المعالجة الآلية للتنسيخ الصوتي

Machine process for phonetic transcription

سي بشير راشيد

[1] جامعة غليزان، si.rachid80@gmail.com

تاريخ الارسال 2024/01/05	تاريخ القبول 2024/06/11	تاريخ النشر 2024/12/15

الملخص		**Abstract**
شهدت الدّراسات الصّوتية منعطفًا فيصليًا على الصّعيد الإجرائي، وتبنّت أطروحات المعالجة الفيزيائية، ومجال الذّكاء الاصطناعي، وانتقلت إلى رحابة المنهج التّحليليّ العلميّ الذي أتاحه التّطوّر التّقني، فصار ممكنًا التّفكير في وضع إطارٍ لمحاكاةٍ بين العقل البشري والذّكاء الاصطناعي في مجال المعالجة الآلية للّغة، واستغلالها في عدة مجالات كتعليميّة اللّغاتِ. ومن هنا، نجد قضايا المعالجة الآلية للصّوت اللّغويّ قد حظيت بعدّة مجالات، كالتّعرّف الآلي على الأصوات العربيّة، وتحليلها وتحويلها إلى نصوص مكتوبة، وتحويل النّصوص الرّقمية إلى مقابلاتها الصّوتية، وبناء قواعد البيانات الصّوتية العربيّة، واستثمارها في تعليميّتها. ومن هنا جاء مقالنا هذا للتطرق إلى آليات المعالجة الآلية للتنسيخ الصوتي ومراحل تحليلها.		Phonological studies have witnessed a crucial turning point in the procedural level. They've adopted physical process theses and artificial intelligence field. So, they've been shifted towards the analytical scientific method, which has availed the technical development. Thus, it becomes possible to think of a framework to assimilate the human mind through artificial intelligence in the field of machine process for language, and it can be used for several fields including languages' didactics. On this basis, we find that machine process for the linguistic sound has several fields like: Arab sounds' machine recognition, analyzing them and transform them into written texts, transforming the digital texts into sounds, constructing Arab sounds' databases and investing them in Arabic didactics. So, our article addresses the mechanisms of machine process for phonetic transcription, the steps of analyzing them.

كلمات مفتاحية: الكتابة الصوتية؛ الصوت اللغوي؛ المعالجة الآلية؛ الخوارزميات		**Keywords :**phonetic transcription, linguistic sound, machine process, algorithms.

المؤلف المرسل: سي بشير راشيد، **الإيميل**: si.rachid80@gmail.com

1. مقدمة:

تعد البرمجة الحاسوبيّة حقلٍ جديدٍ متميّزٍ في البحث اللّسانيّ الحديث، يتولّى معالجة الظّواهر اللّغويّة حاسوبيًّا، من خلال تظافر جهود علماء اللّغة وعلماء الحاسوب، يظهر هذا التّلاقح العلمي في تعامل الحاسوب مع الظّواهر اللّغويّة تقريبًا كتعامل العقل البشريّ معها. لتكون معالجة اللّغات الطّبيعيّة آليًّا مركز الاهتمام والعناية، أين عمد الباحثون المختصّون إلى بناء برامج وأنظمة خاصّة، تهتم بالإفادة من معطيات الحاسوب في دراسة قضايا اللّسانيّات المتعدّدة والظّواهر اللّغويّة وفقًا لمستوياتها الصّوتيّة، والصّرفيّة، والنّحويّة، والبلاغيّة، والتّرجمة الآلية، وتعليم اللّغات وتحليل النّصوص المكتوبة والمنطوقة آليّا وغيرها، بغرض تحقيق أغراض نفعية.

على الرّغم من تباين وتفاوت أَغراض استخدامات الحاسوب، ومجالات اللّسانيّات الحاسوبيّة، إلّا أننا نرى أنّ من المجالات الأكثر استخداما مجال تعليميّة اللّغات، واللّغة العربيّة . بطبيعة الحال هي الأُخرى كان لها نصيبٌ في استثمار ما يوفّره الحاسوب من تقاناتٍ حديثة، وظّفت في تعليميتها للنّاطقين بها أو بغيرها.

إلّا أنّنا نسجّل في هذا السّياق، تأخّر البرمجيّات اللّغويّة العربيّة مقارنةً بنظيرتها الأجْنبيّة في مجال تعليميّة اللّغة وحوسبتها، وتيسير تعليميّتها خاصّةً للنّاطقين بغيرها، وهذا عائدٌ بالدّرجة الأولى إلى عزوف اللّسانيّ العربيّ عن هذه الأبحاث، وإن وجدت فأغلبها يكتفي بالمعرفة النّظريّة؛ متجاهلةً الجانب الإجرائيّ الذي يشكّل حجر الزّاوية في تعليميّة اللّغات. وبما أنّ اللّغة أَصوات، وهي اللّبنة الأُولى للدّراسات اللّغويّة، من الضّروريّ الاهتمام بالبعد الفونوتيكي بمعالجة الأصوات اللّغويّة آليّا؛ وفق توجّهاتٍ علميّة أبرزها: في تطبيقاتها الهندسيّة، نحو التّحليل الصّوتي الآلي، والتّوليد الآلي للأصوات، وتحويل الكلام المنطوق وغيرها.

عطفًا على ما سبق، ولأهمّية الصّوت اللّغويّ في تعليميّة اللّغة العربيّة للنّاطقين بغيرها من جهةٍ والطّلب المتزايد على تعلّمها من جهةٍ أخرى، انبثقت إشكاليةٍ البحث الرئيسة والمتمثلة في:

- **ما طبيعة المعالجة الآلية للصّوت اللّغوي؟**
- **ما هي الآليات التقنية المعتمدة لتحقيق ذلك وما تعلق بالتنسيخ الصوتي؟**

ولأجل ذلك اخترنا " **آليات المعالجة الآلية للتنسيخ الصوتي** " عنوانا؛ زاعمين أنّه كفيلٌ بلملمة حيثيات الإشكالية المطروحة. وتساوقًا مع مقتضيات موضوع بحثنا رصدنا الأهداف التي تروم هذه الدّراسة تحقيقها يمكن أن نجملها في ما يأتي:

1. الوقوف على علاقة اللّسانيّات الحاسوبيّة بتعليميّة اللّغات، خاصّةً اللّغة العربيّة.
2. معرفة أهمّ الأسس والمنطلقات التي ارتكزت عليها المعالجة الآلية للّغة.
3. استثمار المعالجة الآلية للصّوت اللّغويّ في تعليميّة اللّغة العربيّة للنّاطقين بغيرها.
4. آليات إنشاء برنامج حاسوبيٍ تطبيقيٍ لتعليميّة اللّغة العربيّة للنّاطقين بغيرها.

2.مفهوم التّنسيخ الصّوتي(*transcription phonétique*)

الأبجدية الصّوتية الدّولية أو ما يُعرف بالألفبائية الصّوتية الدّولية (***International Phonetic AlphabetIPA***) هي: «رموزٌ كتابيةٌ ونظامٌ لكتابة الأصوات، وضعته الجمعية الصّوتية الدّولية (جمعيةٌ أسّسها عام:1886م جماعةٌ من علماء الأصوات الأوروبّيّين) عام: 1989م، للتّعبير عن أصوات اللّغات وفونيماتها: وهي أبجديةٌ تستخدم الرّموز اللّاتينية أساسا، كما تُستعمل أيضا لأغراض الدّراسات الصّوتية، ومقارنة أصوات اللّغات بعضها ببعض...وقد أدخلت على هذا النّظام إضافاتٍ لاحقة، وهي اليوم النّظام المُعتمد للكتابة الصّوتية بين علماء اللّغة»[1]، من هنا اجتهد علماء اللغة على وضع إشارات ورموزا تقوم على رمز الحرف اللاتيني وذات دلالة صوتية تكون معيارا ونموذجا لكل اللّغات لتكون ضابطا للمنطوق فتجعل لكل صوت لغوى رمزا واحدا، يمكن استخدامها من طرف الباحثين والأكاديمين واستثمارها في تعليمية اللّغات، فيدرك المتعلم الأصوات اللغوية للغات غير لغته الأصلية.

ومن المرتكزات التي تقوم عليها الأبجدية الصّوتية العالمية هي «مبدإٍ آخرَ ينصّ على أنّه لا يجوز استخدام أكثرَ من رمزٍ واحدٍ للدّلالة على كلّ صوت»[2]، فهي تمثيل المنطوق برموز مقترضة من الألفبائية الصّوتية العالمية تمثيلاً صوتيًا دقيقا فالحاجة إلى هذا النّسخ هو اللّاتطابق بين المنطوق والمكتوب في كثيرٍ من اللّغات الطّبيعية.

3,الرّموز الصّوتية للأصوات العربيّة

الأصوات العربيّة هي أربعةٌ وثلاثون صوتا، منها ستّةٌ وعشرون صامتا، والصّوائت ستّة، وعلّتان.

أولا: جدول الصّوامت[3]

الرّمز الخطّي العربي	الرّمز الصّوتي	الرّمز الخطّي العربي	الرّمز الصّوتي
ء	ʔ	ص	ṣ
ب	B	ض	ḍ
ت	T	ط	ṭ
ث	Θ	ظ	ð̲
ج	J	ع	ʕ
ح	H	غ	ɣ
خ	X	ف	f
د	D	ق	q
ذ	Đ	ك	k
ر	R	ل	l
ز	Z	م	m
س	S	ن	n
ش	ʃ	هـ	h

جدول رقم*1*: جدول رموز الصّوامت

ثانيا: جدول الصّوائت

الصّوت	الرّمز الخطّي	الرّمز الصّوتي
الفتحة	ـَ	a

الضّمّة	ـُ	***u***
الكسرة	ـِ	***i***
الألف	ـَا	***a :***
الواو المدّية	ـُو	***u :***
الياء المدّية	ـِي	***i :***

جدول رقم*2*: جدول رموز الصوائت

ثالثا: علّتان

الصّوت	الرّمز الخطّي	الرّمز الصّوتي
الواو	وْ	***W***
الياء	يْ	***Y***

جدول رقم*3*: رموز العلّتان

وتختصر ضوابط النّسخ الصّوتي في مجموعة، منها على سبيل الذّكر:

- **لام التّعريف**: إذا دخلت (أل التّعريف) على الاسم، ولم تُلفظ لامها، وشُدّد الحرف الذي بعدها، سُمّيت (اللّام الشّمسية) [4].

وبها يُرمز للام التّعريف الشّمسية في اللّام كتابة الصّوتية إذا كانت في بداية الكلام برمز الصّوت الذي يليها.

- **الصّوت المُضعّف**: برمزٍ للصّوت المُضعّف برمزين من جنس الصّوت.
- **التّاء المربوطة**: هي التّاء التي تكون في أواخر الأسماء، وتُلفظ هاءً عند الوقوف عليها، وتكون في:
  - الاسم المفرد المؤنّث(غير ساكن الوسط)، مثل: حديقة.
  - جمع التّكسير الذي لا يوجد في مفرده تاءٌ مفتوحة مثل: دُعاة. [5]

ومن هنا يُرمز لها عند الوقف في الكتابة الصّوتية برمز الهاء، وفي الوصل برمز التّاء.

- **التّنوين:** التّنوين نونٌ ساكنةٌ تلحق بالأسماء لفظًا ولا تُكتب، ويكون على شكل ضمّتين أو فتحتين على آخر حروف الاسم النّكرة، أو على شكل كسرتين تحته، مثل: عالمًا-عالمٌ - عالمٍ[6]

ومن هنا يُرمز للتّنوين في الكتابة الصّوتية برمز النّون(***n***).

وتتجلّى أهداف تدريس الأصوات اللّغويّة العربيّة في**:**

- تقديم نماذج للأداء الصّوتي الحقيقيّ لأصوات اللّغة العربيّة.
- مساعدة المعلّم على أداء التّدريبات الصّوتية للنّاطقين بغير العربيّة خاصّةً في وجود اختلافٍ بين النّظام الصّوتي للغتهم الأولى والنّظام الصّوتي للعربية**.**[7]

4. آليات المعالجة الآلية وبرمجة الحاسوبية للتّنسيخ الصّوتي

إنّ التّداخل الحاصل بين التّقنيات المعلوماتية والعلوم اللّغويّة، ومحاولة توصيف اللّغة حاسوبيّا، نتج عنه فرعٌ لسانيٌ معاصرٌ يبحث في اللّغة على أنّها «ظاهرةٌ حاسوبيةٌ معلوماتيةٌ يمكن معالجتها في الحاسبات الإلكترونية»[8]، وهذا ما نسمّيه حاليًا اللّسانيات الحاسوبية، أو علم اللّغة الحاسوبي «الذي يبحث في اللّغة البشريّة كأداةٍ طيّعةٍ لمعالجتها في الآلة وتتألّف مبادئ هذا العمل من اللّسانيّات العامّة بجميع مستوياتِها التّحليلية، الصّوتية، النّحوية، والدّلالية ومن علم الحاسبات الإلكترونية ومن علم الذّكاء الاصطناعي وعلم المنطق ثمّ علم الرياضيّات»[9]، وهى من العلوم البينيّة الحديثة تُستمدّ أسسها ومبادئها من علمي اللّسانيّات وعلم الحاسوب، فكان تركيب مصطلح هذا العلم من لفظين لهذين العلمين، وكانت بداياتها ترتكز على التّرجمة الآلية وبعدها تطوّرت وشملت جلّ الظّواهر اللّغوية الأخرى.

للقيام بخوارزميات والبرمجة الخاصّة بالتّنسيخ الصّوتي يجب مراعاة ضوابط الكتابة الصّوتية ونذكر أهمها:

- الصّوت المشدّد يرمز له برمزين من جنس الصّوت.
- لام التّعريف الشّمسية يرمز لها برمز الصّوت الذي يليها إذا كانت في بداية الكلام، وتحذف ال التّعريف في الوصل.

- تنطق التّاء المربوطة هاء عند الوقف وتاء في الوصل.
- التّنوين يرسم بنون. (10)

من هنا لا بُدّ من برمجة الحاسب الآلي ليحمل المعرفة اللّسانية للكتابة الصّوتية العالميّة وضوابطها ليصل إلى النّتيجة نفسها، ولهذا سنقوم بإنشاء خوارزميات تراعي الضّوابط المتعلقة بهذا وترجمتها إلي لغة الآلة.

1.4.الصّياغة الصّورية للتّنسيخ الصّوتي.

النّمذجة (***Modeling***) هي مرحلة أساسية وضروريّةً لنجاح المعالجة الآلية وهي «مبدأٌ أو تقنيّةٌ تمكّن الباحث من بناء نموذجٍ لظاهرةٍ أو لسلوكٍ عبر إحصاء المتغيّرات أو العوامل المفسّرة لكلّ واحدةٍ من هذه المتغيّرات: فهي مسلكٌ علميٌ يمكّن من فهم الأنساق المركّبة والمعقّدة، عبر خلق نموذجٍ يكون بنيةً صوريّةً تعيد إنتاج الواقع افتراضيّا»(11).

وإنّ الهدف من الصّياغة الصّورية إنشاء تمثيلٍ منطقيٍّ أو رياضيٍّ لظاهرة ما أو عمليّةٍ معيّنة، وهي إخضاع قواعد اللّغة بواسطة رموزٍ رياضيةٍ لدراسة أيّ تركيبٍ لغويٍّ من أجل برمجته آليا، فهي قوانين لضبط وحداتها شكلاً والوظيفة، أو بصورةٍ أخرى هي العمل على إنشاء تمثيلٍ منطقيٍ أو رياضيٍ لظاهرةٍ ما أو عمليّة معيّنة، وذلك لبناء نظام الحوسبة لهذه الظّاهرة، ومن هنا تكون الصياغة الصورية للكتابة الصوتية كالآتي:

الكتابة الصّوتية للصّوامت والصّوائت	
C^{IAP} رمز الكتابة الصّوتية للصامت V^{IAP}رمز الكتابة الصّوتية للصّائت	$C = C^{IAP}$ $V = V^{IAP}$
الصّوت المشدّد	

C^2 هو الحرف المشدّد. V الحركة المولية. إذا كان الحرف مشدّد يكتب الصّامت ثمّ الصّامت تليه الحركة (الصّائت).	$C^2V = C^{IAP}C^{IAP}V^{IAP}$ C^2 V = C^IAP C^IAP V^IAP
التاء المغلقة	
$t]$: التّاء المغلقة ∞ رمز للوقف (نهاية الكلمة والجملة) $\propto$ رمز للوقف (وقف ويوجد بعدّة كلمات) $\vee$ رمز (أو)	$\left\{\bigvee_{t]\propto}^{t]\infty}\square\right\} = h$ $\{\blacksquare(\vdash t]\infty@\vee@\vdash t]\propto)\} = h$
التّنوين	
C رمز الصّامت V^2 رمز التّنوين $'n'$ رمز كتابة حرف النّون	$C + V^2 = C + V + 'n'$

2.4. خوارزميات التّنسيخ الصّوتي:

تعّد مرحلة إعداد الخوارزميّات المرحلة التّمهيديّة للبرمجة الحاسوبيّة، وفي الوقت نفسه ترتكز على ما أنجز في مرحلة النّمذجة الصّورية وتُعرّف على أنّها « مجموعةٌ متتاليةٌ من العمليات المعرفة والمعدودة اللّازمة لإنجاز عملٍ أو حلّ مسألةٍ ما والحصول على نتيجةٍ صحيحة»[12]، وبمعنًى آخر هي طريقةٌ للتّفكير والتّحليل التي يلزم اتّباعها حتّى يتمّ كتابة الأوامر في لغة البرمجة بشكلٍ صحيح، لأنّها

«تعتمد على ثلاثة مبادئ أساسية هي التّسلسل والاختيار والتّكرار، تمامًا كما يفعل دماغ الإنسان البشريّ، فهو يحاول ترتيب وتنظيم أفكاره ويجعلها متسلسلة»[13].

وبالتّالي إعداد الخوارزميات ضروريّةٌ للتّحليل، حيث تقوم بتحليل البيانات الموصّفة للظّاهرة اللّغويّة، وهي القاعدة الأساس التي تُبنى عليها المعالجة الآليّة للّغة وبناء وتصميم البرامج، فهي توصيفٌ دقيقٌ لخطوات إنجاز برنامجٍ تطبيقيٍّ حاسوبي.

وتصاغ الخوارزميّات بطرق عديدة، أهمها:[14]

- كتابتها باللّغة الطّبيعيّة، كاللّغة العربيّة أو الانجليزية.
- صياغتها بطريقةٍ بيانيةٍ بواسطة المخطّطات التّدفقية (التّمثيل الرّسومي).
- صياغتها باستخدام لغةٍ رمزيةٍ خاصّة.

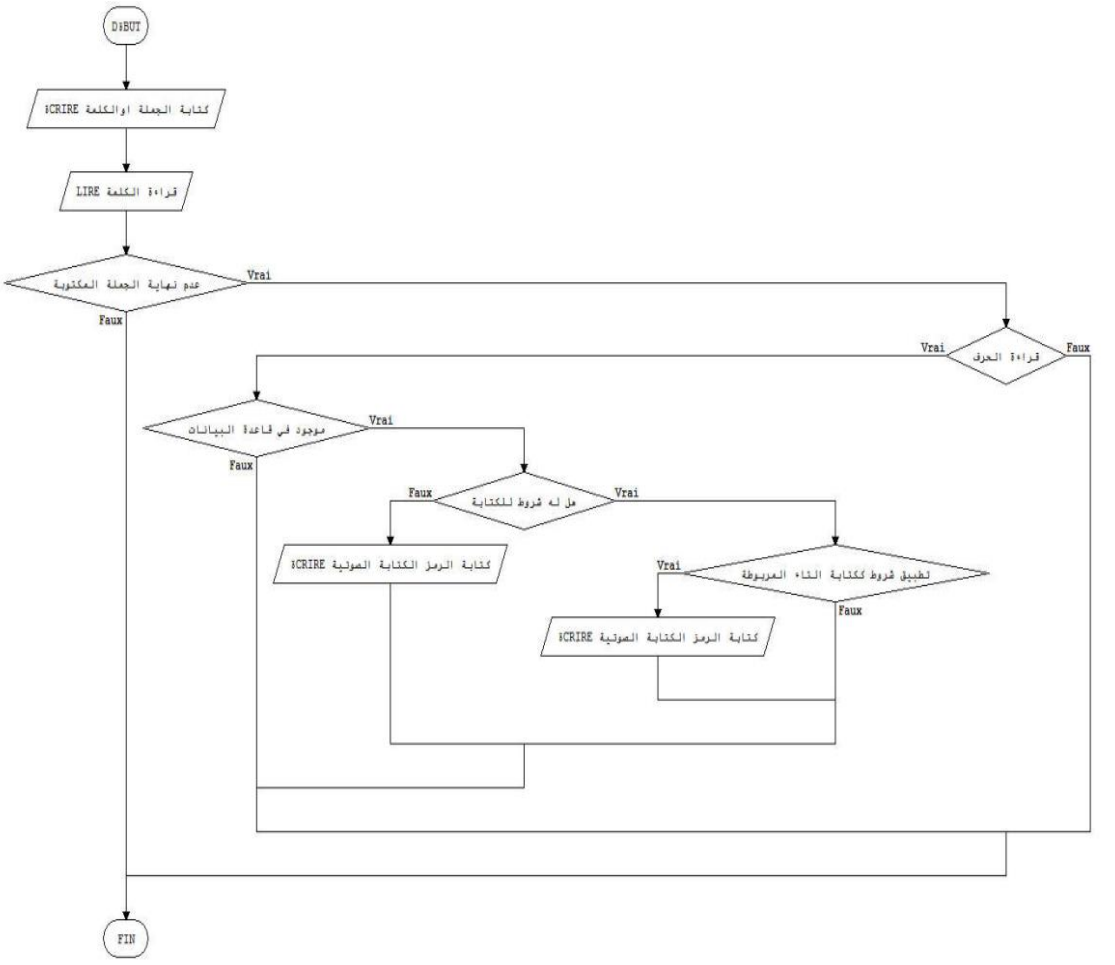
وبالإضافة إلى ذلك نعتمد في تصميم الخوارزميّات الخاصّة بالظّواهر اللّغويّة على عدّة خطوات، وهذا بعد تحليل الظّاهرة، ومعرفة وحصر المادّة وكلّ ما يتعلّق بها، ومن أهمّ هذه الخطوات:

–تحديد المُدخلات المتعلّقة بالظّاهرة اللّغويّة.

– تحديد المُخرجات أي النّتائج التي نريد الوصول إليها.

– تحديد طريقة المعالجة وهي الأوامر المنطقية والإجراءات التّي نقوم بها على المدخلات حتى نصل إلى المخرجات.

الخوارزميّة هي مجموعةٌ من الخطوات المتسلسلة يتمّ تطبيقها على مجموعةٍ من المُدخلات ***Inputs***، للوصول إلى المُخرجات ***Output*** التي تعدّ نتيجةً وحلًّا للمشكلة المعالجة. والمخطط الآتي يبين لنا عمل خورزمية الخاصة بالتنسيخ الصوتي.


DéBUT
كتابة الجملة اوالكلمة ECRIRE
قراءة الكلمة LIRE
عدم نهاية الجملة المكتوبة
Vrai
Faux
قراءة الحرف
Vrai
Faux
موجود في قاعدة البيانات
Vrai
Faux
هل له شروط للكتابة
Faux
Vrai
كتابة الرمز الكتابة الصوتية ECRIRE
تطبيق شروط ككتابة التاء المربوطة
Vrai
Faux
كتابة الرمز الكتابة الصوتية ECRIRE
FIN

أمثلة عن نتائج الخوارزمية		
المدخلات	**المخرجات**	**الضوابط**
كلمة أو جملة.	الكتابة الصّوتية للمدخلات.	
بَيْتٌ	***[baytun]***	التنوين
اَلْشَّمْسُ	**[ʔaʃʃamsu]**	لام الشمسية، وصوت الشين مشدد
كَتَبَ	***[kataba]***	
اَلْقَمَرُ	**[ʔalqamaru]**	لام القمرية
مَدْرَسَة	***[madrasah]***	الوقف عند التاء المغلقة

في هذه الخوارزمية يتمّ:

- كتابة الأصوات اللّغوية.
- تطبيق ضوابط الكتابة الصّوتية.

3.4. قاعدة البيانات للتّنسيخ الصّوتي

حوسبة اللّغة قائمةٌ على إدراج قواعد اللّغة الطّبيعية بمختلف قوانينها في قواعد بياناتٍ رقميةٍ دقيقةٍ في جهاز الحاسوب لتمثيل النّظام اللّغوي.

قاعدة البيانات هي مجموعة المعلومات، والبيانات المُخزّنة بطريقةٍ نموذجيةٍ ودون تكرارٍ، والمتّصلة مع بعضها البعض؛ مفصولةً عن البرامج والتّطبيقات التي تقوم بمعالجة هذه البيانات، ويمكن تسييرها كالاسترجاع، والتّحديث، والحذف والإضافة، وفق نظامٍ يسمّى نظام إدارة قاعدة البيانات (***DBMSDatabase Managemen Information System***)، وتتكون بنية هيكل قاعدة البيانات من جداول مرتبطة فيما بينها إمّا عن طريق نماذج علائقية(***relationalmodel***)أو شبكية(***network model***)،أوهرمية(***hierarchical model***، وكلّ جدولٍ يحوي مجموعةً من

أعمدة ***Columns*** تمثّل الحقول ***Fields*** ولكلّ حقلٍ نوعٌ خاصٌّ بالبيانات، وصفوف ***Rows*** تمثّل السّجلات ***Records***، وبهذا يعدّ نظام قواعد البيانات من الأساسيات في الحوسبة.

قاعدة البيانات للتّنسيخ الصّوتي هي إدخال كل الرّموز الصّوتية للأصّوات اللّغوية العربيّة في جداول لقاعدة البيانات، كل جدول يحوى مجموعةٍ من الحُقول كلّ حقلٍ له ميزته

الحقل	نوعه
الصّوت اللّغوي العربي	نصي
رمز الكتابة الصوتية	نصي

وقد وضعنا سابقا الرموز الخاصة بالأصوات العربية، نذكر بعضها الآن:

الرّمز الخطّي العربي	الرّمز الصّوتي
ء	***ʔ***
ب	***B***
ت	***T***
ث	***Θ***
ج	***J***
ح	***H***
خ	***X***

4.4. كتابة الأوامر البرمجية لتنفيذ خوارزمية الكتابة الصّوتية.

تعرّف لغة البرمجة على أنّها «مجموعةٌ من التّعليمات والأوامر، تُكتب وفق مجموعةٍ من القواعد وتُستعمل لبناء برامج والاتّصال بالكمبيوتر بغرض تنفيذ العمل المطلوب»[15]، وتعتمد لغة البرمجة على مجموعةٍ من المصطلحات والدّوال، ومن أكثر اللّغات شيُوعًا واستخدامًا نذكر منها:

- لغة: ***C++***
- لغة:الجافا ***Java*** أهمّ مميّزاتها، أنّها تدعم إنشاء التّطبيقات بالأصوات، والرّسومات.

- لغة ***HTML***: تتميّز بإمكانياتها العالية، تستخدم في تصميم صفحات المواقع الإلكترونيّة.
- لغة ***PHP***: تُستخدم في إنشاء تطبيقات الإنترنت.
- لغة ***pascal*** باسكال: تُستخدم في مجال التّدريس بالشّكل الأكبر.
- لغة بايثون ***python***: من اللّغات الأكثر استعمالاً وأكثر تطوّرًا، تُستعمل في الذّكاء الاصطناعي.
- لغة الدّلفي ***delphi*** : تُستعمل في شتّى المجالات تعتمد على تسيير قواعد البيانات.

تستعمل العديد من الأوامر والدّوال في البرمجة سنذكر بعضها في الجدول الآتي:

الرقم	الأمر أو الدالة	دواعي الاستعمال
.1	***And***	دالة منطقية (و)
.2	***Begin***	في بداية مجموعة من الأوامر
.3	***Case***	لوضع شروط معينة.
.4	***Copy***	لاستخراج سلسلة من الحروف من جملة أو نص.
.5	***End***	في نهاية الأومر
.6	***For***	لتكرار الأوامر.
.7	***If***	لوضع شروط.
.8	***IF***	دالة شرطية.
.9	***Integer***	خاصة بالمتغيرات العددية (الأعداد الطبيعية)

.10	***Lenght***	حساب عدد الحروف في الجملة أو النص.
.11	***Lines***	لتحديد سطر الكتابة.
.12	***Or***	دالة منطقية (أو)
.13	***Pos***	معرفة موقع (ترتيب) الحرف في الجملة أو النص.
.14	***ShowReport***	لعرض ورقة خاصة بالطباعة
.15	***String***	خاصة بالمتغيرات النصية
.16	***Strtoint***	لتحويل الكتابة إلى أعداد(تستعمل في الإحصاء)
.17	***Var***	للتعريف بالمتغيرات
.18	***Visible***	لإظهار العناصر واخفاءها
.19	***While***	لتكرار الأوامر.

جدول رقم4: أهمّالدوال والأوامر المستخدمة في البرمجة.

5.خاتمة

في ختام هذه الرّحلة البحثيّة توصّلنا إلى مجموعةٍ من الملاحظات والنّتائج الجوهرية، نُوردها في النّقاط الآتية :

- استطاعت الدّراساتُ الحديثة البينيّة الجمع بين مصدرين، تمثّلا في الذّهن–الذّكاء البشري–، والآلة–الذّكاء الاصطناعي–، فبفضل علم الذّكاء الاصطناعي القائم على الحوسبة والرّقمنة والمعالجة الآليّة للّغات الطّبيّعية انبثقت عنه "اللّسانيّات الحاسوبيّة " التي شكّلت بدورها مرتكزًا أساسيًا ومسارًا تحوّليًا في الدّرس اللّغويّ الحديث.

- إنّ النّموذج اللّسانيّ الحاسوبيّ يمثّل تيّارًا بحثيًا بينيًّا، تعاضدت فيه عدّة مجالاتٍ، الأمر الذي فرض على الباحثين في هذا المجال امتلاك أساسيته وضوابطه بغية التّحكم في معطيات الحوسبة للتّمكّن من فهم آليات المعالجة الآلية للّغة العربيّة.
- تتّسم اللّغة العربيّة بطواعيتها للحاسوب، نظرًا لخصائصها التي تميّزها عن اللّغاتِ الأخرى، والتي تجعل اللّغة العربيّة قابلةً للمعالجة الآلية، وذلك وفقًا للمستويات اللّغويّة، بدايةً بالصّوت وصولاً إلى الدّلالة.
- إجرائية معالجة الأصوات اللّغويّة العربيّة والتنسيخ الصوتي تتطلّب تضافر جهود علماء اللّغة وعلماء الحاسوب؛ من أجل وضع قواعد وأسس علميّة دقيقة، والاستعانة بالأجهزة المتطوّرة، والبرامج المعدّة لذلك، ووضع قواعد بيانات معيارية تتماشي مع كلّ البحوث العلمية في هذا المجال، واستثمارها في تعليميّة اللّغة العربيّة للنّاطقين بها وبغيرها.

6, قائمة المراجع:

الكتب.

1. رشدي أحمد طعيمة، (1985م)، دليل عملٍ في إعداد موادّ التّعليميّة لبرامج تعليم العربيّة، مكّة المكرّمة
2. زهدري أبو خليل، (1998م)، الإملاء الميسّر، دار أسامة للنّشر عمّان ط1
3. سليمان عيدة المحمّدي، (2018)، الخوارزميات ومبادئ البرمجة **Fortorn** جامعة دمار كلّية الهندسة
4. سهام موساوي وآخرون، (2021)، المعالجة الآلية للّغات الطّبيعية اللّغة العربيّة نموذجا، ألفا للوثائق للنّشر والتّوزيع، عمّان الأردن ط1
5. شحدة فارع وآخرون، (2006)، مقدّمةٌ في اللّغويات المعاصرة، دار وائل للنّشر، عمّان، ط3
6. شحدة فارع وآخرون، مقدّمةٌ في اللّغويّات المعاصرة
7. طانيوس جوزيف، (2012) المعلوماتية واللّغة العربيّة والأدب والحضارة (الرّقم والحرف)، المؤسّسة الحديثة للكتاب، لبنان، لبنان، ط1،
8. كمال بشر، (2000)، علم الأصوات، دار غريب، القاهرة
9. محمود مصطفى خليل، (2018)، إسناد الأفعال إلى الضّمائر في ضوء اللّسانيّات الحاسوبية، دار جليس الزّمان، ط4
10. منال أبو الحسن، (2014)، الصّوتيات علمٌ وفنٌّ تدريبٌ وممارسة،. دار النّشر للجامعات، القاهرة، ط1

المقالات

1. عبد الرّحمن محمّد طعمة، الأبستمولوجيا التّكوينية للعلوم: مقاربةٌ بينيّةٌ للنّموذج اللّسانيّ المعاصر، مجلّة اللّغة العربيّة المجلس الأعلى للّغة العربية،العدد:38،(ص: 13-66).
2. عبدالرّحمن بن حسن العارف، (2007)، توظيف اللّسانيّات الحاسوبية في خدمة الدّراسات اللّغويّة العربية –جهود ونتائج، مجلّة مجمع اللّغة العربية الأردني، الأردن، العدد 73

7.الهوامش

1-منال أبو الحسن، (2014)، الصّوتيات علمٌ وفنٌّ تدريبٌ وممارسة. دار النّشر للجامعات، القاهرة، ط1، ص: 26.

2-شحدة فارع وآخرون، (2006)، مقدّمةٌ في اللّغويات المعاصرة، دار وائل للنّشر، عمّان، ط3، ص:57.

3-يُنظر: شحدة فارع وآخرون، مقدّمةٌ في اللّغويّات المعاصرة، ص-ص:61-63.

4-يُنظر: زهدري أبو خليل، (1998م)، الإملاء الميسّر، دار أسامة للنّشر عمّان ط1، ص: 12.

5-يُنظر: المرجع نفسه، ص: 17.

6-يُنظر: المرجع نفسه، ص: 22.

7-رشدي أحمد طعيمة، (1985م)، دليل عملٍ في إعداد موادّ التّعليميّة لبرامج تعليم العربيّة، مكّة المكرّمة، ص: 317

8محمود مصطفى خليل، (2018)، إسناد الأفعال إلى الضّمائر في ضوء اللّسانيّات الحاسوبية، دار جليس الزّمان، ط4، ص: 5.

9-عبدالرّحمن بن حسن العارف، (2007°، توظيف اللّسانيّات الحاسوبية في خدمة الدّراسات اللّغويّة العربية –جهود ونتائج، مجلّة مجمع اللّغة العربية الأردني، الأردن، العدد 73، ص:18.

10- ينظر: كمال بشر، (2000)، علم الأصوات، دار غريب، القاهرة، ص:639.

11-عبد الرّحمن محمّد طعمة، الأبستمولوجيا التّكوينية للعلوم: مقاربةٌ بينيّةٌ للنّموذج اللّسانيّ المعاصر، مجلّة اللّغة العربيّة المجلس الأعلى للّغة العربية،العدد:38،(ص: 13-66)، ص-ص: 35-36.

12-سليمان عيدة المحمّدي، (2018)، الخوارزميات ومبادئ البرمجة **Fortorn** جامعة دمار كلّية الهندسة، ص: 29.

13-سهام موساوي وآخرون، (2021)، المعالجة الآلية للّغات الطّبيعية اللّغة العربيّة نموذجا، ألفا للوثائق للنّشر والتّوزيع، عمّان الأردن ط1 ص:40.

14-سليمان عيدة المحمّدي، الخوارزميّات ومبادئ البرمجة **Fortorn**، ص: 30.

15-طانيوس جوزيف، (2012) المعلوماتية واللّغة العربيّة والأدب والحضارة (الرّقم والحرف)، المؤسّسة الحديثة للكتاب، لبنان، لبنان، ط1، ص:158.