التوليد الآلي لجذور المفردة العربية: مقاربة صواتية-حاسوبية

The Automated Generation of Arabic Word Roots: A Phonology-Computational Approach

الباحث: محمد المودن
stu.med.23@gmail.com
الأستاذ: محمد التاقي
takimed1964@gmail.com
كلية الآداب والعلوم الإنسانية
جامعة محمد الخامس بالرباط
المملكة المغربية

الملخص:

يتأطر هذا العمل ضمن الجهود التي تسعى لفهم بنية الكلمة في اللغة العربية، وتوليدها آليا، وهذا ما سيؤدي إلى إمكانية هندسة برامج صرفية تعتمد على دوال رياضية، بدل الاعتماد على قواعد بيانات مخَزِّنة لمعاجم عربية ضخمة. ونسعى في هذا المقال، إلى بيان دور المبادئ الصواتية في توليد الجذور الثلاثية لهذه المفردة، انطلاقا من فرضية وجود مبادئ صواتية تتحكم في هذا التوليد؛ وهي مبادئ يمكن استنباطها باعتماد نظرية هندسة السمات في الصواتة اللاخطية.

وقد توصلنا في النهاية إلى وجود مبدأ صواتي عام، بالإضافة إلى مبادئ صواتية خاصة، مما أسعفنا في صياغة قواعد تضبط تكوين الجذور الثلاثية من الصوامت الثمانية والعشرين التي يشهدها نسق العربية. ويمكن تحويل هذه القواعد إلى دالة رياضية تساعدنا على توليد الجذور الثلاثية التي يسمح بها نظام العربية. وتُبين لنا سبب استحالة توليد جذور أخرى.

الكلمات المفاتيح: الجذر، المفردة، هندسة السمات، الصواتة، الصرف.

Abstract: The goal of this study is to understand the structure of Arabic words and to automate their generation. Instead of relying on extensive dictionary-style databases, this approach aims to enable the programming of inflectional systems using mathematical functions. Based on the assumption that

phonological principles exist and govern this generation, the specific aim of this study is to examine how these principles contribute to the formation of trilateral roots in Arabic. The concept of feature geometry in non-linear phonology is employed to derive these principles. The study concludes that the production of trilateral roots from the twenty-eight consonants of the Arabic language is governed by a general phonological principle, alongside specialized phonological rules. These rules can be translated into mathematical functions that facilitate the generation of valid trilateral roots within the Arabic linguistic system, while also explaining why certain roots are not permissible.

Keywords: Root, word, feature geometry, phonology, morphology.

المقدمة:

يقتضي مبدأ الإحصاء وقوانين الاحتمالات في الرياضيات أن يكون تشكيل الجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار هو (21952) جذرا؛ إذا علمنا أن عدد صوامت اللسان العربي هو (28) صامتا[1]، وأن الجذر الثلاثي يتشكل من ثلاثة صوامت، فإنه يمكننا اختيار أي صامت من عدد الصوامت المتاحة في الموقع الأول للجذر، وبالتالي فإن عدد الاحتمالات الممكنة للموقع الأول للجذر هو (28) احتمالا. وهكذا الأمر بالنسبة للموقع الثاني من مواقع الجذر الثلاثي؛ إذ يمكننا اختيار أي صامت من الصوامت الثمانية والعشرين المتاحة، وعليه فإن عدد الاحتمالات الممكنة هي (28) احتمالا، وهو الاحتمال نفسه بالنسبة للموقع الصامتي الثالث من مواقع الجذر الثلاثي. وبما أن هذه الاحتمالات مستقلة فيمكننا ضربها معاً للحصول على عدد الاحتمالات الممكنة الإجمالي؛ الذي نعبر عنه رياضيا كالآتي:

$$3^{28} = 28 \times 28 \times 28 = 21952$$

لا يسع الباحث في اللسان العربي إلا أن يكَوّن تصورا حافلا بافتراضات إذا ما علم أن عدد الجذور الثلاثية الواردة في معجم لسان العرب لابن منظور هو (6516)[2]، أي ما يعادل نسبة (29.70%) من مجموع الجذور المحتملة (21952). وما دامت هذه النسبة لم تبلغ (100%) أو أقل منها بقليل فثمة أسباب وراء هذا الورود، وهو ما يدفعنا إلى افتراض وجود مبادئ ضابطة لتشكيل هذه الجذور في اللسان العربي. ويحق لنا أن نتساءل: ألا يمكن للمبادئ الصواتية أن تكون وراء هذا التشكيل؟ وإذا كان الأمر كذلك فكيف نفسر توليد الجذور الثلاثية من الصوامت في اللسان العربي المعيار؟

ننطلق في هذا المقال من فرضية مفادها وجود مبادئ تتحكم في توليد الجذر الثلاثي في اللسان العربي من مجموع الصوامت الثمانية والعشرين؛ بحيث نعتقد أن ترتيبها في الجذر العربي ليس اعتباطيا، إنما يخضع لجملة من المبادئ الصواتية. ولذلك سنحاول فهم بنية الجذر الثلاثي المجرد في اللسان العربي، انطلاقا من تبني تصور نظرية هندسة السمات (Features Geometry) التي تبلورت في منتصف الثمانينات من القرن المنصرم؛ بدءا مع كليمنتس (1985) مع مقاله: "هندسة

---

1 - باعتبار الألف ليس صامتا لكونه لا يُنطق.

2 - انظر: المودن، محمد، دراسة صرف-صواتية حاسوبية للمصادر الثلاثية المجردة الواردة في معجم لسان العرب لابن منظور، (2024)، أطروحة لنيل الدكتوراه في اللسانيات وقضايا اللغة العربية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط.

السمات الصواتية"، قبل أن يبين مككارثي (1988) قصوره، خاصة الشكل الذي تأخذه شجرة السمات، مقترحا نماذج بديلة في مككارثي (1989،1988أ،1989ب، 1994،1991). وسنعتمد كذلك على تصورات الوادي (2020،2004).

إن الإجابة عن الإشكالية التي طرحناها في هذا المقال تقتضي أن نعرض لنظرية هندسة السمات وتوليد القطع الصوتية؛ حتى نضع القارئ في السياق الصواتي المؤطر للمقال. قبل الانتقال إلى الكشف عن المبدأ الصواتي العام المسؤول عن توليد الجذور الثلاثية في اللغة العربية، ثم المبادئ الصواتية الخاصة، وتوصيفها على شكل خوارزميات لبناء برنامج آلي مولد للجذر الثلاثي المجرد في اللسان العربي. ونوظف في كل ذلك المنهج اللساني التوليدي.

1. المبادئ الصواتية لتوليد الجذر الثلاثي

1.1 نظرية هندسة السمات وتوليد القطع الصوتية:

تجدر الإشارة إلى أن ما يهمنا من نظرية هندسة السمات هو القاسم المشترك بين نماذج مكارثي الهندسية الذي يميزها عن الصواتة الكلاسيكية؛ وهو ما لخصه الوادي (2020) فيما يأتي[1] :

- اعتماد شجرة سمات ترتب فيها السمات ترتيبا هرميا تحت عدد من العجر؛ فعجرة الجذر، تشرف على عجرة الموضع، المتفرعة في بعض النماذج إلى عجرة الفم، وعجرة الحلق.
- بدل التفريق بين سمات الصوامت والصوائت توصف معا السمات ذاتها، خلافا للصواتة الكلاسيكية.
- الصوتيات التي تشرف عليها العجرة نفسها تتقاسم الخصائص النطقية ذاتها، وتشترك في الأحكام الصواتية نفسها، وتشكل صنفا صواتيا طبيعيا.
- تقليص عدد مخارج الصوتيات بتجميعها حول الأعضاء النطقية المتحركة بدل توزيعها على الأعضاء الثابتة والمتحركة.

[1] - انظر: الوادي محمد، أبحاث صرافية وصواتية في اللغة العربية، (2020)، ص268.

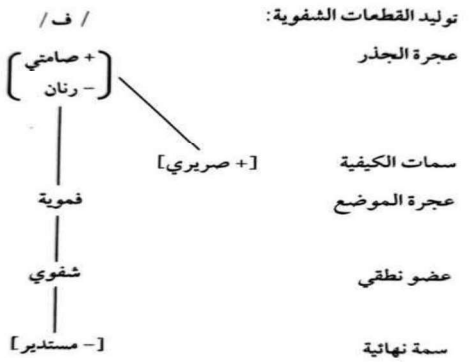
نعني بالأعضاء النطقية المتحركة، الشفتين، وطرف اللسان، وظهره، وجذره، والحلق، والحنجرة، ولذلك نجد في النموذج الهندسي لمكارثي (1988-1994) تصنيفا للصوتيات العربية حسب أعضائها النطقية المتحركة، وهذا ما عبر عنه الوادي (2022) في (1)

(1) تصنيف للصوتيات العربية، حسب الوادي (2022).

labials	/ ف، ب، م /	شفويـــات
coronals sonorants	/ ل، ر، ن /	تاجيات رنانة
coronals obstruents	/ ث، ذ، ت، د، س، ز، ظ، ط، ض، ص، ش/	تاجيات حاجزية
dorsals sonorants	/ و، ي /	ظهريات رنانة
dorsals obstruents	/ ك، ج، ق /	ظهريات حاجزية
gutturals	/ ء، هـ ع، ح، غ، خ /	حلقيات

نلاحظ أن تصنيف الصوامت وأصوات اللين (العلة) في اللسان العربي يتم حسب تصور الصواتة اللاخطية عبر ست عجر، تجمع بين عناصر كل عجرة علاقات صواتية تشترك في سمة واحدة على الأقل، وكل عنصر يختلف عن الآخر بسمة مميزة، فإذا أخذنا عجرة الشفويات (ف،ب،م)، على سبيل المثال، يمكن أن نمثل هندسيا لتوليد الصامت (ف) كالآتي:

(2) التمثيل الهندسي لتوليد الصامت (ف).



يمثل التمثيل (2) نموذجا لشجرة السمات لتوليد العناصر الصامتية والصائتية وأصوات اللين في اللسان العربي. ويوضح توليدا للصامت الشفوي (ف)، كما يمكّن من توليد جميع أصوات الألسن الطبيعية؛ وذلك بانتقاء سمتي عجرة الجذر اللتين تكونان في غالب الأحيان(+/-صامتي)، و(+/-رنان)

فحسب كنيستوفيتش Kinstowicz (1994) تحدد هاتان السمتان ثلاثة أصناف صواتية في الألسن الطبيعية: الحاجزيات باعتبارها (+صامتي، -رنان)، والرنينيات باعتبارها (+صامتي، +رنان) وأخيرا الصوائت وأصوات اللين (-صامتي، +رنان)[1].

ثم تأتي سمات الكيفية وهي السمة المرتبطة بكيفية النطق، وهي أربع سمات أساسية حسب هالي وساجي (1992-1995)، وهالي وأندرو (2000) والوادي (2020،2004) نذكرها كالآتي:

سمة (+/-استمراري) التي تنفذ بواسطة أعضاء نطقية متحركة وهي:

- "شفوي: /ف،م/.
- تاجي: /ش،س،ص،زث،ذ،ط/.
- ظهري: /غ،خ/.
- جذري: /ع،ح/.
- حنجري: /ه/ "[2].

وسمة (+/-أنفي) التي دافع عنها الوادي (2004) عنها باعتبارها سمة حرة (Free Feature) تنفذ في اللسان العربي عن طريق ثلاثة أعضاء هي: الشفوي والتاجي والظهري، ثم سمة (+/-جانبي) التي ذكرت في أعمال هندسية من قبيل كليمنتس (1985)، ومكارثي (1988)، والوادي (2004) الذي ربط هذه السمة بكيفية النطق معتبرا إياها في اللسان العربي أنها تنفذ عن طريق عضو نطقي واحد، هو التاجي. وتولِّد صامتا نخروبيا جانبيا هو: (اللام) [3]، وهو الصامت الوحيد في اللسان العربي.

وأخيرا سمة (+/-صريري) التي قال عنها الوادي: "سمة حرة، كذلك، لأن إنتاجها غير مقيد بعضو نطقي محدد، بل تنفذ هذه السمة بواسطة عدة أعضاء نطقية متحركة"[4]، ومثال هذه الأعضاء:

- شفوي: /ف/.
- تاجي: /ض،ش،س،ز،ص/.

---

[1] -see: Generative Phonology: Description and Theory, Kenstowicz, and Kisseberth, (1979), Academic Press, p: 242.

[2] - الوادي محمد، بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، (2004)، ص210.

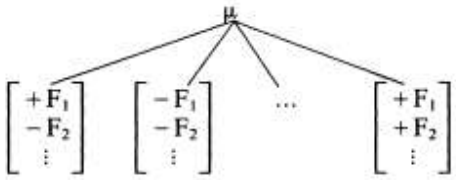
[3] - لمزيد من المعلومات انظر: الوادي محمد، بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، (2004)، ص: 210-211، والوادي محمد، أبحاث صرافية وصواتية في اللغة العربية، (2020)، صص2676-277.

[4] - الوادي محمد، بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، (2004)، ص 210.

- جذري: /ح/...

وبالعودة إلى عجرة الموضع فإننا نجد السمات المميِّزة عند مكارثي (1981) تُشرف عليها عجرة الجذر، بحيث تكون كل صرفية **(morphem)** عبارة عن مصفوفة من السمات المشكلة للقطع المستقلة، وترتبط بعجرة الجذر (root node)[1]؛ ويكون التمثيل الصوري للصرفية حسب مكارثي كما في (3)[2]

(3) التمثيل الصوري للصرفية حسب مكارثي (1981).



نلاحظ في (3) أن كل عجرة (μ) تشمل مصفوفة من السمات فهي صرفية، وسواء أكانت هذه الصرفية ضمن خط الجذر أم الزيادة، فإن عجرة الجذر تشرف عليها؛ لأنهما تشكلان صرفية، رغم أن التمثيل يكون مستقلا لكل منهما. وخلاصة ما قدمه مكارثي (1981) هو ما عبر عنه ادروا (2013) بقوله: "تبقى الفكرة الأساسية في تمثيل الصرفية: هي استبدال الحدود عند تشومسكي وهالي (1986) بعجرة الجذر"[3].

نستنتج أن النماذج الصواتية الهندسية التي تندرج ضمن الصواتة اللاخطية تتميز عن باقي الطروحات اللغوية القديمة أو المعيار بالنقاط التي لخصها الوادي (2004-2020) فيما يأتي:

- اعتماد شجرة السمات ترتب ترتيبا هرميا، ويشرف عليها عدد من العجر.
- وصف الصوامت والصوائت بالسمات نفسها، على عكس أوصاف الصواتة الخطية التي تفرد كلا بسمات خاصة.

---

[1] - See: McCarthy, j , A prosodic theory of nonconcatenative morphology, (1981), Linguistic Inquiry, . P. 376.

[2] - See: McCarthy, j, A prosodic theory of nonconcatenative morphology, (1981), Linguistic Inquiry, p. 377

[3] - ادروا يوسف، الأفعال المضعفة في اللغة العربية، دراسة صرف صواتية مستقلة القطع، (2013)، ص72.

- تقليص عدد مخارج الأصوات بتجميعها حول الأعضاء النطقية المتحركة (الشفتان، طرف اللسان، وظهره، وجذره، ثم الحلق، والحنجرة) بعد أن كانت توزع على الأعضاء الثابتة والمتحركة[1].

لكن بقي هناك اختلاف حول شجرة السمات **(feature tree)** في النماذج الصواتية الهندسية التي اطلعنا عليها[2]؛ غير أنه اختلاف لا يعدو أن يكون اختلافا حول موضع سمة معينة تحت عجرة ما، أو تفريع لإحدى العجر الأربع (عجرة الجذر (root node) أو عجرة الموضع (place node) أو عجرة الفم (oral node) أو عجرة الحلق (pharyngeal node) وكل ذلك يرجع إلى طبيعة تصنيف أصوات الألسن الطبيعية.

يدفعنا ما سبق إلى الاقتصار على عمل نماذج مكارثي (1988-1989أ-1989ب-1991-1994) والوادي (2004) الذي دافع عنه في الوادي (2020)، لاعتبارات منها: أن مككارثي اشتغل على الألسن السامية، وأن الوادي ركز على بناء الجذر الصواتي في اللسان العربي. ولن نقف عند تفاصيل هذه النماذج، وسنحيل على هذه الأعمال للتوسع.

لقد ناقش مكارثي (1994) تصورا مفاده أن المجموعة الصوتية الحلقية (gutturals) في الألسن السامية تندرج ضمن الصنف الصواتي الطبيعي (natural class)؛ ولهذا اقترح تفريعا لعجرة الجذر إلى عجرة موضعية، وعجرة حنجرية، كما في (4)[3] .

(4) التمثيل لتفريع عجرة الجذر، حسب مكارثي (1994).

---

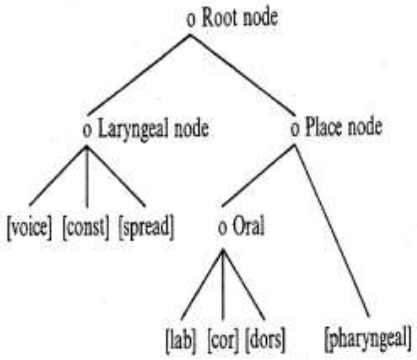
[1] - ينظر:

- الوادي محمد، بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، (2004)، ص187.

- الوادي محمد، أبحاث صواتية وصرافية في اللغة العربية، (2020)، صص268-269.

[2] - نحو: كليمنتس (1985)، ومكارثي (1988-1989أ-1989ب-1991-1994)، وهالي وبرت وأندرو (2000)، والوادي (2004، 2020)، وبوعناني (2010).

[3] - see: McCarthy, J. The phonetics and phonology of Semitic pharyngeals, Phonological Structure and Phonetic, (1994), P.223.



نسجل أن مكارثي جعل عجرة الجذر (Root node) تشرف على عجرة الموضع (Place node) وعجرة الحنجرية (Laryngeal node)، كما فرع عجرة الموضع إلى عجرة فموية (Oral) المسؤولة عن إنتاج المجموعة الصوتية الشفوية (lab) والمجموعة التاجية **(cor)** ثم المجموعة الظهرية (dors).

وانتقد الوادي (2004-2020) تصنيف مكارثي (1994) لكونه يرى أن الاعتماد على الخصائص النطقية للصوتيات غير كاف لنِسبة صوتيات ما إلى سمة معينة، أو وضعها تحت عجرة في شجرة سمات ما. وإنما يجب رصد طبيعة العلاقات الصواتية المشتركة بين هذه الصوتيات، لكون الأصناف الصواتية الطبيعة الواردة في الألسن الطبيعة تتقاسم الأحكام الصواتية نحو القواعد والقيود، علاوة على خصائص نطقية معينة. وبناء على هذا الطرح رأى الوادي أن ليس في القيود والقواعد الصواتية ما يبرر وضع مكارثي (1994) للحلقيات في اللسان العربي تحت عجرة الحلق في شجرة السمات[1].

إن القصد من النماذج الصواتية الهندسية هو تفسير كيفية توليد القطعات في شجرة السمات، بحيث تصبح شجرة السمات مولدا قطعيا (segment generator) يولد جميع أصوات الألسن الطبيعية، وهو ما يوضحه الوادي بقوله: "وذلك انطلاقا من اختيار القيمة التي تأخذها سمتا جذر الشجرة، وتحديد السمة الحرة التي ترتبط بجذرها، ثم تعيين العجرة التي تنتهي غليها القطعة المولدة (عجرة الفم أو عجرة الحلق)، ثم تبيين العضو النطقي، والسمة النهائية التي يشرف عليها هذا العضو"[2].

---

[1] - ينظر: الوادي محمد، أبحاث صواتية وصرافية في اللغة العربية، (2020)، صص 282-283.

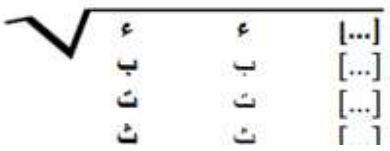
[2] - المرجع نفسه، ص 288.

غير أننا نروم تجاوز توليد القطعة الصوتية إلى توليد الجذر بأكمله، الجذر الثلاثي خاصة، باعتباره مصفوفة من القطع الصوتية تحكمها مبادئ صواتية. نذكرها تباعا كالآتي:

2.1 المبدأ الصواتي العام:

يمكن أن نستنتج، بالعودة إلى أعمال أودن (1988)، ومكارثي (1994)، والوادي (2004)، أن المبادئ الصواتية العامة قائمة على مبدأ المحيط الإجباري (ocp)[1] الذي يمنع تجاور عنصرين متماثلين على مستوى طبقة من الطبقات؛ أي أنه يقتضي منع التأليف بين الصوامت التي تضم سمات متماثلة. خاصة على مستوى الموقع الأول والثاني من الجذر الثلاثي، وبناء على هذا المبدأ فإن نسق اللسان العربي المعيار لا يقبل جذورا ثلاثية من نمط الجذور المعبر عنها في (5)

(5) التمثيل للجذر الثلاثي.



تؤكد العودة إلى معجم لسان العرب لابن منظور صحة التوصيف الوارد في (5). وقد تركنا الموقع الصامتي الثالث في الجذر فارغا [...] لأن اللسان العربي المعيار يسمح بانتشار العنصر الصامتي الثاني ليملأ ما بعده (العنصر الصامتي الثالث)، وبالتالي نكون أمام جذر ثنائي تكرر ثاني عناصره، وهو ما نورده في الجدول الآتي:

(الجدول1: أمثلة من الجذور الثلاثية المكررة العنصر الصامتي الثاني (المضعفة))

نسخه الأصواتي	الجذر
btt	ب ث ث
bŠŠ	ب ش ش
bll	ب ل ل
tmm	ت م م

1 - see: McCarthy, J, OCP Effects: Gemination and Antigemination, (1986), Linguistic Inquiry, p209.

نستنتج أن توليد الجذر الثلاثي للمفردة في اللسان العربي يتطلب احترام مبدأ المحيط الإجباري العام الذي لا يقبل أن تتطابق صوامت الموقع الأول والثاني للجذر، وهو ما يمكن أن تعبر عن هذه القاعدة بدالة رياضية نصوغها كالآتي:

- قاعدة منع تكرار حرفين متطابقين في الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي:

$$f(x) = \text{not } (x[0] == x[1])$$

3.1 المبادئ الصواتية الخاصة:

يمكن أن نخلص، في إطار هندسة السمات، إلى أن هناك مبادئ صواتية خاصة مسؤولة عن توليد الجذور الثلاثية، ليس في اللسان العربي فحسب، بل في جميع الألسن الطبيعية السامية، إذ يتعلق الأمر بكل مجموعة صوتية. وتنص هذه النظرية على أن عجرة الموضع (Place Node) تتفرع إلى عجرة الفم (oral node) المشرفة على الأعضاء المتدخلة لإنتاج الصوامت المنتجة داخل تجويف الفم؛ وهي[1]:

- مجموعة الصوامت الشفوية وهي: (ف،ب،م)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [شفوي].
- مجموعة الصوامت التاجية؛ وهي: (ر، ل، ن، ت، د، ط، ث، ذ، ظ، ش، ض، س، ص، ز)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [تاجي].
- مجموعة الصوامت الظهرية التي تنتج عبر الحاجبيات، وهي: (و، ي، ج، ق، ك)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [ظهري].

ثم عجرة الحلق (pharyngeal node)، المشرفة على الأعضاء المتدخلة لإنتاج مجموعة الصوامت التي تنتج بين الحلق والحنجرة التي تضم المجموعات الآتية[2]:

- مجموعة الصوامت الجذرية، وهي: (ح، ع)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [جذري].
- مجموعة الصوامت الحنجرية، وهي: (ء، هـ)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [حنجري].
- مجموعة الصوامت الظهرية، وهي: (خ، غ)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [ظهري].

---

1 - See: McCarthy, John J. 1991. Semitic gutturals and distinctive feature theory. In Bernard Comrie & Mushira Eid (eds.) Perspectives on Arabic linguistics III, 63–91. Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins.

2 - See: McCarthy, John J. 1991. Semitic gutturals and distinctive feature theory..

جدير بالذكر أن تقسيم عجرة الموضع إلى عجرتين له مبررات يوضحها الوادي (2004) بقوله: "ونعتقد أن انشطار عجرة الموضع إلى عجرة فموية وعجرة حلقية ليس له ما يبرره على المستوى الأصواتي فحسب، وإنما له ما يبرره على المستوى الصواتي أيضا، ذلك أن هناك قواعد صواتية في اللغة العربية، وفي لغات أخرى، يكون مجال تطبيقها إما عجرة الفم أو عجرة الحلق، وهناك قيود تعمل على مستوى الأعضاء النطقية التي تشرف عليها إما عجرة الفم أو عجرة الحلق"[1]، وهذا ما قصدناه بالمبادئ الصواتية الخاصة؛ أي القوانين التي تشتغل حسب كل عجرة، أو عناصر داخل عجرة ما. وسنكشف، في قادم الصفحات، عن القوانين الصواتية والصوتية المسؤولة عن توليد الجذر الثلاثي في اللسان العربي، بعدما كشفنا عن المبدأ الصواتي العام.

1.3.1 مبدأ المحيط الإجباري وعجرة الفم:

تعد مجموعة الصوامت المندرجة تحت كل عجرة، في نظرية هندسة السمات، صنفا صواتيا طبيعيا، في الألسن الطبيعية، بناء على وجود قوانين صوتية وصواتية ناظمة لها؛ أي أن عجرة الفم تنطوي على قوانين مسؤولة عن توليد الجذور الثلاثية في الألسن السامية، واللسان العربي المعيار، تحديدا. وتذهب هذه النظرية إلى أن القيود الصواتية قد تعمل في مجال دون آخر؛ ولتخصيص مجال اشتغال القيود الصواتية نظر أصحاب النماذج الصواتية إلى الصوامت العربية على شكل مجموعات صوتية، تشكل صنفا صواتيا طبيعيا، فقسموا صوامت عجرة الفم إلى المجموعات الآتية:

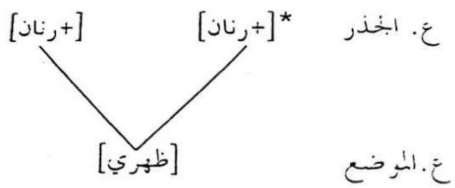
- مجموعة الظهريات، وتنقسم إلى ظهريات رنانة (و، ي)، وظهريات حاجزية التي تتفرع إلى ظهريات حاجزية استمرارية (غ، خ)، وظهريات حاجزية غير استمرارية (ق، ج، ك).
- مجموعة التاجيات، وتتفرع إلى تاجيات رنانة (ل، ر، ن)، وتاجيات غير رنانة، التي تتفرع بدورها إلى تاجيات غير رنانة، غير استمرارية أو انفجارية (ت، د، ط)، وتاجيات غير رنانة استمرارية، أو احتكاكية، التي تتفرع إلى تاجيات غير رنانة استمرارية صريرية (ش، ض، س، ز، ص)، وتاجيات غير رنانة استمرارية غير صريرية (ث، ذ، ظ).

[1] - بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، محمد الوادي، (2004)، ص270.

- مجموعة الشفويات، وتتفرع إلى الشفويات الرنانة التي تضم صامتا واحدا (م)، والشفويات غير الرنانة، التي تتفرع بدورها إلى الشفويات غير الرنانة الصريرية، التي تضم صامتا واحدا (ف)، وأخيرا الشفويات غير الرنانة، غير الصريرية، التي تضم، بدورها، صامتا وحدا (ب).

وبالعودة إلى مجموعة الظهريات فإن مكارثي (1989-1994) يرى أن الصوامت التي تنتمي للعضو النطقي نفسه، وتشترك في سمة من سمات الجذر، تخرق مبدأ المحيط الإجباري، ولا ترد على مستوى الجذر ذاته، أي تصبح لاحنة ولا يقبلها اللسان العربي. ويمكن أن نرمز لهذا القانون صوريا كما في (6).

(6)[1] التمثيل لحالة خرق مبدأ المحيط الإجباري.



يعد هذا الجذر حسب مكارثي والوادي لاحنا في اللسان العربي لأنه يخرق مبدأ المحيط الإجباري؛ حيث سجّل وجود صامتين يتقاسمان السمة نفسها (+رنان) على مستوى الخط ذاته، وبناء على هذا المبدأ فإن الصوامت الظهرية الرنانة لا ترد في الجذور الثلاثية، في اللسان العربي المعيار، وبعبارة أخرى لا يمنع التأليف على مستوى الجذر بين الصوامت الآتية (و.ي).

ويمكن أن نؤكد هذا بالنظر إلى المعاجم العربية، بالإضافة إلى ما عبر عنه ابن منظور في مادة (ويس) بقوله: "امتنعوا من استعمال الفعل من الوَيْس لأَن القياس نفاه"[2]، وبالتالي يمكن أن نخلص إلى أن الظهريات الرنانة لا تأتلف على مستوى الموقع الأول والثاني من الجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. ونعبر عن هذا الاستنتاج كالآتي: الجذر الثلاثي في اللسان العربي الذي يحتوي على ظهريات رنانة (و،ي) لاحن؛ بحكم مبدأ المحيط الإجباري الذي يمنع تجاور عناصر تشترك في السمة ذاتها.

وإذا ما تأملنا هذا المبدأ فإنه سيسري على جميع صوامت مجموعة الظهريات الحاجزية؛ بحيث سيمنع التأليف بين صوامت الظهريات الحاجزية الاستمرارية (غ، خ)، ثم الأمر نفسه بالنسبة

[1] - المرجع نفسه، ص 303.

[2] - ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة، ويس.

للظهريات الحاجزية غير الاستمرارية (ق، ج، ك)، فنخلص إذا، إلى أن الجذر الثلاثي في اللسان العربي الذي يحتوي على ظهريات حاجزية استمرارية، (غ، خ)، أو على ظهريات حاجزية غير استمرارية (ق، ج، ك) لاحن؛ بحكم مبدأ المحيط الإجباري الذي يمنع تجاور عناصر تشترك في السمة ذاتها داخل المجموعة الصوتية ذاتها. ويمكن تعديل الاستنتاج السابق لنجمع جميع القواعد المسؤولة عن توليد الجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار، على مستوى مجموعة الصوامت الظهرية، وصياغته كالآتي:

لا تأتلف الصوامت الظهرية الرنانة (و،ي) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار، وكذلك، الأمر نفسه، بالنسبة لصوامت الظهريات الحاجزية الاستمرارية (غ،خ)، والقانون ذاته يسري على صوامت الظهريات الحاجزية غير الاستمرارية (ق، ج، ك). وهو ما يمكن أن نعبر عنه رياضيا كالآتي:

- قاعدة الظهريات الرنانة:

f(x) = not (x[0] in ['و', 'ي'] and x[1] in ['و', 'ي'])

- قاعدة الظهريات الحاجزية الاستمرارية:

f(x) = not (x[0] in ['غ', 'خ'] and x[1] in ['غ', 'خ'])

- قاعدة الظهريات الحاجزية غير الاستمرارية:

f(x) = not (x[0] in ['ق', 'ج', 'ك'] and x[1] in ['ق', 'ج', 'ك'])

ويقبل اللسان العربي أن تأتلف هذه الصوامت على مستوى الموقع الثاني والثالث، أو على مستوى الموقع الأول والثالث من الجذر الثلاثي؛ ولذلك مبررات صواتية؛ يبررها مبدأ الانتشار، ومبدأ ربط الأطراف كما اقترحته مورا يب[1] Moira Yip(1988) ، وهو الذي يسمح بتوليد جذور من قبيل: الجذور الموسومة باللفيف المفروق على مستوى الظهريات الرنانة (وقي، وشي، وعي)، أو الجذور

1 - Moira Yip, (1988), Template morphology and the direction of association, Natural Language & Linguistic Theory volume 6, pages551–577

المنضوية تحت الظهريات الحاجزية غير الاستمرارية (جبج[1]، كشك[2]، كثج[3]...)، أو الجذور المتصفة بالظهريات الحاجزية الاستمرارية، وإن لم يرد في لسان العرب إلا هذين الجذرين: (خوخ[4]، غوغ[5]).

وبتطبيق قانون **(ocp)** فإنه يفترض ألا يكون توليد كل جذر من جذور صوامت كل مجموعة من الموجموعات الصوتية الفرعية التي تندرج ضمن المجموعة الصامتية الكبرى التاجية السالفة الذكر غير ممكن. ولفحص هذه الفرضية نستدعي معطيات قاعدة بيانات هذه الأطروحة، وتكون النتائج كالآتي:

- على مستوى التاجيات الرنانة، نجد هذه الصوامت (ل، ر، ن) محققة في الجذور العربية ثلاثا وعشرين مرة، من مجموع (6516)، بما نسبته (0.35%)، كما يمكن تسجيلا ملاحظات حول هذه الجذور بملاحظة أن جذرين فقط يولّدان مفردات في العربية هما (رنق، ونرش)، في حين أن باقي الجذور إما دخيلة مثل (نرس، نرج)، أو ليست معيارية (لهجات) نحو: (نرد، نرز)، أو حكاية صوت، نحو: (رنأ، رنم، رنن)، أو جذور لأسماء جامدة؛ نحو: (نرو، رند، لنج). وقد تفطن ابن منظور إلى أن هذه الجذور ليست طبيعية، ولا تحترم نسق اللسان العربي، وهو ما نستشفه من قوله في جذر (نرش) إن ابن دريد لم يلحقه[6]، وقوله في (نرز): " ولم يجئ في كلام العرب نون بعدها راء إلا هذا "[7]، مع العلم أنه أدرج في معجمه جذورا من هذا القبيل دون هذا التعليق، من قبيل: (نرد، نرب، نرس، نرو، نرج). وبناء على هذه المعطيات النادرة يمكن أن نصوغ الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت التاجية الرنانة (ل، ر، ن) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. ويمكن أن نعبر عن هذا الاستنتاج على شكل قاعدة رياضية؛ وهي:

- قاعدة التاجيات الرنانة:

---

[1] - جبج: التهذيب: قد جَبَجَ إذا عظم جسمُه بعد ضَعْفٍ. ينظر ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة جبج.

[2] - كشك: الكشك: ماء الشعير. ينظر: معجم لسان العرب، ابن منظور، مادة: كشك

[3] - كثج: التهذيب: كَثَجَ الرجلُ إذا أَكلَ من الطعام ما يَكفيه، ينظر: ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة: كثج

[4] - خوخ: الخَوْخَةُ: واحدة الخَوخِ. والخَوْخَةُ: كُوَّة في البيت تؤَدِّي إليه الضوء. والخَوْخة: مُخْتَرَقُ ما بين كل دارين لم ينصب عليها باب،بلغة أَهل الحجاز...ينظر: ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة: خوخ

[5] - الغاغُ: الحَبَقُ، واحدته غاغةٌ، والغاغةُ: نبات يشبه الهربُون، ينظر: ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة: غوغ

[6] - ينظر: ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة: نرش.

[7] - المعجم نفسه، مادة: نرز.

f(x) = not (x[0] in ['ن' ,'ر' ,'ل'] and x[1] in ['ن' ,'ر' ,'ل'])

أما على مستوى مجموعة التاجيات الانفجارية؛ فقد تحققت الجذور التي موقعها الصامتي الأول والثاني أحد هذه الصوامت (ت، د، ط)، في معجم لسان العرب لابن منظور خمس مرات، من مجموع (6516)؛ أي ما نسبته (0.07%)، ووصف ابن منظور مجملها بالمهمل الذي أنكره المعجميون العرب القدامى، وهي أربعة جذور: (تطو، تطأ، دطر، طتأ)، أو بالجذور التي وقع لبس في فهم طبيعتها، وهي جذر (طدي) الذي يعتقد أن أصله (وطد)، وهو جذر جامد لا نجد له مفردات في اللسان العربي المعيار. وعلى هذا الأساس يمكن أن نصوغ الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت التاجية الانفجارية (ت، د، ط)، على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. ونعبر عنه كالآتي:

- قاعدة التاجيات الانفجارية:

f(x) = not (x[0] in ['ط' ,'د' ,'ت'] and x[1] in ['ط' ,'د' ,'ت'])

ولا يختلف الأمر كثيرا على مستوى التاجيات الصريرية؛ إذ تحققت الجذور التي موقعها الصامتي الأول والثاني أحد هذه الصوامت (ش، ض، س، ز، ص)، أربع عشرة مرة، من مجموع (6516)؛ أي ما نسبته (0.21%)، مع تسجيل أن أغلب هذه الجذور جامدة، وعليه يمكن أن نصوغ الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت التاجية الصريرية (ش، ض، س، ز، ص)، على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. الأمر الذي نعيد صياغته كالآتي:

- قاعدة التاجيات الصريرية:

f(x) = not (x[0] in ['ص' ,'ز' ,'س' ,'ض' ,'ش'] and x[1] in ['ص' ,'ز' ,'س' ,'ض' ,'ش'])

ويسري المبدأ بدوره على مستوى التاجيات غير صريرية (ث، ذ، ظ) لم يتحقق أي جذر ثلاثي يضم على مستوى الموقع الأول والثاني أحد الصوامت التاجية غير الصريرية. وبناء على هذا يمكن أن نصوغ الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت التاجية غير الصريرية (ث، ذ، ظ)، على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. ونورده كالآتي:

- قاعدة التاجيات غير الصريرية:

f(x) = not (x[0] in ['ظ' ,'ذ' ,'ث'] and x[1] in ['ظ' ,'ذ' ,'ث'])

وبملاحظتنا لمجموعة الشفويات التي تشرف عليها عجرة الفم، وفحص مدى سريان قانون (ocp) على صوامت مجموعات عجرة الفم في اللسان العربي، فإننا نجد أن الشفويات الرنانة تضم صامتا واحدا (م)، والشفويات غير الرنانة، والشفويات الصريرية تضم صامتا واحدا (ف)، وأخيرا الشفويات غير الصريرية تضم بدورها، صامتا وحدا (ب)؛ ما يعني أن مجموعة الشفويات تضم صامتا واحدا على مستوى كل مجموعة فرعية، مما يدل على احتمال إمكانية التأليف بين هذه الصوامت (ف، ب، م) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي

غير أننا سجلنا، انطلاقا من تأمل الجذور الثلاثية الواردة في معجم لسان العرب، أن عدد الجذور الشفوية المحققة باعتبار الموقع الأول والثاني لعناصر الجذر، هو أربعة جذور فقط، كما أنها جذور دخيلة (بمم) أو غير معيارية (لهجية) نحو (فمم، مبد)، ويمكن أن نبرر صواتيا عمل قانون (ocp) على مستوى السمة المميزة لكل مجموعة شفوية بالاستناد إلى أعمال دريشر (1989)، وسلكرك (1989)، وباديجيت (1989) التي تنص على ما عبر عنه الوادي (2004) بقوله: "إن أية صورنة لقيود التأليف في اللغة العربية تطمح لتفسير الإمكانات الممكنة وغير الممكنة في هذا البناء، ينبغي أن تخصص المجال الذي تعمل فيه هذه القيود في سياق معين أو في سمة معينة"[1]

وعلى هذا الأساس فإن قانون (ocp) عمل على مستوى عجرة النطق في مجموعة الشفويات، وبالتالي فإن المانع من التأليف بين صوامت هذه المجموعة هو اتحادها في سمة [+شفوي]، في حين عمل على مستوى سمات الجذر، أو سمات الكيفية في باقي عناصر المجموعات المنضوية تحت عجرة الفم في اللسان العربي المعيار. ويمكن أن نصوغ الاستنتاج المتعلق بمجموعة صوامت الشفويات في الآتي: لا تأتلف الصوامت الشفوية (ف، ب، م)، على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. وعلى شكل دالة رياضية نصوغها على منوال الدوال السابقة كالآتي:

- قاعدة الشفويات:

f(x) = not (x[0] in ['م' ,'ب' ,'ف'] and x[1] in ['م' ,'ب' ,'ف'])

[1] - الوادي محمد، بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية، (2004)، ص 338.

2.3.1 مبدأ المحيط الإجباري وعجرة الحلق:

نذكر بأن عجرة الحلق تشرف على الأعضاء المتدخلة لإنتاج مجموعة الصوامت التي تنتج بين الحلق والحنجرة، وتضم مجموعتين؛ هما: مجموعة الصوامت الجذرية، وهي: (ح، ع)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [+جذري]، ومجموعة الصوامت الحنجرية، وهي: (ء، هـ)، ويمثل لها في شجرة السمات بسمة [+حنجري]؛ وحيث إن مبدأ (ocp) يسري على عجرة الفم ومجموعاتها الصامتية، فإنه يحتمل أن يسري على هذه العجرة أيضا.

مكننا فحص مدى سريان مبدأ المحيط الإجباري الخاص على الصوامت الحلقية في اللسان العربي المعيار من تسجيل أن الصوامت الحنجرية حققت ثمانية جذور، سبعة منها حل فيها الصمات (ء) على مستوى الموقع الأول لعناصر الجذر الثلاثي، والصامت (هـ) على مستوى الموقع الثاني، وجذرا واحدا حل فيه الصامت (هـ) على مستوى الموقع الأول متبوعا بالصامت (ء) على مستوى الموقع الثاني. وهو ما نورده في الجدول الآتي:

(الجدول 2: الجذور الثلاثية التي تضم الصوامت الحلقية في معجم لسان العرب)

معناه المعجمي الوارد في لسان العرب	نسخه	الجذر
أها : أَها : حكاية صوتِ الضَّحِك.	ʔhy	ء هـ ي
أهب : الأُهْبَةُ : العُدَّةُ.تَأَهَّبَ : اسْتَعَدَّ	ʔhb	ء هـ ب
أهر : الأَهَرَةُ، بالتحريك : متاع البيت.	ʔhr	ء هـ ر
أهق : الأَيْهُقانُ : الجَرْجِيرُ، وفي الصحاح : الجرجير البرّيّ،	ʔhq	ء هـ ق
أهل : الأَهْل : أَهل الرجل وأَهْلُ الدار، وكذلك الأَهْلة	ʔhl	ء هـ ل
أهن : الإهانُ : عُرْجُونُ الثَّمرةِ، والجمع آهِنَة وأُهُنٌ.	ʔhn	ء هـ ن
أهه : الأَهَّةُ : التَّحَزُّنُ. وقد أَهَّ أَهّاً وأَهَّةً.	ʔhh	ء هـ هـ
هأن : المُهْوَأَنُّ : المكانُ البعيد، وهو مثال لم يذكره سيبويه.	hʔn	هـ ء ن

وبغض النظر عن هذا الورود الضئيل الذي لا يتجاوز نسبة (0.12٪) فإن تدقيق النظر في طبيعة هذه الجذور يسفر عن كونها حكاية صوت (أها، أهه)، أو اسم نبات أو مكان (أهق، أهن، هأن)... وهو ما يؤكد سريان مبدأ المحيط الإجباري الخاص على مجموعة الصوامت الحنجرية، وبناء عليه يمكن أن نصوغ الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت الحلقية الحنجرية (ء، هـ) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار.

أما بخصوص مجموعة الصوامت الجذرية، (ح، ع)، فقد حققت جذرا ثلاثيا وحيدا هو (ح ع ل)[1]، مما يؤكد سريان مبدأ المحيط الإجباري الخاص على مجموعة الصوامت الجذرية بقوة، على مستوى الموقع الأول والثاني للذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار، الأمر الذي يجعلنا نخلص إلى صياغة الاستنتاج الآتي: لا تأتلف الصوامت الحلقية الجذرية (ع، ح) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار. ويمكن أن نعبر عن هذين الاستنتاجين كالآتي:

- قاعدة الحلقيات الحنجرية:

f(x) = not (x[0] in ['ء', 'هـ'] and x[1] in ['ء', 'هـ'])

- قاعدة الحلقيات الجذرية:

f(x) = not (x[0] in ['ح', 'ع'] and x[1] in ['ح', 'ع'])

ويمكن أن نعبر بصورة رياضية عن الشروط اللازمة لتوليد الجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار، والتي تم التوصل إليها سلفا، كما في الدالة الآتية:

(7) دالة رياضية تعبر عن قوانين تكوين الجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار

```
f(x) = ¬(x[0] = x[1] ∨
(x[0] ∈ ['و', 'ي'] ∧ x[1] ∈ ['و', 'ي']) ∨
(x[0] ∈ ['غ', 'خ'] ∧ x[1] ∈ ['غ', 'خ']) ∨
(x[0] ∈ ['ق', 'ج', 'ك'] ∧ x[1] ∈ ['ق', 'ج', 'ك']) ∨
(x[0] ∈ ['ل', 'ر', 'ن'] ∧ x[1] ∈ ['ل', 'ر', 'ن']) ∨
(x[0] ∈ ['ت', 'د', 'ط'] ∧ x[1] ∈ ['ت', 'د', 'ط']) ∨
(x[0] ∈ ['ش', 'ض', 'س', 'ز', 'ص'] ∧ x[1] ∈ ['ش', 'ض', 'س', 'ز', 'ص']) ∨
(x[0] ∈ ['ث', 'ذ', 'ظ'] ∧ x[1] ∈ ['ث', 'ذ', 'ظ']) ∨
(x[0] ∈ ['ف', 'ب', 'م'] ∧ x[1] ∈ ['ف', 'ب', 'م']) ∨
(x[0] ∈ ['ء', 'هـ'] ∧ x[1] ∈ ['ء', 'هـ']) ∨
(x[0] ∈ ['ح', 'ع'] ∧ x[1] ∈ ['ح', 'ع']))
```

تستخدم الدالة الشروط المذكورة سلفا لتحديد ما إذا كانت الحروف الثلاثة التي يدُخلها المستعمل يمكن أن تكون جذرا ثلاثيا مجردا للمفردات في اللسان العربي، أو أن نظامه لا يقبل ذلك النمط من الصوامت لتكوين الجذر الثلاثي، فإذا تضمن الإدخال خطأ واحدا فإن عملية توليد الجذر

[1] - حعل : ابن بري : حَيْعَل الرجلُ إذا قال حَيَّ على الصلاة، ينظر: ابن منظور، معجم لسان العرب، مادة: حعل.

لن تكتمل، فبحسب قوانين الصواتة اللاخطية، لا يوجد جذر ثلاثي لا تُعبّر عنه الدالة (2)، وإن وُجِد فمن النادر أو الدخيل أو المعرب. مما لا يسمح المجال بالتفصيل فيه.

خلاصة القول يمكن أن نلاحظ أن هذه الدالة تتضمن مجموعات صامتية، وتتدخل الدالة لتفحص العنصر الصامتي الذي يوجد على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الُمدخل من طرف مستخدم البرنامج، وتتم إجراءات المقارنة وفقًا للشروط المتضمنة في الدالة الرياضية (7). وفي حالة كان الصامت الأول والثاني تنطبق عليه أيًا من الشروط المذكورة، فسيكون التوليد خاطئا؛ أي أن الجذر لاحن في اللسان العربي. وإلا فستكون النتيجة صحيحة؛ أي أن الجذر مستعمل أو يمكن استعماله في اللسان ذاته.

على سبيل المثال، إذا تم إدخال الصوامت "ك ت ب" في مكان الإدخال على البرنامج، فستكون القيمة المعادة "صحيحة"، لأن الحرف الصامت الأول "ك" غير مكرر في الموقع الثاني للجذر، ولا يوجد أي عنصر صامتي من عناصر مجموعته (ق،ج،ك) على مستوى الموقع الثاني للجذر، والأمر نفسه بالنسبة للصامت (ت) الذي لم يخرق، بدوره أي قانون من قوانين التأليف بين الجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار.

وإن بإمكان هذه الدالة أن تسعفنا في الشروع لبلورة برنامج لتوليد الجذر الثلاثي في اللسان العربي، عن طريق تحويل هذه الدالة إلى أكواد برمجية، وهو ما يؤكد مدى أهمية القوانين الصواتية والصوتية في توليد المفردة العربية.

2. توصيف المولد الآلي للجذور الثلاثية في اللسان العربي

عملنا على ترجمة الدالة الرياضية (7) إلى أكواد برمجية بلغة بايثون (Python)، وعملنا بالخطوات الثلاث الواردة في (2.1) من هذا المقال، فخلصنا إلى برنامج يولد آليا الجذور الثلاثية التي يسمح بها نظام اللسان العربي المعيار، وذلك بفحص الحروف المدخلة من المستعمل ومدى موافقتها للدالة (2)، دون أن يتضمن البرنامج أي لائحة معجمة، أو قاعدة بيانات مخزنة للجذور الثلاثية التي تتضمنها المعاجم العربية الورقية أو الإلكترونية. وهو ما يبينه الشرط البرمجي الآتي:

```
if (root[0] == root[1] or
    (root[0] in ['و', 'ي'] and root[1] in ['و', 'ي']) or
    (root[0] in ['غ', 'خ'] and root[1] in ['غ', 'خ']) or
    (root[0] in ['ق', 'ج', 'ك'] and root[1] in ['ق', 'ج', 'ك']) or
    (root[0] in ['ل', 'ر', 'ن'] and root[1] in ['ل', 'ر', 'ن']) or
    (root[0] in ['ت', 'د', 'ط'] and root[1] in ['ت', 'د', 'ط']) or
    (root[0] in ['ش', 'ض', 'س', 'ز', 'ص'] and root[1] in ['ش', 'ض', 'س', 'ز', 'ص']) or
    (root[0] in ['ث', 'ذ', 'ظ'] and root[1] in ['ث', 'ذ', 'ظ']) or
    (root[0] in ['ف', 'ب', 'م'] and root[1] in ['ف', 'ب', 'م']) or
    (root[0] in ['ء', 'ه'] and root[1] in ['ء', 'ه']) or
    (root[0] in ['ح', 'ع'] and root[1] in ['ح', 'ع'])):
```

يتضمن الشرط البرمجي السالف الخلاصات التي توصلنا إليها سلفا، وهو كما يلاحظ القارئ أنه عبارة عن شرط يفحص مدى سلامة الجذر الثلاثي للمفردة العربية، وقد مكننا هذا الشرط البرمجي من بلورة البرنامج الآتي:

(8) صورة للبرنامج الآلي المولد للجذر الثلاثي في اللسان العربي المعيار

تُظهر (8) صورة للبرنامج الآلي المولد للجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار، وتعد خانة الإدخال التي تظهر في وسط الصورة أهم ما في البرنامج؛ إذ من خلالها، يُدخل مستعمل البرنامج ثلاثة حروف، كما تنص على ذلك التعليمة باللون الأحمر "أدخل ثلاثة حروف بالعربية". ثم زر التحقق الذي يتكفل بنقل الحروف المدخلة وعرضها على الدالة الرياضية المعبر عنها في (7)، فإذا احترمت

كل شروطها تظهر للمستعمل رسالة تقول: "الجذر صحيح، حسب قوانين هندسة السمات في الصواتة اللاخطية".

أما إذا اختل أي شرط من شروط الدالة (7) فإن ذلك يعني أن الحروف المدخلة لا يمكن أن تولد جذر ثلاثيا للمفردة في اللسان العربي المعيار، وبالتالي تظهر للمستعمل رسالة تقول: "هناك قوانين صواتية تمنع من تكوين هذا الجذر في اللسان العربي المعيار". أما باقي الأزرار فهي تعطي معلومات إضافية عن البرنامج، كلمحة عن البرنامج، أو لمحة عن المبرمج والمطور له، ثم زر للتواصل معنا قصد تلقي ملاحظات المستخدمين، أو للإجابة عن تساؤلاتهم....

ويمكن أن نقدم أمثلة لاستخدام البرنامج مع محاولات اختبار حروف معينة، وهو ما سنُظهره في (9)أ، و(9)ب.

(9) أمثلة عن فحص مدى سلامة نتائج البرنامج

أ

ب

يستطيع القارئ أن يلاحظ أن البرنامج اشتغل بنجاح مع الإدخالين معا؛ حيث أعطى نتيجة إيجابية مع إدخال (9)أ الذي قدم فيه المستخدم ثلاثة حروف هي: (ع م ل) فكان الخرج هو أن الجذر صحيح حسب قوانين هندسة السمات في الصواتة اللاخطية. أما الإدخال في (9)ب فكانت نتيجته خاطئة لأن الحروف الثلاثة المدخلة (ض ض ب) تخرق شرطا من شروط الدالة (7)؛ وهو تكرار الصامت (ض) على مستوى الموقع الأول والثاني للجذر الثلاثي. وهو ما لا يسمح به مبدأ (ocp) في الصواتة اللاخطية، كما أسلفنا.

3. حدود المولد الآلي للجذور الثلاثية في اللسان العربي وآفاقه

يركز المولد الآلي للجذور الثلاثية في اللسان العربي على إنشاء برنامج يولد الجذور الثلاثية للمفردة العربية بناءً على قواعد صواتية رياضية حاسوبية؛ حيث قمنا بتحويل القواعد الصواتية إلى أدوات رياضية وبرمجية كما أسلفنا. واتضح أنه من خلال دالة برمجية مصورنة يمكن للبرنامج التحقق من مدى إمكانية توليد جذر ثلاثي ما من عدمه.

ورغم فعالية هذا الطرح في تحويل المعرفة النظرية إلى برنامج عملي، إلا أن له حدودا يمكن أن نختزلها في تركيزه على الجذور الثلاثية فقط، ورغم كونها الأكثر استعمالا في العربية، فإنه وجب التعامل مع باقي الجذور المجردة والمزيدة على حد سواء، حتى يتسنى لنا الانتقال إلى التعامل مع المفردة العربية بمختلف أبنيتها، وبالتالي التعامل مع النصوص العربية ومعالجتها معالجة آلية.

وهنا وجبت الإشارة إلى أن هذا البحث يُعَدّ لبنة في مشروع يتقاسمه العديد من الباحثين الشباب[1]، بإشراف الأستاذ محمد التاقي لسنوات طوال. وهو مشروع يروم مقاربة القضايا العالقة في التصريف العربي برؤية جديدة وأدوات اشتغال معاصرة، دون أن يكون له أي موقف سلبي من الدرس التراثي اللغوي؛ إذ يجعل من التراكم المعرفي سبيلا لتطوير البحث اللساني لخدمة قضايا الألسن الطبيعية جمعاء[2].

وبناء على ذلك فإن هذا البرنامج يفتح آفاقا جديدة لنقل المعرفة اللسانية إلى تطبيقات عملية تشمل معالجة جميع الجذور المجردة والمزيدة، مما سيجعل البرنامج قادرا على التعامل مع كافة أنواع الجذور. والانتقال إلى مستوى أعمق يبين العلاقات القائمة بين الجذور والعناصر الصائتية والصيغ الصرفية.

ونتطلع إلى تطوير برنامج يسهم في معالجة النصوص العربية بشكل يحاكي ما يحدث في دماغ المتكلم العربي، انطلاقا من التصور التوليدي للقدرة والإنجاز، ولا يخفى على الباحثين والمهتمين أن مثل هذه البرامج تسعف في توظيفها في تطبيقات تعليمية، حيث يمكن برمجة تطبيقات تفاعلية تساعد على تعليم وتعلم المعجم العربي.

---

1 - أمثال: الفتاك (2023)، ودهاب (2023)، والرزاقي (2023)، وبغداد (2024)، وغيرهم...

2 - انظر: المودن، محمد، دراسة صرف-صواتية حاسوبية للمصادر الثلاثية المجردة الواردة في معجم لسان العرب لابن منظور، (2024)، أطروحة لنيل الدكتوراه في اللسانيات وقضايا اللغة العربية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط. ص9.

كما يمكن للبرنامج أن يكون مرجعا للباحثين في مجال الدراسات اللسانية، انطلاقا من توفير برامج تمكن من فحص فرضيات البحث، وتقديم نتائج بدقة وسرعة[1]، بدل البحث في المعاجم العربية الورقية الضخمة، وما يترتب على ذلك من استنزاف للجهد، وهدر للوقت، كما نتطلع إلى القدرة على تحليل بيانات ضخمة من العربية المعاصرة، مثل النصوص المنشورة على وسائل التواصل الاجتماعي أو المواقع الإلكترونية. وفي الأخير نعمل على إمكانية دمج البرنامج مع تقنيات الذكاء الاصطناعي. وهذا ما سنشتغل عليه في قادم الأبحاث.

خاتمة:

يتضح جليا، أن اعتمادنا نظرية هندسة السمات مدخلا أساسا لتطوير البحث الصرفي العربي، له ما يبرره. فقد حاولنا في هذا المقال بناء برنامج يحاكي ما يحدث في دماغ المتكلم العربي ليقوم بتوليد الجذور الثلاثية التي يسمح بها نظام اللسان العربي، بناء على قواعد صورية، على شكل دوال رياضية، مستنبطة من دراستنا لآليات تشكيل المفردة العربية، ويمكننا إجمالا تلخيص أهم ما توصلنا إليه في الآتي:

- إن المعالجة الآلية للمفردة في اللسان العربي تقتضي الإلمام بالنظريات الصرف صواتية ما بعد المعيار؛ لكون التوصيف العربي القديم لآليات تشكيل المفردات غير كاف، لأنه لم تكن دواعي لهفي زمن التقعيد.
- إن من شأن تطبيق مبادئ الصواتية الخطية أن يسفر عن استنباط قواعد صواتية تتحكم في تشكيل الجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار، وأنها قواعد قابلة للصورنة.
- توجد دوال تتحكم في تشكيل المفردة العربية انطلاقا من الكشف عن دالة تشكيل الجذور الثلاثية.
- برمجة برامج صرافية تحاكي ما يحدث في دماغ المتكلم العربي، انطلاقا من مبدأ اللسانيات التوليدية القاضي بكون عقل الإنسان أشبه بالحاسوب؛ إذ يعتمد على التوليد بدل الاستدعاء من معاجم مخزنة في الدماغ، من شأنه أن ييسر عملية تعليم العربية ورقمنتها، بشكل ينسجم وطبيعة التحديات المعاصرة.

---

1 - انظر: المودن، محمد .مقاربة صواتية للتوليد الآلي للجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار، (2023)، مجلة دليل الآداب واللغات، (2)، (2)، 9-25.

لائحة المصادر والمراجع:

باللغة العربية:

مقالات في مجلات:

- **المودن، محمد .(2023) .**مقاربة صواتية للتوليد الآلي للجذور الثلاثية في اللسان العربي المعيار. مجلة دليل الآداب واللغات، (2)، (2)، 9-25.

كتب:

- **ادروا، يوسف. (2013).** الأفعال المضعفة في اللغة العربية، دراسة صرف صواتية مستقلة القطع. عالم الكتب الحديث، الأردن.

- **ابن منظور. (ط2005).** معجم لسان العرب. دار صادر، بيروت.

- **الوادي، محمد. (2020).** أبحاث صرافية وصواتية في اللغة العربية. كنوز المعرفة، عمان.

أطاريح جامعية:

- **المودن، محمد، (2024)،** دراسة صرف-صواتية حاسوبية للمصادر الثلاثية المجردة الواردة في معجم لسان العرب لابن منظور، أطروحة لنيل الدكتوراه في اللسانيات وقضايا اللغة العربية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط.

- **الوادي، محمد. (2004).** بناء الجذر الصواتي في اللغة العربية. أطروحة لنيل دكتوراه الدولة في اللسانيات، جامعة مولاي إسماعيل، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، مكناس-المغرب.

باللغات الأجنبية

- Kenstowicz, and Kisseberth. (1979). Generative Phonology: Description and Theory. Academic Press.

- McCarthy, J. (1981). A prosodic theory of nonconcatenative morphology. Linguistic Inquiry, Vol. 12, No. 3.

- McCarthy, J. (1986). OCP Effects: Gemination and Antigemination. Linguistic Inquiry, Vol. 17, No. 2, p209.

- McCarthy, J. (1994). The phonetics and phonology of Semitic pharyngeals. In Phonological Structure and Phonetic Form: Papers in Laboratory Phonology III, 86.
- McCarthy, John J. (1991). Semitic gutturals and distinctive feature theory. In Bernard Comrie & Mushira Eid (eds.), Perspectives on Arabic linguistics III, 63–91. Amsterdam & Philadelphia: John Benjamins.
- Yip, Moira. (1988). Template morphology and the direction of association. Natural Language & Linguistic Theory, Vol. 6.