحددت في 105 أفعال بلغت نسبتها 5.03 ٪ من إجمالي البيانات، وهذا يُظهر أن توزيع الأفعال يتميز بوجود نواة صلبة ومتجانسة تمثل 95 ٪ من البيانات، مما يؤكد كفاءة الخصائص المختارة في تمثيل الأفعال، وهذه القيم الشاذة رغم قلتها لا يشترط أن تؤثر على هدف الدراسة، فدلالتها تعبر عن مدى تقارب المدخلات في المجموعة الواحدة حول محورها (علامة)، وتجدر الإشارة إلى أن التمثيل البصري في الشكل (7) جاء على بعدين ثنائي وثلاثي، وهو بلا شك لا يصور التمثيل الحقيقي للبيانات لأن البيانات ذات 6 أبعاد (خصائص) وهو أمر لا يمكن طباعته عبر الحاسوب.

استخراج القواعد:

بعد عملية التجميع الناتجة عن تطبيق الخوارزمية أُجريت عملية استخلاص للقواعد من كل مجموعة، وأُشترط في استخلاص القاعدة ثلاثة أمور:

الأول: أن تكون القاعدة متفردة ولا تتطابق مع أي قاعدة في أي مجموعة من المجموعات.

الثاني: أن تكون القاعدة قصيرة قدر الإمكان ولا يُزاد فيها شرطٌ إضافي إلا إذا كان هنا تتطابق مع قاعدة أخرى.

الثالث: ألّا يقل عدد الأفعال في القاعدة عن (11) فعلا.

وهذا نتج عنه عدد من القواعد التي توزعت عليها الأفعال في كل مجموعة، وهذه القواعد تتكون من خصائص الأفعال المدخلة (الصوتية – الصرفية – النحوية)، وتوزعت بين المجموعات على النحو التالي كما يظهرها الجدول (11)

جدول 11

تَوزُّع القواعد على المجموعات

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	المجموع
عدد الأفعال	139	137	89	149	33	206	80	139	31	122	106	22	130	10	1	93	104	80	2	29	174	100	39	71	**2086**
عدد القواعد	3	2	2	3	1	1	2	3	4	6	1	1	1	1	1	3	3	2	1	1	2	1	1	2	**48**
عدد القواعد الموافقة للشروط	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0	2	1	1	0	1	1	1	1	2	**24**
عدد الأفعال في القواعد المنطبقة	136	136	88	147	33	206	80	134	27	114	106	22	130	0	0	90	102	79	0	29	172	100	39	71	**2041**
نسبة القواعد الكبرى	33.3	50	50	33.3	100	100	100	33.3	25	16.7	100	100	100	0	0	66.7	33.3	50	0	100	50	100	100	100	**50**
نسبة تغطية الأفعال	97.8	99.3	98.9	98.7	100	100	100	96.4	87.1	93.4	100	100	100	0	0	96.8	98.1	98.8	0	100	98.9	100	100	100	**97**

يُظهر الجدول (11) توزّع القواعد على المجموعات، فقد بلغ إجمالي هذه القواعد مجتمعة (48) قاعدة، ما انطبقت عليها الشروط منها 24 قاعدة شكلت نسبة 50 ٪، وحوت هذه القواعد 2041 فعلاً، مثلت من إجمالي عدد الأفعال نسبة بلغت 97.8 ٪ مما يعكس كفاءة عالية للخوارزمية في استخلاص القواعد الكلية. ويُلاحظ أن المجموعات التي حوت تجانساً تاماً بنسبة 100 ٪ هي المجموعات (4، 5، 6، 10، 11، 12، 19، 21، 22، 23)، تلي هذه المجموعات بتجانس مرتفع جداً المجموعات (0، 1، 2، 15، 17، 20)؛ فقد سجلت نسب تغطية تراوحت بين (96.8 ٪ و 99.3 ٪)، وجاءت أقل المجموعات تجانسًا في أفعال قواعدها مجموعتا (8، 9) بنسب (87.1 ٪، 93.4 ٪)، في حين انعدم التجانس تماماً في المجموعات الهامشية (13، 14، 18) التي لم تحقق أي تغطية (0 ٪)؛ نظراً لقلة عدد أفعالها التي بلغت على التوالي (1، 10، 2) مما حال دون تشكيل قاعدة معتبرة إحصائياً، ويظهر الجدول أيضا أنه لا علاقة طردية بين عدد الأفعال في المجموعة وعدد القواعد التي تنطبق عليها الشروط، وهذا ظاهر على سبيل المثال في المجموعة (5) فتُعد أكبر المجموعات حجماً من حيث الأفعال (206) فعلاً، ومع ذلك ضُبطت بقاعدة واحدة فقط بنسبة تغطية 100 ٪، وفي السياق نفسه نجد المجموعة (9) التي بلغ عدد أفعالها (122) فعلاً، احتاجت إلى (6) قواعد؛ لتغطية 93.4 ٪ من أفعالها.

أسئلة الدراسة ومناقشتها

سعت الدراسة إلى توظيف خوارزمية K-Means للكشف عن القواعد المطردة في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد، وفي ضوء تحليل خصائص الأفعال الثلاثية المجردة، وتجميعها عبر تطبيق الخوارزمية، يمكن الإجابة عن تساؤلات الدراسة كما يلي:

للإجابة عن السؤال الأول الذي نصه :"**ما واقع انتظام الأفعال الثلاثية المجردة تحت قواعد مطردة في بناء مصادرها وفقًا لمخرجات خوارزمية K-Means** ؟"، فقد أُخذت القواعد التي انطبقت عليها الشروط –أن تزيد أفعال القاعدة المستخرجة على 10 أفعال – ثم أُستخرجت مصادرها من المعجم لمعرفة أي تلك القواعد جاءت أفعالها على وزنٍ يستحوذ على ما نسبته 95 ٪ فأكثر؛ لكي يُحكم على القاعدة بالاطراد على مستوى عينة البحث، وجاءت النتائج على النحو التالي:

جدول 12

نسب القواعد المطردة في المجموعات

المجموعة	عدد القواعد التي تحوي أكثر من 10 أفعال	عدد القواعد المطردة في البناء، بنسبة 95٪ وأكثر	نسبتها من القواعد المشمولة في الدراسة	عدد الأفعال	وزن المصدر
0	3	2	66	29	فَعْل
1	2	1	50	11	فَعْل
3	5	4	80	91	فَعْل
6	4	2	50	32	فَعْل
7	2	1	50	11	فَعْل
10	2	1	50	11	فَعْل
12	4	3	75	83	فَعْل
15	3	1	33	14	فَعْل
16	1	1	100	104	فَعْل
17	1	1	100	80	فَعْل
20	5	4	80	87	فَعَل
22	2	1	50	16	فَعْل
23	2	1	50	25	فَعْل
الإجمالي	36	23	63	594	فَعَل – فَعْل

يظهر الجدول رقم (12) نسب القواعد المطردة في المجموعات، إذ بلغت 63 ٪ من إجمالي القواعد التي تنتمي إلى المجموعات نفسها، أما نسبتها من إجمالي القواعد التي ينطبق عليها شرط ما زاد عن عشرة أفعال، فقد بلغت 51.11 ٪ من إجمالي تلك القواعد التي بلغ عددها 45 قاعدة، وجاءت نسبة الأفعال التي اندرجت تحت القواعد المطردة من إجمالي أفعال مجموعاتها 41.22 ٪ ، ومن إجمالي القواعد التي تضمنت أكثر من عشرة أفعال 28.82 ٪، التي بلغت 2061 فعلا، ومن إجمالي أفعال العينة كافة ٪28.47، وهذا العدد من الأفعال والقواعد المنطبقة يقدم إشارة على كفاءة خوارزمية K-Means في تجميع الأفعال تحت مصادر انطبقت عليها القاعدة، علماً –كما ذُكر آنفاً– أنها لم تتطلع مسبقا على أوزان تلك الأفعال وفقًا لطبيعة بنيتها، ويظهر الجدول (12) تصدر وزن فَعْل ، فقد حاز على ما نسبته 82.60 ٪ من إجمالي القواعد المطردة بواقع 19 قاعدة، أما الوزن فَعَل فقد حصل على نسبة 17.39 ٪ بواقع 4 قواعد، وهذا الاستحواذ للوزن فَعْل ليس بمستغرب؛ إذ إنه لا يكاد فعل من الأفعال إلا وهناك احتمال أن يصاغ على هذا الوزن، ونجد هذا الاستحواذ في إشارات العلماء كثيرًا (المبرد، 1994، ج 2، ص 125؛ ابن سيدة، 1996، ص 281)، بل إنّ الدكتورة آمنة الزعبي في دراستها لمصادر الثلاثي المجرد، وضعته في باب مستقل وبقية أوزان المصادر الشائعة في باب

آخر، وتجدر الإشارة إلى أن هناك عدد من القواعد بلغ (7) قواعد جاءت نسب الاطراد فيها بين 51 ٪ و 81 ٪ ، وكان اطرادها على بناء فَعْل، وما جعلها خارج الاطراد تدني نسبتها كما هو ظاهر؛ ولذلك أسباب منها :أن الدراسة أَخَذَت من كل مدخل خصائص أول فعل يُذكر، وكان هناك طائفة من الأفعال حصلت في خاصية التعدي واللزوم على قيمة (3) التي تَعني أن الفعل يأتي لازما ويأتي متعديا، ومع التتبع لتلك الأفعال في المجموعة وُجد أنها إذا كانت متعدية فغالبا تكون على وزن (فَعْل) وإن كانت لازمة تكون على وزن (فعول) أو وزن (فَعلان) ومن تلك الأفعال : روع –روح — سمد — سمل – ساط، ومن تلك الأسباب أيضا قلة الأفعال في المجموعة، ما يجعل نقص فعل واحد مؤثر في نسبة الاطراد، ولعل زيادة عدد العينة من جهة وإلغاء خاصية التعدي واللزوم بحيث يكون الفعل إما لازما أو متعديا من جهة أخرى يزيد من نسبة اطراد القواعد، أيضا تجدر الإشارة في هذا السياق إلى أن استقصاء تلك الأفعال في معاجم أخرى غير المعجم محل الدراسة قد يزيد من اطراد القواعد علما أن صاحب المعجم لم ينص على المعاجم التي استقى منها مداخل المعجم، بل أشار بكلام عام يفيد بأنه رجع للمعاجم العربية والاستعمالات المعاصرة في المعاجم الحديثة (توكال ،2010، ص.7) إلا أن هناك إشارات في حاشية المقدمة تدل على رجوعه إلى لسان العرب وتاج العروس والمعجم الوسيط، وفي كلام المؤلف ما يشير إلى اكتفائه في كتابة المعجم بما يرتبط بالاستعمالات الحديثة؛ لذا لعل من شأن تتبع خصائص الأفعال في معاجم أخرى أن يرفع نسب اطراد عدد أكبر من القواعد، ومن الملاحظ أن الوزن فُعول لم ترد عليه أي قاعدة مطردة رغم أنه من الأوزان التي تأتي مصاحبة للوزن فَعْل في إشارات العلماء ويحتل مرتبة متقدمة إذ إنه يعد ثالث الأوزان ورودًا بعد فَعْل وفَعَل (مير علم والعازمي، 2023، ص.53)، وجاء عدد الأفعال التي مصدرها على وزن فعول في القواعد التي انطبق عليها الشرط (28) فعلًا، بينما الأفعال التي مصادرها على وزن فَعَل بلغ (100) فعلًا، أما وزن فَعْل فقد حاز على غالب القواعد؛ إذ بلغ عدد أفعاله (501) فعلًا.

وللإجابة عن السؤال الثاني الذي نصه **"ما القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزن مصدر معين؟"**، وبعد استخراج القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزن واحد بنسبة تبلغ 95 ٪ فأكثر، جاءت تلك القواعد على النحو التالي:

جدول 13

القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزن واحد

القاعدة	نسبة الاطراد	الأفعال المنطبق عليها الوزن	الأفعال الخارجة عن النسبة	الوزن	المجموعة
[نوعه: أجوف واوي + مخرج 1: حلقي]	100	حاب – حاج – حاد – حاذ – حار – حاز – حاش – حاص – حاض – حاط – حاف – حاق – حاك – حال – حام – حرك	---	فَعْل	0
[نوعه: أجوف واوي + مخرج 3: أقصى الحنك]	100	باخ – باك – ثاخ – جاخ – راغ – زاغ – زاك – ساخ – ساغ – ساك – صاخ – صاغ – صاك	---	فَعْل	0
[الوزن: فَعَلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي ولازم + مخرج 1: لثوية + مخرج 3: أسنانية لثوية]	100	رحل – رعض – رهط – رهن – زحن – زعط – زغد – زغل – سحت – سحل – سعد	---	فَعْل	1
[الوزن: فَعَلَ – يفعُل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي + مخرج 2: أسنانية لثوية]	95	بتر – بتك – بدل – بده – بطر – بلص – بلط – بلع – بلق – بلك – بنح – بنق – ثتم – ثنط – حتل – حضن – حطر – حلز – خضن – خنث – خنق – ذلج – رتق – رتن – رضد – رطس – زنح – زنر – زنم – ستر – سدس – سدن – سطر – سطم – سلب – سنج – شتر – صطر – صلح	ذنب – رتج	فَعْل	3
[الوزن: فَعَلَ – يفعُل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي + مخرج 2: شفوية]	96	تبل – تمر – تمش – ثمن – جمش – حبر – حبل – حمر – خبس – خبش – خمن – ربث – ربس – ربق – ربك – رمس – رمق – زمك – سبد – سبك – شبر – شبم – صمخ	سبط	فَعْل	3
[الوزن: فَعَلَ – يفعُل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي + مخرج 1: شفوية]	100	بخت – بذل – برت – برم – بز – بعج – بعض – بغت – بقت – بقث – بكت – بكس – بكش – بكع	---	فَعْل	3
[الوزن: فَعَلَ – يفعُل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي + مخرج 1: لثوية + مخرج 2: لثوية]	100	رزق – رسم – رسن – رصد – رصن – رزب – زرت – زرج – زرد – سرد – سرط – سرف	---	فَعْل	3
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: ناقص يائي + مخرج 1: لثوية]	100	رثى – رحى – ردى – رقى – رمى – روى – زبى – زرى – زفي – زقى – سبى – سنّ – سدى – سرى – سفى – سقى – سلى – سنى – صرى – صلى – صمى	---	فَعْل	6

[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: ناقص يائي + أثره: لازم]	100	أزى – أكى – أن – تري – جرى – حيّ – حدى – حثى – خجى – خدى – ذبى	---	6
[نوعه: ناقص واوي + أثره: لازم + مخرج 1: أسنانية لثوية]	100	تاب – تاج – تاح – تار – تاغ – تاف – تال – تبو – تشو – تطو – تعا	---	7
[الوزن: فَعَلَ – يفعُل + نوعه: مضعف + أثره: متعدي ولازم + مخرج 2: شفوية]	100	أب – حب – جم – ذب – ذم – رب – زب – زم – سم – صب – صم	---	10
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي ولازم + مخرج 1: حلقية]	95	حبح – حبق – حتر – حتك – حتم – حجز – حدج – حدق – حذق – حرد – حرس – حرش – حرص – حرض – حرف – حرق – حزر – حزق – حسر – حشد – حشك – حشم – حصد – حصم – حفد – حفر – حفش – حفل – حفن – حقر – حلب – حلج – حلس – حلف – حلق – حمز – حمط – حمل – حنذ	حرم – حطب	12
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي ولازم + مخرج 3: أسنانية لثوية]	100	بلت – ثبن – ثمد – جزل – جلط – حبط – حتن – خرط – خضد – خفض – خلط – خمط – ربض – ربط – رمد – زبن – زفن – زلط – سفد – سفن – سمت – صبن – صفن – صلت – صلد	---	12
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي ولازم + مخرج 2: لثوية]	100	ترز – جرم – جزف – جزم – خرش – خرق – خرم – خزف – خزق – خسر – خسف – خسق – خصف – ذرف – زرم – صرف – صرم	---	12
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: مهموز + أثره: متعدي]	100	أبس – أثر – أثم – أسر – أشب – أشر – أصر – أطر – أفت – أفخ – أقط – ألز – ألف – أمت	---	15
[الوزن: فَعَلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي]	97	بجع – بحر – بحز – بخز – بخص – بدع – بدغ – بذح – بزخ – بطخ – بعط – بعك – بغج – بهت – بهز – بهض – بهط – بهظ – بهل – تحم – ترخ – ثحج – ثدغ – ثعب – ثعم – ثغب – ثغر – ثلع – ثلغ – ثمغ – جبه – جدح – جدع – جذع – جرع – جزع – جعب – جعف – جعل – جفع – جله – جهض – جهم – حرح – حذع – حرع – ذخر – ذرح – ذعت – ذعج – ذعر – ذعط – ذغت – ذل – ردخ – ردع – رده – رزخ – رضح – رطع – رعز – رعل – رغل – رمغ – رهد – رهز – رهس – رهف – زجج – زحم – زخم – زرح – زرع – زعت – زلخ – زمق – زهك – سبع – سته – سحج – سحط – سحق – سحن – سخل – سدح – سدع – سطح – سعط – سغد – سغر – سغم – سلع – شتغ – صتع – صته – صخف – صرح – صرع – صفع – صلخ – صهد	ثكل – سفه – صلع	16
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: صحيح + أثره: متعدي]	96	برخ – بضك – تبن – تسع – ثرب – ثرم – ثفر – ثفن – ثلب – ثلث – ثلم – ثمج – جبش – جذم – جفش – جلت – جلد – جلز – جلم – جتر – حبس – حبك – حجن – حدم – حذف – حذم – حزك – حزم – حسف – حسم – حشر – حضب – حطم – حفز – حفص – حقن – حكر – حلت – حمت – حمس – حمظ – حنج – حنش – حنك – خبز – خبن – ختل – خدش – خرز – خزل – خزم – خشب – خشم – خصم – خطم – خلس – خمر – خمس – خمش – خنط – ذقط – ربت – رثم – رثن – رضف – رضن – رفد – رمط – زبل – سدف – سفك – سقد – سلم – شتل – صفد – صلف – صلم	حسد – خدم – سرق	17

[الوزن: فَعِلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + مخرج 1: أسنانية لثوية]	100	تخذ – ترح – ترش – ترع – ترف – تعب – تعص – تعل – تغب – تفث – تفه – تقع – تكل – تلف – تله – تمه – تهم – تهن	---	فَعَل	20
[الوزن: فَعِلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + مخرج 2: أقصى الحنك]	100	بخل – بغث – بكم – جكر – رغب – رغد – زخن – زكن – سخط – سغل – سكف – صخب – صخر – صخي	---	فَعَل	20
[الوزن: فَعِلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + مخرج 1: أقصى الحنك]	100	خثم – خجل – خدل – خرد – خرك – خزب – خزج – خضل – خطل – خفج – خمج – خنب – خنز	---	فَعَل	20
[الوزن: فَعِلَ – يفعَل + نوعه: صحيح + أثره: لازم + مخرج 1: لثوية]	98	ربذ – رتل – رثع – رسح – رسل – رغم – رهش – زعل – زلب – زلز – زله – زمن – زمه – زنب – زنج – زنف – سجس – سحم – سدك – سرس – سرع – سرغ – سرك – سقب – سقم – سلس – سلط – سنر – سنط – سنق – سنم – سنه – سهد – سهر – صحل – صعر – صعل – صنخ – صنق – صنم – صهب	ربج	فَعَل	20
[الوزن: فَعَلَ – يفعِل + نوعه: صحيح + أثره: لازم + مخرج 3: أسنانية لثوية]	100	بست – ثلد – ثلط – حثط – حبض – حبط – حتد – حجل – حدل – حقل – حكد – خفد – ذفط – ذمت – ذمط – زبط	---	فَعْل	22
[نوعه: مضعف + أثره: متعدي]	96	أت – أذ – أم – بث – بج – بذ – بط – ثش – ثم – جت – جس – حث – حز – حض – حم – خز – ذح – ذغ – رج – رد – رض – رم – زح – سب – ست	---	فَعْل	23

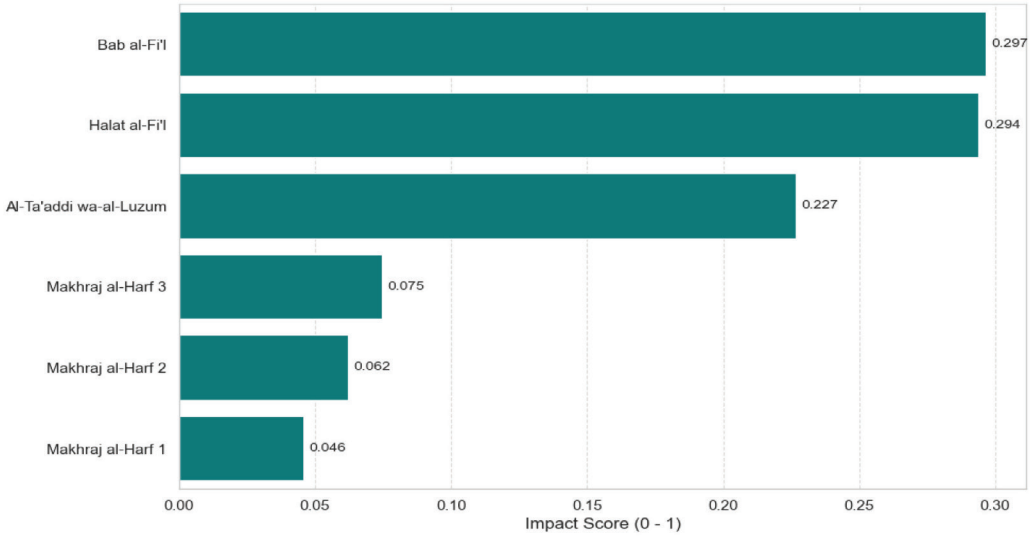
يُظهر الجدول رقم (13) القواعد التي اطردت فيها الأفعال تحت وزن واحد، وقد حاز الوزن (فَعْل) على أكبر عدد من القواعد إذ حصل على 19 قواعد من أصل 23 قاعدة مطردة، ويلاحظ ارتباط هذا الوزن بخاصية باب الفعل (فَعَلَ) في الماضي ومثلث العين في المضارع، أيضا نجد هذا الوزن يميل إلى خاصية (التعدي) ويَظهر ذلك في 9 قواعد منها، سواء كانت خاصية التعدي منفردة أو مشتركة، مما يؤكد العلاقة الطردية التي أشار إليه العلماء بين التعدي ومصدر فعْل (ابن عقيل، 1980، ج 3، ص 125؛ الإستراباذي، 1982، ج 1، ص 153–154)، ويلاحظ أن المخرج ذا العلاقة باللثة جاء مؤثرًا في وزن المصدر فَعْل، فالحروف ذات المخرج اللثوي ['س', 'ز', 'ر', 'ص'] أثّرت في صوغ المصدر على هذا الوزن سواء كان في الحرف الأول في الفعل أو الحرف الثاني، أما الأسنانية اللثوية ['ط', 'د', 'ض', 'ت', 'ل', 'ن'] فقد جاءت مؤثرة في بناء المصدر في المخارج الثلاثة مع غالبية للمخرج الثالث، يليه في التأثير المخرج الحلقي، إلا أن الملاحظ أن مخرج الحلق جاء تأثيره في مخرج صوت الحرف الأول، وارتبط الوزن (فَعَل) بخاصية باب الفعل (فَعِلَ – يفعَل) كما هو ظاهر في قواعد المجموعة العشرين، وتركّز في الصحيح بغض النظر عن لزوم الفعل أو تعديه، علماً أن نسبة الأفعال اللازمة فيه بلغت 91.86 ٪ بواقع (79) فعلاً، فإن أضيفت إليها الأفعال التي تتأتي متعدية ولازمة التي بلغت (5) أفعال، ترتفع النسبة إلى 97.67 ٪، أما المتعدي فبلغت نسبته 2.32 ٪ بواقع فعلين، ويلاحظ في القاعدة الثانية للوزن فَعَل تأثير مخارج الأصوات اللثوية والأسنانية اللثوية مع ظهور تأثير لمخارج أصوت أقصى الحنك'' ['ك' , 'غ' ,'خ']، وقد أشار العلماء إلى هذه العلاقة بين الفتحة وأصوات مثل الغين والخاء (ابن السراج، 1996، ج 3، ص 102–103)، وفيما يتعلق بطول القواعد وعلاقتها بنسبة الاطراد، يلاحظ أن القواعد التي احتاجت إلى (5) أو (4) خصائص لضبطها قد تضمن جزء منها قيمة التعدي واللزوم، وهذه القيمة لم ترد في القواعد الثلاثية أو الثنائية؛ مما يدل على أن عدم تحديد القيمة بدقة يزيد من طول القاعدة، كقاعدة المجموعة (1) و(10) وقاعدتي المجموعة (12)، كذلك نجد طول القاعدة يحمل قيمة الصحيح من الأفعال، وهو الكثير الغالب في عينة الدارسة، أما خلاف هذين الشرطين فيلاحظ قصر القاعدة، كأن يكون الفعل من المعتل أو المهموز أو المضعف، كما في قاعدتي المجموعة (0) وقاعدة المجموعة (23) وقاعدتي المجموعة (6)، وهذا يدل على أنه كلما كانت قيم الخاصية أكثر تحديدا أو ذات عينة أقل كانت القاعدة أقصر، ويلاحظ أن مخارج الأصوات كان لها دور كبير في غالب القواعد سواء كانت ثنائية أم أكثر، وهنا تجدر الإشارة إلى أن تأثير بعض قيم الخصائص الصرفية هو إشارة إلى قيم صوتية فالمهموز هو الذي يكون أحد مخارج حروفه حلقي (الهمزة)، والأجوف هو خروج الحرف الثاني من الجوف، وفي ضوء ما ذكر في مناقشة الجدول (12) يتبين ما لفصل القيم المتداخلة من أهمية في ضبط القاعدة بشكل أكبر فبدلا من خاصية (التعدي واللزوم) لفعل ما من الأفضل أن يفصل ما يأتي منه معتدي في إدخال مستقل عن ما يأتي منه لازم، أيضا فصل المهموز إلى ثلاث فئات: مهموز الأول ومهموز الثاني ومهموز الثالث، أو الاستغناء عنه لتقاطعه مع قيم صوتية تسد مسده، كل هذا مما يؤثر في أبنية مصادر الفعل الثلاثي المجرد.

وللإجابة عن السؤال الثالث الذي نصه **"ما الخصائص الأكثر تأثيرًا في قواعد أبنية مصادر الثلاثي المجرد؟"**، وبعد تطبيق خوارزمية K-Means واستخراج المجموعات، أجريت عملية

استخلاص الخصائص التي أثرت في بناء قواعد كل مجموعة من المجموعات التي وردت منها القواعد المطردة، من خلال خوارزمية الغابة العشوائية (Random Forest)؛ إذ تتميز بقدرتها على التقاط قوة التأثير لكل الخصائص مجتمعة لا منعزلة (Breiman, 2001, pp. 23-24)، وتجدر الإشارة إلى أن جميع قيم الخصائص بعد إجراء خوارزمية K-Means حُوّلت لقياس هذا الأثر إلى قيم فئوية بما فيها الخصائص الصوتية؛ لمناسبتها خوارزمية الغابة العشوائية (Kuhn & Johnson, 2013, p. 56) ، وقبل عرض التأثير لكل خاصية من الجدير بالذكر أن تُعرض أي تلك الخصائص كان لها الثقل الأكبر على توزّع كافة عينة البحث (2086) فعلا على المجموعات، فقد أظهرت التحليلات النتائج التالية كما يوضحه الشكل (8) :

شكل 8

نسبة تأثير الخصائص في توزع عينة البحث بين المجموعات



يوضح الشكل (8) قيم تأثير الخصائص في توزع عينة البحث بين المجموعات، فقد حصلت خاصية (باب الفعل) على أعلى قيمة تأثير بلغت 29.7 ٪، تليها مباشرة خاصية (حالة الفعل) بنسبة بلغت 29.4 ٪، ثم تلتها بفارق قريب خاصية (التعدي واللزوم) بنسبة بلغت 22.7 ٪، بينما تراجع تأثير الخصائص الصوتية بشكل ملحوظ، فقد بلغ تأثير خاصية (مخرج الحرف الثالث) 7.5 ٪، تلتها خاصية (مخرج الحرف الثاني) بنسبة 6.2 ٪، وتذيلت القائمة خاصية (مخرج الحرف الأول) بأقل نسبة تأثير بلغت 4.6 ٪. وتكشف هذه القيم عن تمايز طبقي واضح بين الخصائص، فقد احتلت الخصائص الصرفية والنحوية المراكز الثلاثة الأولى، مشكلةً ''نواة التأثير'' في عملية التجميع، بينما انحصر دور الخصائص الصوتية في المراكز الأخيرة؛ وهذا ما كشفته خوارزمية الغابة العشوائية (Random Forest)، فإنها تعطي الخاصية القادرة على تقليل التشتت في البيانات أثناء عملية الفصل التأثيرَ الأكبرَ، بناء على مقياس الأهمية الذي تقيس فيه جودة عملية الفصل بين البيانات (Hastie et al., 2009, p.594)، ويتفق هذا مع طبيعة عمل خوارزمية K-Means التي تعتمد رياضياً على حساب المسافات والتباين؛ إذ تشير الدراسات (Alelyani et al., 2014, pp. 40-42) إلى أن الخوارزمية تعطي وزناً أكبر للخصائص ذات التباين العالي التي تساهم في فصل البيانات، وهذا ينطبق على الخصائص التي تصدرت في التأثير، في المقابل، تُعامل الخصائص الضمنية أو المكررة –التي يمكن استنتاجها من خصائص أخرى– كبيانات هامشية أي: لا تضيف قيمة جديدة في حساب المسافات التي تضم الأفعال تحت مجموعة واحدة أو تباعد بين المجموعات، وهذا ما هو ملاحظ، فإن الفعل من باب ''نصر'' قد يحوي على حروف حلقية أو شفوية، ومثله الفعل من باب ذهب، لكن لا يمكن أن يكون الفعل من باب ''نصر'' و''ذهب'' في نفس الحالة في البيانات المعالجة، هنا ترى الخوارزمية قوة خاصية باب الفعل في فصل البيانات، وهذا يؤكد علاقة القضية الصرفية بخصائص مستواها الذي يقوم على الكلمة، وخاصية التعدي واللزوم النحوية أقرب في هذا السياق إلى مستوى الكلمة.

ما سبق ذكره يتعلق بنسبة تأثير الخصائص في توزيع كافة عينة البحث على المجموعات، أما فيما يتعلق بنسبة تأثير الخصائص في المجموعات التي وردت منها القواعد المطردة، فقد جاءت النتائج على النحو التالي:

جدول 14

الخصائص الأكثر تأثيرا في بناء قواعد المجموعات

رقم المجموعة	الخاصية الأكثر تأثيراً	مخرج ح (1)	مخرج ح (2)	مخرج ح (3)	باب الفعل	حالة الفعل	التعدي واللزوم
0	حالة الفعل	1.5	32.71	2.39	6.03	56.92	0.45
1	التعدي واللزوم	2.98	7.23	9.01	33.49	10.93	36.36
3	التعدي واللزوم	2.34	3.9	4.33	29.55	16.38	43.5
6	حالة الفعل	2.19	2.37	29.74	18.96	44.74	2.02
7	حالة الفعل	1.88	1.81	29.81	10.09	55.88	0.53
10	حالة الفعل	2.44	4.5	5.16	3.19	60.69	24.02
12	باب الفعل	7.77	4.09	5.93	36.95	17.88	27.38
15	مخرج ح (1)	35.96	3.42	5.79	20.25	32.61	1.97
16	التعدي واللزوم	3.08	5.08	6.53	31.52	11.77	42.02
17	التعدي واللزوم	5.56	4.44	6.15	33.89	13.83	36.12
20	باب الفعل	2.96	2.4	3.72	68	16.58	6.34
22	باب الفعل	9.78	7.57	8.38	29.8	18.65	25.83
23	حالة الفعل	4.15	7.09	7.5	2.78	50.33	28.15

يوضح الجدول (14) الخصائص الأكثر تأثيراً في بناء قواعد المجموعات التي سجلت اطراداً، فقد حصلت خاصية (حالة الفعل) على أعلى النسب تأثيرًا في المجموعات (0، 6، 7، 10، 23) بنسب بلغت 56.92 ٪، و44.74 ٪، و55.88 ٪، و50.33 ٪ على التوالي، تلتها خاصية (التعدي واللزوم) في أعلى نسبة تأثير في المجموعات (1، 3، 16، 17) بنسب بلغت 36.36 ٪، و43.5 ٪، و42.02 ٪، و36.12 ٪، تلتها خاصية (باب الفعل) بتأثير قوي في المجموعات (12، 20، 22) بنسب بلغت 36.95 ٪، و68.00 ٪، و29.8 ٪، وانفردت خاصية (مخرج الحرف الأول) بأقوى تأثير في المجموعة (15) بنسبة بلغت 35.96 ٪. وتكشف هذه النسب العالية عن خاصية "مفتاحية" محددة لكل قاعدة، وهو ما يساعد في عملية التنبؤ من خلال مجرد معرفة قيمة الخاصية، وشرح ذلك على سبيل المثال في المجموعة (3) مجرد معرفة أن قيمة خاصية حالة الفعل هي (التعدي)، فإن ذلك يعطي دقة إجابة بنسبة 43.5 ٪ بأن مصدره على وزن (فَعْل)، فإن أضيف إلى هذه الخاصية معرفة قيمة خاصية باب الفعل فإن دقة الإجابة ترتفع لتصبح 73.05 ٪؛ إذ إن خاصية (باب الفعل) تشكل تأثيرًا بنسبة 29.55 ٪، وعلى ذلك يقاس التأثير في بقية القواعد في المجموعات. ويتضح من خلال الخصائص الأكثر تأثيرًا وما يليها في المركز الثاني في كل مجموعة ما للجوانب الصرفية والنحوية من أدواراً في الحكم على وزن المصدر المناسب للفعل، ويُعزى هذا التفاوت في اختيار الخاصية المؤثرة من مجموعة لأخرى إلى ما تقدمه هذه الخاصية من تباين وبُعد عن بقية مدخلات المجموعات الأخرى وتقارب بينها وبين مدخلات مجموعتها.

النتائج

لقد حظيت اللغة العربية عبر تاريخها الممتد بعناية فائقة من علمائها قديماً وحديثاً، فقد بذلوا جهوداً كبيرة في جمعها وَوَصْف نظامها اللغوي، وسبر أغوار بنيتها، فحفظوها، وقدموها لطالبيها في صورة منظمة، تذلل صعابها وتقرب شواردها. ولم يقف جهد هؤلاء العلماء عند حدود الجمع والتدوين، بل تجاوزوه إلى التحليل والتعليل، محاولين اكتشاف القوانين الناظمة لها في جميع مستوياتها صوتا وصرفا ونحوا ودلالة، إلا أن من تلك الأبواب ما لم يطرد فيه الوصف الذي قدموه خاصة في الأبواب المتعلقة ببنية الكلمة (جستن، 1425،ص ص. 37-28)، ومن تلك الأبواب باب مصادر الفعل الثلاثي المجرد الذي يُعد من أكثر أبواب الصرف اضطرابا في قواعده التي حاول السابقون تقديمها (الرفايعة، 2005، ص. 235)، ليحكموا بسماعية هذا الباب في نهاية المطاف، وما سعى إليه العلماء في ضوء الإمكانات التي كانت لديهم، لا يتأتى معها معالجة بابٍ مثلَ باب مصادر الثلاثي المجرد، وهذا لكثرة خصائصه وأوزانه، وتتبّع ذلك يعزب عن قدرات العقل البشري (Miller, 1956, pp. 88, 95)، ومع تقَدُّم العلوم ابتكر الإنسان أحد أهم اختراعات العصر الحديث "الحاسوب"، ثم مازال الأمر كذلك في التطوير إلى أن جاء عصر الثورة الرابعة ثورة "الذكاء الاصطناعي" التي جاءت معها حلول للعديد من التحديات والإشكالات التي واجهت البشر، ومن تلك الحلول معالجة الكم الهائل للبيانات وفهم تعقيداتها، وجاءت هذه الدراسة لاستثمار ما قدمته ثورة الذكاء الاصطناعي من خوارزميات في معالجة هذا التحدي المُتمثل في معالجة تعدد خصائص أفعال مصادر الثلاثي

المجرد؛ للكشف عن القواعد المطردة فيها، وقد توصلت هذه الدراسة إلى عدد من النتائج كان أبرزها ما يلي:

1. بلغ عدد القواعد المطردة المستخرجة من خوارزمية K-Means (23) قاعدة، من إجمالي القواعد التي انطبقت عليها شروط الدراسة التي بلغت (36) قاعدة، وهذا يمثل نسبة 63 ٪.
2. حصلت خاصية (حالة الفعل) على أعلى نسب تأثير في بناء قواعد أبنية مصادر الفعل الثلاثي، تلتها خاصية (التعدي واللزوم)، ثم جاءت خاصية (باب الفعل)، ثم أقل تلك الخصائص تأثيراً خاصية (مخرج الحرف الأول).
3. أثبتت خوارزمية K-Means كفاءتها بتوزيع 2086 فعلاً على 24 مجموعة بتجانس عالٍ ونسبة شذوذ ضئيلة بلغت 5.03 ٪.
4. حاز وزن المصدر ''فَعْل'' على النسبة الأعلى من القواعد المطردة بواقع 82.60 ٪، تلاه وزن ''فَعَل'' بنسبة 39.13 ٪.
5. أبانت الدراسة ما لمركز الخصائص الصرفية من ثقل في توزيع الأفعال؛ إذ بلغت نسبة تأثير خاصية باب الفعل 29.70 ٪، وحصلت خاصية حالة الفعل على نسبة تأثير بلغت 29.40 ٪.
6. توصلت الدراسة إلى علاقة بين دقة قيمة الخاصية وطول القاعدة؛ فكلما كانت الخاصية أدق قصرت القاعدة، وإذا كانت قيمة الخاصية تحوي على نسبة عموم طالت القاعدة، وانتحت إلى جهة التوصيف أكثر من الوصف.
7. كشفت الدراسة عن علاقة واضحة بين المخارج اللثوية (اللثوية، اللسانية اللثوية) وصياغة المصدر على وزن ''فَعْل''.
8. قد يزيد توسيع العينة بالرجوع إلى معاجم أخرى ذكرت مصادر أخرى للأفعال، من رفع عدد القواعد المطردة في بناء مصادر الفعل الثلاثي المجرد.
9. لوحظ وجود تداخل في الحدود بين بعض المجموعات المتجاورة، مما يشير إلى أن الاكتفاء بالخصائص (الصوتية والصرفية والنحوية) قد لا يكون كافياً للفصل التام، وأنه قد يكون هناك مؤثرات أخرى غائبة عن النموذج الحالي.

التوصيات

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، فإن الدراسة توصي بما يلي:

1. ضرورة فصل قيم الخصائص التي تتضمن أكثر من احتمال –كقيم الفعل الذي يأتي متعدي ولازم – إلى قيمتين مستقلتين لرفع نسبة اطراد القاعدة؛ إذ بَينت النتائج أن دمج القيمتين يحدث تداخلاً يضعفه.
2. ضرورة حذف القيم التي تشترك فيها الخصائص من أحدها، ومن ذلك قيمة الفعل المهموز في خاصية ''حالة الفعل''، التي تشترك مع قيمة ''الحلق'' (الهمزة) في خاصية ''مخارج أصوات الحروف''، وكذلك قيمة ''الفعل الأجوف'' في خاصية ''حالة الفعل''، التي تشترك مع قيمة ''الجوف'' في خاصية ''مخارج أصوات الحروف''.
3. ضرورة إدراج خصائص ''الدلالة'' و''اللهجات'' (اللغة) في الدراسات الحاسوبية المستقبلية فقد يسهم في فك التداخل الموجود بين المجموعات؛ إذ أثبتت الدراسة نظرياً اعتماد القدماء عليها، ولكن استُبعدت تطبيقياً في هذه المرحلة لحاجتها إلى مزيد دراسة يضمن توافرها في جميع المدخلات.
4. الاستفادة من قدرة الحاسوب في التعامل مع كثرة القواعد التفصيلية التي يعجز عنها العقل البشري.
5. محاولة تبسيط القواعد التوصيفية وتحويلها إلى قواعد وصفية تخدم متعلمي اللغة العربية فكثرة تفريعات القاعدة تناسب الآلة؛ لما تتمتع به من سعة تخزين وسرعة معالجة.
6. أهمية إقامة ورش عمل عن خوارزميات الذكاء الاصطناعي وما يجد في الساحة من أدوات لأصحاب التخصصات الإنسانية، من أجل إجراء دراسات في ميادينهم قد تكشف عن نتائج جديدة، وتحل إشكالات قائمة.

المراجع

ابن الجزري، محمد بن محمد. (2006). منظومة المقدمة فيما يجب على قارئ القرآن أن يعلمه (ط. 4). دار نور المكتبات.

ابن الجوزي، جمال الدين. (2002). د المسير في علم التفسير. دار ابن حزم.

ابن الحاجب، جمال الدين عثمان. (2014). مجموعة الشافية في علمي التصريف والخط. (تحقيق محمد عبد السلام شاهين، ج. 1). دار الكتب العلمية.

ابن السراج، أبو بكر محمد بن سهل. (1996). الأصول في النحو (ط. 3). مؤسسة الرسالة.

ابن القطاع، علي بن جعفر. (1360هـ). كتاب الأفعال. مطبعة دائرة المعارف العثمانية.

ابن جني، أبو الفتح عثمان. (1954). المنصف. (تحقيق إبراهيم مصطفى وعبد الله أمين،). إدارة إحياء التراث القديم.

ابن سيدة، أبو الحسن. (1996). المخصص. دار إحياء التراث العربي؛ مؤسسة التاريخ العربي.

ابن عقيل، بهاء الدين. (1980). شرح ابن عقيل (تحقيق محمد محيي الدين عبد الحميد). دار مصر للطباعة.

ابن فارس، أحمد. (1910). الصاحبي في فقه اللغة العربية. المكتبة السلفية.

ابن منظور، محمد بن مكرم. (1414هـ). لسان العرب (ط. 3). دار صادر.

الإستراباذي، رضي الدين. (1982). شرح شافية ابن الحاجب (تحقيق محمد نور وآخرون). دار الكتب العلمية.

آل طه، هدى سالم. (2005). النظام الصرفي للعربية في ضوء اللسانيات الحاسوبية: مثل من جمع التكسير [رسالة دكتوراه غير منشورة]. الجامعة الأردنية.

الأنباري، كمال الدين. (د.ت). الإنصاف في مسائل الخلاف بين النحويين: البصريين والكوفيين. (تحقيق محمد محيي الدين عبد الحميد). دار الفكر.

الأندلسي، أبو حيان. (1998). ارتشاف الضرب (تحقيق رجب عثمان ورمضان عبد التواب). مكتبة الخانجي.

برجشتراسر. (1994). التطور النحوي للغة العربية (ترجمة رمضان عبد التواب). مكتبة الخانجي.

بشر، كمال. (2000). علم الأصوات. دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع.

جستن، ديفيد. (1425هـ). محاسن العربية في المرآة الغربية (ترجمة حمزة بن قبلان المزيني). مركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية.

حسين، محمد الخضر. (1353هـ). القياس في اللغة العربية. المطبعة السلفية ومكتبتها.

الراجحي، عبده. (1996). اللهجات العربية في القراءات القرآنية. دار المعرفة الجامعية.

الرفايعة، حسين. (2005). ظاهرة الشذوذ في الصرف العربي. دار جرير للنشر والتوزيع.

الزجاجي، أبو القاسم. (1979). الإيضاح في علل النحو (تحقيق مازن المبارك، ط. 3). دار النفائس.

الزعبلاوي، صلاح الدين. (1988). النحاة ومصادر الأفعال. مجلة التراث العربي، (3).

الزعبي، آمنة صالح. (1996). مصادر الأفعال الثلاثية في اللغة العربية: دراسة وصفية تاريخية. مؤسسة رام للتكنولوجيا والكمبيوتر.

زيد الخير، نادية، وبن خراف، ابتسام. (2020). الملامح التطريزية في الدرس اللساني العربي: "موقعيّة النّبر عند تمّام حسّان" عيّنة. *مجلة علوم اللغة العربية وآدابها*، 12(2)، 1356-1379.

سقال، ديزيره. (1996). الصرف وعلم الأصوات. دار الصداقة العربية.

سيبويه، عمرو بن عثمان. (1982). الكتاب (تحقيق عبد السلام هارون، ط. 2). مكتبة الخانجي.

السيوطي، عبد الرحمن جلال الدين. (1986). المزهر في علوم اللغة وأنواعها (تحقيق محمد أحمد بك وآخرين). منشورات المكتبة العصرية.

الصرايرة، سمية جميل، والكيلاني، هاشم عدنان. (2019). استخدام بعض خوارزميات الذكاء الاصطناعي للاستدلال على بعض المتغيرات البيوميكانيكية لدى ناشئ كرة السلة. *المجلة الأوروبية لتكنولوجيا علوم الرياضة*، 23، 107-127.

الطنطاوي، محمد. (د.ت.). نشأة النحو وتاريخ أشهر النحاة (ط. 2). دار المعارف.

العمراوي، محمد عبد الفتاح. (2013، 9–11 مايو). تطور اللغة العربية بين ضوابط القدماء وجهود المحدثين [ورقة مقدمة]. المؤتمر الدولي الثاني للغة العربية، دبي، الإمارات العربية المتحدة.

العياضي، خليوي سامر. (2018). معالجة حاسوبية لمصادر الأفعال الثلاثية الشائعة في اللغة العربية [رسالة دكتوراه غير منشورة]. الجامعة الإسلامية.

العياضي (أ)، خليوي سامر. (2022). توظيف خوارزميات الذكاء الاصطناعي في معالجة أبواب الصرف السماعية. *حولية كلية اللغة العربية بجرجا*، 26(4)، 3502-3530.

العياضي (ب)، خليوي سامر. (2022). دور الذكاء الاصطناعي في توصيف اللغة العربية: جمع التكسير نموذجا. *المجلة الدولية للعلوم الإنسانية*، (2)، 49-12.

الغلاييني، مصطفى. (2007). جامع الدروس العربية. المكتبة العصرية.

قاسم، محمد سرحان علي. (2019). مناهج البحث العلمي (ط. 3). مكتبة الوسطية للنشر والتوزيع.

الماجري، صالح، والورهاني، بشير. (2009). برنامج المحلل الصرفي الآلي للعربية: الصياغة والإشكاليات. في الصرف بين التحويل والتحريف: وقائع الملتقى الدولي الثالث في اللسانيات.

المبرد، أبو العباس. (1994). المقتضب (تحقيق محمد عبد الخالق عضيمة). المجلس الأعلى للشئون الإسلامية.

مرسي، خالد توكال. (2010). معجم الأفعال الثلاثية في العربية. مكتبة الآداب.

المهيوبي، عبد العزيز بن عبد الله. (2017). توصيف توليد جموع

التكسير من المفرد الثلاثي في ضوء اللسانيات الحاسوبية. جذور، 46، 315-350

مير علم، يحيى. (2021). إحصاء الأفعال العربية ورصدها في المعجم العربي الحاسوبي: تأصيل وتوجيه. *Journal of Arabic Linguistics Tradition*، 19، 27-79

مير علم، يحيى، والعازمي، فاطمة. (2023). مصادر الأفعال الثلاثية في المعجم الحاسوبي: دراسة إحصائية تحليلية مقارنة. *Journal of Arabic Linguistics Tradition*، 21، 27-96.

النويري، أبو القاسم محمد. (2003). شرح طيبة النشر في القراءات العشر (تحقيق مجدي باسلوم). دار الكتب العلمية.

Al-'Amrawi, M. A. (2013, May 9–11). Tatawwur al-lughah al-Arabiyyah bayna dawabit al-qudama' wa-juhud al-muhdathin (in Arabic) [Conference presentation]. The Second International Conference on the Arabic Language, Dubai, United Arab Emirates.

Al-Anbari, K. (n.d.). Al-Insaf fi masa'il al-khilaf bayna al-nahwiyyin: Al-Basriyyin wa-al-Kufiyyin (in Arabic) (M. M. Abd al-Hamid, Ed.). Dar al-Fikr.

Al-Andalusi, A. H. (1998). Irtishaf al-darab (in Arabic) (R. Uthman & R. Abd al-Tawab, Eds., 1st ed.). Maktabat al-Khanji.

Al-Astarabadhi, R. (1982). Sharh Shafiyat Ibn al-Hajib (in Arabic) (M. Nur et al., Eds.). Dar al-Kutub al-Ilmiyyah.

Al-Ayadhi, K. S. (2018). Mu'alajah hasubiyyah li-masadir al-af'al al-thulathiyyah al-sha'i'ah fi al-lughah al-Arabiyyah (in Arabic) [Unpublished doctoral dissertation]. Islamic University.

Al-Ayadhi, K. S. (2022a). Tawzif khwarizmiyyat al-dhaka' al-istina'i fi mu'alajat abwab al-sarf al-sama'iyyah (in Arabic). *Hawliyyat Kulliyyat al-Lughah al-Arabiyyah bi-Jarja*, 26(4), 3502–3530.

Al-Ayadhi, K. S. (2022b). Dawr al-dhaka' al-istina'i fi tawsif al-lughah al-Arabiyyah: Jam' al-taksir namudhajan (in Arabic). *Al-Majallah al-Duwaliyyah lil-Ulum al-Insaniyyah*, (2), 12–49.

Alelyani, S., Tang, J., & Liu, H. (2014). Feature selection for clustering: A review. In C. C. Aggarwal & C. K. Reddy (Eds.), Data clustering: Algorithms and applications (pp. 29–60). CRC Press.

Al-Ghalayini, M. (2007). Jami' al-durus al-Arabiyyah (in Arabic). Al-Maktabah al-Asriyyah.

Al-Majiri, S., & Al-Warhani, B. (2009). Barnamaj al-muhallil al-sarfi al-ali lil-Arabiyyah: Al-siyaghah wa-al-ishkaliyyat (in Arabic). In Al-Sarf bayna al-tahwil wa-al-tahrif: Waqa'i' al-multaqa al-dawli al-thalith fi al-lisaniyyat.

Al-Mubarrad, A. A. (1994). Al-Muqtadab (in Arabic) (M. A. Udaymah, Ed.). Al-Majlis al-A'la lil-Shu'un al-Islamiyyah.

Al-Muhayubi, A. B. A. (2017). Tawsif tawlid jumu' al-taksir min al-mufrad al-thulathi fi daw' al-lisaniyyat al-hasubiyyah (in Arabic). Judhur, 46, 315–350.

Al-Nuwayri, A. Q. M. (2003). Sharh Tayyibat al-Nashr fi al-qira'at al-ashr (in Arabic) (M. Baslum, Ed., 1st ed.). Dar al-Kutub al-Ilmiyyah.

Al-Rafai'ah, H. (2005). Zahirat al-shudhudh fi al-sarf al-Arabi (in Arabic). Dar Jarir.

Al-Rajhi, A. (1996). Al-Lahjat al-Arabiyyah fi al-qira'at al-Qur'aniyyah (in Arabic). Dar al-Ma'rifah al-Jami'iyyah.

Al-Sarayrah, S. J., & Al-Kilani, H. A. (2019). Istikhdam ba'd khawarizmiyyat al-dhaka' al-istina'i lil-istidlal ala ba'd al-mutaghayyirat al-bayumikanikiyyah lada nashi'i kurat al-sallah (in Arabic). *European Journal of Sports Science Technology*, 23, 107–127.

Al-Suyuti, A. R. J. (1986). Al-Mizhar fi ulum al-lughah wa-anwa'iha (in Arabic) (M. A. Bek et al., Eds.). Manshurat al-Maktabah al-Asriyyah.

Al-Taha, H. S. (2005). Al-Nizam al-sarfi lil-Arabiyyah fi daw' al-lisaniyyat al-hasubiyyah: Mathal min jam' al-taksir (in Arabic) [Unpublished doctoral dissertation]. University of Jordan.

Al-Tantawi, M. (n.d.). Nash'at al-nahw wa-tarikh ashhar al-nuhat (in Arabic) (2nd ed.). Dar al-Ma'arif.

Al-Zablawi, S. D. (1988). Al-nuhat wa-masadir al-af'al (in Arabic). Majallat al-Turath

al-Ma'arif al-Uthmaniyyah.

Ibn al-Sarraj, A. B. M. (1996). Al-Usul fi al-nahw (in Arabic) (3rd ed.). Mu'assasat al-Risalah.

Ibn Aqil, B. (1980). Sharh Ibn Aqil (in Arabic) (M. M. Abd al-Hamid, Ed.). Dar Misr lil-Tiba'ah.

Ibn Faris, A. (1910). Al-Sahibi fi fiqh al-lughah al-Arabiyyah (in Arabic). Al-Maktabah al-Salafiyyah.

Ibn Jinni, A. F. O. (1954). Al-Munsif (in Arabic) (I. Mustafa & A. Amin, Eds., 1st ed.). Idarat Ihya' al-Turath al-Qadim.

Ibn Manzur, M. (1414 A.H.). Lisan al-Arab (in Arabic) (3rd ed.). Dar Sader.

Ibn Sidah, A. H. (1996). Al-Mukhassas (in Arabic) (1st ed.). Dar Ihya' al-Turath al-Arabi; Mu'assasat al-Tarikh al-Arabi.

Justice, D. (1425 A.H.). Mahasin al-Arabiyyah fi al-mir'ah al-gharbiyyah (in Arabic) (H. Q. Al-Muzaini, Trans.). King Faisal Center for Research and Islamic Studies.

Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). Applied predictive modeling. Springer.

Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63(2), 81–97.

Mir 'Alam, Y. (2021). Ihsa' al-af'al al-Arabiyyah wa-rasduha fi al-mu'jam al-Arabi al-hasubi: Ta'sil wa-tawjih (in Arabic). *Journal of Arabic Linguistics Tradition*, 19, 27–79.

Mir Alam, Y., & Al-Azmi, F. (2023). Masadir al-af'al al-thulathiyyah fi al-mu'jam al-hasubi: Dirasah ihsa'iyyah tahliliyyah muqaranah (in Arabic). *Journal of Arabic Linguistics Tradition*, 21, 27–96.

Mursi, K. T. (2010). Mu'jam al-af'al al-thulathiyyah fi al-Arabiyyah (in Arabic) (1st ed.). Maktabat al-Adab.

Nam, K. Y., Park, H. W., Lee, Y., Jung, H. Y., & Kang, T. (2025). Ensemble probabilistic quantization encoding for information preservation of numerical variables in convolutional neural networks. Sci-

al-Arabi, (3).

Al-Zajjaji, A. Q. (1979). Al-Idah fi 'ilal al-nahw (in Arabic) (M. Al-Mubarak, Ed.; 3rd ed.). Dar al-Nafa'is.

Al-Zoubi, A. S. (1996). Masadir al-af'al al-thulathiyyah fi al-lughah al-Arabiyyah: Dirasah wasfiyyah tarikhiyyah (in Arabic) (1st ed.). Mu'assasat Ram lil-Tiknulujya wa-al-Kumbyutar.

Bergsträsser, G. (1994). Al-Tatawwur al-nahwi lil-lughah al-Arabiyyah (in Arabic) (R. Abd al-Tawab, Trans.). Maktabat al-Khanji.

Bishr, K. (2000). 'Ilm al-aswat (in Arabic). Dar Gharib for Printing, Publishing, and Distribution.

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32.

Doan, Q. V., Amagasa, T., Pham, T. H., Sato, T., Chen, F., & Kusaka, H. (2023). Structural K-Means (S K-Means) and clustering uncertainty evaluation framework (CUEF) for mining climate data. Geoscientific Model Development, 16(8), 2215–2233.

Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). How to design and evaluate research in education (8th ed.). McGraw-Hill.

Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction (2nd ed.). Springer.

Husayn, M. K. (1353 A.H.). Al-Qiyas fi al-lughah al-Arabiyyah (in Arabic). Al-Matba'ah al-Salafiyyah.

Ibn al-Hajib, J. (2014). Majmu'at al-Shafiyah fi ilmay al-tasrif wa-al-khat (in Arabic) (M. A. Shahin, Ed., 1st ed., Vol. 1). Dar al-Kutub al-Ilmiyyah.

Ibn al-Jawzi, J. (2002). Zad al-masir fi ilm al-tafsir (in Arabic). Dar Ibn Hazm.

Ibn al-Jazari, M. B. M. (2006). Manzumat al-muqaddimah fima yajib 'ala qari' al-Qur'an an ya'lamahu (in Arabic). (4th ed.). Dar Nur al-Maktabat.

Ibn al-Qatta', A. (1360 A.H.). Kitab al-af'al (in Arabic) (1st ed.). Matba'at Da'irat

entific Reports, 15(1), 5021.

Qasim, M. S. A. (2019). Manahij al-bahth al-ilmi (in Arabic) (3rd ed.). Maktabat al-Wasatiyyah.Rahman, Z., Hossain, M. S., Hasan, M., & Imteaj, A. (2021, October). An enhanced method of initial cluster center selection for K-Means algorithm [Paper presentation]. 2021 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU), Elazig, Turkey.

Saqqal, D. (1996). Al-Sarf wa-ilm al-aswat (in Arabic) (1st ed.). Dar al-Sadaqah al-Arabiyyah.

Shilpa, S., Shailaja, K. P., & Nischitha, S. G. (2025). External clustering validation using ARI, NMI and FMI. ITM Web of Conferences, 79, 01004.

Sibawayh, A. O. (1982). Al-Kitab (in Arabic) (A. Harun, Ed., 2nd ed.). Maktabat al-Khanji.

Wright, W. (1896). A grammar of the Arabic language (3rd ed., Vol. 1). Cambridge University Press.

Wulandari, S. (2020). Analyze k-value selected method of K-Means clustering algorithm to clustering province based on disease case. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* (*IJITEE*), 9(3), 121–124.

Xiangyuan, H., Siyuan, L., & Hao, W. (2020, April). A survey on K-Means initialization methods. [Unpublished manuscript or Preprint].

Zayd al-Khayr, N., & Ben Kharraf, I. (2020). Al-Malamih al-tatriziyyah fi al-dars al-lisani al-Arabi: "Mawqi'iyyat al-nabr inda Tammam Hassan" ayyinan (in Arabic). *Majallat Ulum al-Lughah al-Arabiyyah wa-Adabiha*, 12(2), 1356–1379.

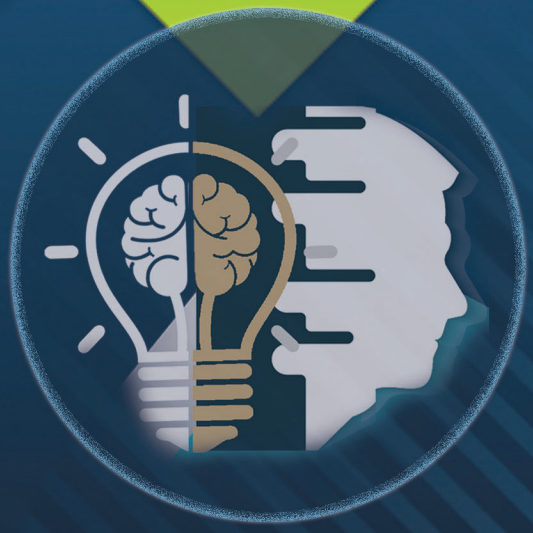
Zhao, H. (2022). Design and implementation of an improved K-means clustering algorithm. Mobile Information Systems, 2022, Article 6041484.

Journal of Human Sciences
At Hail University

جامعة حائل
University of Ha'il

Journal of Human Sciences

A Scientific Refereed Journal Published by University of Hail



Ninth year, Issue 30
Volume 2, June 2026

Arcif Analytics

Print ISSN:1658-788X
Online E-ISSN:1658-8819