مجلة طبنـــة للدراسات العلمية الأكاديمية ISSN 2661-7633 / EISSN 2716-8883

السنة: 2024 المجلد: 07 العدد: 01 ص.ص: 64-84

عنوان المقال: ملامح تاريخية و تقنيات حاسوبية لتيسير الكتابة العربيّة

ملامح تاريخية و تقنيات حاسوبية لتيسير الكتابة العربيّة

Historical Features and Computing Techniques for Facilitating Arabic Writing

غراوي فتيحة[1*]، المركز الجامعي بريكة (الجزائر)، fatiha.gheraoui@cu-barika.dz

بيرش رضا[2]، المركز الجامعي بريكة (الجزائر)، Ridha.bireche@cu-barika.dz

تاريخ إرسال المقال: 10-01-2024 تاريخ قبول المقال: 12-02-2024

الملخص: في هذه الدّراسة تمّ استكشاف جوانب تاريخيّة عن تطور الكتابة العربيّة منذ بدايتها من خلال الجهود التّاريخيّة والمعاصرة التّي بذلها العلماء من أجل تحسين وتطوير الكتابة العربيّة، وقد لعبت حوسبة الأحرف العربيّة دورا محوريّا في الدّراسة، حيث تمّ الوقوف على أبرز النقائص والإشكالات التي تقف حائلا أمام حوسبة الكتابة العربيّة و أهمّ المساعي لتطوير تّقنيات تساعد على استخدام الأحرف العربيّة في الأنظمة الرّقميّة، وتقييم التّقدّم في تقنيات التّعرّف الحاسوبي على الكتابة العربيّة و اسهاماتها الجبّارة في تحويل الخطّ اليدوي إلى نصّ رقمي عن طريق الشّبكات العصبيّة الاصطناعيّة، أو تحويل الخط المطبوع إلى نص رقمي بواسطة ما يعرف بنماذج ماركوف المخفية التّي تعدّ نوعا من المعالجات الرّياضيّة الاحتماليّة ، وكل هذا يبرز أهميّة الكتابة العربيّة كجزء لا يتجزّأ من الهويّة الثّقافيّة العربيّة وكيف لها أن تحافظ على تراثها مع مواكبة التّطورات التكنولوجيّة الحديثة.

الكلمات المفتاحية: الكتابة العربيّة، التقنيات الحاسوبيّة، التّعرّف الآلي.

Abstract: This study explored the historical aspects of the evolution of Arabic writing since its beginnings by looking at the historical and contemporary efforts made by scholars to improve and develop Arabic writing. Computerization of Arabic letters played a pivotal role in the study, where the most prominent shortcomings and problems hindering the computerization of Arabic writing were identified, as well as the most important efforts to develop technologies that help use Arabic letters in digital systems. The study also evaluated progress in computerized recognition of Arabic handwriting by converting handwritten text to digital text using artificial neural networks, or converting printed text to digital text using Hidden Markov Models, which are a type of probabilistic mathematical processing. All of this highlights the importance of Arabic writing as an inseparable part of the Arab cultural identity, and how it can preserve its heritage while keeping up with modern technological developments.

[1] غراوي فتيحة.

Key words: Arabic writing, computer technologies, optical character recogniti

مقدمة:

الكتابة صنع بشريّ ظهر إلى الوجود متأخّرا إذا قورن باللغة، تمكّن الإنسان من خلالها أن يرسم الحرف اللّغوي و أن يتمثّل علاقة الأثر بالفكر وعلاقة اللّفظ بالمعنى وأن يضفي عليه إبداعاته وتصوّراته، وبما أنّ الكتابة ابتكار إنساني فإنّها لا تخرج كغيرها من منجزاته عن أرضيّة النّشأة والتدرّج في النّمو مثلها مثل باقي الموجودات إذ مرّت بمراحل عدّة لتشكّلها بدءا من المرحلة التّي انطلقت فيها من البساطة والعموم إلى مراحل النّضج التي برزت فيها ملامحها الوجودية لترتقي فيما بعد سلّم الفنّ والإبداع ببعد جماليّ غاية في الهندسة وأنواع الفنون .

وبنفس الخطوات وصل الحرف إلى مستوى المعالجة الحوسبيّة ففي بدايات ظهور الحواسيب لم تكن آلياتها وبرامجها قادرة على استيعاب تفاصيل الحرف العربي و ما تميّز به من الأشكال المنحنية و المتصلة التي ترسمها اليد البشرية، فكان هذا دافعا للنهوض بها ورصّ خطوطها المستقيمة ومنحنياتها وتقوّساتها الدّائريّة في مجموعة من النقاط ومقاربتها صناعيّا، لتتولّد بهذا حواسيب وبرامج متطوّرة تحاكي إلى حدّ بعيد الكتابة البشريّة لدرجة أنّه يصعب في كثير من الأحيان التّمييز بين ما كتبته الأنامل البشريّة وما حاكته البرامج الآليّة.

وبناء على ما سبق فإنّ هذه الورقة البحثيّة ستقف على مراحل نشأة الخطّ العربي منذ نشأته حتى حوسبته واستكشاف أهم النّقائص والإشكالات التيّ ميّزت الخط العربي عن غيره من الخطوط، والتي شكّلت عائقا أمام سهولة استخدام الحروف العربيّة في الأنظمة الحاسوبيّة و التي من بينها تقنيات و أساليب التّعرف الآلي على الحرف العربية اليدوي والمطبوع كتقنية الشّبكات العصبيّة الاصطناعية ونماذج ماركوف المخفية القائمة على المعالجة بترميزات رياضية، وكذلك أهم المساعي والمجهودات المنجزة لحوسبة المحارف العربيّة ومدى تأثير هذه التطوّرات على القراءة والكتابة باللّغة العربيّة في العصر الرّقمي، والإشكاليّة الأساسيّة لهذا البحث تمثلت أساسا في مدى تأثير التّطورات التّقنيّة على جوهر و أصالة الكتابة العربيّة، ومدى وجوب التّوفيق بين الحفاظ على تراثها الثريّ وبين التّكيّف ومسايرة المتطلّبات التكنولوجيّة الحديثة والمعاصرة، وقد تمّ اتّباع المنهج الوصفي التّحليلي للجمع بين الملامح التّاريخيّة للنّشأة الكتابيّة التّعرف على الأساليب التقنيّة على الحروف العربيّة، والغرض منه هو تقديم رؤية شاملة تغطّي كل الجوانب المتعلّقة بموضوع البحث.

المبحث الأول: ملامح تاريخيّة لتطوّر الكتابة العربيّة:

المطلب الأوّل: نشأة الكتابة العربيّة:

عرفت العرب الكتابة قبل الإسلام نتيجة اتّصالهم بالأمم المتحضّرة في بلاد اليمن وتخوم الشّام، فأقام الأنباط –مثلا– ممالكهم على أطراف بلاد الشّام في النّاحيّة الشّمالية الغربيّة من شبه الجزيرة العربيّة (169 ق م –106م)، واتّخذت البتراء "سلع" عاصمة لها، وكانت لهم صلات بالأراميين، فتأثّروا بهم وتحدّثوا لغتهم، واستنبطوا لأنفسهم خطّا خاصّا بهم عرف بالخطّ النبطي، اشتقّ منه عرب الشّمال الخط الأنباري والخط الحيري، أو الخط المدوّر والخط المثلّث.

والمتأمل في تاريخ الكتابة العربيّة يجد أنّها قد مرّت بثلاث مراحل هي[1]:

–مرحلة النّشأة التي تمتدّ حتى ظهور الإسلام، ومرحلة الاستخدام الواسع وتمتدّ حتى بُعيد منتصف القرن الثّاني الهجري، ثمّ مرحلة تقعيد الإملاء. وكما هو معلوم أنّ الإسلام في بدايته شجّع على تعلّم الكتابة داعيا إليها بشتى الطّرق حتى أنّ الرسّول صلّى الله عليه وسلّم جعلها مقابلا لفكّ أسر قريش في بدر لمن علّم عشرا من صبيان المدينة الكتابة، فراجت الكتابة في عصره –صلّى اللّه عليه وسلّم – حتّى بلغ عدد كتاب الوحي أكثر من أربعين كاتبا .وتعدّ الحجاز أوّل بلاد العرب معرفة للكتابة، و كانت قريش في مكة، وثقيف في الطّائف أكثر القبائل شهرة بها، فمن أبنائها اُختير كتّاب صحف أبي بكر الصّديق – رضي اللّه عنه –، و كان عمر بن الخطّاب – رضي اللّه عنه – يقول كما روى جابر بن سمرة: لا يملين في مصاحفنا هذه إلاّ غلمان ثقيف، وعندما جمع عثمان بن عفّان –رضي اللّه عنه – مصاحفه قال: اجعلوا المملي من هذيل، والكاتب من ثقيف[2].

لتأتي بعد هذه المرحلة، مرحلة التّقعيد وهي المرحلة التي تأثّرت بالقواعد الصّرفيّة والنّحوية، ممّا جعل الإملاء العربي في مواضع كثيرة، يشير إلى قواعد النّحويين أكثر ممّا يصف واقعا كتابيّا ملموسا[3]، حتّى رأى بعض الباحثين المعاصرين أنّ اللّغة العربيّة مكوّنة من ثلاثة أنظمة هي[4]: النّظام الصّوتي والنّظام الصّرفي والنّظام النّحوي، وقائمة من الكلمات التّي لا تنتظم في جهاز واحد، و أنّ هذه الأنظمة تكون معينا صامتا، فإذا أردنا أن نتكلّم أو أن نكتب، نظرنا في هذا المعين الصّامت فوضعنا محتوياته في حالة عمل وحركة، فأخذنا منه الكلمات ورصفناها على شروط الأنظمة، أي بحسب قواعد اللّغة .

وما هو مؤكّد أنّ الإملائيين العرب أنفسهم كانوا نحويين وصرفيين، لذلك لم يفصلوا قواعد الإملاء – عند وضعهم لقواعد الإملاء – الكتابة عن اللّغة، ولم يفصلوا قواعد الإملاء عن قواعد اللّغة، بل إنّهم أقحموا

قواعد اللّغة في الكتابة والإملاء، ممّا جعل الإملاء العربي في مواضع كثيرة يشير إلى قواعد النّحويين أكثر ممّا يصف واقعا كتابيّا ملموسا[5].

وما هو متعارف عليه أنّ اللّغة العربيّة قدوا جهت إشكالات كثيرة على مرّ الأزمان أهمّها الإشكالات في مسألة الخط الذّي تكتب به، خاصّة بعد الفتوحات الإسلاميّة واعتناق الأعاجم للإسلام والرّغبة الجامحة لحفظ كتاب اللّه، ونظرا لتفشّي اللّحن إرتأى أهل العربيّة أن يحسّنوا الكتابة العربيّة من أجل قراءة القرآن قراءة صحيحة و من أجل جماليّة الخطّ .

المطلب الثاني: مراحل إصلاح الخط العربي منذ ظهور الإسلام:

بناء على هذا مرّ إصلاح الخط العربي منذ ظهور الإسلام بثلاث مراحل أساسيّة تمثّلت في[6]:

-**الإصلاح الأوّل:** تمثّل أساسا في وضع الحركات الإعرابيّة في أواخر الكلمات، ويرجع الفضل في ذلك إلى أبي الأسود الدّؤلي الذّي وضع النّقط على الحروف للدّلالة على الفتحة والكسرة والضّمة في أواخر الكلمات، والتي كان الغرض منها حفظ ألسنة غير العرب من اللّحن في قراءة القرآن الذّي يفسد المعنى ويغيّره، و بقي الأمر كذلك إلى أن جاء الخليل بن أحمد الفراهيدي، فوضع نظاما جديدا للحركات.

-**الإصلاح الثّاني:** وفي تمّ إعجام الحروف المتشابهة، وكان ذلك في خلافة عبد اللّه بن مروان في أواخر القرن الأوّل الهجري، إذ قام يحي بن يعمر و نصر بن عاصم بوضع الإعجام بمعنى النّقط عندما كثر التّصحيف في العراق، حينئذ فزع الحجّاج بن يوسف إلى كتّابه وطلب منهم أن يضعوا لهذه الحروف المتشابهة في الرّسم علامات تميّز بعضها عن بعض، فوضع نصر و يحي الإعجام (النّقط)، ونقطت الحروف بنفس مداد الكتابة لأنّ نقط الحرف جزء منه .

-**الإصلاح الثالث:** جاء هذا الإصلاح بعد أن اختلط الأمر على القارئ بين نقاط الإعجام ونقاط الحركات القصيرة، فأوجد الخليل فكرة إبدال نقاط الحركات، إذ بدّل شكل الحركات من النّقاط المتشابهة في الرّسم إلى صور مأخوذة من أشكال حروف العلّة، فالضّمة صارت عبارة عن حرف واو صغيرة توضع في أعلى الحرف المطلوب ضمّه، لئلاّ يلتبس بالواو الطويلة الاعتيادية، وجعل ياء صغيرة تحت الحرف مباشرة للدّلالة على الكسرة أو الخفض، وجعل الفتحة حرف ألفٍ منبطحة أو مائلة توضع فوق الحرف المطلوب فتحه، وجعل علامة السّكون أو الجزم دائرة صغيرة مفتوحة الوسط، مأخوذة من حرف الميم[7].وهكذا أخذ الخط العربي يتطوّر باستمرار على يد الخليل بن أحمد فهو أوّل من وضع الهمز والتّشديد[8].

ومهما يكن فإنّ التطوّر الذي عرفه الخط العربي عبر الأزمان المتعاقبة إنّما كان الهدف منه تسهيل كتابته وقراءته على الأعاجم وهذه الإصلاحات جاءت نتيجة لما تميّز به الخطّ العربي من نقائص و إشكالات حاول أن يتخلّص من بعضها خلال حقب زمنيّة مضت، ولا يزال إلى يومنا بحاجة إلى إصلاحات

جديدة خاصّة في عصرنا الحاضر، وقد ظهرت عدّة محاولات لإصلاح الخط العربي، ولكن هذه المرّة السبب الدّاعي للإصلاح هو ظهور آلة الطباعة وما تبعها من حواسيب وغيرها .

المبحث الثّاني: تعريف الكتابة العربية وأهميتها في اللّسانيات

المطلب الأول: تعريف الكتابة العربية:

تعدّ أقدم مصطلح حسب ترتيب المصطلحات المستخدمة، وهي بمفهومها اللغوي كما جاء في معجم مقياس اللغة لابن فارس في مادة كتب" الكاف، والتّاء، والباء." أصل صحيح واحد يدلّ على جمع شيء إلى شيء. من ذلك الكتاب والكتابة".[9] وفي لسان العرب لابن منظور "كتب: الكتاب: معروف، والجمع كُتُبٌ وكُتْبٌ. كتب الشّيء يكتبه كتْباً وكِتاباً و كتابةً، وكتَّبه: خطّه؛ ويقال اكتتب فلان فلانا أي سأله أن يكتب له كتابا في حاجة، وقيل: كتبه خطّه؛ واكتتبه: استملاه؛ وفي التّنزيل العزيز: اكتتبها فهي تملى عليه بكرة وأصيلا؛ أي استكتبها".[10] وفي الاصطلاح فقد ورد لها أكثر من تعريف كلها وثيقة الصلة بالمعاني اللغوية لكلمة الكتابة فهي" من خواص الإنسان التّي يتميّز بها عن الحيوان "[11] ويعرّفها الشّهيدي بأنّها "الصّور الذّاتيّة والرّسوم الرّمزية والأشكال الحرفيّة التي توافق الأوائل لوضعها في بدء نشأتهم للدّلالة على ما كان يدور بخلدهم، وما كان ينطق به لسانهم من الكلمات المسموعة التّي كانت تدلّ على ما في أنفسهم من الإحساسات والتّصورات العقليّة والنّقليّة "[12]

و الكتابة العربية هي نظام الكتابة المستخدم في اللغة العربية والذي يستخدم الأبجدية العربية المكونة من 28 حرفًا. وتعتبر الكتابة العربية من بين أقدم أنظمة الكتابة في العالم، حيث تم تطويرها في الجزيرة العربية في القرن الخامس الميلادي.

وفقًا لما ذكره الأستاذ محمد صابر الراوي في كتابه "اللغة العربية: تاريخها وتطورها"، فإن الكتابة العربية تمتاز بالدقة والوضوح والتفصيل، وتعد نظامًا متعدد الأبعاد يمكن استخدامه في الكتابة على المستوى الأدبي والعلمي والتجاري وغيرها من المجالات[13].

كما تعد الكتابة العربية من أهم النظم الكتابية في العالم، حيث إنها تستخدم في العديد من اللغات والثقافات المختلفة، كما أنها تعد أساسية في الدين الإسلامي والتراث العربي والإسلامي. وتمتاز الكتابة العربية بتنوع أنواعها وأشكالها الفنية المتنوعة، كما أنها تتميز بقدرتها على تمثيل اللغة العربية بدقة وفعالية.

المطلب الثاني: أهميتها في اللّسانيات:

في دراسة للباحث محمد صابر الرّاوي بعنوان "الكتابة العربية وأهميتها في اللّسانيات" تتحدث عن الأهمية الكبيرة للكتابة العربية في دراسة اللسانيات التطبيقية. سعى الدراسة إلى تسليط الضوء على أهمية الكتابة العربية في دراسة اللغة العربية وفهمها بشكل أفضل، وذلك من خلال تحليل مختلف النصوص العربية والتركيز على الجوانب اللغوية واللغوية التاريخية[14]، حيث يستخدم اللغة العربية في الكثير من المجالات المتعلقة بالتطبيقات اللسانية مثل اللغة الطبية، والقانونية، والإعلامية، والترجمة، وغيرها.

ويشير الباحث إلى أن الكتابة العربية تعدّ من أهم العوامل التي تمكن اللغة العربية من البقاء حية والاستمرارية عبر العصور، حيث يتم الاحتفاء بالكتابة العربية في العديد من المجالات الفنية والثقافية. كما يؤكد الباحث على أن الكتابة العربية تعد أداة حيوية لتوثيق اللغة العربية والحفاظ على تراثها اللغوي والثقافي. ثمّ إن الكتابة العربية تستخدم بشكل واسع في البحوث اللسانية التطبيقية، حيث يتم تحليل النصوص العربية وفهمها وتفسيرها وترجمتها وتدوينها باستخدام الكتابة العربية. ويشير الباحث إلى أن استخدام الكتابة العربية في هذه البحوث يعد مهما جدا لتوثيق اللغة العربية وإثراء البحث اللساني التطبيقي.

المبحث الثّالث: نقائــص وإشكالات الكتابة العربيّة:

نتناول فيه أهم الإشكالات و النّقائص التّي ميّزت الكتابة العربية، و أهم الاقتراحات والتعديلات التي تنادي بإصلاح الكتابة العربية والتّي انقسمت بين مؤيّد ومعارض.

المطلب الأول: مشكلات الكتابة العربيّة

اعترى الرّسم الكتابي العربي مشكلات متعدّدة و أخطاء شائعة عند الاستعمال، فمن المشكلات البارزة غياب الحركات وعدم اندغامها في بنية الكلمة العربيّة المكتوبة وهي تزوّد من الذّاكرة بناء على الخبرة اللّغويّة المستكنة في الذّهن، وعلى السّياق اللّغوي الذي يحصر المعنى، وتلفظ الكلمة في النّصوص غير المشكولة كما تفهم من السّياق وكما يحدّدها الحسّ اللّغوي، ممّا يصعّب للحاسوب التّعامل معها.

إنّ النّظام الكتابي الحالي للغة العربيّة هو نظام صامتي Consonantal عموما لا يعترف إلاّ بالحروف الصّحيحة وحروف المدّ واللّين، ولا يعترف بالحركات حروفا . فكلّ ما ليس له رمز في الألفباء العربيّة لا يعدّ حرفا، على الرّغم من قول علماء العربيّة، إنّ الحركات أبعاض حروف المدّ واللّين، وهي تماثلها من حيث النّوع، ولكن تختلف عنها من حيث الكمّ، و إدراكهم قيمة الحركات في التّمييز بين الألفاظ المعجميّة والصّيغ الصّرفية والحالات الإعرابيّة، و قد استعيض عن دمجها في بنية الكلمة المكتوبة بوضع علامات لها Diacritics تكتب خارج الكلمة، فوق الحروف أو تحتها.

ومن المشكلات أيضا: رسم الهمزة الذّي يختلف حسب موضعه من الكلمة أي مجيئها أوّلا أو وسطا أو آخرا، وحركة ما قبلها أو سكونه، وحركتها هي أو سكونها . ويتّصل بهذا الجانب التباس همزة القطع بهمزة الوصل التّي يُؤتى بها توسّلا إلى النّطق بالسّاكن في أوّل المجموعة الكلاميّة Utterance وهي تختفي إذا سبق السّاكن بحركة في درج الكلام، ومع ذلك نظلّ نحتفظ برسمها في ذلك الموضع، تنبيها على أنّ هذا الموضع هو ممّا يستوجب إدخال الهمزة عندما لا تكون هناك حركة، و واضح ما تدخله همزة الوصل من تغيير في النّمط المقطعي للكلمة .

ومن المشكلات كذلك: كتابة الألف في نهاية الكلمات من أفعال و أسماء قائمة أو غير قائمة (أي مقصورة في الاصطلاح الشّائع)، والتّفريق بين هاء الضّمير(كما في له وعنده) والتّاء المربوطـة (كما في طالبة) إذ يحدث اللّبس فيهما عندما لا توضع نقطتان للتّاء المربوطة، و كذلك التّفريق بين التّاء المربوطة التي يوقف عليها بالهاء (مثل فاطمه) والتّاء المفتوحة التّي يوقف عليها بالتّاء (كما في قالت و أوقات) .

وقد يعدّ من المشكلات وصل الحروف بعضها ببعض، لأنّه يجعل من الكلمة وحدة إملائيّة لا وحدة معجميّة أو صرفيّة بحتة، ويصعب تحليل كلمات (سألتكه) إلى عناصرها الأولى من صرفيّة ومعجميّة .

ومن المشكلات أنّ الواو تمثّل حرفين هما واو المدّ و واو اللّين، و أنّ الياء تمثّل حرفين كذلك، هما ياء المدّ وياء اللّين، مع أنّ اللّين ذو طبيعة صامتة والمدّ ذو طبيعة صائتة .

ومن المشكلات: زيادة حروف لا تنطق كزيادة ألف بعد واو الجماعة التّي يُسند الفعل الماضي و المضارع المجزوم أو المنصوب إليها (دَعَوْا، لم يَدْعُوا، لن تدعُوا) و ربّما كانت هذه الزّيادة ذات فائدة في التّمييز بين واو الجماعة التّي أسند إليها الفعل و الواو الأصليّة التّي ينتهي بها الفعل النّاقص غير المسند مثل (يدعو، يرجو). إلاّ أنّه صار من الأخطاء الشائعة إدخال هذه الألف بعد واو الفعل غير المسند (يدعو)، وبعد جمع المذكّر السّالم المرفوع المضاف(مهندسوا المشروع). وعكس ذلك نقص بعض الحروف كنقص الألف في أسماء الإشارة (مثل هذا و هذه) وقد أصبحت هذه الكلمات و أشباهها بحكم الشّيوع و الإلف بها شيئا معتادا لا يثير في نفس العربي أية مشكلة، خلا بعض الصّعوبات في مراحل التّعليم الأولى. وربّما كانت هذه الكلمات و أضرابها مشكلة لدى المتعلّمين من الأجانب، و كاختفاء لام التّعريف – نطقا– قبل الحروف الشّمسيّة وهو من قبيل الإدغام .

ومن الأخطاء الشائعة وضع ياء بعد ياء المخاطبة(قرأتي، لكي) و الخطأ في كتابة " ابن" بين علمين و الطريقة التي تكتب بها بعض الألفاظ مئة بالألِف و " داوود" و " طاووس" بواو واحدة، والتّي والذّي و الذّين بلامين فتلتبس بلفظي المثنّى اللّتين واللّذين.

والخطأ في كتابة الاسم المنقوص، ومسائل الفصل و الوصل في أمثال: لئن، و لئلّا و طالما وإنّما و ثلاثمئة. ويمكن التّفريق بين الواو المديّة والواو اللّينة، والياء المديّة والياء اللّينة، بوضع ضمّة قبل واو المدّ و كسرة قبل ياء المدّ، كما فعل القدماء[15] .

هذه المشكلات خلقت صراعا بين الحرف العربي و تقنيّة الطّباعة، وبيّنت ما يعانيه الطّباعون في محاولة تطويع الحرف العربي مع مستلزمات الطّباعة وتقنياتها، ليتجدّد الصراع مع ظهور الحاسب الآلي وما يقتضيه من إعادة النّظر في صياغة منظومة الكتابة العربيّة، لنتمكّن من الحفاظ على الحرف العربي والتّراث العربي [16].

المطلب الثّاني: اقتراحات حديثة لتعديل الكتابة العربيّة:

نتيجة لهذه الإشكالات وغيرها، ظهرت إصلاحات أخرى في العصر الحديث تنادي بتيسير الكتابة و إصلاحها وفق ما يحتاجه هذا العصر خاصة مع ظهور الطّباعة و تطوّر المعلوماتيّة و انتشار الحواسيب، ما أوقع الدّاعين إليه في صراع بينهم وبين المحافظين الذين لا يرون بدّا لهذا الإصلاح خوفا على العربيّة لأنّ هذا الصّراع اتّخذ وجوها ثقافيّة أو لغويّة أو دينيّة أو سياسيّة، وربّما الوجه الأخير كان المحرّك الأقوى الذّي يسعى لتحقيق أهدافه بأقنعة مختلفة . ثمّ إنّ النّظر في إصلاح الكتابة العربيّة مرتبط أشدّ الارتباط بأمنها اللّغوي، فأيّ تفكير في الإصلاح عليه أن يبقى حيّز المعهود الذّي ألفه العربي منذ قرون " ويجب أن لا يبتعد كثيرا عن نماذجه الحاليّة، فقد ذاع هذا الخطّ وانتشر وكتب به تراث ضخم، وأيّ تفكير في إصلاح عيوبه لا يصحّ أن يغفل هذا التّراث"[17].

أمام هذا الوضع سعت المجامع اللّغويّة العربيّة منذ 1938م إلى إصلاح الخطاطة العربيّة، وبخاصّة مجمّع القاهرة الذّي أجرى مسابقة حول إصلاح الخط العربي، ومكتب تنسيق التّعريب الذّ نظّم استفتاء حول الموضوع ذاته، فجاءت النتائج موزّعة على ثلاثة آراء:

أ–أن ترسم الحروف العربيّة منفصلة بعد تغيير الحروف المتشابهة، و أن يثبت الصّائت بعد الصّامت مباشرة[18]. مع مراعاة الشّدة والتّنوين والمد، وهو اقتراح لم يجد حلاّ حتى يومنا هذا، الأمر الذي دعا إلى اقتراح نموذج للكتابة العربيّة المشكولة ذات المحارف المنفصلة.

ب– ارتضاء الخط اللّاتيني واستبدال الحروف العربيّة بالحروف اللاتينية وقد تبنّى هذا الرّأي بعض المستغربين، وهو توجّه لا يخدم اللّسان العربي بقدر ما يطمس تراثه ويشوّه هويته الحضاريّة [19].

ج– تبنّي مشروع المحارف المنمّطة (العمم– شع) أي العربيّة المعياريّة المشكولة للشّفرة العربيّة الموحّدة، و قد اقترح هذه الطريقة أحمد الأخضر غزال، عام 1954م ثم تطوّرت لتتلاءم مع التّقدّم التّقني في الحاسوبات عام 1974م، وهي مجموعة من المحارف القارة التي يتطلّبها نصّ كامل وقد صمّمت لتأليف النّصوص

العربيّة و إرسالها حسب الأساليب والتّقنيات الموجودة في ميادين الطّباعة والرّقانة، و إرسال المعطيات والمواصلات البعديّة، ونظمة "العمم " قابلة للاستعمال في التّصنيف الطّباعي اليدوي أو في آلات التّأليف المعياريّة وذلك دون تغيير في العتاد، كما تمكّن من تأليف النّصوص بنفس الشّروط والمهارات التي تنظّمها نسّاقات المحارف الأوروبية [20]. و قد جرّبت هذه التّقنية بمكتب تنسيق التّعريب بالرّباط، و أعطت نتائج جيّدة، إلاّ أنّها التزمت بأشكال المحارف العربيّة اليدويّة المتّصلة و بحركات الشّكل المعروفة، ومع ذلك استطاعت أن تقلّل من تعدّد أشكال الحرف الواحد [21]. وبذلك أصبح العدد الإجمالي للأشكال بما فيها المحارف و الأرقام و الرّموز 84 علامة، غير أنّ مازن الوعر يرى أنّه مع تطور الإلكترونيّات، أصبح هذا التّصميم غير واقعي، ممّا جعل بعض الباحثين يضع تصميما آخر عرف بـ" معالجة السّياق" أي استنباط الحرف من سياق الحروف وليس من سياق المعنى، لتظهر بعدها ما يسمى بالشّفرة العربيّة الموحّدة للكتابة العربيّة التّي تعرف بـ" الشّفرة السّباعيّة العزوم "، التّي أقرّتها المنظّمة العربيّة للمواصفات والمقاييس سنة 1983م.

وذكر محمّد مراياتي أنّ ثمّة إشكاليّة تستدعي مضاعفة الجهود لوضع تعامل الحرف العربي مع الأجهزة والمعدّات مثل[22]:

- ترميز الحرف العربي وتقييسه.
- ترميز الحرف المنطوق.
- توزّع الحروف العربيّة على لوحة الملامس.
- تقييس الأقلام العربيّة و إظهارها على الشّاشات والطّابعات .
- تحرير النّصوص وتنضيدها .
- معاملة الحرف العربي على شبكات الاتّصال من حيث نقل المعلومات أو أمنها.
- ضغط النّصوص العربيّة بغية خزنها في ذاكرة الحاسوب اقتصاديّا .
- تحاور أصحاب الاحتياجات الخاصّة مع الآلة باللغة العربيّة.

المبحث الرّابع: جهود ومساعي لحوسبة المحارف العربيّة:

يتم في هذا المبحث التطرق إلى أهم الجهود والمساعي الجادة لتمثيل المحارف العربيّة حاسوبيّا و كذا الآليات والأساليب التي وفقها يمكن للحاسوب التعرّف على الكتابة بأنواعها.

المطلب الأوّل: حوسبة المحارف العربية:

إنّ أول من أبدى الاهتمام بحوسبة اللّغة العربيّة هو المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم وقد حظي هذا الموضوع بدراسات قام بها عدد من المختصين بالمعلوماتية، وبما أنهم لم يكونوا من أهل اللغة أو العاملين بها، فقد كان من الضروري أن تتحد جهودهم مع اللغويين العرب باختصاصاتهم المتعددة، لتظهر محاولات أخرى حول التفكير في مسألة حوسبة اللغة العربيّة لكن لم تتجاوز هذه المحاولات حدود تشخيص إشكالية حوسبة اللغة العربية إلى حوسبة مكوناتها مثل المعجم والمفتاحية الآلية. وما يجب التنويه إليه أنّ التجربة العربيّة من أجل تشفير الحروف العربية واعتمادها في تصنيع المعدات وصياغة البرمجيات وكتابة المحتويات مرّت بعدّة مراحل، حيث كانت البداية مع مواصفة*ASMO*449 ، خلال مطلع النصف الثاني من السبعينات من القرن العشرين، مع الإقرار العربي بضرورة التقارب بين المحاولات المعيارية المتفرقة للمحارف الرقمية العربية. لينعقد سنة 1975 م، و على إثر ذلك القرار، أول اجتماع عربي بالمغرب للنظر في إمكانية إنشاء مواصفة معيارية موحدة لنقل البيانات باللغة العربية تعتمد فيها الأبجدية مع وجود الحد الأدنى من الرموز الوظيفية، وعلامات التشكيل، بشكل يتوافق مع الأبجدية الدولية رقم5 ومطابقة لخصوصيات المواصفة الدولية*ISO / IEC646* ، وقد تم التوصل في بداية1976 م، إلى أول معيار عربي موحد لنقل البيانات *CODAR 1* والذي تمّ اعتماده كنظير عربي لمعيار *ASCII* .

وفي نفس السنة انعقد اجتماع إقليمي عربي بمدينة بنزرت بتونس، اتفق خلاله على استراتيجية عمل وسياسة تكنولوجية عربية موحدة، تقدّم فيه العراق بمشروع موازي لمعيار *CODAR1*، كما تناولوا مسألة تشكيل الحروف من عدمها في الأبجدية العربية الرقمية. أسفر اللقاء على ضرورة إدخال بعض التنقيحات على المعيار *CODAR1* ليظهر *CODAR 2* ، والذي وقع تبنيه بعد عرضه على مؤتمر الوزراء العرب المسؤولين عن تطبيق العلوم والتكنولوجيا من أجل التنمية *CASTARAB* بالرباط في المغرب من نفس السنة، وعلى المؤتمر العام لليونسكو في دورته التاسعة عشر خلال السنة المذكورة والمنعقد بنيروبي فيكينيا[23] .وفي سنة1977 ، اجتمعت في روما لجنة مختصة أنشأها المكتب الدولي للمعلوماتية *IBI* قصد تأسيس معيار مشترك لاستخدام اللغة العربية في أجهزة الكمبيوتر *COARIN* ، وتم خلاله تقريب الخلافات حول تقنين الحروف العربية والتوصل إلى معيار موحد جديد، وهو المعيار *CODAR-U* الذي تم التوافق حوله وتسجيله بمنظمة الأيزو وقدم للدراسة والمراجعة إلى العديد من الهيئات العربية والدولية من بينه ا الاتحاد العربي للاتصالات*ATU* والمنظمة العربية للمواصفات والمقاييس*ASMO* .

وأمام البطء الحاصل في تبني الحلول النهائية الملائمة للشيفرة المعيارية للحروف العربية، تقدمت الرابطة الأوروبية لمصنعي الحواسيب *ECMA* سنة 1982 م، بوصفها سلطة تسجيل للرموز الحاسوبية لدى

منظمة الأيزو، بمقترح لمعيار متكامل يستجيب للحاجيات اللغوية الرقمية لشركائها العرب .دفع هذا المقترح المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس و الألكسو لعقد اجتماع بالرباط سنة 1982 من أجل الاتفاق على معيار موحد آخر يكون بمثابة الحل النهائي لتشفير الحروف الرقمية العربية، وقد أسفر هذا اللقاء عن إصدار معيار *CODAR-UF/DF*كمواصفة عربية موحدة في شكلها النهائي .شكلت تلك المبادرة بداية لسلسلة من المعايير العربيّة المتفرعة ومن جملتها المواصفة *ASMO* 662 المكونة من رموز تشفيرية بطول*Octet* 8 ، وترتكز المواصفة في تصميمها على معيار عربي يتوافق مع المعيار الدولي*ISO/IEC 646* ، وقد وقع اعتمادها في صياغة جدول متكامل لترميز البيانات حصريا بالمحارف العربية بين أنظمة الكمبيوتر المعربة وذلك قصد إنشاء جدول رموز عربية مستقل عن الرموز اللاتينية، يهيئ لتصميم جهاز كمبيوتر عربي أحادي اللغة، مع إمكانية توسيع جدول الحروف العربية على أساس الاحتياجات اللغوية الخاصة دون الحاجة إلى تصميم مسبق، وتفادي التكرار الذي قد ينجم عن استخدام الجداول المشتركة بين الأحرف العربية واللاتينية، إضافة الى تجنب استخدام برامج تحليل السياق لتحديد الاتجاهية لبعض العلامات المزدوجة الشائعة في الكتابات العربية واللاتينية. لكن لم يكن من الممكن تنفيذ هذه السياسة العربية من أجل تصنيع جهاز كمبيوتر أحادي اللغة إلاّ عبر المرور بلغة لاتينية داعمة وذلك لضمان تواجدها في السياق الرقمي الدّولي، فما كان للغة العربية من حل إلا التوجه نحو اعتماد معيار تشفيري موسع من 8 بتات، يضمّ مجموعتين من المحارف أولها اللاتينية وثانيها العربية والتي وقع ضمها لاحقا في سلسلة المعايير المصنفة تحت المعيار العام *ISO 8859* . وبهذا التوجه تمت صياغة المعيار العربي*ASMO 708* المؤسس على الثنائية اللغوية بين اللاتينية المطابقة لمواصفة *ISO/IEC* 646 ذات 128 حرفا، والعربية المحددة في معيار *ASMO 449* ذات 50 حرفا مع إمكانية تطبيق تقنيات توسيع الجداول وفقا للمواصفات *ISO/IEC 2022I 4873*[24] وقد اعتمد هذا المعيار من قبل الجمعية الأوروبية لمصنعي الحواسيب تحت المعرف الوحيد *ECMA 114*، كما اعتمدته منظمة الأيزو في إطار سلسلتها الجديدة من المعايير الموسعة8859 تحت المعرف الفرعي *ISO/IEC 8859-6* الخاص باللغة والكتابة العربية .لكن ما ينقص هذه المواصفة الفرعية أن اللغات الأخرى غير العربيّة والتي تعتمد على الحروف العربية في كتاباتها، لا يمكن لها أن تجد في هذه المواصفة كافة متطلباتها اللغوية[25].

إنّه وبفضل الجهود التي شارك فيها خبراء في اللسانيات ومتخصصون في البرمجة العربية أصبح في إمكان المستخدم العربي اليوم تبادل المعلومات باللغة العربية بين جميع أنواع الحواسيب، شرط أن يكون قد أضاف إلى بيئة *WINDOWS* شفرة المحارف العربية سواء كانت إحدى إصدارات *ASMO* المشار إليها أو اليونيكود Unicode . حيث نتج عن جهود ترميز وتشفير المحارف العربيّة أن أصدرت هذه المنظّمة

(اليونيكود) 65536 حرفا، خصّص منها حوالي 34000 حرفا للغات الحية، وقد ظهرت منها الحروف العربية بأشكال الهمز ة الستة والحروف الأبجدية الثماني والعشرين يتخللها حرف التاء المربوطة وحرف الألف المقصور ة والألف الخنجري ة وهمز ة الوصل، وأدوات التشكيل، إضافة إلى الأرقام المستعملة في المشرق العربي، كما ظهرت أشكال جميلة للكتابة العربية بخطوط مختلفة[26].

وقد أشارت الإحصائيات التي قدمتها منظمة إحصائيات الانترنيت العالمية *INTERNET WORLD STAT*، أنه في إطار الإقبال العالمي المتزايد على تكنولوجيا المعلومات والاتصال، تنامت وتطوّرت القدرات العربية في حضورها على الشبكات العنكبوتيّة، حيث احتلت اللغة العربية سنة 2013 م المرتبة الرابعة من حيث عدد المستخدمين للأنترنيت، وبمجرد المقارنة بين أرقام سنة 2000 و2013 ، يتبين أنّ معدل نمو مستعملي اللغة العربية على الشبكة قد تحول من 2.5 مليون عام2000 ، ليفوق 135مليون عام 2013 م. و يعدّ هذا الأمر نتيجة حتميّة لتنامي مجالي التقنيات الحديثة للمعلومات وشبكات الاتصالات الرقمية وانتشار الهواتف الخلوية في كافة أنحاء العالم بما في ذلك الفضاء العربي من أجل إرساء ثقافة رقمية عربية أوسع.

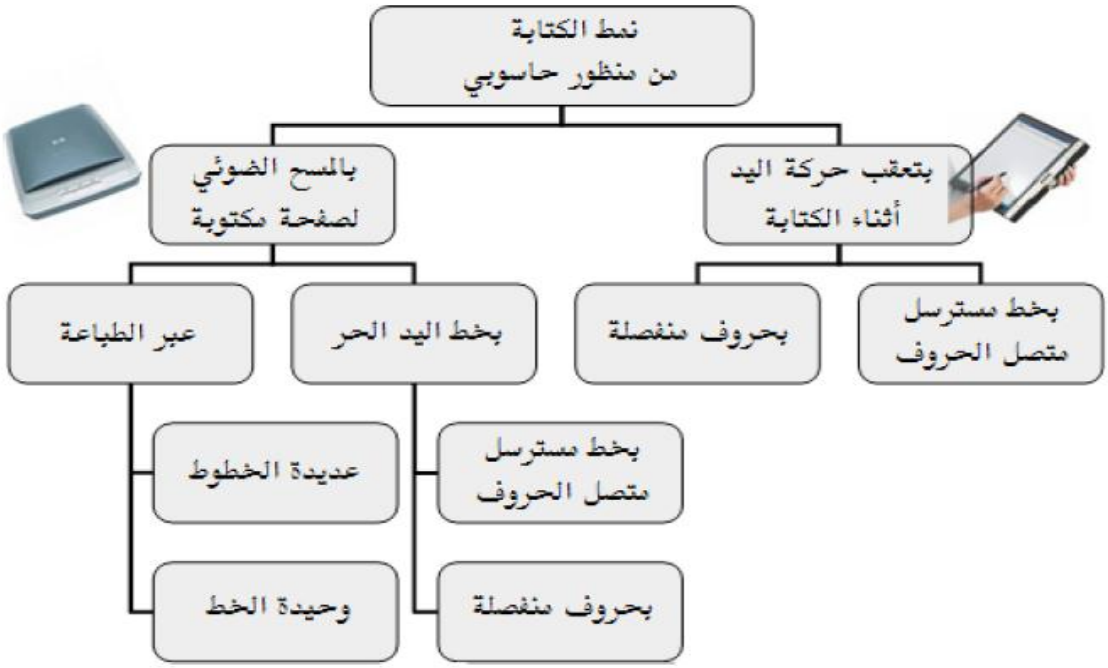
المطلب الثّاني: تصنيفات التّعرّف الآلي على الكتابة العربيّة:

إنّ التّعرف البصري على الحروف يهدف إلى اكساب الحاسب مهارة قراءة المحارف قراءة صحيحة، سواء منها المطبوعة أو المكتوبة باليد، يعتمد على قواعد خوارزميّة صوريّة، تقوم بتقطيع وتجزيء الكتابة بغية التّعرّف على الحروف، ويواجه هذا البرنامج مشكلة اعتماد اللّغة العربيّة على الحركات وتعدّد الضّمائر، ثمّ إنّ قراءة الحاسب للحروف يتطلّب نجاح برنامج رسم المحارف العربيّة بالحاسوب كما يتوقّف على قواعد البيانات الصّرفي التّي ترشد القارئ الآلي (الحاسوب) إلى طريقة تقطيع الكلمات في الواقع الورقي أو الحاسوبي.

أوّلا: تمثيل الكتابة من منظور حاسوبي و تصنيف أنماطها:

تجري رقمنة (Digitization) الكتابة أي تحويلها من حالتها الأصليّة التّناظريّةAnalog إلى الحالة الرّقميّةDigital من أجل إدخالها و معالجتها بواسطة الحاسبات الرّقميّة من أجل إدخالها بواسطة الحاسبات الرّقميّة، ومن ثمّ تمثيلها حاسوبيّا حسب ظروف إنتاج الكتابة المستهدفة وهذا ما يلخّصه الشكل الآتي:

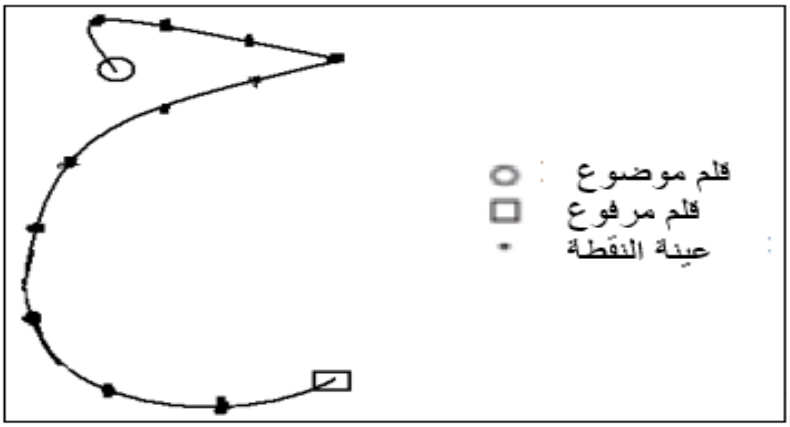
الشكل1[27]: تصنيف أنماط إنتاج الكتابة حسب التّعامل معها حاسوبيّا.



وبناء عليه فقد صنّف الحاسوبيّون أنماط الكتابة العربيّة التّي يتمّ التعرّف عليها آليّا إلى ثلاثة أقسام وهي: الكتابة بتعقّب خط اليد، و الكتابة المطبوعة والكتابة المخطوطة يدويّا . والتي سنتعرف عليها وعلى أهم الأساليب التي يتمّ التّعرف عليها بها فيما يلي:

أ- **الكتابة بتعقب خط اليد:** ففيها يجري تعقّب حركة اليد أثناء مرور الإصبع أو قلم خاص على لوح حسّاس للّمس سواء أكان لوح كتابة أم شاشة لحاسب كفّي أم هاتفا ذكيّا أم شاشة لحاسب لوحيّ... ويتمّ هذا التعقّب عن طريق تعيين والتقاط الموضع النّسبي لليد على اللّوح الحسّاس للّمس كل لحظة و إرسالها إلى ذاكرة الحاسب و يشكّل تتابع هذه اللّقطات التّمثيل الرّقمي للكتابة اليدويّة كما يبيّن الشّكل الآتي:

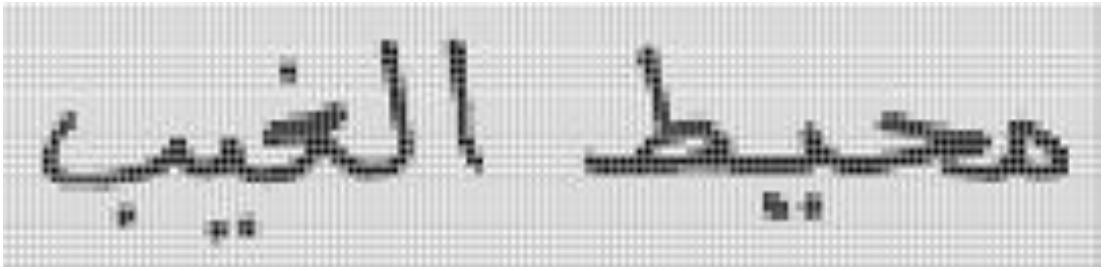
الشكل2: الكتابة بالحبر الرّقمي.



وهذا ما يسمح بتكوين المنحنيات المناظرة لمسار الكتابة Writing Contours والتّي تعدّ أهمّ معلومة في عمليّة التّعرف على هذه الكتابة وهي من أيسر الحالات للتعرّف عليها . وقد تدوّن الكتابة اليدويّة باسترسال و بحروف متّصلة كما هو معهود في الكتابة العاديّة الحرّة وهذا من أعقد الحالات أثناء التّعرف عليها .

ب-الكتابة المخطوطة يدويّا: هناك صفحات تحتوي على نصوص مكتوبة باليد، يتمّ تحويلها إلى صورة رقميّة Digital Image بواسطة جهاز الماسح الضوئي Scanner وفي هذه الحالة يؤخذ بالمعيار الأوسع و الأشمل قبولا لعمليّة المسح الضّوئي بتباين أحادي اللّون (بالأبيض والأسود) وبتحليل طولي يساوي ستمائة نقطة في كلّ بوصة طوليّة (أي ثلاثمائة وستين ألف نقطة في البوصة المربّعة)، ويعد هذا النّوع من الكتابة من أصعب الحالات أثناء التّعرّف عليها آليّا. والشكل الآتي يبيّن هذا النّوع من الكتابة الذّي يحوي مربّعات صغيرة كلٌّ منها يمثّل إحدى نقاط هذه الصورة[28]:

الشّكل 3: صورة رقميّة ممسوحة ضوئيّا لكتابة يدويّة.



ج- **الكتابة المطبوعة:** و التيّ فيها تتمّ كتابة الحروف و الأرقام بشكل منظّم ومنسّق فتكون متساوية في الحجم والشّكل، وما يميّزها عن الكتابة الخطيّة أنّ حروفها متساوية الحجم والشكل بدقة وبخطوط متوازية

متساوية المسافة ذات شكل هندسيّ دون انحراف، وتعدّ من أيسر الكتابات المتعرّف عليها آليّا، " ويتصاعد تحدّي التّعرف على النّص عندما تتعدّد الخطوط (الأبناط) المستخدمة في طباعته عماّ إذا كان مطبوعا بخط واحد فقط"[29].ويمكن توضيح هذا النوع بالشّكل الآتي:

الشكل 4: صورة رقميّة ممسوحة ضوئيّا لنص مطبوع

ثانيا: آليّات التّعرف على الكتابة العربية حاسوبيّا:

1/ آليات التعرف على الكتابة العربيّة بتعقّب خط اليد:

خلال العقدين الماضيين تحققت أفضل النتائج في قضيّة التّعامل مع هذه المسألة عبر المعالجات الرّياضيّة وفق إحدى المنهجيتين، منهجيّة (نماذج ماركوف المخفيّة Hedden Markov Models) الذي سنعرض له في النوع الثاني، ومنهجيّة (الشّبكات العصبيّة الاصطناعيّة Artificial Neural Networks) والتي تلخص مفهومها بشكل عام " في استعمال ميكانيزمات المخ البشري لبناء أنظمة حساب أكثر قدرة على حلّ نوع من المشاكل بشكل دقيق وسريع، والاختلاف الأساسي والجوهري بين شبكة العصبونات والدّماغ الإنساني يكمن في نمط الأنظمة الدّاخليّة وذلك قصد تحقيق وظيفة التّعرّف على معلومات معيّنة سبق وقد قُدّمت للدّماغ على شكل معطيات معيّنة لتسهيل هذه العمليّة، فخلايا النّورون تستقبل المعطيات المرسلة إليها عن طريق المدخل، وتتمّ عمليّة التدريب في العمليّة في العلبة السّوداء المتواجدة فيها خلايا النورون، ثمّ نصل إلى النّتيجة الفعليّة، فإمّا أن تكون مطابقة للقاعدة النّظريّة، أو أن تكون عكس ذلك وفي هذه الحالة تقوم بعمليّة اختبار لمعرفة مدى استيعاب خلايا النورون لتلك القواعد المخزونة لديه في قاعدة بيانات محدّدة، وتركّز خلايا العصبونات على تغيير وترتيب للأوزان على قاعدة المقارنة بين الخروج الفعلي والخروج النّظري إلى غاية أن يصبح التباين بينهما أقل من قيمة معيّنة، و غالبا ما تستعمل قاعدة المعطيات (دخول /خروج) لتدريب الشبكة"[30] . بمعنى آخر أنّ هذه الشبكات العصبيّة الاصطناعية " تستلهم آليات عمل الخلايا العصبيّة الحقيقيّة من حيث الاستثارة والاستجابة و ارتباطاتها معا في شبكات كثيفة حيث تقوم كلّ من هذه الشّبكات العصبيّة الاصطناعيّة بدور الدّالة (أي العلاقة) الرّياضيّة التّقريبيّة التي تربط بين المدخلات (وهي هنا الحروف) إلى الظّاهرة /النّظام/ العمليّة قيد الدّراسة (وهي هنا عمليّة الكتابة العربيّة بتعقّب خط

اليد) وبين الملاحظات المرصودة نتيجة هذه العمليّة (و هي الكتابة المرقمنة)[31]. غير أنّ المعالجة الآليّة لصورة الحرف لها طرق متنوّعة ومراحل متعدّة يمكن أن يتم إجراؤها باستعمال إحدى البرامج الحاسوبيّة الرّياضيّة مثل برنامج مطلب Matlab والذّي يحتوي على علبة حسابيّة لكل مرحلة إجرائيّة، سواء في المعالجة أو التّعرف باستعمال خوارزميّات خاصة ومعيّنة[32].

وتتعلّم الشبكة العصبيّة عن طريق إدخال أكبر عدد ممكن من نماذج الأشكال الخطيّة لتعزيز سرعة تعلّم رسم تلك الأشكال من قبل ميكانيزمات الشبكة فتسمّى هذه النّماذج بفئة التّدريب، كما تنقسم طرق تعليم شبكة عصبيّة إلى قسمين حسب فئة التّدريب التّي تعرض على الشّبكة وهما:" التّعليم دون إشراف والتعليم بإشراف، أمّا الأوّل:ففيه تكون فئة التّدريب (نماذج الحرف الخطيّة) عبارة عن متجّه من الإدخالات فقط، دون عرض الهدف على الشّبكة، أي إدخال عيّنات من الحروف والخطوط إلى الحاسوب عن طريق الماسح الضّوئي، ودون عرض أمثلة لما يجب عليها أن تنتج من النسخة المطبوعة للخط المرغوب تحويلها إليه، وتسمّى هذه الطّريقة بالتّعليم الذّاتي، حيث تبني الشّبكة العصبونيّة الاصطناعيّة أساليب التّعليم على أساس قدرتها على اكتشاف الصّفات المميّزة لأشكال الحروف العربيّة من طول وحجم وعرض واتّجاهات هندسيّة وأنساق مختلفة، وقدرتها على تطوير تمثيل داخلي لهذه الأشكال، انطلاقا من قاعدة المعطيات المخزّنة لديها أو ما يمكن تسميته بذخيرة ضوابط رسم الحروف العربيّة[33]. أمّا الثاني والذّي نقصد به " التّعليم بإشراف" فيكون بوجود أمثلة و نماذج من العيّنات الخطيّة المرجوّة إخراجها و إنتاجها من قبل الشّبكة العصبيّة المدرّبة عليها مسبقا ويتمّ إمّا بتصحيح الخطإ، أو بالاعتماد على الذّاكرة.

2/**آليات التعرف على الكتابة العربيّة المطبوعة:** تستعمل فيها المعالجات الرّياضيّة القائمة على نماذج ماركوف المخفيّة Hedden Markov Models فنماذج "ماركوف" هي نوع من النماذج الاحتمالية المستخدمة في تحليل النصوص وتوليد النصوص الجديدة. تتميز هذه النماذج بأنها تعتمد على فكرة "الحالة القائمة على الحالة السابقة"، حيث يتم تحديد الحالة الحالية بناءً على الحالة السابقة. في سياق تعرف الكتابة العربية المطبوعة، يمكن استخدام نماذج ماركوف لتحليل النصوص المطبوعة باللغة العربية وتوليد نصوص جديدة بناءً على توالي الحروف والكلمات التي تم رصدها في النصوص المدخلة. على سبيل المثال، يمكن استخدام نموذج ماركوف لتحليل النصوص المطبوعة باللغة العربية واكتشاف الأنماط الشائعة في التواليات الحرفية والكلمات. ثم يمكن استخدام هذه الأنماط لتوليد نصوص جديدة تشبه النصوص الأصلية. يعتمد أداء هذه النماذج على حجم وجودة البيانات التي تم استخدامها في تدريبها، حيث يحتاج النموذج إلى معرفة تواليات الحروف والكلمات المتكررة لتوليد نصوص ذات معنى. أي أنّ هذه المعالجات الرّياضيّة "تسعى رغم اختلاف تنويعاتها إلى استنباط تسلسل المدخلات Inputs Sequence الأرجح احتماليّا (المجهولة لدينا)

الذّي يؤدّي عبر الظاهرة / النّظام/ العمليّة قيد الدّراسة (عمليّة طباعة الكتابة في حالتنا هذه) إلى تسلسل الملاحظات Observations Sequence (المعلومة لدينا)، ويناظر تسلسل المدخلات في حالتنا هذه ترميزات (أكواد) حروف الكلمات المطبوعة المراد التّعرّف عليها، أمّا تسلسل الملاحظات فهو تسلسل متّجهات Vectors يصوغ كلّ منها رياضيّا بعض خصائص المحتوى الرّسومي داخل نافذة منزلقة على سطور الصورة الممسوحة ضوئيّا و المرقمنة الجاري التّعرّف عليها"[34].

3/ أساليب التّعرّف على الكتابة العربيّة المخطوطة يدويّا:

إن التّعرف على الكتابة العربية المخطوطة يدويًا لا يزال يشكّل تحديًا صعبًا ويتطلب خبرة ومهارة كبيرة. و قد تكون هناك حاجة لتطوير المزيد من الأدوات والتقنيات لتحسين دقة وكفاءة هذه العملية، ومع هذا فإنّ أفضل المحاولات التي جرت للتعرّف على هذا النّوع من الكتابة هي التي ارتكزت على المعالجات الرّياضيّة القائمة على نماذج ماركوف المخفيّة بأسلوب مشابه لما تم عرضه في النّوع السّالف الذكر.

كان هذا باختصار جمع لأهم التقنيات المتطوّرة التي استخدمت للتعرف الآلي على الكتابة بأنواعها، حتى تتصدر الكتابة العربية غيرها من الخطوط والكتابات مجال الاستخدام الأسهل والأمثل في التكنولوجيا المعاصرة.

الخاتمة: في ختام هذه الدّراسة توصلنا إلى مجموعة من النتائج يمكننا حصرها فيما يلي:

-إدراك أنّ الكتابة العربيّة قد مرّت بمراحل تطور متعدّدة أهمها الإصلاحات الأولى من نقط وإعجام وتشكيل، ثمّ الإصلاحات الحديثة التي تدعو إلى أن ترسم الحروف العربيّة منفصلة بعد تغيير الحروف المتشابهة، و أن يثبت الصّائت بعد الصّامت مباشرة مع مراعاة الشّدة والتّنوين والمد، وهو اقتراح لم يجد حلاّ حتى يومنا هذا، الأمر الذي دعا إلى اقتراح نموذج للكتابة العربيّة المشكولة ذات المحارف المنفصلة. أو اعتماد الخط اللّاتيني واستبدال الحروف العربيّة بالحروف اللاتينية وقد تبنّى هذا الرّأي بعض المستغربين، وهو توجّه لا يخدم اللّسان العربي بقدر ما يطمس تراثه ويشوّه هويته الحضاريّة. فالكتابة العربيّة ليست مجرّد وسيلة للتّواصل بل هي انعكاس لجوانب ثقافية غاية في الأهميّة تمثّل حضارة الأمة العربيّة.

- الوقوف على مدى التّقدّم في مجال تقنيات الحوسبة التّي يسّرت سبل استخدام الحرف العربي في الأنظمة الرّقميّة وجعل الكتابة العربيّة أكثر قابليّة للاستخدام في مجالات متعدّدة، إضافة إلى آليّات التّعرّف على الخطوط العربيّة كالتّعرّف على الكتابة اليدويّة والمخطوطة وتحويلها إلى نصّ رقمي، ومدى مساهمة ذلك في تحسين وفهم وتحليل النّصوص العربيّة .

وممّا سبق يتبيّن لنا الدّور الحيوي المنوط بالكتابة العربيّة في الثّقافة والتّاريخ مؤكدة على ثرائها وطواعيتها كنظام لغوّي و فني، و أنّ ما خضعت له من تحوّلات ملحوظة على مرّ العصور ما هو إلاّ على تكيّفها المستمّر لمواكبة التّغيرات الثقافيّة والتّقنيّة، بغضّ النّظر عن التّحدّيات التّي واجهتها ولا زالت تواجهها خاصّة في مجال اللّغويات والحوسبة والذّكاء الاصطناعي . وما ينبغي تأكيده و أخذه بعين الاعتبار دائما، هو الحفاظ على الهويّة الثقافيّة للكتابة العربيّة مع ضمان مواكبتها للتطورات التكنولوجيّة وهذا ما يعزّز مكانتها ويعلي منزلتها لأنّها جسر يربط الماضي بالحاضر ومصدر إلهام للمستقبل.

قائمة المصادر والمراجع:

أوّلا: المؤلفات:

- غانم قدوري الحمد، علم الكتابة العربيّة، دار عمّار، عمان، 2004 م.
- محمّد سالم العوفي، تطوّر كتابة المصحف الشّريف، مجمّع الملك فهد لطباعة المصحف الشريف، المدينة المنوّرة، 1421هـ-2000م.
- تمّام حسان، اللّغة العربيّة معناها ومبناها، عالم الكتب، القاهرة، 2003م.
- كمال بشر، علم الأصوات، دار غريب، القاهرة، 2000م.
- إبراهيم جمعة، قصّة الكتابة العربيّة، دار المعارف، مصر، 1947م.
- عبد العزيز حميد صالح، تاريخ الخط العربي عبر العصور المتعاقبة، ج1، دار الكتب العلميّة، ط1، 2017م.
- رمضان عبد التّواب، فصول في فقه اللّغة، مكتبة الخانجي، القاهرة، ط6، 1999م.
- أبو الحسن أحمد بن فارس، معجم مقاييس اللغة، تح: عبد السلام محمّد بن هارون، دار الفكر للنّشر والتوزيع، مج5.
- أبو الفضل جمال الدّين محمّد بن مكرم، ابن منظور الإفريقي المصري، لسان العرب، دار صادر بيروت، مج1.
- عبد الفتّاح حسن البجة، أساليب تدريس مهارات اللغة العربيّة وآدابها، دار الكتاب الجامعي، العين، عمان الأردن، 2005م.
- علي أحمد حسن الشّهيدي، الكتابة والكتاب، مطبعة مصر بالفجالة، 1910م.
- الراوي محمد صابر، اللغة العربية، تاريخها وتطورها. الهيئة العامة لقصور الثقافة، 2013م.

- مأمون صبحي الحطّاب، حول نظام تمثيل الحرف العربي، الحرف العربي والتقنيّة، أبحاث في حوسبة العربيّة، مركز الملك عبد اللّه بن عبد العزيز الدّولي لخدمة اللّغة العربية، ط1، الرّياض، 1436هـ-2015م.
- رمضان عبد التّواب، بحوث ومقالات في اللّغة، مكتبة الخانجي، القاهرة، ط1، 1982م.
- عبد الواحد وافي، فقه اللّغة، دار النّهضة العربية، مصر، 1945م.
- صالح بلعيد، في قضايا فقه اللغة العربيّة، ديوان المطبوعات الجامعيّة، الجزائر، 1995م.
- عماد حاتم، في فقه اللّغة وتاريخ الكتابة، الهيئة العامة للنّشر و التّوزيع، ليبيا 1986م.
- مراياتي محمد، تعامل الأجهزة والمعدات مع الحرف العربي في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدار ة الثقافة، تونس1996م.
- محسن رشوان و آخرون، تطبيقات أساسيّة في المعالجة الآليّة للغة العربيّة، المملكة العربيّة السعوديّة الرياض، ط1، 1414هـ-2019م.
- Hervé abdr- les réseaux de neurons .press univ.de greonfle network. –

ثانيا: المقالات:

- محمّد أحمد أبو عيد، مجلّة دراسات في اللّغة العربيّة وأدابها، العدد16، شتاء 2014م.
- الراوي محمد صابر، الكتابة العربية وأهميتها في اللسانيات. مجلة البحوث اللسانية والترجمة المعاصرة، العدد3.
- زهير غازي زاهد، جهود العلماء في إصلاح الكتابة العربيّة، مجلّة الذّخائر، العدد09، 1422هـ-2002م.
- حلام الجلالي، المحارف العربيّة المنفصلة والكتابة المشكولة، مجلّة اللّسان العربي، العدد52، يونيو 2001م.
- خضر محمّد زكي محمّد، الحروف العربيّة والحاسوب، مجلّة مجمّع اللّغة العربيّة الأردني، 1996م.

ثالثا: مواقع الانترنيت

بن هندة مختار، من إشكاليات اللّغة العربيّة على الشّبكة الرّقميّة، 2014م، http//www.Benhenda.com/ara/p=1380-

BEN HENDA, M. VERS UNE NORMALISATION DES D'UN MULTILINGUISME INTEGRAL (ARABE-LATIN), 2003, http://DOC.ABHATOO.NET.MA/DOC/SPIP.PHP?ARTICLE743, CONSULTE LE 03-06-2018.
- https://www.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html. Guid Matlab.

الهوامش

1غانم قدوري الحمد، علم الكتابة العربيّة، دار عمّار، عمان، 2004، ص105.

2 محمّد سالم العوفي، تطوّر كتابة المصحف الشّريف، مجمّع الملك فهد لطباعة المصحف الشريف، المدينة المنوّرة، 1421هـ-2000م.

3 ينظر: محمّد أحمد أبو عيد، مجلّة دراسات في اللّغة العربيّة وأدابها، العدد16، شتاء 2014م.

4 تمّام حسان، اللّغة العربيّة معناها ومبناها، عالم الكتب، القاهرة، 2003م، ص40.

5 كمال بشر، علم الأصوات، دار غريب، القاهرة، 2000م، ص164.

6 إبراهيم جمعة، قصّة الكتابة العربيّة، دار المعارف، مصر، 1947م، ص52.

7 عبد العزيز حميد صالح، تاريخ الخط العربي عبر العصور المتعاقبة، ج1، دار الكتب العلميّة، ط1، 2017م، ص311.

8 رمضان عبد التّواب، فصول في فقه اللّغة، مكتبة الخانجي، القاهرة، ط6، 1999م، ص402.

[9] أبو الحسن أحمد بن فارس، معجم مقاييس اللغة، تح: عبد السلام محمّد بن هارون، دار الفكر للنّشر والتوزيع، مج5، ص158.

10 أبو الفضل جمال الدّين محمّد بن مكرم، ابن منظور الإفريقي المصري، لسان العرب، دار صادر بيروت، مج1، ص698.

11 عبد الفتّاح حسن البجة، أساليب تدريس مهارات اللغة العربيّة وآدابها، دار الكتاب الجامعي، العين، عمان الأردن، 2005، ص150.

12 علي أحمد حسن الشّهيدي، الكتابة والكتاب، مطبعة مصر بالفجالة، 1910م، ص09.

13 الراوي محمد صابر، اللغة العربية، تاريخها وتطورها. الهيئة العامة لقصور الثقافة، 2013م، ص27.

14 الراوي محمد صابر، الكتابة العربية وأهميتها في اللسانيات. مجلة البحوث اللسانية والترجمة المعاصرة، العدد3، ص10 .

15 مأمون صبحي الحطّاب، حول نظام تمثيل الحرف العربي، الحرف العربي والتقنيّة، أبحاث في حوسبة العربيّة، مركز الملك عبد اللّه بن عبد العزيز الدّولي لخدمة اللّغة العربية، ط1، الرّياض، 1436هـ-2015م، ص19-21.

16 زهير غازي زاهد، جهود العلماء في إصلاح الكتابة العربيّة، مجلّة الذّخائر، العدد09، 1422هـ-2002م، ص39.

17 رمضان عبد التّواب، بحوث ومقالات في اللّغة، مكتبة الخانجي، القاهرة، ط1، 1982م، ص177.

18عبد الواحد وافي، فقه اللّغة، دار النّهضة العربية، مصر، 1945م، ص220.

19 حلام الجلالي، المحارف العربيّة المنفصلة والكتابة المشكولة، مجلّة اللّسان العربي، العدد52، يونيو 2001م، ص73-74.

20 صالح بلعيد، في قضايا فقه اللغة العربيّة، ديوان المطبوعات الجامعيّة، الجزائر، 1995م، ص247.

21 عماد حاتم، في فقه اللّغة وتاريخ الكتابة، الهيئة العامة للنّشر و التّوزيع، ليبيا 1986م، ص210.

22 مراياتي محمد، تعامل الأجهزة والمعدات مع الحرف العربي في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدار ة الثقافة، تونس1996م، ص79-80.

23 بن هندة مختار، من إشكاليات اللّغة العربيّة على الشّبكة الرّقميّة، 2014م، http//www.Benhenda.com/ara/p=1380

24 BEN HENDA, M. VERS UNE NORMALISATION DES D'UN MULTILINGUISME INTEGRAL (ARABE-LATIN), 2003, HTTP://DOC.ABHATOO.NET.MA/DOC/SPIP.PHP?ARTICLE743, CONSULTE LE 03-06-2018

25 بن هندة مختار، من إشكاليات اللّغة العربيّة على الشّبكة الرّقميّة، 2014م، http//www.Benhenda.com/ara/p=1380

26 ينظر: خضر محمّد زكي محمّد، الحروف العربيّة والحاسوب، مجلّة مجمّع اللّغة العربيّة الأردني، 1996م، ص40.

27محسن رشوان و آخرون، تطبيقات أساسيّة في المعالجة الآليّة للغة العربيّة، المملكة العربيّة السعوديّة الرياض، ط1، 1414هـ-2019م، ص35.

28 ينظر: محسن رشوان و آخرون، تطبيقات أساسيّة في المعالجة الآليّة للغة العربيّة، المملكة العربيّة السعوديّة الرياض، ط1، 1414هـ-2019م، ص35.

29 ينظر:المرجع نفسه، ص35.

30 ينظر ترجمة:Hervé abdr- les réseaux de neurons .press univ.de greonfle network.p56-59

31 محسن رشوان و آخرون، تطبيقات أساسيّة في المعالجة الآليّة للغة العربيّة، المملكة العربيّة السعوديّة الرياض، ط1، 1414هـ-2019م، ص47.

32 ينظر: Guid Matlab p.5-6

33 ينظر ترجمة: Hervé abdr- les réseaux de neurons .press univ.de greonfle network.p60-65

34 محسن رشوان و آخرون، تطبيقات أساسيّة في المعالجة الآليّة للغة العربيّة، المملكة العربيّة السعوديّة الرياض، ط1، 1414هـ-2019م، ص 48-49.