مجلة العلوم الاجتماعية والإنسانية
Available online at https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/65

ر ت م د: 1112-685x
ر ت م د إ: 2588-2236

المجلد: 13 / العدد: 01 / جوان 2020
ص ص: 142 ـ 158

الخط العربي زمن التكنولوجيا: إشكاليّة الترميز وتشفير المحارف

Arabic writing in time of technology: Coding and encryption problematics

آمنة المداني*
جامعة منوبة/ تونس
Madani_emna@yahoo.fr

تاريخ الارسال: 2018/08/31 تاريخ القبول: 2020/06/30 تاريخ النشر: 2020/06/30

الملخص:

لتعزيز حضور اللغة العربيّة على شبكات العالم الرقمي، لابدّ لها أن تتماشي مع المنظومات الالكترونية العالمية، حتى تواكب التطور الحاصل للكتابة اللاتينية وقابليتها للتطويع في مختلف الاستعمالات في العصر الرقمي. غير أنّ خطوات التجربة العربية، والمتعلقة خاصة في بعث مشروع مكتبة رقميّة عربيّة مازالت تشهد تعثرا، حيث أنّ أهمّ التحديات التي واجهتها اللغة العربية في العصر الرقمي، تتعلق أساسا بمسألة تشفير المحارف بطريقة معيارية. في هذا الإطار سنقدم معالجة للخط العربي المحوسب اعتمادا على اليونيكود وعلى معيار أيزو 10646، معتمدين منهجا تحليليّا، نتطرق خلاله إلى التجربة العربية في المجال الرقمي في نطاقها العام، وإلى جملة ما تعرّضت إليه من صعوبات. باحثين في جدوى اليونيكود المعتمد من قبل مجمع اليونيكود *Unicode* ومنظمة الأيزو *ISO*، لتقديم الحلول النظرية والعملية الممكنة المرتبطة بالخط العربي المحوسب.

الكلمات المفتاحية: المكتبة الرقميّة العربيّة، حوسبة الخط العربي، التشفير الرقمي للمحارف، معيار الأيزو 10646، اليونيكود

Abstract:

The enhancement of Arabic on the digital world needs to follow the conditions of the international electronic system. That is to say, it had to keep up the development of Latin writing and its flexibility to be used in various fields in the digital age. However, the Arab experiences, especially concerning

* المؤلف المرسل.

المنارة للاستشارات

the creation of digital Arabic library, are still weak and the most important challenges faced by Arabic writing are the issue of letters encryption according to the international standards. In this context, we will try to study the process of the computerized Arabic writing according to the Unicode and the ISO 10646 standard, and we will use an analytical approach, in which we will discuss the Arabic experience in the digital fields. We will show, moreover, the effectiveness of the UNICOD and the ISO in providing possible theoretical and practical solutions related to the computerized Arabic writing.
Keywords: Digital Arabic Library, computerizing the Arabic writing, digital cryptography, ISO 10646, UNICOD

مقدمـــة:

تعتبر اللغة تراكما لموروث فكري ونسق مفاهيمي، تكمن قوته في قدرته على التعايش والاستمرار، في ظل التحولات المعرفيّة الجديدة وصراعات العولمة والسعي لنشر الثقافة الواحدة، والتي جعلت من مستقبل اللغة العربية يواجه تحديات الاختراق الفكري واللغوي والثقافي الأجنبي من ناحية وتحديات امتلاك سلطة المعرفة بمفهومها المعلوماتي والتكنولوجي من ناحية أخرى.

هذه التحديات هي التي دفعتنا إلى إعادة النظر في أنماط تفكيرنا الثقافي والعلمي واللغوي، والتحول من البحث في اللغة في ذاتها إلى البحث في كيفية إعادة إنتاجها ومعالجتها، من أجل بعث مشروع رقمي عربي خادم للمعارفة، عبر الإلمام بالتفاصيل اللسانية للنظام اللغوي وكذلك الحاسوبية وفق قواعد خوارزمية وصورية تخدم المحارف واللغة العربيّة بتفرعاتها ومنعرجاتها.

من هذا المنطلق عدّت حوسبة اللغة العربيّة مطلبا أساسيا وتحديا في مسيرة اللغويين والحاسوبيين في بيئة تكثر فيها منابع المعلومة وسهولة الحصول عليها، خاصة إذا تعلق الأمر ببعث مكتبة رقميّة عربية تتيح النصوص الكاملة من مقالات وكتب على شبكة الأنترنيت من أجل تعزيز حق النفاذ إلى المعلومة وتوفير إتاحتها عالميّا. لكن يبدو أن إنجاح مكتبة رقميّة عربيّة لن يكون بالأمر الهيّن، ما لم تعالج مسألة اللغة العربيّة في علاقتها بالحوسبة. حيث يتجاوز المشكل الصعوبات المتعاف عليها إلى بعدها التقني البحت والمتعلق بترميز المحارف وتشفيرها.

في هذا الإطار تتنزّل إشكاليّة دراستنا لنتساءل: ما مدى قابليّة اللغة العربية للاندماج مع الحلول العالمية التي توفرها معايير اليونيكود والأيزو 10646حتى لا تكون اللغة العربيّة ولا

المنارة للاستشارات

يكون جمال الحرف العربي ضحيّة التكنولوجيا الحديثة؟ وكيف يمكن لنا في وسط هذا النسق التصاعدي من النمو، والهيمنة اللاتينية على المعايير الدولية لتشفير المحارف بتمركز معيار *ASCII* أو *Latin-1* في مداخل كافة المعايير الدولية ومن جملتها اليونيكود و*ISO 10646* وتفريعاتها، أن نتحدث عن سياسات رقمية عربية ناجعة تضمن التواجد الإلكتروني المستمر للغة العربيّة في عالم الواب؟

للبحث في هذا الإشكال، تضعنا الضرورة المنهجيّة لاعتماد أسلوب تحليلي، يمكننا من دراسة الخصائص الرقمية للغة العربية والصعوبات التي تعترض حوسبتها، حيث أنه لا يمكننا النظر في بعث تصور تقني لمكتبة رقميّة عربيّة، مالم تتوفر المعرفة بالمادة العربيّة المعروضة على الشبكة العنكبوتيّة والمعرفة بمدى قدرتنا وإمكانياتنا لضبط المحتوى شكلا ومضمونا، وتطوير هذا المحتوى وتنميته إلكترونيّا ثمّ إتاحته الى المستفيد العربي بشكل دقيق وسهل.

1/ بدايات التشفير والترميز اللغوي:

تهدف عمليّتا ترميز البيانات وتشفيرها في نظم المعلومات الى الحصول على مخرجات من الأنظمة الحاسوبية الصحيحة والدقيقة والمقننة، من أجل نتائج سليمة من شأنها أن تفيد في أخذ القرار، على أن ترتكز عمليّتا التشفير والترميز على التناغم المنطقي مع النظام الكلي، ووضوح المعنى والدقة والمرونة وقابليّة التوسع والمعالجة والاسترجاع وكذلك قابليّة فك الشيفرة.[1]

تبدو عبارة "تشفير" من أصول غربيّة، إلاّ أنها قد اقتبست في الحقيقة من اللغة العربية وبمعنى آخر لكلمة "الصفر"،[2] وقد استخدمت عبارة "*Cipher*" في اللغات الأوربية للدلالة على إخفاء المعلومات، والذي أصبح يطلق عليها بـ "التشفير"، كما نعهده اليوم، والذي يعود بداية استخدامه الى عهد يوليوس قيصر الذي كان أول من استخدم الخوارزمية في إرسال الرسائل الى قادة جيوشه. وتعود بداية التشفير والترميز بمعناه العلمي الى أربعينيات القرن العشرين، حيث ظهرت بالغرب بحوث وبرامج مثل الترجمة الآلية، والتوليف الصوتي، والتعرف البصري على الحروف، والمدقِّق النَّحْوي والإملائي، لغاية تيسير الحوار باللغة الطبيعيّة بين الإنسان والآلة. ومن هنا كانت أول انطلاقة للربط بين اللغة والتقنيات المعلوماتية، في مجالات التحليل اللغوي والترجمة الآلية للوثائق العسكرية وتسخيرها لمخططات عسكرية.[3] لكن لم تنجح تلك التجربة، لأنّ عمليّة الترجمة كانت حرفيّـة، بينما

المنارة للاستشارات

ترتكـز الترجمـة الصحيحـة على المعنى والسياق، إضافـة الى ذلك، وقبل اخـتراع نظـام اليونيكـود، كانت هناك العديـد من أنظمـة الترميـز لتعيين الأرقـام، ولم يكن بالإمكان لنظام واحد للترميز أن يحتوي على رموز كافية للغرض، أو أنه من الممكن لنظامي ترميز مختلفين، أن يستخدما الرقم نفسه لرمزين مختلفين، أو أرقاماً مختلفة للرمز نفسه، الأمر الذي قد يعرض البيانات للخطر، عند نقلها بين أنظمة الترميز المختلفة، أو المنصات المختلفة.[4]

كانت هذه الصعوبات دافعا لتعزيز الدراسات في اللغويات الحاسوبية، لتخضع للمعالجة الرياضية والمنطقية، والتقدم التكنولوجي، في تصميم لغات برمجة تتسم بالقوة والمرونة، والقدرة على الحوار في اللغة الطبيعية، واستحداث آليات تنظيم المعلومات وتحسين كفاءة تخزينهـــا واسترجاعهـــا وتوظيفها.[5] فظهرت نتيجة لذلك مستجدات لسانيـــة، تمثلت في نضج النظريات اللسانيـــة الآلية، ومنها نظرية النحو التوليدي التحويلي،[6] مع تشومسكي وتلامذتـه، حيث نقل تشومسكى ميدان البحث اللساني في اللغات الطبيعية من مستوى الأداء إلى مستوى الكفاية، فأصبح النحو عنده يعادل الكفاية. إثر ذلك ظهرت نظريـــات ومناهج لسانيـــة ما بعـــد التوليدية الموجهة الى الهندسة اللسانية ذات التوجه الاستقرائي خلافا للنظرية التوليديـــة،[7] الأمر الذي مهّـد الطريـق لمهندسي اللغة في الانتقال الى مرحلة المعالجة الآلية لتظهر بالغرب ترجمة آلية بمستوى عال، للنصوص العلمية والتقنية.

في هذا الإطار وقع الاتفاق على تشكيل منظمة عالمية غير ربحية سميت منظمة الرمز الموحد،[8] *Unicode* لغرض تأسيس نظام قياسي عالمي يمكنه أن يضم كافة الحروف المستخدمة في كافة لغات العالم الحية وحتى المنقرضة منها، إضافة إلى انّ المواصفات والمقاييس الحديثة مثل لغة البرمجة *JAVA* ولغة *XML* والتي تستخدم لبرمجة الأنترنيت تتطلب استخدام اليونيكود،[9] والذي بدوره يعتبر السبيل لتطبيق المقياس العالمي أيزو 10646/[10] *ISO10646* وحلاّ لمعالجة التداخل بين اللغات المختلفة ومشكلة استعمال الرمز نفسه من قبل أكثر من لغة واحدة. وفي هذا الإطار نذكر فاعليّة نظام *ANSI* للحروف اللاتينية حيث تمت استعارة قسم من المواقع المخصصة للزخرفة من نظام *ANSI* لوضع الحروف العربية أو غيرها من الحروف عند استخدام أنظمة ثنائية اللغة، مع المحافظة على مواقع الحروف اللاتينية. [11]

المنارة للاستشارات

2/ اللسانيات الحاسوبيّة والمعالجة الآليّة للغة:

تتعدَّد تعريفات وتسميات اللسانيات الحاسوبية، لكن ما يمكن أن يجمع بينها هو أنها دراسة علمية للغة البشريّة الطبيعية من منظور حاسوبي، من خلال تقييس ومحاكاة نظام عمل الدماغ البشري لنظم عمل الحاسب الآلي،[12] وينتمي هذا العلم المتداخل مع الذكاء الإصطناعي، إلى فئة العلوم الإدراكية لأنها فرع من علوم الحاسب التي تهدف إلى تقديم نماذج حوسبية للإدراك البشري وتفسير كيفية اشتغال الذهن البشري ومعرفة اللغة وتعلمها وتوظيفها من خلال لغة صورية خوارزمية أشبه ما تكون باللغة الصناعية.[13]

كما قدمت جامعة شيفيلد البريطانية شرحا آخر لمعنى المعالجة الآلية للغات والتي تعنى استخدام أجهزة الحاسب في معالجة اللغة المكتوبة والمنطوقة من أجل أهداف عملية مثل الترجمة الآلية واستخلاص المعلومات من مواقع الويب وقواعد البيانات وبنوك المعلومات المتصلة بالإنترنت، حيث يستخدم الحاسب حاليا لإقامة النماذج اللغوية وتحليل الفروع اللغوية المختلفة، مثل الصرف الحاسوبي والنحو الحاسوبى والدلالة الحاسوبية والمعجمية الحاسوبية وعلم النفس اللغوي الحاسوبي.[14]

تلتقي هذه التعريفات، في كون هندسة اللغة واللغويات الحاسوبية، تخضع لثنائية الصفر والواحد في برمجيات ونظم الحاسب، وفي هذا الصدد تزوّدنا مواصفة يونيكود بطريقة متجانسة لترميز النصوص العادية متعددة اللغات، حيث يعتمد تصميم مواصفة يونيكود على بساطة وتجانس شيفرة آسكي*ASCII* ، ويستخدم بشكل تلقائي ترميز 16 بايت، والذي يؤمن نقاط ترميز لأكثر من 65000 رمز. ولكي تبقى عملية الترميز بسيطة وفعالة، فإن مواصفة يونيكود، تمنح اسما وقيمة عددية فريدين من نوعهما، لكل رمز من الرموز وعلى حين أن 65000 رمز يعتبر كافياً لتغطية آلاف الرموز المستخدمة في لغات العالم الرئيسية، إلا أن مواصفة يونيكود ومواصفة *ISO 10646*، تقدّمان آليّة للتوسّع، تسمى*UTF-16* ، قادرة على ترميز مليون رمز إضافي.[15]

المنارة للاستشارات

3/ المكتبة الرقمية وإشكال اللغة العربية في ظل مجتمع المعرفة:

يعتبر التنوع اللغوي مسألة إيجابية وهامة تضمن القدرة على التواصل الإنساني والتفاعل الحضاري، حيث أنّ اكتساب الفكر والوعي به لا يمرّ إلاّ عبر الاطلاع على لغات الآخرين. لكن الخطر الذي نشعر به اليوم هو رغم ثراء الرصيد اللغوي العربي بمخزونه الاشتقاقي وصفاته الجمالية والإيقاعية، ومطابقة المستوى الصوتي الرمزي فيها للرموز المكتوبة، فإنّ ما يروج في الأذهان العربية، أن للغات الأجنبيّة الموقع المتقدم والأفضليّة لأنها لغة العلم والاقتصاد والسياسة والثقافة، وبدونها لا نستطيع التواجد. لكن في الحقيقة ما ذلك إلاّ مغالطات تسعى العولمة اللغوية إلى فرضها من أجل تكريس الأحادية العالمية، وهذا ما جعل من اللغة العربيّة اليوم تواجه رهانات تستدعي إعادة التفكير في واقعها من أجل امتلاك سلطة المعرفة بمفهومها الجديد.[16] وقد تنبه اللغويون العرب إلى ضرورة العناية باللغة العربية والتنبه للمخاطر المحدقة بها، فكانت الدعوة إلى تنمية اللغة العربية وتحديثها بتجديد القواميس وتطوير المعاجم، حتى تكون للغة العربية مكانتها الطبيعية في الثقافة العربية.

في نفس الصدد ظهرت مبادرات وطنيّة تعمل على بعث مشروع عربي شامل من خلال خلق مكتبات رقمية عربيّة تهدف إلى تغطي أكبر قدر من المقتنيات الإلكترونية باللغة العربيّة بأشكالها المختلفة ، وغايته فتح آفاق جديدة تعزز التعاون بين مكتبات العالم العربي، وبناء قواعد بيانات والمشاركة فيها مما يزيد في ثراء الموارد الإلكترونية و يحسن الخدمات، من أجل تحقيق أهداف الخطة الوطنية للاتصالات و تقنية المعلومات في التحول إلى مجتمع معلوماتي من ناحية، وتحقيق أهداف خطط التنمية في التحول إلى مجتمع المعرفة عبر تقديم خدمات إلكترونية لجميع فئات المجتمع من ناحية أخرى ودعم مبادرات الوصول الحر للمعلومات في العالم الافتراضي، ونشر الثقافة المعلوماتية بين أفراد المجتمع بكافة فئاته وطبقاته. إضافة إلى تحقيق أهداف السياسة الوطنية للعلوم والتقنية عبر دعم نشر المحتوى العلمي العربي.

لكنّ إلى حدّ اليوم لم نشهد على الصعيد العربي ولا حتى الوطني مؤشرات إيجابية لوجود مكتبات رقميّة عربيّة تعمل باستثناء بعض التجارب المتعثرة. [*] وعند الرجوع إلى أصحاب المهنة من المتخصصين في علم المكتبات، فإنهم غالبا ما يعبرون عن مصاعب ماليّة أو نقص التكوين في التخصص، لكن يبدو أنّ الأمر أعمق من ذلك، حيث ارتبطت هذه العراقيل في الحقيقة بأمور تقنيّة مرتبطة بالتعقيدات اللغويّة للكتابة العربيّة. وقد يعود ذلك إلى أنّ غالبية اللغويين العرب قد غفلوا حتى وقت متأخر عن تأثيرات ظاهرة حوسبة المعجم العربي

المنارة للاستشارات

واللغة العربيّة،[17] ولعلّ ذلك يرجع إلى ضعف الموقف العربي حيث لم تهتمّ الجهات المعنية باللغة العربية، من الوزارات إلى المجامع اللغوية ومؤسسات البحث العلمي والنشر ومن علماء وأدباء، بمسألة مواكبة اللغة العربيّة للتطورات التكنولوجيّة بما هي سمة مجتمع المعرفة واستسلامهم أمام المؤثرات الأجنبيّة.

4/ مميزات اللغة العربيّة وتشكيلها الرياضي:

تحتوي الحروف العربية المتميزة بمرونة الرسم، على العديد من الحروف التي تتشابه في وضعها، فهناك حروف منتصبة إلى أعلى، وهي: (أ، ل، ك، ط، ظ، ل، لا) وحروف تجر إلى أسفل عند وقوعها في آخر الكلمة مثل: (ج، ح، خ، م، ن، ص، ض، س، ش، ع، غ، ل، ق، ي) وحروف تجر إلى أسفل في أول ووسط وآخر الكلمة: (و، ز، ر) وهناك حروف ثابتة على السطر مثل (ب، ت، ث، د، ذ، ف، هـ، ء) مع الإشارة لحرف (الـ ل) الذي يجاري دون غيره من الأحرف الخاصيتين الأولى والثانية.[18] كما تكتب الحروف العربيّة من اليمين إلى اليسار وتستخدم النقط والفواصل، وتتميز بجملة من الخصائص والصفات الشكليّة المتمثلة في المد، البسط، التدوير، المطاطية، قابلية الضغط، التربيع، التشابك والتداخل، تعدد شكل الحرف الواحد، الحركة، التشكيل وشغل الفراغ، إضافة الى ثراء تركيبات السوابق واللواحق *Prefixes and Suffixes* في اللغة العربية، والتي تمكّن من التعبير بالكلمة نفسها عن المفرد والمثنى وضمائر الفاعل والمفعول والأزمنة والاستفهام، كما أنّ للبناء النحوي للغة العربية عمقاً دلالياً لا نظير له، حيث تقود حركات الإعراب المختلفة، إلى حسم العديد من أوجه اللبس في المعاني، مما لا يدع مجالاً لسوء الفهم.[19] ولا يقف الحد عند تغيير أشكال الحروف بتغيير موقعها من الكلمة، إذ للغة العربيّة العديد من المزايا الأخرى التي لا تجتمع في اللغات الأخرى، حيث أننا نقرأ لغتنا العربيّة ونتكلمها بالأوزان وليس بالحركات، كما تتعدى الكلمات المستخدمة في اللغة العربية الملايين، أخذاً في الاعتبار الكلمات المشتقة والمزيدة، كما أنّ جذور الكلمات العربية أقل بكثير من مثيلاتها الإنجليزية على سبيل المثال، ولكنها تخضع لجداول حاكمة تعدّ 144 جدولاً رياضياً سليماً يتعامل تقريباً مع جميع الأفعال العربية من دون استثناء، ويتيح إمكانيّة استيعاب أي مصطلح جديد والتعبير عنه بطريقة تلقائية مبسطة. ولعلّ ذلك ما يجعلنا نقول أنّ اللغة العربية لغة توليدية اشتقاقية بامتياز، حيث تعتمد أساسًا على الجذر الثلاثي أو الرباعي والوزن. فاللغة العربيّة تنطلق من الجذر، فتضيف إليه الحركات ليتشكل الوزن،

المنارة للاستشارات

ونصل إلى اشتقاق وتوليد عدد لا نهائي من الكلمات والأوزان،[20] اعتمادا على الصيغ الصرفيّة ودلالاتها أكثر من السوابق واللواحق.

جعل هذا الأمر اللغة العربيّة من اللغات الطبيعية والرياضية الجبرية القابلة للرقمنة والحوسبة، والتي تستجيب لأبرز المعايير الهندسية والصناعية، لتكون بذلك لغة انصهارية مخالفة للغات الأخرى القائمة على عملية "الإلحاق أو الإلصاق،[21] وهذه الميزات هي ما دفعت المراكز البحثية المتخصصة في المعالجة الآلية للغات الطبيعية منذ سبعينات القرن العشرين، إلى التفكير حوسبة اللغة العربيّة.

5/ الرابط بين الهندسة الحاسوبيّة واللغة العربيّة:

تعتبر الهندسة فن التحكم في النظم، ويقوم الحاسوب بشقيه العتادي والبرمجي على مبدأ هذا التحكم، وأما اللغة فهي نظام معقد بما فيه من كتابة وصوت، وصرف وتركيب ومعجم ودلالة وتداول. ولقد استطاع الباحثون في لغات غربية كثيرة وضع برامج حاسوبية لسانية طبقت فيها جميع الخوارميات الصورية التي تعرفها الآلة، إلا أن التطبيق على اللغة العربية ما يزال في بداية الطريق.[22] وأمام إلزاميّة كتابة النصوص باللغة العربية، فقد اضطرّ المبرمجون لتصميم برامج تمكن المستخدم العربي من استغلال هذه التقنية باللغة العربية، وفي مقدمتها صناعة الحرف العربي آليا وتنميط لوحة المفاتيح، حتى يرسم الحرف العربي على الحاسوب وفق خوارزميات التحكم، التي تجعل من الحرف يسير في الاتجاهين التصاعدي والتنازلي، قصد تمكين المستخدم من التحكم في حجم البنط، أو تغييره وفق احتياجه. استوجب هذا الأمر توحيد لوحة المفاتيح العربية بين مختلف الدول العربية. فكان مجال الإحصاء اللغوي للألفاظ أول المجالات التي تناولتها المعالجة الآلية للغة العربية، ليتم فيما بعد تطوُّر المعالجة عبر تطبيقات معلوماتية شملت مجالات عدة كالصّرف، والتركيب، والمعجم. وقد جعلنا ذلك ندرك تبادليّة العلاقة بين الحاسوب واللغة، حيث أنّ دراسة اللغُة من منظور قياسي هندسي تكشف القناع عن أسس علوم اللغة والقدرات اللغوية وكيفية قيام الذهن البشري بعمليات تحليل اللغة واكتساب الخبرات واسترجاع المعلومات. ونظرا للطبيعة الجبرية الخوارزميّة لنظام اللسان واللغة العربية، فإن الربط بين هذه المستويات يعدّ أمرا بالغ التعقيد، لا يمكن أن تقوم به الآلة إلاّ إذا تم تزويدها بالقواعد اللسانية الصورية، أي بالخوارزميات اللغوية، بنوعيها التوليدي والتحليلي، وعلى هذا الأساس وُضع المعجم

المنارة للاستشارات

الإلكتروني لتراكيب اللغة العربية،[23] مع خلق برامج لتصحيح الأخطاء الكتابية لدى متعلمي الخط ومن ابتداع أنماط جديدة من الخط العربي، ومن إجراء العديد من المتغيرات الفنية في أشكال الحروف وأحجامها مع الاحتفاظ بالنسب الفنيّة الجمالية للحروف العربيّة.[24]

6/ أيّ تحديات واجهت حوسبة اللغة العربيّة:

تعتبر مسألة تشفير المحارف بطريقة معيارية يعتمدها المصنعون لتوفير المعدات والبرمجيات الخاصة باللغة والكتابة العربيتين من بين أهمّ التحديات الرئيسية التي واجهتها اللغة العربية في بدايات العصر الرقمي، خاصة وأنّ معظم أجهزة الحاسوب قد صممت للتعامل مع الحروف اللاتينية المنفصلة.

ومنذ دخول الحاسوب إلى المنطقة العربية قامت منظمة المواصفات والمقاييس، بوضع شفرات المحارف الخاصة بتنميط لوحات المفاتيح الحاسوبية لفائدة المستخدم العربي. إلاّ أن المشكل الذي طرح هو تعدد الجهات التي تولت هذه المهمة، فكانت كل جهة تسوق لوحة المفاتيح بطريقتها الخاصة. إضافة الى توالي برامج التعريب التي كانت تختلف في تحديد قيمة الأزرار العددية التي تلائم توزيع الحروف على لوحة المفاتيح، وذلك بعد بعث أول برنامج للتعريب تحت اسم نافذة، ونضرب لذلك مثالا يطرحه الفارق بين الماكنتوش و أ.ب. م ***I.B.M.*** في أواسط الثمانينات، حيث ضلّ نقل البيانات بين الجهازين مستحيلا الى أن تم توقيع اتفاقية شراكة حول نظام الاستغلال بين المؤسستين، فكانت من التداعيات الإيجابيّة لهذا الاتفاق هو توحيد لوحة المفاتيح في أواسط التسعينات من القرن العشرين. من جانب آخر، وبما أنّ الحوار بين الإنسان والآلة باللغة العربية، أصبح يعدّ إحدى الأولويات التي يجب أن توضع على طاولة البحث اللغوي لتصميم الخوارزميات اللغوية العربيّة، فإنه من الضروري الإلمام المعرفي باللغة الصرفية والصوتية والتركيبية والدلالية، إذ لم يعد الأمر يتعلق بالاشتقاق والنحت أو بظاهر الألفاظ فحسب، بل يتجاوزه إلى التأصيل والمقارنة والعقلنة والنظم المستوعبة لثنائيات اللغة كالأصيل والدخيل والفصيح والعامي والعربية والأجنبية ...

لكن ما يؤسف له، أنه على رغم الطابع الجبري للغة العربية، وعلى رغم محاولات التي بذلت، فإنه لا توجد الى حد الآن لغة برمجة بالحرف العربي، حيث تركّز البحث في الهندسة الحاسوبية لوضع نموذج من الكفاية البشرية على الحاسوب بهدف توفير أسباب الحوار بين الإنسان والآلة، على اللغات الأجنبيّة، في حين أن نصيب اللغة العربية من هذه البحوث مازال

المنارة للاستشارات

قليل ولا يشمل إلا بعض القطاعات الجزئية التي لا تحتاج إلى الخبرة اللسانية الكبيرة. وربما يعزى هذا الى ندرة أو فقدان المراكز البحثية التي يتم فيها التعاون بين المختصين في مجالي الحاسوب واللسانيات الصورية، وقد انعكس ذلك سلبا على صناعة البرمجيات العربية، كما يمكن أن نفسّر هذا الخلل بانعدام التنسيق بين المهندس الحاسوبي باعتباره منفذ للعمليات الحاسوبية اللغوية التي يضعها اللغوي من ناحية، واللغويين العرب من ناحية أخرى قصد وضع أسس آليّة لمنعرجات اللغة العربية،[25] وربما ذلك ما جعل اللغة العربيّة غير قادرة على أن تندمج في صياغة الحلول العالمية التي توفرها معايير اليونيكود والأيزو ***10646*** بمختلف تفرعاتها وأشكال تبسيطها كمجموعات المحارف الدولية ***UTF-8*** و ***UTF 16*** وغيرها.[26]

لهذا أصبح من الضروري التعامل مع البيانات العربية بشكل موحد، عبر تطوير لوحة موحدة تستوعب الحروف والأشكال العربية تحت اسم ***Unicode*** 16 غزوما و 32 غزوما لتكون بديلا عن شفرات المحارف العربية القديمة المعروفة باسم ***ASMO*** بمختلف أرقامها ISO 449، 646، 708 ...[27] كما شكّلت الجوانب التقنية المتمثلة في ضعف المحتوى الرقمي العربي كمّا وكيفا، وعدم توحيد المصطلحات والمفاهيم، واشكاليات تقابل اتجاه الكتابة بين العربية ولغات أخرى من جهة وبين الحروف العربية والأرقام من جهة أخرى ***Bidirectionnality***، واشكاليات التجذير ***Lemmatization*** في عمليات التكشيف، وصعوبات التقنين في تعريب أسماء النطاقات - ***Internet Domain Name Services IDNS***، وعوائق التعرف الضوئي على الكتابة اليدوية ***OCR***، إشكالا وتحديا لتطور الصناعة الرقمية العربية.[28] إضافة الى تموقع حروف العلّة العربيّة ***Vowels***، والاعتماد الكبير على حركات التشكيل من ضمة وفتحة وكسرة وسكون والتنوين، والضوابط من شدّة ووصل ومدّ وقطع، وما لذلك من تعقيدات تأثّر على تقنيات المعالجة الآلية. ولا يقف الأمر عند ذلك، وإنما يتجاوزه الى حدّ تشابه مفردات عربية كثيرة في حروفها الأساسية مع اختلاف في معناها وتعدد طرق قراءتها، علما بأن اللبس يتضاءل جدا وقد ينعدم في حالة التشكيل. ولا ننسى الإشكال الذي تطرحه عمليّة الترجمة الآليّة وضرورة توضيح المعنى المقصود خاصة إذا كان للمصطلح الواحد أكثر من معنى عند ترجمته.

وعلى هذا الأساس ندرك أهميّة التكامل في الأدوار بين اللغويين من ناحية ومهندسي الحاسوب من ناحية أخرى، حيث لا يمكن لكل منهما أن يشتغل بمعزل عن الآخر لإرساء

المنارة للاستشارات

برمجيّة عربيّة تخدم اللسان والثقافة والفكر العربي لتتجلى أبرز مظاهرها في منصّة رقميّة عربيّة شاملة، متجاوزة الإشكاليات التقنيّة للحرف العربي.

7/ المساعي الإقليمية في حوسبة المحارف العربية:

كانت المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم أول من أبدى اهتمام بحوسبة اللغة العربيّة، وقد خصّت 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.[29] لكن لم تتجاوز هذه المحاولات حدود تشخيص إشكالية حوسبة اللغة العربية إلى حوسبة مكوناتها مثل المعجم والمفتاحية الآلية.

وبشكل عام فقد مرّت التجربة العربيّة من أجل تشفير الحروف العربية واعتمادها في تصنيع المعدات وصياغة البرمجيات وكتابة المحتويات 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 وعلى إثر ذلك القرار، اول 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 رقم 5 ومطابقة لخصوصيات المواصفة الدولية ***ISO / IEC646***، وقد تم التوصل في بداية 1976 إلى أول معيار عربي موحد لنقل البيانات ***CODAR 1*** والذي وقد 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 في كينيا.[30] وفي سنة 1977، اجمعت في روما لجنة مختصة أنشأها المكتب الدولي للمعلوماتية

المنارة للاستشارات

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 وقُدّم للدراسة والمراجعة إلى العديد من الهيئات العربية والدولية من بينها 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، بوصفها سلطة تسجيل للرموز الحاسوبية لدى منظمة الأيزو، بمقترح لمعيار متكامل يستجيب للحاجيات اللغوية الرقمية لشركائها العرب. دفع هذا المقترح المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس والألكسو 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 الدولي، 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***

المنارة للاستشارات

646 ذات 128 حرفا، والعربية المحددة في معيار ***ASMO 449*** ذات 50 حرفا مع إمكانية تطبيق تقنيات توسيع الجداول وفقا للمواصفات ***ISO/IEC 2022 ISO/IEC 4873***.[31] 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 الموسعة 8859 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.[32]

عموما 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.[33] 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 المرتبة الرابعة من حيث عدد المستخدمين للأنترنيت، وبمجرد المقارنة بين أرقام سنة 2000 و2013، يتبين أن معدل نمو مستعملي اللغة العربية على الشبكة قد تحول من 2.5 مليون عام 2000، ليفوق 135 مليون عام 2013.[34] ويعتبر 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.

خاتمـــة:

خلاصة القول، أنّ مجرّد طرحنا لمسألة تشفير وترميز المحارف العربيّة، حتى تجد لنفسها مكان وسط انفجار تكنولوجي، قد غيّر من شكل التعامل مع المعرفة لتظهر في شكل مصادر مفتوحة تيسّر توفير المعلومة وإتاحتها، تجعلنا نشعر بجديّة المسألة من ناحية، وكذلك بنوع من الحرج من ناحية أخرى، أن نقف كعرب حائرين أمام إشكاليات تقنيّة متعلقة بلغتنا وتفاصيل كتابتها. ولعلّ المطّلع على الفضاءات الرقميّة العربيّة مازال يلمس تعثر

المنارة للاستشارات

التجارب العربيّة في توفير المعلومة في لغتها الأم على شبكات الواب، والتي مازالت لم تبلغ بعد المستوى المأمول.

لكنّ الجيّد، أنّ مبادرات ترميز وتشفير المحارف قد سمحت بالتفكير في بعث مشاريع رقميّة عربيّة متواضعة على غرار المكتبات الرقميّة والافتراضية والمواقع والفضاءات السيبيرانيّة والمنصات. ولعل الفضل في ذلك يعود إلى جهود المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس والجمعية الأوروبية لمصنعي الحواسيب، والحلول المعتمدة من قبل مجمع اليونيكود ومنظمة الأيزو، ليتم التوصل إلى تجاوز قسط كبير من صعوبات واجهت مشروع حوسبة اللغة العربيّة، حيث استفادت من الفرع اللساني التطبيقي الحديث والمتصل بالذكاء الاصطناعي، في إنجاز تطبيقات لغوية، وتحويل كل ما يتصل بها من صرف ونحو وغيرهما إلى صورة رقمية فرضتها الثقافة الصورية الحديثة، مما يفسر أنه لا حل من أجل التواجد اللغوي العربي في بيئة رقميّة عالميّة، دون اللجوء إلى أساليبِ الذكاء الاصطناعي وهندسة المعرفة.

ولهذا يبدو أنّ العمل على تأسيس ميثاق عربي من خلال إرساء سياسة ثقافية ولغوية عربية، ترتكز على مبدأ الوعي بالأخطار التي تحوم حول لغتنا الفصحى، من أجل الحفاظ عليها وتثمينها، أصبح أمرا أكيدا لمواجهة زحف لغوي في طريقه لضرب الهويّة العربيّة من خلال تهميشها. ولهذا يبدو انه لمن الأهميّة أن نعمل على إنشاء مركز عربي للبحث في مشاكل اللغة العربية، وتعريب العلوم ونقل ما ينشر ومتابعة ما يجد وإنشاء هيئة تختص بصنع المعاجم العربية وحوسبة التراث العربي والإسلامي والعربية المعاصرة، من خلال برمجيات تعمل على تقييم النماذج اللغوية وتحليل فروعها في الصرف الحاسوبي والنحو الحاسوبي والدلالة الحاسوبية والمعجمية الحاسوبية وعلم النفس اللغوي الحاسوبي والتاريخ اللغوي الحاسوبي للمواءمة بين المنظومات البرمجية وطبيعة اللغة العربية.

من جانب آخر ندرك أنه لا يمكن وضع البرمجيات المنشودة دون الاستناد لمعرفة لغوية صرفية وصوتية ونحوية ودلالية وتركيبية، وقبل ذلك معرفة لغوية تاريخية للإحاطة بجوانب الاشتقاق والنحت والمجاز ...، مع مجاوزة الأطر النظرية لحوسبة المعجم التي مازالت متوقفة عند الجمع المعجمي الذي يراعي عمليات تفعيل النظم الإشارية والرمزية والدلالية للكلمة في نسيجها التركيبي والمجازي والتاريخي.

المنارة للاستشارات

الإحالات المرجعيّة والهوامش:

(1) باطويل، عبد الله عبد الرحمان، "التشفير والترميز ENCRYPTION AND ENCODING" في مدونة المعرفة، 2012 http://abataweel.blogspot.com/2012/05/encryption-and-encoding.html، اطلع عليه في 03-05-2018. - السامرائي، حسين، ما الفرق بين الترميز والتشفير، 2015، HTTPS://EJAABA.COM اطلع عليه في 12-05-2018.

(2) تبنّى العرب مفهوم الصفر والخانات العشرية واستخدموه في الحساب، في حين كان الأوربيون في القرون الوسطى يجهلونه ويجهلون استعمالاته، حيث كان مفهوم الصفر جديدا وغريبا لدرجة أنهم أخذوه بنفس الاسم فأسموه "CIPHER"، ليعود الى العرب بعد ستة قرون ولكن بمعنى مختلف وغريب عن اللغة العربيّة وهي "التشفير". انظر السامرائي، حسين، 2015، مرجع مذكور

(3) التميمي، شاكر، "المعالجة الآلية للغة العربية" في مجلة لغة العصر، 2010، HTTP://WWW.STARTIMES.COM/?T=21168801، اطلع عليه في 06-06-2018

(4) ترزي، خضر، "ما هي مواصفة يونيكود "، منتديات الفريق العربي للبرمجة، 2001، HTTP://ARABTEAM2000-FORUM.COM/INDEX.PHP?/TOPIC/3367، اطلع عليه في 15-05-2018

(5) علي، نبيل، "العرب وعصر المعلومات"، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد، 184، إفريل، 1994، ص ص 342-344.

(6) نظريتان متكاملتان، فالنظرية التوليدية عبارة عن مجموعة من القواعد التي تعمل من خلال عدد من المفردات على توليد عدد غير محدود من الجمل. أما النظرية التحويلية فتهتم بتطبيق مجموعة من قواعد الحذف والاستبدال والإضافة وتغيير الموقعية على الجمل النواة للحصول على عدد غير متناه من الجمل الصحيحة. انظر

1991, CHOMSKY.N , STRUCTURES SYNTAXIQUES , LE SEUIL, PARIS, P10-28 P

(7) الحناش، محمد، قراءة سريعة في الهندسة اللسانية العربية، أو مقاربة في محاكاة الدماغ العربي لغويًّا، محاضرة في موضوع: اللغة العربية والحاسوب، جامعة الإمارات العربية المتحدة، مؤسسة العرفان للاستشارات التربوية والتطوير المهني، فاس، أكتوبر 2002، ص 6.

(8) ANDRÉ, JACQUES, «CARACTÈRES, CODAGE ET NORMALISATION :DE CHAPPE À UNICODE», DOCUMENT NUMÉRIQUE, ÉDITIONS LAVOISIER, PARIS , VOL.6, NO 3-4, 2002, PP.13-49 .- HAPAX., UNICODE 3.1 ET ISO 10646 EN FRANÇAIS.http:// iquebec. ifrance. com/ hapax, CONSULTÉ LE 21-05-208

(9) تبنت مواصفة "يونيكود" أكبر الأنظمة المصنعة للحواسيب في العالم، مثل شركات IBM و APPLE ، و MICROSOFT و ORACLE وغيرها...

(10) Zghibi, Rachid, « Le codage informatique de l'écriture arabe : d'ASMO 449 à Unicode et ISO/CEI 10646 », *Document numérique*, Lavoisier, Paris,vol 6, n°3, 2003, p 155. - ISO, INTERNATIONAL STANDARD ISO/CEI 10646-1 : INFORMATION TECHNOLOGY-UNIVERSAL MULTIPLE-OCTET CODED CHARACTER SET (UCS) : PART1 ARCHITECTURE AND BASIC MULTILINGUAL PLANE, ISO/CEI, GENEVE, 1993

(11) محمد، هشام ابراهيم عز الدين، " إمكانيّة تحقيق مبدأ الوحدة في تصميم الخطوط العربيّة الحاسوبيّة: دراسة بالتطبيق على (خط عناوين)"، مجلة العلوم الإنسانيّة، ج14، عدد 2، سبتمبر 2013، ص ص 234-235.

المنارة للاستشارات

[12] نهاد، الموسى، اللغة العربية نحو توصيف جديد في ضوء اللسانيات الحاسوبية، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 2000، ص. 53.

[13] اليوبي، بلقاسم، "اللسانيات الحاسوبية مفهومها وتطوراتها ومجالات تطبيقاتها: استشراف آفاق جديدة لخدمة اللغة العربية وثقافتها" مجلة مكناسة، العدد 12، 1999ص. 44.

[14] التميمي، شاكر، 2010، مرجع مذكور

[15] Zghibi, Rachid, 2003, Op. Cit., p155

[16] للعولمة اتصال كبير بالهيمنة العالمية والتي تؤدّي إلى تجاهل التنوع الثقافي واللغوي، وعدم احترام الخصائص الثقافية لشعوب. انظر عبد السلام، أحمد، "العولمة والثقافة اللغوية وتبعاتها للغة العربية"، عن موقع: مجمع اللغة العربية الأردن، 2009، HTTP://WWW.MAJMA.ORG.JO/MAJMA/INDEX.PHP/2009-02-10-09-36-00/216-M606.HTML، اطلع عليه في 16-05-2018

* نذكر كمثال مشروع المكتبة العربيّة الرقميّة بمكتبة عبد العزيز العامة.

[17] أبو هيف، عبد الله، " مستقبل اللغة العربية: حوسبة المعجم العربي ومشكلاته اللغوية والتقنية أنموذجا" مجلة التراث العربي، مجلة فصلية تصدر عن اتحاد الكتاب العرب، السنة 24، العدد 93 و94، دمشق، آذار وحزيران 2004، صص95 -96

[18] الصويعي، عبد العزيز سعيد، الحرف العربى تحفة التاريخ وعقدة التقنية، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، مصراته، 1989، ص 99.

[19] القاضى، رضا عبده، الملصقات والرسوم التعليمي، جامعة طنطا، طنطا، 1991، ص116.

[20] المهيوبي، عبد العزيز بن عبد الله، "اللسانيات العربية والحاسوب: معالجة الصرف آلياً"، مجلة الإتصالات والعالم الرقمي، العدد 238، 2008، HTTP://WWW.AL-JAZIRAH.COM/DIGIMAG/2008/13012008/WRITT45.HTM، اطلع عليه في 28-07-2018

[21] المهديو، ابراهيم، اللسانيات الحاسوبيّة: رقمنة اللغة العربية ورهان مجتمع المعرفة، 2016، HTTP://WWW.ALUKAH.NET/LITERATURE_LANGUAGE/0/109521/#IXZZ51ICGG0YF، اطلع عليه في 01-06-2018

[22] الحناش، محمد، 2002، مرجع مذكور

[23] المهديو، ابراهيم، 2016، مرجع مذكور

[24] علي، إيهاب، اعداد برنامج كمبيوتر متعدد الوسائل لإثراء اللوحة الزخرفية لطلاب كلية التربية الفنية وقياس أثره، جامعة حلوان، القاهرة، 2002، ص141

[25] الحناش، محمد، 2002، مرجع مذكور

[26] بن هندة، مختار، بدايات التميز الرقمي المعياري للمحارف العربيّة، 2015، HTTP://WWW.BENHENDA.COM/ARA/?P=1583 اطلع عليه في 10-05-2018.

[27] الحناش، محمد، 2002، مرجع مذكور

[28] بن هندة، مختار، من إشكاليات اللغة العربيّة على الشبكة الرقميّة، 2014، HTTP://WWW.BENHENDA.COM/ARA/?P=1380

المنارة للاستشارات

(29) بن ساسي، محمد ، "استعمال اللغة العربية في مجال المعلوماتية. نبذة تاريخية" ، في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1996، ص19 .- البواب ، مروان والطيان، محمد حسان "أسلوب معالجة اللغة العربية في المعلوماتية: الكلمة. الجملة" في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية ، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1996، صص27- 28. - الغزالي، سالم، "لمعالجة الآلية للكلام المنطوق: التعرّف والتأليف"، في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1996 ، ص72. - مراياتي، محمد،" تعامل الأجهزة والمعدات مع الحرف العربي" في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس 1996 ص79. - أحمد، محمد بن " اللغة العربية والنظم الحاسوبية والبرمجيات": ، في كتاب استخدام اللغة العربية في المعلوماتية، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1996، ص125. - أبو الهيجاء، أحمد ، "المواصفات والمقاييس لتعريب المعلوماتية، في كتاب" استخدام اللغة العربية في المعلوماتية"، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، إدارة الثقافة، تونس، 1996 ، ص180 .

(30) بن هندة، مختار، 2015، مرجع مذكور

(31) 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

(32) بن هندة، مختار، 2015، مرجع مذكور

(33) من نتائج الجهود نحو ترميز وتشفير المحارف العربيّة، ان أصدرت منظمة اليونيكود 65536 حرفا، خصص منها حوالي 34000حرفا منها للغات الحية، وقد ظهرت منها الحروف العربية بأشكال الهمزة الستة والحروف الأبجدية الثماني والعشرين يتخللها حرف التاء المربوطة وحرف الألف المقصورة والألف الخنجرية وهمزة الوصل، وأدوات التشكيل، إضافة إلى الأرقام المستعملة في المشرق العربي، كما ظهرت أشكال جميلة للكتابة العربية بخطوط مختلفة. انظر خضر، محمد زكى محمد، "الحروف العربيه والحاسوب"، مجلة مجمع اللغه العربيه الاردني، 1996، -HTTP://WWW.AL MISHKAT.COM/KHEDHER/WP-ADMIN/PAPERS / /PAPER3.PDF، اطلع عليه في 08-07-2018

(34) بن هندة، مختار، 2014، مرجع مذكور.

المنارة للاستشارات