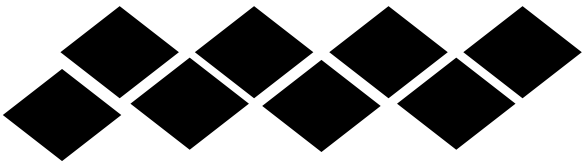


مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

تقنيات المعالجة الآلية للغة وتطورها

د. محمد رأفت محمود فرج

مدرس علم اللغة الحاسوبي بقسم اللغة العربية

كلية الآداب – جامعة بني سويف

DOI: 10.21608/qarts.2021.99197.1246

مجلة كلية الآداب بقنا – جامعة جنوب الوادي – العدد ٥٤ (الجزء الأول) يناير ٢٠٢٢

الترقيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة ISSN: 1110-614X

الترقيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية ISSN: 1110-709X

موقع المجلة الإلكتروني: https://qarts.journals.ekb.eg

تقنيات المعالجة الآلية للغة وتطورها

إعداد

د. محمد رأفت محمود فرج

مدرس علم اللغة الحاسوبي بقسم اللغة العربية

كلية الآداب– جامعة بني سويف

moraafat82@yahoo.com

الملخص باللغة العربية:

يُلقي هذا البحث الضوء على التقنيات المُعوَّل عليها في المعالجة الآلية للغات الطبيعية، وتتبع مراحل تطورها، ودراسة كيفية عملها؛ تمهيدًا لتصنيف تلك التقنيات في أطر عامة تجمعها عوامل مشتركة، ولقد صُنفت تلك التقنيات إلى: تقنيات رقمية متمثلة في المعالجات الحاسوبية، وتقنيات غير رقمية متمثلة في المعالجة الميكانيكية، والمعالجة الكهروميكانيكية، والمعالجة التماثلية، وبتلك الرؤية التي تضمن لنا عدم اختزال المعالجة الآلية للغة في إطار بعينه دون بقية الأطر أو تقنية بعينها دون بقية التقنيات يمكن تطوير تلك المعالجة من خلال وضع رؤى وتصورات تُسهم في ابتكار تقنيات شاملة تحقق الغرض وتُلبي الطموحات.

الكلمات المفتاحية: معالجة اللغات الطبيعية، الذكاء الاصطناعي، – اللسانيات الحاسوبية، المعالجات الآلية للغة، التقنيات الرقمية، المعالجة الحاسوبية، التقنيات غير الرقمية، المعالجات الميكانيكية، المعالجات الكهروميكانيكية، المعالجات التماثلية

أولًا: المُقدّمة:

تسعى الدراسات الحاسوبية للغة في الآونة الأخيرة إلى تطوير تقنيات رقمية تتعامل مع اللغة الطبيعية وتُعالجها آليًا سواء أكانت بصورتها المنطوقة أم لم تكن؛ وذلك بغرض أداء مهام لغوية بصورة آلية تُحاكي – قدر المستطاع – طبيعة المهام العقلية للإنسان عند القيام بفهم اللغة الطبيعية (Natural Language Understanding) للتعرف على الكلام وتحليله واستخلاص المعلومات والمعارف منه أو عند القيام بإنتاج اللغة الطبيعية (Natural Language Generation) لتوليد الكلام منطوقًا أو مكتوبًا.

ومع كل ما حققته تلك الدراسات والمعالجات الحاسوبية من إنجازات مهمة على الصعيد اللغوي بجميع مستوياته الصوتية والصرفية والنحوية والدلالية؛ تظل الحاجة إلى وضع إطار عام يُحدد الأهداف مطلبًا ضروريًا يسعى الجميع إلى تحقيقه؛ لوضع رؤى وتصورات تُسهم في ابتكار تقنيات ذات طبيعة خاصة تُلبي الطموحات وتحقق الآمال، ومن ثمَّ فإن تلك المعالجات والدراسات الحاسوبية في حاجة إلى التطوير والتحديث في ضوء رؤية شاملة تقوم على مبدأ عدم اختزال المعالجات الآلية للغة الطبيعية في التقنيات الرقمية دون غيرها من التقنيات.

ومن هنا رأيتُ أن أسهم بهذا البحث المتواضع لبلورة تلك الرؤية من خلال دراسة تقنيات معالجة اللغات الطبيعية وتطورها؛ لإيجاد عامل مشترك يمكن التعويل عليه في وضع منظومة عامة لتطوير تقنيات مستقبلية للمعالجات اللغوية تقوم على أسس علمية وعملية تضمن سلامة اللغة والحفاظ عليها انطلاقًا من مبدأ أن اللغة مقوم ثابت لا

يخضع للتغيير أو التبديل أما التقنية الآلية فتُعد مقومًا متغيرًا تتم من خلاله عمليات التطوير والتحديث والمعالجة وفقًا لطبيعة اللغة وخصائصها التطبيقية.

وانطلاقًا من تلك الرؤية تم تصنيف تقنيات معالجة اللغات الطبيعية في البحث حسب طبيعتها ومراحل تطورها زمنيًا إلى قسمين: جعلتُ القسم الأول للتقنيات غير الرقمية وتناولت فيه المعالجات الميكانيكية، والمعالجات الكهروميكانيكية، والمعالجات التماثلية، أما القسم الثاني فقد خصصته للتقنيات الرقمية المتمثلة في المعالجات الحاسوبية، وقد تبنى البحث المنهج الوصفي لدراسة تلك المعالجات وتحليلها ومن ثمَّ استخلاص السمات المميزة لكل نوع منها، كما تم الاستعانة بالمنهج التاريخي لدراسة تطور تقنيات المعالجة الآلية للغة، وقد دعمت هذين المنهجين بالمنظور المقارن – في بعض الأحيان– للوقوف على جوانب التشابه والاختلاف بين تلك الأنواع تمهيدًا لتصنيفها.

المعالجات اللغوية وفكرة الميكنة :

خلق الله عَزَّوَجَلَّ الإنسان في أحسن الصور وأكرمها، وأغدق عليه من نعمه ظاهرة وباطنة؛ فوهبه قامة منتصبة وقدرة على الحركة والكلام، وخصه بالعقل والحكمة والوجدان، يقول تعالى: ﴿ لَقَدْ خَلَقْنَا ٱلْإِنسَـٰنَ فِىٓ أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ۝٤ ﴾[1]، ويقول تعالى:﴿ أَلَمْ نَجْعَل لَّهُۥ عَيْنَيْنِ ۝٨ وَلِسَانًا وَشَفَتَيْنِ ۝٩ وَهَدَيْنَـٰهُ ٱلنَّجْدَيْنِ ۝١٠ ﴾[2]، ويقول تعالى: ﴿ أَلَمْ تَرَوْا۟ أَنَّ ٱللَّهَ سَخَّرَ لَكُم مَّا فِى ٱلسَّمَـٰوَٰتِ وَمَا فِى ٱلْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُۥ ظَـٰهِرَةً وَبَاطِنَةً ﴾[3].

وبالعقل المُفَكِّر المُدْرِك المائِز يُفيد الإنسان مما سخره الله عَزَّوَجَلَّ له؛ لتسهيل حياته وتلبية احتياجاته المتعددة ومتطلباته المتزايدة، فقديمًا أشعل النار ووظفها لإعداد طعامه، وصنع الأدوات (الحجرية والخشبية) والأصبغة والغراء والفخار والورق والسيوف والسفن والزجاج، وبنى المساكن، واستأنس الحيوان، وسَكَّ العملات، وعَرِفَ الكتابة والطباعة والموسيقى والزراعة والطب والفلك والحساب، واستعمل وسائل مبتكرة لتحويل طاقة الحيوان أو الرياح أو المياه لطاقات أخرى يمكن توظيفها في أعمال كثيرة كالنواعير[١] والطواحين[٢].

وبظهور الثورة الصناعية في أوروبا بالتزامن مع قيام الثورة الفرنسية خلال القرن الثامن عشر توصلت البشرية إلى فكرة الميكنة؛ لتحدث سلسلة من التغييرات الأساسية في الحياة البشرية على الأصعدة كافة، ويتحوَّل المجتمع الإنساني من مجتمع يعتمد على الحِرَف التقليدية الموروثة إلى مجتمع يسعى نحو آفاق جديدة في العمل والمعيشة من خلال ابتكار الآلات الميكانيكية وتوظيفها في مجالات كثيرة كالزراعة والصناعة والتجارة[٤]، يقول المؤرخ الأمريكي كارلتون هايز(Carlton.Hayes): "إن الثورة

---

١ **النواعير: جمع ناعور أو ناعورة، وتطلق على الدُّولاب أو جناح الرحى أو الدلو التي يُستقى بها، ويديروها الماء أو قوة الرياح أو جر الحيوان، ولها صوت.. انظر لسان العرب: مادة (نعر): ج ٥/ص٢٢٢، وانظر مختار الصحاح: مادة (نعر): ١/٢٧٨،.. انظر معجم اللغة العربية المعاصرة: مادة: (ن ع ر) : ٥١٦٣.**

٢ **الطواحين: جمع طاحونة أو طحانة، وهي الرحى التي تدور بالماء أو الأداة التي تُستعمل لطحن الغلال أو لرفع الماء وتحركها الرياح.. انظر لسان العرب: مادة (طحن): ج ١٣/٢٦٤، وانظر مختار الصحاح: مادة (طحن): ١/١٦٣،انظر معجم اللغة العربية المعاصرة: مادة: (ط ج ن) : ٣١٨٣ .**

الصناعية التي تطورت في أوروبا وانتشرت إلى خارجها بشرت بخلق حضارة ومجتمع صناعي ميكانيكي في أنحاء العالم كافة "[٥] .

وتدور فكرة الميكنة حول توظيف قوى ذات طبيعية مُحَرِّكة كالبخار والحرارة والكهرباء في إدارة منظومة ميكانيكية تعمل بصورة تلقائية محددة الخطوات بغرض أداء مهام ووظائف معينة، ومن ثمَّ فالهدف من الميكنة تحويل الطاقة من صورة إلى صورة أخرى بواسطة المكائن، والمكائن : جمع مَكِنة أو ماكينة، وهي آلة أو جهاز من الصلب أو غيره يعمل بقوة اليد أو الرجل أو البخار أو الحرارة أو الكهرباء، ويتركب من مجموعة أجزاء متصلة ببعضها وتعمل فيما بينها لأداء غرض معين[٦].

ولا تقتصر الآلات في عملها[١] على مكوناتها المادية (Physical tools) فحسب؛ بل تحتاج إلى مكـون آخـر للتعامل معها ويكـون مسئـولاً عن إدارتها والتحكم بها، ويُعرف هذا المكون بالمعالجة(Processing)ويتمثل في الإجراءات(Procedures) أو العمليات (Process) التي من شأنها تحويل الأوامر والتعليمات إلى صورة تقبلها الآلة وتنفذها تلقائيًا.

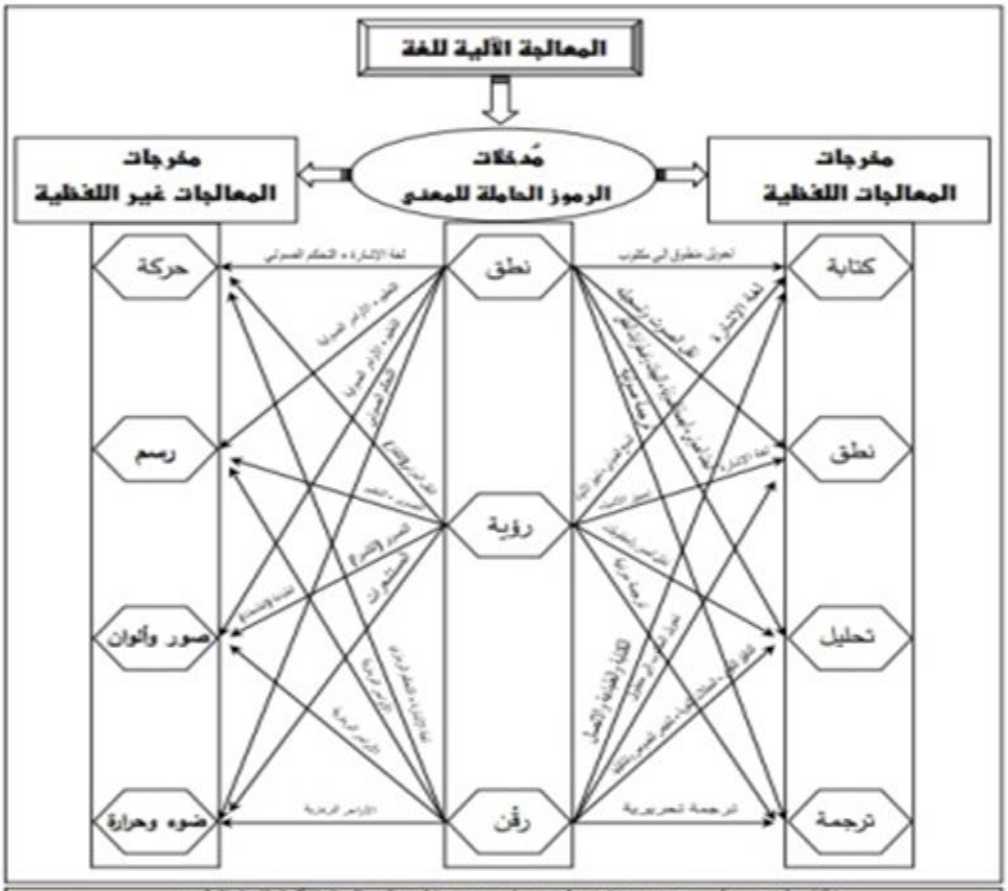
وهكذا تكون المعالجة الآلية وسيلة الاتصال بالآلة ودونها تتحول الآلة إلى أداة مثلها مثل باقي الأدوات التي اخترعها الإنسان في الماضي، يقول الدكتور أحمد حسن البرعي : "لا يُقصد بالآلة مجرد تركيب مادي يساعد على تسهيل العمل الإنساني وتذليل الصعوبات أمامه، فقد توصل الإنسان منذ زمن بعيد إلى اختراع أدوات تساعده في عمله

١ **عمل الآلات يتمثل في نقل الطاقة وتوظيفها لأداء مهام معينة .**

كالفأس والمطرقة والسندان، وإنما يُقصد بالآلة ... تركيب مـادي يحتوي علـى أدوات تؤدي تلقائيًا العملية الفنية نفسها التي كان يؤديها العامل قبل اختراع الآلة" (٧).

ومن بين المعالجات الآلية لقيت المعالجات اللغوية –وهي ما تعنينا هنا– اهتمامًا كبيرًا من العلماء ومصممي الآلات، فمن خلالها تتمكن الآلة من استقبال الرموز الحاملة للمعنى[١] والتعامل معها بغرض القيام بنوعين من المهام، النوع الأول: يتمثل في أداء مهام لفظية كالكتابة والنطق والتحليل والترجمة .. الخ، أما النوع الثاني: فيتمثل في أداء مهام غير لفظية كالقيام بحركة أو رسم شـكل أو إصـدار ضوء أو حرارة أو نقْش الصور والألوان .. الخ، ويتضح ذلك من الشكل الآتي(شكل ١- ٠) :

١ الرموز الحاملة للمعنى قد تكون رموزًا لفظية كالأصوات المنطوقة أو الحروف والعلامات المكتوبة ، وقد تكون رموزًا غير لفظية كالإشارات والإيماءات سواء كانت ضوئية أم حركية.



شكل (١ - ٠) تصور مقترح لمخرجات ومدخلات المعالجة الآلية للغة الطبيعي

وبنظرة فاحصة فإن هدف المعالجة الآلية للغة–كما هو مبين بالشكل(١–٠) يتمثل في تحويل الرموز المُسْتَقبَلة[1] اعتمادًا على تقنيات منطقية ونماذج تخطيطية إلى مهام لفظية أو مهام غير لفظية، ومن هنا فإن المعالجة الآلية للغة وفقًا لمخرجاتها من ابتكارات لها أربعة تصنيفات، ثلاثة منها ذات تقنيات غير رقمية وواحدة ذات تقنيات رقمية، وذلك على النحو الآتي :

[1] **يُقصد هنا بالرموز المستقبَلة: تلك الرموز الحاملة للمعنى والتي يتم إدخالها إلى الآلة بالنطق أو الرؤية أو الرَّقْن.**

أولاً : المعالجات ذات التقنيات غير الرقمية (Non-digital techniques):

١-١: المعالجات الميكانيكية (Mechanical processing):

يُقصد بالمعالجة الميكانيكية بوجه عام تلك المنظومة المسئولة عن الإدارة المباشرة للآلة[١] وتنظيم الحركة بين أجزائها؛ لتنفيذ أغراض ومهام معينة بصورة تلقائية ومتتالية، ويُعد هذا المبدأ المنطلق الأساسي لفكرة الميكنة والإطار العام لطريقة عمل الآلات الميكانيكية التي اخترعها الإنسان خلال الموجة الأولى من الثورة الصناعية في نهاية القرن الثامن عشر[٢]، وظل ذلك جزءًا لا يتجزأ من ابتكارات كثيرة خلال الموجة الثانية من تلك الثورة .

وبالرغم من تضافر عدة عوامل لخلق بيئة خصبة لازدهار تلك الابتكارات والاختراعات في الموجة الأولى للثورة الصناعية[٣] إلا أنها لم تتجاوز نطاق البساطة

---

١ يُقصد بالإدارة المباشرة للآلة: الاتصال بها وتشغيلها والتحكم فيها بصورة مباشرة دون وسيط رمزي أو رقمي .

٢ ظهرت الآلات ذات المعالجات الميكانيكية مع قيام الثورة الصناعية، وتُعد إنجلترا الموطن الأول لتلك الانطلاقة لا لريادة علمية أو تِقانيَّة تختص بها دون غيرها من دول أوروبا، حيث يذكر المؤرخون أن الفرنسيين في تلك الفترة كانوا أكثر تقدمًا من الإنجليز في العلوم الطبيعية كالرياضيات والفيزياء، وأمتد تفوقهم إلى العلوم الاجتماعية فكانت فرنسا أكثر تفوقًا من بريطانيا فيها.. انظر عصر الثورة: ٨١ ، ٨٤ .

٣ تتمثل تلك العوامل في تبني الحكومة البريطانية آنذاك رؤية تقوم على التنمية الاقتصادية وتحقيق الربح والنفع الخاص، ولتحقيق تلك الرؤية حرصت الحكومة البريطانية على زيادة الوعي بالفكر الرأسمالي وثقافة الإنتاج المميكن، وأسهمت في رعاية الاكتشافات العلمية والابتكارات الفنية، وعملت على اتساع الأسواق داخليًا وخارجيًا، واستجابت لمطالب المصنعين فمنحتهم الحرية في التنقل والتصنيع وتنظيم العمل وإدارة رأس المال، ووفرت المواد الأولية ومصادر الطاقة، وشجعت السكان على الهجرة إلى المدن الصناعية الناشئة، وهكذا توافرت الإرادة السياسية والسبل الرأسمالية والحاضنة الاجتماعية لتثبيت أركان تلك الثورة البازغة ..

حيث اعتمدت في الأساس على اكتشافات وتجارب وآلات كانت موجودة بالفعل في السابق، يقول الدكتور أحمد حسن البرعي: "فمن الخطأ أن نتصور أن منتصف القرن الثامن عشر كان بداية لاستخدام الآلات، فقد أُسْتخدمت الآلات قبل هذا التاريخ ومنذ القرن الخامس عشر. ومن الخطأ أيضًا القول بأن فترة الاختراعات الفنية والعلمية حدثت طفرة واحدة وكانت منقطعة الصلة بما قبلها، فمن الثابت أيضًا أن العصور الوسطى شهدت ابتكارات واكتشافات أرست الأسس الأولى لأساليب الإنتاج الصناعي"[٨].

وبالفعل فإن المحرك البخاري الذي يمثل ابتكاره على يد جيمس وات (James Watt) عام ١٧٨٤م مرحلة مهمة في تاريخ المعالجات الميكانيكية لم يكن يتطلب من مخترعه حينئذٍ سوى جزءًا يسيرًا من النظريات الفيزيائية التي كانت موجودة بالفعل في بدايات القرن الثامن عشر واستمر تطوير تلك النظريات حتى استقامت وتحدد مفهومها في عشرينات القرن التاسع عشر على يد العالم الفرنسي كارنو(Carnot) من خلال الاستخدامات العملية للآلات البخارية[٩].

ومن هذا المنطلق يمكننا القول بأن المعالجات الميكانيكية – في بدايتها – لم تأت بجديد لم يفكر به السابقون، فهي لم تظهر فجأة، ومن ثمَّ يصعب تحديد سنة بعينها لظهور تلك المعالجات، وفي الوقت نفسه يمكننا الاتفاق على فترة النصف الثاني من

انظر الثورة الصناعية: ١٥– ١٨، الثورة الصناعية وآثارها الاجتماعية والقانونية: ٢٧، ٢٨.

القرن الثامن عشر لظهورها لكونها المنطلق الأساسي للثورة الصناعية التي حدد إطارها الزمني كثير من المؤرخين[١] في الفترة الممتدة من عام١٧٨٠م إلى عام ١٨٠٠م[١٠].

ولم يكن اختراع المحرك البخاري[٢] وحده حصيلة الموجة الأولى من الثورة الصناعية، فكانت هناك اختراعات أخرى كثيرة في مجالات متعددة، أبرزها [١١] :

- **مجال الغزل والنسيج[٣]:** ومن أبرز مخترعاته المكوك الطائر[٤] ومغزل جيني[٥] والإطار المائي [٦] والمغزل المخلط [٧] والنول الآلي [١] .

---

١ من هؤلاء المؤرخين المؤرخ البريطاني إريك هوبزباوم (Eric Hobsbawm).

٢ تطورت الصناعة بفضل اكتشاف المحرك البخاري وأصبحت الآلات ذات قوة محركة جبارة يمكن توظيفها في مجالات متعددة كالغزل والنسيج، والنقل والمواصلات، والتعدين، والطباعة، وغيرها من المجالات، ويذكر بعض الباحثين أنه بفضل الاعتماد على قوة البخار تضاعف الإنتاج عشرات المرات، ففي عام ١٨٧٠م كانت الآلات البخارية في إنجلترا تحقق انتاجًا يُقدر بقوة عضلية لـ ٤٠ مليون شخص.

٣ أُستعملت أول آلة تعمل بقوة البخار عام ١٧٨٥م في مصانع روبينسون (Robinson) .

٤ المكوك الطائر: عبارة عن آلة للنسيج اخترعها جون كاي (John Kay) عام ١٧٣٣م، وتدور فكرتها حول الانتقال تلقائيًا من جانب الآلة إلى جانبها الآخر بسرعة كبيرة، وقد أدى استعمالها إلى زيادة إنتاج المنسوجات خمسة أضعاف عما كان يُنتج يدويًا، بالإضافة لاتساع عرض المنسوجات بعدما كانت لا تتجاوز ذراع العامل.

٥ مغزل جيني: هي آلة للغزل اكتشفها جيمس هارجريفز(James Hargreaves) عام ١٧٦٥م؛ لغزل أكثر من خيط في وقت واحد بواسطة تركيب ثمانية مغازل تُدار بحركة واحدة، وقد ساعد مغزل جيني على زيادة الإنتاج بمقدار مائة وعشرين ضعفًا عما كان يُنتج يدويًا .

٦ الإطار المائي: عبارة عن آلة للغزل طورها ريتشارد أركرايت (Richard Arkwright) عام ١٧٦٧م، وتستعمل هذه الآلة الماء كقوة محركة بديلاً عن طاقة الإنسان؛ مما أدى إلى إنتاج خيوط أكثر قوة التي قد تكون مصنوعة من القطن الخالص.

٧ المغزل المخلط: هي آلة للغزل اخترعها صامويل كرومبتون (Samuel Crompton) لتجمع بين دقة مغزل جيني وقوة الإطار المائي ، مما سمح بالحصول على خيوط غزل دقيقة وفي الوقت نفسه قوية .

- **مجال التعدين:** يعد هذا المجال من المجالات التي طرأت عليها تطورات كثيرة وخاصة فيما يتعلق بصناعة الحديد والصلب؛ لارتباطه بقطاعات صناعية متعددة كالسكك الحديدية وصناعة السفن والآلات المعدنية، ومن أبرزها تلك التطورات ما قدمه العالم ابراهام داربي(Abraham-Darby) من طرق لاستعمال الفحم في صهر الحديد بدلاً من الخشب عن طريق أفران خاصة، ولسهولة تشكيل الحديد وزيادة صلابته ابتكر العالم هنري كورت(Henry Cort) عام ١٧٨٤م فرنًا يمتزج فيه الأوكسجين بالحديد المنصهر فيكتسب الحديد صفة المرونة عند تصنيعه والصلابة عند تبريده، وبابتكار العالمان توماس (Thomas) وجيلكريست(Gilchrist) تصميمهما لنزع الفوسفور من الحديد تم استبدال الحديد بالصلب الرخيص في الصناعات المعدنية، وكانت لتلك الابتكارات أثر كبير في الارتقاء بالإنتاج الصناعي في تلك الفترة.

- **النقل والمواصلات:** فقد مكنت الآلة البخارية من اختراع القاطرة البخارية عام ١٨٢٥م على يد العالم الإنجليزي سبرت ستيفنسن(Sobert Stephenson)، كما تم توظيف قوة البخار في تسيير البواخر عام ١٨٠٣م على يد العالم الأمريكي روبرت بولتن (Robert Pulton) .

ولم يكتف العلماء بتلك الإنجازات فعكفوا على وضع نظريات علمية جديدة وإعادة النظر في النظريات السابقة في ضوء التجارب والاكتشافات من أجل ابتكار المزيد من الآلات والوسائل؛ مما أدى إلى ظهور الموجة الثانية من الثورة الصناعية بالتوسع

[١] **النول الآلي: عبارة عن آلة للنسيج طورها إدموند كارتريت (Edmund Cartwright) عام ١٧٨٥م، وطرأت عليها تحديثات كثيرة لنسج أي نوع من الخيوط ؛ مما كان له أثر جلي في الارتقاء بصناعة النسيج وقتها .**

في ميكنة عدد هائل من الصناعات القديمة كصناعة الأثاث، والمنسوجات، والأحذية، وطحن الحبوب، والأسلحة، وأدوات البناء، والحياكة، كما اُسْتحدثت مكائن عديدة كان لها أثر كبير في ظهور صناعات جديدة كالتصوير، والمطاط، والبترول، وتعليب الأغذية وحفظها، واستعمال غاز الاستصباح في الإضاءة والتسخين .. الخ(١٢).

وهكذا أسهمت الآلات ذات المعالجات الميكانيكية في زيادة الإنتاج والتصدير؛ مما أدى إلى ارتفاع مستوى معيشة الفرد وتضخم رءوس الأموال، وسرعان ما انتشرت تلك المعالجات في أرجاء أوروبا وأمريكا واليابان، وبدأت مرحلة جديدة من الحياة البشرية أصبحت فيها الآلة جزءًا أصيلاً ورافدًا مهمًا لا يمكن الاستغناء عنه في مجالات كثيرة، ولم تكن اللغة بمنْأى عن تلك المعالجات المميكنة منذ ذلك الوقت المبكر؛ نظرًا لكونها وسيلة التواصل بين أفراد المجتمع وبها يُحفظ التراث الثقافي والعلمي للإنسانية عبر العصور؛ ومن هذا المنطلق تناول العلماء اللغة بمنظور خاص ووضعوا لها معالجات ميكانيكية متعددة تمخَّضت عنها آلات تتعامل مع اللغة سواء بصورتها المكتوبة كالطابعات(printers)والآلات الكاتبة(typewriters) أم بصورتها المنطوقة كالفونوغراف(Phonograph) والفونوتوغراف(Phonotograph).

أما ما يتعلق **بالمعالجات الميكانيكية للغة المكتوبة** فتهدف إلى كتابة الكلمات وتنسيقها بواسطة الأحرف والرموز المميكنة للتغلب على مشكلات الكتابة اليدوية المتمثلة في كثرة الوقت والمجهود المبذول في الكتابة والنسخ، وتعدد تنسيقات الخطوط وتباينها من شخص لآخر، وعدم مراعاة قواعد الرسم الإملائي للحروف في بعض الأحيان، ومن هنا فإن الكتابة والنسخ باستخدام الآلات ذات المعالجات الميكانيكية تحقق تنسيقًا موحدًا

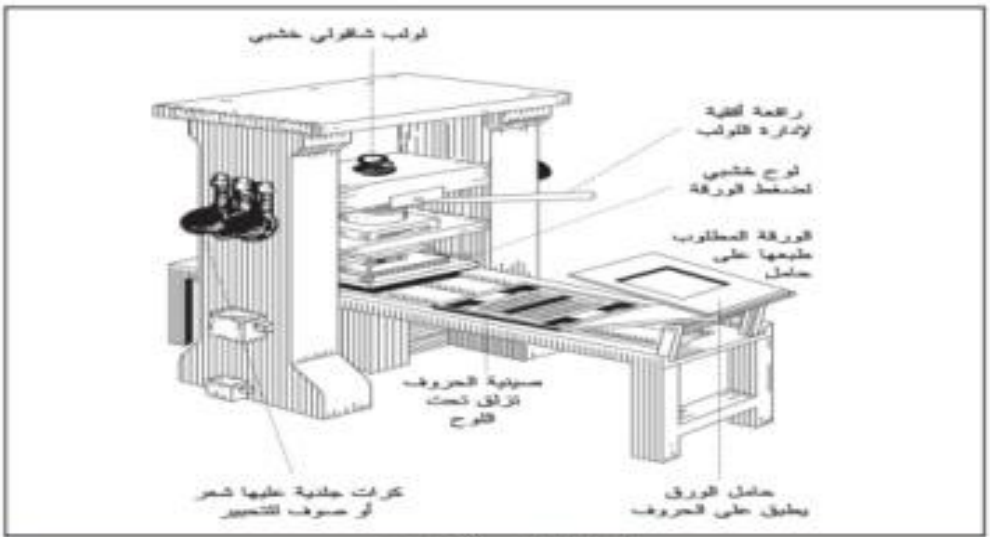
للنصوص المكتوبة، وتقلل وقت الكتابة والنسخ بالإضافة إلى تقليل المجهود المبذول فيهما، كما تراعي خصائص الحروف وقواعد رسمها .

وتُعد المِطْبَعة (printery) من أبرز الابتكارات التي تمثل المعالجات الميكانيكية للغة المكتوبة، وتدور فكرتها حول نقل الكتابة والنقوش ونسخها باستخدام رموز وحروف من الخشب أو المعدن يتم صفّها وتحبيرها والضغط عليها لتتماسَّ مع سطح مستوٍ من الورق أو النسيج.

كما يُعد فن الطباعة (Typography) من الفنون التي عرفها الإنسان منذ القدم، فكان الكلدانيون يحفرون نقوشهم على الآجر تمهيدًا لحرقه لتظهر عليه تلك النقوش، وفي الهند كانوا يحفرون الرموز على كتل خشبية لنسخها بصورة متكررة[١]على المنسوجات، واستعمل الصينيون طريقة خاصة بهم عُرفت بطريقة النسخ بالقوالب الخشبية حيث كانوا يحفرون الكتابة والنقوش بصورة بارزة على قوالب من الخشب لطباعتها على الورق أو القماش أو الكتان، وبهذه الطريقة نُسخت الدراهم الورقية في عهد نور الدين زنكي ١١٤٦م – ١١٧٤م كما نُسخت الأوراق النقدية في بلاد فارس عام ١٢٩٤م، أما في أوروبا فصُنعت ألواح طباعة بها حروف ورموز بارزة ومتحركة تُطلى بالحبر ويُضغط عليها لتتم الطباعة بشكلها الموحد على الورق أو القماش، وظل الأمر هكذا حتى ظهرت مِطْبَعة العالم الألماني يوهانز غوتنبرغ (Johannes Gutenberg) شكل (١-١) سنة ١٤٣٦م لتضع الإنسانية على أعتاب ثورة الطباعة الحديثة، وكانت تلك المِطْبَعة في البداية كبيرة الحجم ذات حروف خشبية كبيرة، وسرعان ما تطورت لتصبح مِطْبَعة صغيرة الحجم ذات حروف صغيرة مصنوعة من الرصاص وقابلة للتجميع والفك.

١ **يُقصد بالنَّسخ المتكرر: طباعة نُسخ متعددة من أصل واحد بطريقة ميكانيكية.**

ولطباعة نص ما يتم تجميع الحروف المكونة لهذا النص بصورة معكوسة داخل إطار من المعدن مُحكم الرص ثم تُحبر تلك الحروف عن طريق أسطوانة من المطاط تمهيدًا للضغط عليها لطباعة النص على الورق، ولطباعة نص جديد يتم فك تلك الحروف من إطارها المعدني وإعادة رصها مرة أخرى، وبتلك المِطْبَعة قام غوتنبرج عام ١٤٥٥م بطباعة إنجيل مكتوب باللغة اللاتينية في مدينة مينز (Mainz) الالمانية[١٣]، كما نشر آخرون مطبوعات كثيرة أسهمت في نشر الثقافة والعلوم.



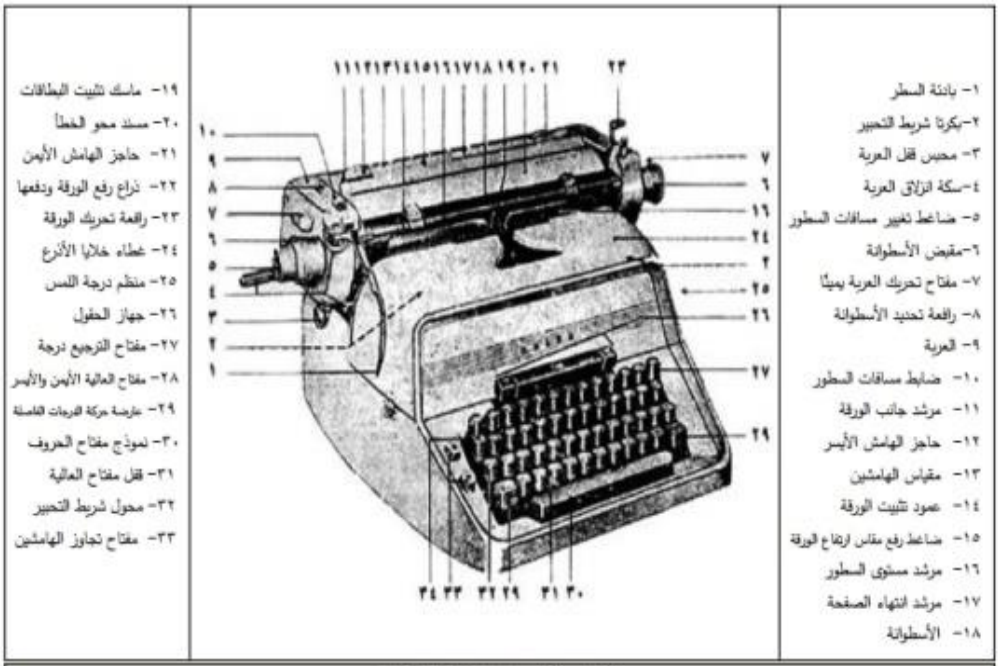
شكل (١-١) مِطْبَعة غوتنبرج

http://arab-ency.com.sy

وهكذا لمست البشرية أهمية المِطْبَعة فانتشرت في دول كثيرة وتطورت تطورًا كبيرًا بفضل الارتقاء بالتعدين واستعمال البخار كقوة محركة، ففي عام ١٨٠٠م تم صناعة أول مِطْبَعة حديدية وبعدها بعقد من الزمن وبالتحديد في عام ١٨١١م ابتكر العالم فريدريك كوينج (Friedrich Koening) مِطْبَعة تعمل بقوة البخار، وأعقب ذلك اختراع آلة الطبع الاسطوانية، وفي عام ١٨١٤م استعملت جريدة التايمز (The Times)

البريطانية مِطْبَعة حديثة تصل قدرتها لـ ١٠٠٠ نسخة / ساعة، وتم تحسينها في عام ١٨٢٧م لتصل قدرتها لـ ٤٠٠٠ نسخة/ساعة[١٤] .

وتتشارك الآلة الكاتبة (typewriters) شكل (١-٢) مع المِطْبَعة (printery) في المعالجات الميكانيكية للغة المكتوبة حيث تقوم فكرتها على رسم الرموز اللغوية على الورق اعتمادًا على آلية الضرب إلى أعلى (Up Strike Mechanism) وذلك من خلال لوحة مفاتيح لكل مفتاح منها رمز لغوي معين عند الضغط عليه يرتطم بقضيب الكتابة (Type-Bar) فيحركه إلى أعلى ناحية الأسطوانة المثبت عليها شريط التحبير فينطبع الرمز علـى الورقـة وتتحرك العربة درجة واحدة ناحية اليسار استعدادًا لطباعة الرمز التالي عند الضغط على مفتاحه، وهكذا حتى نهاية السطر، وللشروع فـي كتابة سطر جديد يتم إرجاع العربة لبداية السطر[١٥].



شكل (١-٢) الآلة الكاتبة

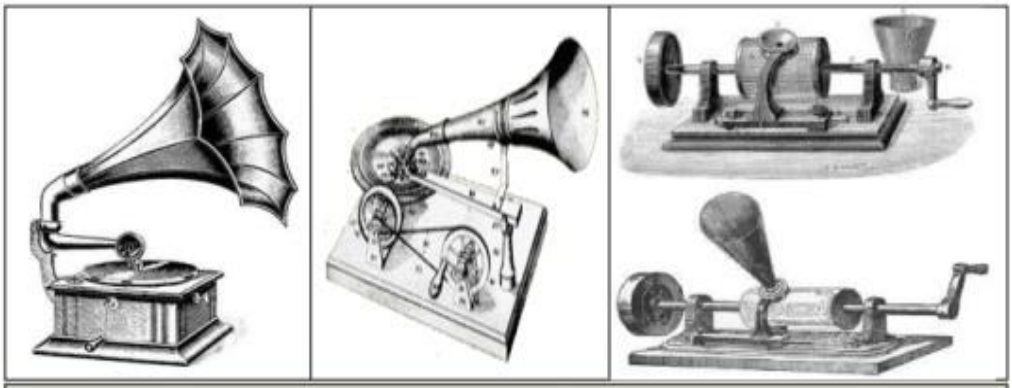
http://www.moqatel.com

وقد طرأت على الآلة الكاتبة منذ اختراعها عام ١٧١٤م على يد العالم الإنجليزي هنري ميل(Henry Mill) تطورات كثيرة منها: ما قام به العالم الأمريكي وليام بريت (William Britt) عام ١٨٢٩م وصمم آلته على شكل عجلة نصف دائرية قادرة على طباعة الحروف حرفًا تلو الآخر، وفي عام ١٨٣٣م استطاع الفرنسي بروجن (Progen) تصميم آلة ذات أسطوانة بلاتينية قادرة على تحريك الورقة أفقيًا ورأسيًا، وصمم الأمريكي صموئيل فرنسيس(Samuel Francis)عام١٨٥٦م آلة ذات لوحة كتابة دائرية الشكل، تُصدر صوتًا عند نهاية الأسطر وبها حامل متحرك للورق وشريط تحبير.

وفي عام ١٨٦٨م تمكن كريستوفر شولز(Christopher Sholes) وكارلوس جلندن(Carlos Glidden) وصموئيل صول(Samuel Sol) من اختراع أول نموذج ناجح تسويقيًا للآلة الكاتبة تعتمد في طريقة عملها على تُثبت الورقة المراد كتابتها بين عمود وأسطوانة مطاطية، وعند الضغط في كل مرة على المفاتيح تسير العربة درجة واحدة بمسافة متساوية من اليمين إلى اليسار حتى تصل إلى نهاية السطر، ولكتابة سطر جديد تعود العربة بواسطة الرافعة إلى بداية السطر مرة أخرى[١٦]،وتوالت التطورات على الآلة الكاتبة عبر العقود السابقة فتم إضافة تعديلات كثيرة وأُعيد ترتيب حروفها تبعًا لتكرار كل حرف في اللغة، وفي عام ١٩١٤م صُممت في مصر أول آلة عربية على يد فليب واكد وسليم حداد، وهكذا أسهمت الآلة الكاتبة في حفظ التراث الإنساني ونشر العلوم والآداب، وأصبحت الوسيلة المفضلة للكتابة – في كثير من الأحيان– للأشخاص والمؤسسات؛ فهي الأكثر سهولة وسرعة والأقل تكلفة وحجمًا عن المِطْبَعة.

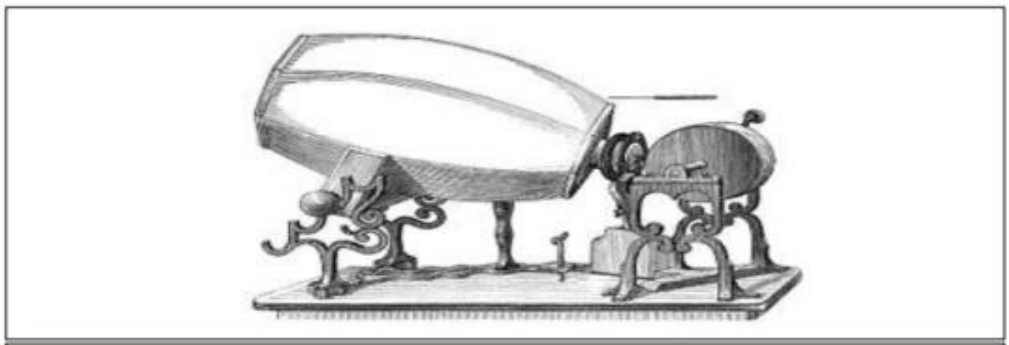
أما على صعيد المعالجات الميكانيكية للغة المنطوقة فالغرض منها تسجيل المنطوق من الكلام وتمثيله بصورة تسمح بإعادة قراءته وتحليله، ومن أبرز الابتكارات التي تمثل هذا النوع من المعالجات الحاكي أو الفونوغراف (phonograph) شكل (١-٣)

الذي اخترعه العالم الأمريكي توماس إديسون (Thomas Edison) عام ١٨٧٧م، وتعتمد فكرته على تمثيل الأصوات المنطوقة عبر غشاء متصل بإبرة يهتز تحت تأثير الصوت المراد تسجيله؛ فتُحدث الإبرة نقرات في شكل نقاط وعلامات محفورة على أسطوانة دائرية من المعدن مكسوة بورق القصدير، ويتم استعادة الصوت عن طريق دوران الأسطوانة مما يؤدي إلى تحريك الإبرة بسبب النقرات فيهتز الغشاء المتصل بالإبرة محدثًا صوتًا هو نفسه الصوت الأصلي تقريبًا(١٧).



شكل (١-٣) الفونوغراف https://pixels.com

وتُعد فكرة الفونوغراف تطويرًا لفكرة الفونوتوغراف (Phonotograph) شكل (١-٤) الذي ابتكره العالم الفرنسي إدوار ليون سكوت (Eduard Leon Scott) عام ١٩٥٧م لدراسة خصائص الصوت عن طريق رسم موجات الصوت واهتزازاته على قرص من الورق باستخدام قلم خفيف متصل بغشاء يهتز تحت تأثير الصوت.



شكل (١-٤) الفونوتوغراف https://en.wikipedia.org

١- ٢: المعالجات الكهروميكانيكية(Electromechanical processing):

أخذت إرهاصات المعالجات الكهروميكانيكية في الظهور خلال القرن التاسع عشر مع التوسع في دراسة الكهرباء واكتشاف ظواهرها[١] ومحاولة فهمها [١٨].

---

١ **لقيت الظواهر الطبيعية للكهرباء اهتمامًا من العلماء منذ آلاف السنين وحتى القرن التاسع عشر، فقديمًا تنبه الإنسان لهذه الظواهر الطبيعية المتمثلة في ظاهرة البرق وجاذبية الكهرمان وصدمات بعض الأسماك، ففي عام ٦٠٠ ق.م ذكر الفيلسوف اليوناني طاليس (Thales) عدة أمور تتعلق بالكهرباء الساكنة من خلال ظاهرة جذب قطع الكهرمان للأجسام الخفيفة كالريش عند حكها بفرو الحيوانات، واستنتج أن الاحتكاك يحول الكهرمان إلى عنصر مغناطيسي وهذا العنصر هو السبب الرئيس في جذب الأجسام، وظل هذا الاعتقاد سائدًا لأكثر من ألفي عام حتى جاء العالم الإنجليزي ويليام جيلبرت (William Gilbert) سنة ١٦٠٠م ليثبت في كتابه (De Magnete) أن الاحتكاك هو السبب الرئيس لتكهرب معظم المواد، وفرق بين الكهرباء والمغناطيسية، وذكر أن جذب الكهربائية يقل بالحرارة إلى أن يختفي، أما جذب المغناطيسية فلا يتغير بالحرارة ويظل كما هو، واستعمل المصطلح اليوناني (Electricus) المرادف لكلمة (كهرمان) للدلالة على ظاهرة جذب الأجسام الخفيفة.**

وشهد القرن الثامن عشر أبحاثًا مهمة في مجال الكهرباء منها: ما قام به العالم الإنجليزي بنجامين فرانكلين (Benjamin Franklin) عام ١٧٥٢م حيث أثبت الطبيعة الكهربائية للبرق عن طريق تجربته الشهيرة التي قام فيها بوضع مفتاح معدني في خيط رطب متصل بطائرة ورقية، وأثناء حدوث البرق لاحظ انبعاث شرر من المفتاح وصل إلى يده وشعر به، وفي عام ١٧٨٦م اكتشف الطبيب الإيطالي لويجي جلفاني (Galvani Luigi) مبدأ عمل البطارية الكهربائية عن طريق الصدفة حيث لاحظ أثناء تشريح ضفدع تشنج رجله عند وضع السكين عليها؛ فاستنتج أن الكهرباء هي الوسيط لنقل الإشارات إلى عضلات الضفدع عبر الخلايا العصبية، ومن ثمَّ فالتيار الكهربائي المتسبب في تشنج رجل الضفدع نشأ نتيجة كهرباء حيوانية دفينة في عضلاته، وهذا التفسير رفضه العالم الإيطالي ألسندرو ڤولتا (Alessandro Volta) وأوضح خطأ ما ذهب إليه جلفاني من خلال إعادة تجربة جلفاني عام ١٧٩٢م مع استبدال الضفدع بورق مملح يمتلك نفس خصائص رجل الضفدع فهو موصل للكهرباء ومجس لها في الوقت نفسه، وكانت نتيجة

التجربة توليد فرق جهد بسبب المعدنين المختلفين بينهما موصل، ومـن هنا أثبت فولتا أن الصدمة الكهربائية لا يُحدثها جسم الضفدع كما زعم جلفاني بل يُحدثها فرق الجهد بين المعدنين(دبوس تثبيت الضفدع / سكين التشريح)، وبعد ذلك بسنوات قليلة وتحديدًا عام ١٨٠٠م تمكن فولتا من صنع البطارية الكهربائية باستخدام معدنين أحدهما من الفضة أو النحاس والآخر من الزنك، وتقديرًا لمجهوداته سُميت وحدة قياس الجهد بالفولت (Volt) نسبة إليه، كما تمكن العلماء خلال القرن الثامن عشر أيضًا من صنع أجهزة متعددة لدراسة الظواهر الكهربائية مثل الالكتروسكوب الورقي وميزان الالتواء، كما استطاع العلماء تصنيف الكهرباء من حيث الاتجاه وطرق إنتاجها إلى كهرباء ساكنة تُفسر ظاهرة جذب الكهرمان وكهرباء تيارية تُفسر ظاهرة البرق وصدمات بعض الأسماك.

أما بوادر التطبيق العملي للكهرباء فكان خلال القرن التاسع عشر حيث شهد هذا القرن توظيف الكهرباء في مجالات متعددة بفضل الدراسات والتجارب التي توضح العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية، ففي عام ١٨٢١م توصل العالم الدنماركي هانز أورستد (Hans Orsted) إلى أن المجال المغناطيسي الذي يتولد عند مرور الكهرباء في السلك هو ما يؤثر في البوصلة ويُحركها حتى مع وجود حاجز من معدن أو زجاج، ومن ثمَّ فإن هناك علاقة ما بين الكهرباء والمغناطيسية، وتناول العالم الفرنسي ماري أمبير (Marie Ampere) العلاقة الكهرومغناطيسية التي أشار إليها أورستد بصورة أعمق وأكثر توسعًا، ومن خلال تجاربه استطاع وضع تفسير للعلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية حيث توصل إلى أنه عند مرور تيار كهربائي في الاتجاه نفسه في سلكين متوازيين فإن هذين السلكين المتجاورين يتجاذبان، أما إذا تدفق التيار الكهربائي عكس الاتجاه في هذين السلكين فإنهما يتنافران، ومن هنا فإن السلكين المتجاورين بصورة متوازية يتنافران وقد يتجاذبان وفقًا لاتجاه التيار الكهربائي المتدفق فيهما، وهذا هو مبدأ عمل الديناميكا الكهربائية، ونظرًا لمجهودات العالم أمبير سُميت وحد قياس شدة التيار الكهربائي بالأمبير نسبة إليه، وفي عام ١٨٢٧م وضع العالم الألماني جورج أوم (George Ohm) القانون الأساسي للحركة الكهربائية، واقترح بعض الاستعمالات للتيار الكهربائي، وحلل الدائرة الكهربائية حسابيًا، وأطلق على وحدة قياس مقاومة التيار الكهربائي اسم أوم نسبة إليه، وفي عام ١٨٣١م اكتشف العالم الإنجليزي مايكل فاراداي (Michael Faraday) مبدأ الحث الكهرومغناطيسي من خلال تحريك مغناطيس داخل ملف من سلك نحاسي، ومن ثمَّ توليد الطاقة الكهربائية باستخدام المجال المغناطيسي، وقد مهد هذا الاكتشاف الطريق إلى فكرة عمل المولدات الكهربائية، وتتوالى الإنجازات في هذا المجال على يد العالم الأمريكي توماس إديسون (Thomas Edison) وفي عام ١٨٨٢م قام بإنشاء أول شبكة

وأثمرت تجارب العلماء ونظرياتهم حينئذٍ عن إنجازات غير مسبوقة مكنتهم من توظيف الكهرباء بصورة أحدثت تغييرات جوهرية مهدت الطريق لموجة جديدة من الثورة الصناعية، وقد شملت تلك التغييرات صناعات متعددة كصناعة المحركات[١] والطلاء الكهربائي[٢] والإضاءة[٣] والتبريد والتدفئة .. وغيرها من الصناعات[١٩].

ومع تزايد طموح العلماء تزايدت الرغبة في النهوض بالمعالجات اللغوية وتطويرها في ظل الاكتشافات الكهربائية المتلاحقة؛ لتحقيق ما كان يتطلع إليه الكثيرون منذ آلاف السنين باستحداث وسيلة أسرع للاتصال وتبادل البيانات تلبي متطلبات المجتمع الإنساني واحتياجاته وتكون بديلاً عن وسائل الاتصال التقليدية البطيئة

توليد كهرباء في الولايات المتحدة الأمريكية تعمل بنظام التيار المستمر، وفي عام ١٨٨٧م اخترع العالم الكرواتي نيكولا تيسلا (Nikola Tesla) منظومة للتيار الكهربائي المتردد قادرة على نقل الكهرباء لمسافات أطول من التيار المستمر وبتكلفة أقل.

١ **المحركات الكهربائية: هي آلات لتحويل الطاقة الكهربائية إلى قدرة ميكانيكية مُحركة، ومبدأ عمل تلك المحركات اكتشفه العالم الإنجليزي فاراداي (Faraday) عام ١٨٣١م عن طريق تدفق تيار كهربائي داخل ملف من سلك نحاسي في وجود مجال مغناطيسي، واستمر تطوير المحركات الكهربائية حتى أصبحت صالحة للاستعمال التجاري على يد العالم الألماني ورنر سيمنز(Werner Siemens) عام ١٨٦٦م، وعرض أول قطار كهربائي في معرض ببرلين عام ١٨٧٩م لتصبح القوة المحركة الكهربائية منافسًا حقيقيًا للقوة البخارية .**

٢ **الطلاء بالكهرباء: توصل فاراداي (Faraday) سنة ١٨٣٠م أنه يمكن استخدام التيار الكهربائي للحصول على تفاعل كيميائي لطلاء الحديد بالنيكل، وبحلول عام ١٨٥٠م أُستبدل الطلاء القديم بالفضة بالطلاء الكهرباء .**

٣ **الإضاءة بالكهرباء: صُنع أول قوس كهربائي في عهد نابليون على يد العالم الإنجليزي همفري ديفي (Humphry Davy) وفي عام ١٨٤١م طور العالم بنسن (Bunsen) قوسًا كهربائيًا مصنوعًا من الكربون والزنك، وفي عام ١٨٧٨م تم اختراع المصابيح ذات الاسلاك المتوهجة لتصبح الإضاءة بالكهرباء منافسًا قويًا للإضاءة بالغاز.**

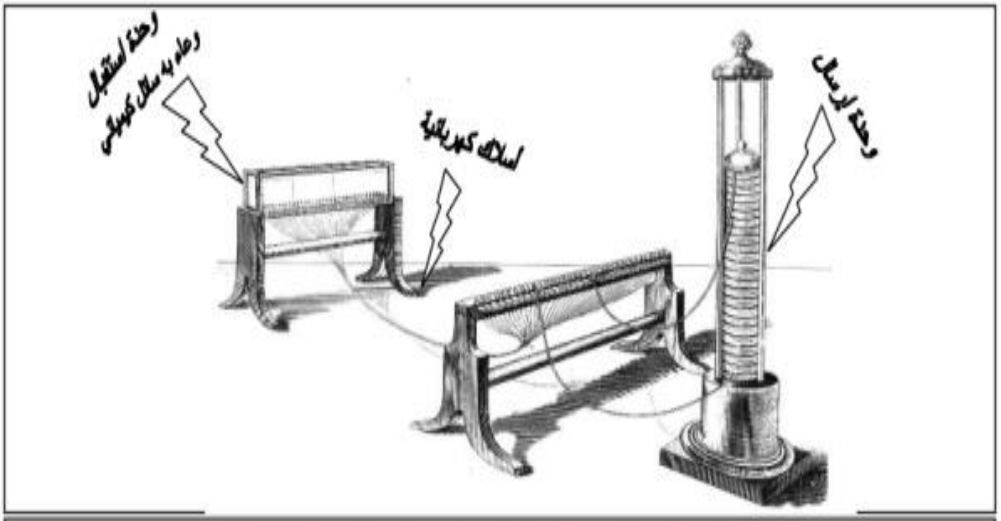
المستعملة منذ القدم[١]، وذلك عن طريق توظيف المعالجات الكهروميكانيكية لنقل البيانات اللغوية وإدارتها، وبالفعل وجد العلماء ضالتهم في هذا النوع من المعالجات.

وتقـوم فكـرة المعالجات الكهروميكانيكية للغة على تمثيل اللغة بحركة ميكانيكية ذات نسق معين وإرسالها عبر وسيط ناقل في صورة نبضات كهربائية؛ ليتم استقبالها وفك شفراتها تمهيدًا لتحويلها إلى صورة مسموعة أو مرئية اعتمادًا على نموذج ترميز لغوي، ويعني ذلك أن المعالجات الكهروميكانيكية للغة تتطلب منظومتين بينهما ناقل كهربائي حيث تُسمى المنظومة الأولى منظومة الإرسال وهي المسئولة عن تنظيم البيانات وتمثيلها في صورة نبضات كهربائية تمهيدًا لإرسالها عبر ناقل كهربائي سواء كان ناقلاً كبليًا(Cable Wire) أو كان ناقلاً لاسلكيًا (Wireless)، أما المنظومة الأخرى فتُسمى منظومة الاستقبال وهي المسئولة عن تفسير النبضات الكهربائية المرسلة إليها عبر الناقل الكهربائي وفقًا لنموذج ترميز لغوي وتحويلها إلى رموز مسموعة(صوت) أو رموز مرئية (نص – ضوء – حركة).

ويُعد التليغراف الكهربائي (Electrical Telegraph) أبرز اختراعات الاتصال البرقي التي توظف المعالجات الكهروميكانيكية في نقل البيانات والرسائل اللغوية إلى مسافات بعيدة عبر الأسلاك أو الموجات الكهرومغناطيسية، ويعتمد في عمله على آلية معينة لتشفير البيانات وإرسالها إلى مُستقبِل في صورة نبضات كهربائية عبر وسيط ناقل لفك تشفيرها وتحويلها إلى حركات إشارية أو رموز كتابية أو دقات صوتية أو أشكال ضوئية أو تأثيرات كيميائية، وهكذا تتعدد أنظمة التليغراف وفقًا لمخرجاته وطبيعة النموذج الخاص بالترميز اللغوي.

١ استعمل الإنسان قديمًا وسائل متعددة للاتصال بالآخرين، فكانت تُنقل الرسائل لمسافات طويلة مع أفراد أو عن طريق الحمام الزاجل، وقد تُنقل عبر إشارات الدخان أو إشعال النيران أو قرع الطبول.

وقد عمل على تطوير التلغراف الكهربائي علماء كُثر[٢٠] أبرزهم العالم الألماني صموئيل سومرينج (Samuel Soemmering) الذي ابتكر عام ١٨٠٩م نظامًا لتليغراف كهروكيميائي يمكنه إرسال الأرقام والرموز اللغوية إلى مسافات بعيدة عن طريق مجموعة من الأسلاك الكهربائية المتصلة بوعاء به سائل كيميائي، وعند مرور التيار الكهربائي في أحد الأسلاك المخصص لحرف معين يتم حدوث تفاعل كيميائي منتجًا فقاعات من الهيدروجين في مكان مخصص للحرف داخل الوعاء(شكل ١-٥).

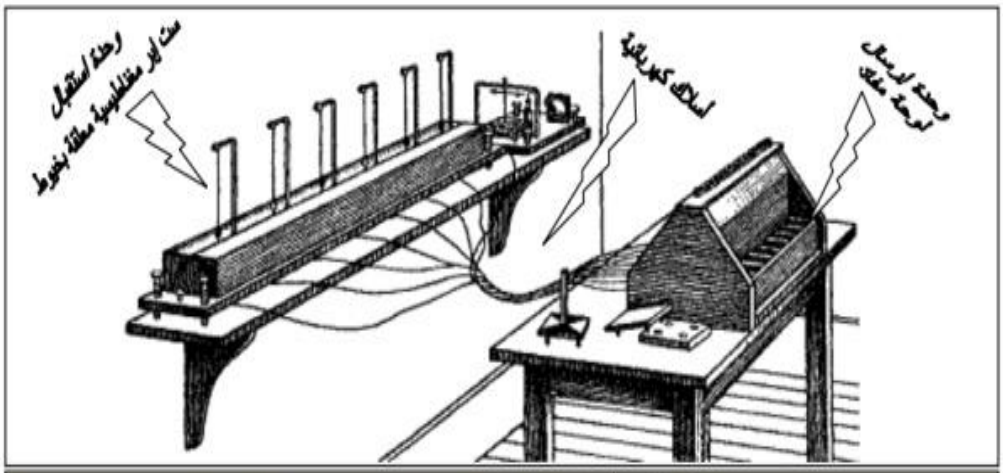


شكل (١-٥) التلغراف الكهروكيميائي https://en.wikipedia.org

وفي عام ١٨٢٠م اقترح العالم الفرنسي ماري أمبير(Marie Ampere) فكرته لنقل الرسائل باستخدام الكهرباء المغناطيسية بين نقاط متباعدة، وبالفعل تم إنشاء تليغراف يعمل بنظام الجلفانومتر عام١٨٢١م حيث خصص لكل حرف جلفانومتر[١] للإشارة إليه.

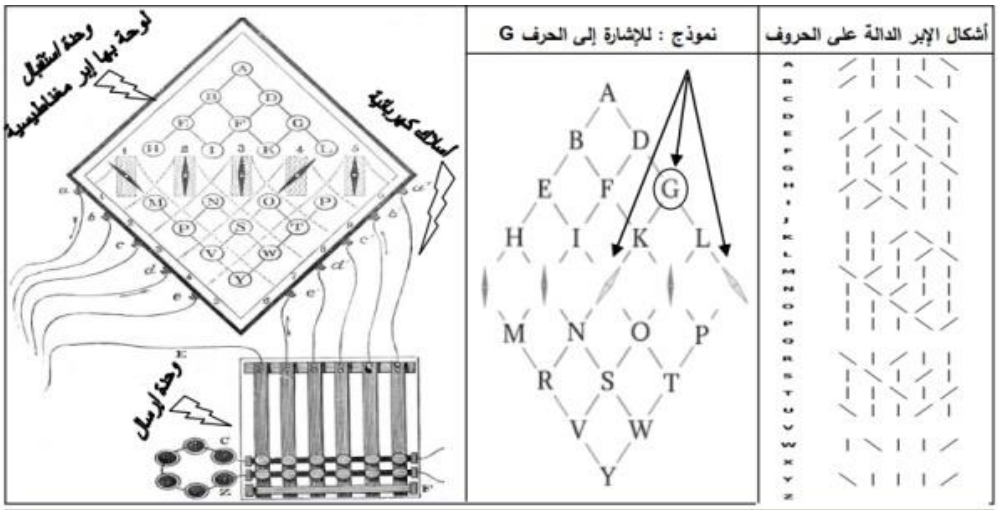
١ **الجلفانومتر: مقياس يستعمل لمعرفة شدة التيار وقياسها.**

وتتواصل جهود العلماء بعد ذلك لتطوير التليغراف ويطور العالم بافيل شيلينغ (Pavel Schilling) منظومة تليغراف كهرومغناطيسية عام ١٨٣٢م سمحت بتقليل عدد الأسلاك حيث تعتمد في عملها علـى ظاهـرة انحراف الإبرة المغناطيسية حسب اتجاه التيار الكهربائي(شكل ١-٦).



شكل (١-٦) تلغراف شيلينغ http://historiainventos.blogspot.com

وفي عام ١٨٣٧م ابتكر العالمان ويليام كوك (William Cooke) وتشارلز ويتستون (Charles Wheatstone) تصميمًا لتليغراف ذي خمس إبر مركبة على خط واحد في منتصف شبكة للحروف اللغوية، ويمكن تحريك تلك الإبر بواسطة التيار الكهربائي للإشارة إلى تلك الحروف المتراصة على اللوحة التوضيحية(شكل ١-٧)، وقد حقق هذا التليغراف انتشارًا واسعًا، وتم استخدامه في مجالات عديدة داخل المملكة المتحدة وإسبانيا(٢١) .



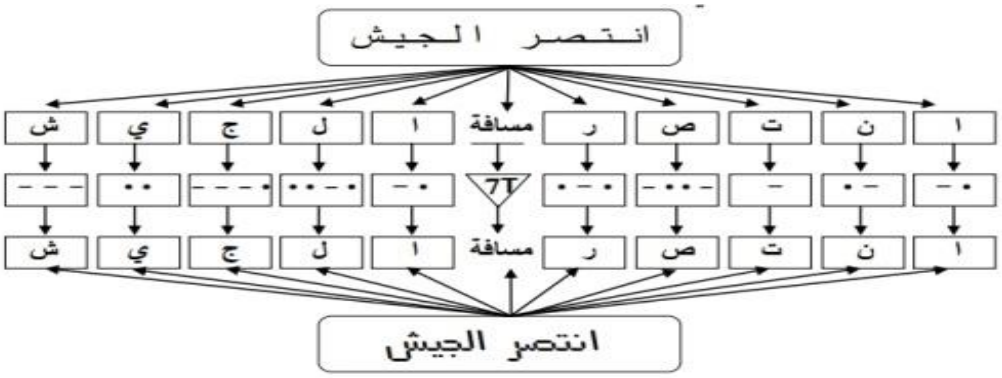
شكل (١-٧) تليغراف كوك ووبتستون https://spectrum.ieee.org

ومع نهاية عقد الثلاثينيات وبداية الأربعينيات من القرن التاسع عشر حدثت نقلة نوعية في المعالجات الكهروميكانيكية للغة مهدت السُّبُل لآفاق جديدة من تطور الاتصال البرقي، وذلك على يد العالم الأمريكي صمويل مورس(Samuel Morse) الذي ابتكر نظامًا للتليغراف يعتمد في عمله على تنظيم إرسال التيار الكهربائي في صورة نبضات وسكتات متتابعة يتم استقبالها عبر ناقل كهربائي لتحريك مغناطيس متصل بإبرة تقوم بنقش علامات في صورة نقاط وشَرْطَات على شريط متحرك من الورق[٢٢] .

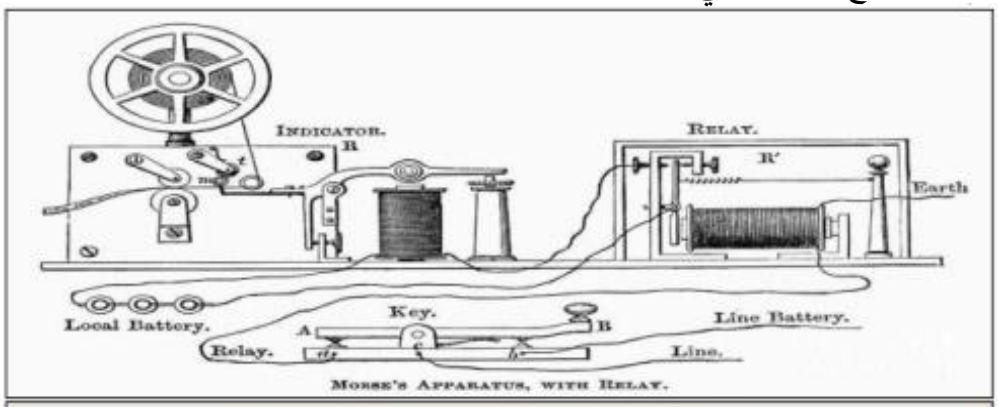
الحرف العربي	الحرف اللاتيني	الرمز الدال	الحرف العربي	الحرف اللاتيني	الرمز الدال
أ	A	• —	ط	U	— ••
ب	B	•••—	ظ	Y	— —•—
ت	T	—	ع	Ä	— •—•
ث	C	— •—	غ	G	•— —
ج	J	— — —•	ف	F	•—••
ح	H	••••	ق	Q	— •— —
خ	O	— — —	ك	K	— •—
د	D	••—	ل	L	••—•
ذ	Z	••— —	م	M	— —
ر	R	•—•	ن	N	•—
ز	Ö	•— — —	ه	É	— ••
س	S	•••	و	W	— —•
ش	SH	— — —	ي	I	• •
ص	X	— ••—	،	E	•
ض	V	— •••			

ويتم إرسال النبضات والسكتات التي تدل على الرموز اللغوية يدويًا من خلال وحدة الإرسال باستخدام المُدة الزمنية، حيث يُخصص للنبضة القصيرة مدة واحدة، ويُخصص للنبضة الطويلة ثلاث مُدد، أما السكتة فهي الفجوة أو المسافة بين النبضات ويُخصص لها مُدة واحدة، ويُخصص للسكتة التي بين الحروف في الكلمة الواحدة ثلاث مُدد، أما السكتة التي بين الكلمات فيُخصص لها سبع مُدد، وعن طريق وحدة الاستقبال يتم تفسير تلك العلامات المنقوشة على الشريط الورقي وفك شفرتها من خلال ترميز معين وضعه مورس للدلالة على الرموز اللغوية، كما يتضح مـن الجدول الآتي:

وهكذا تتم عملية إرسال البيانات النصية من خلال عدة خطوات تبدأ بتفكيك الجمل إلى كلمات وتفكيك الكلمات إلى حروف، ومرورًا بترميز تلك الحروف كهربائيًا وفقًا للآلية المذكورة سابقًا، وتنتهي تلك العملية بتحويل الشفرات الكهربائية إلى رموز لغوية مرئية أو مسموعة من خلال وحدة الاستقبال، ومن هنا فإرسال جملة : (انتصر الجيش) باستخدام منظومة مورس تكون كالآتي:



ولعل أهم ما يميز منظومة التلغراف التي وضعها مورس(شكل ١-٨) هي آلية التحكم في سريان التيار الكهربائي وتنظيمه زمنيًا مما يسمح بإرسال بيانات هائلة لمسافات أبعد من خلال ناقل كهربائي واحد، كما تنفرد تلك المنظومة عن مثيلتها بطبيعتها المرنة القابلة للتحديث مما يجعلها قادرة على استيعاب رموز لغات كثيرة، ومن هنا نالت تلك المنظومة قسطًا كبيرًا من الاهتمام على مدار عقود كثيرة واستمر تطويرها بصورة تسمح بتوظيفها في مجالات متعددة.



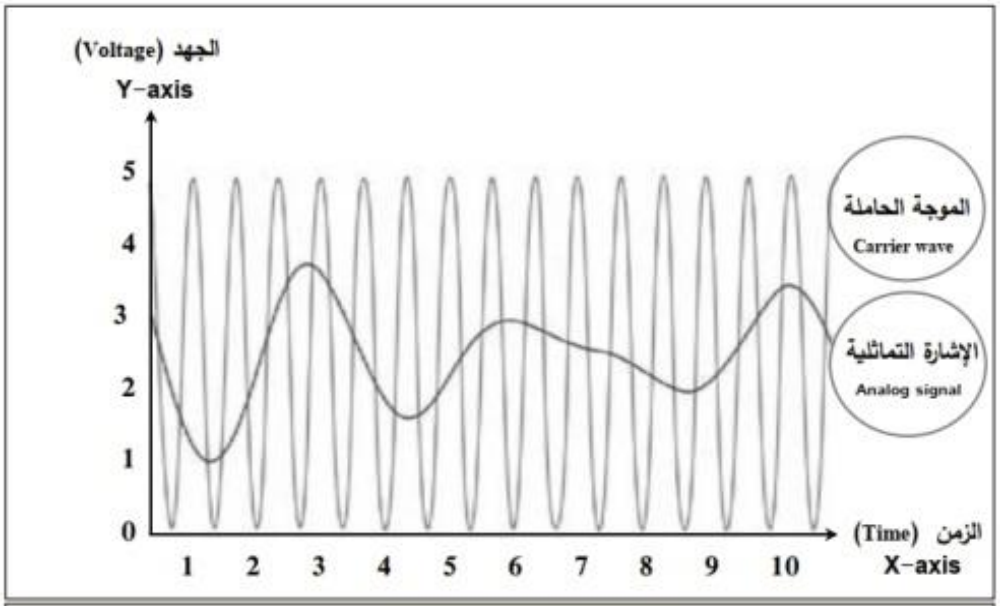
https://kimon.hosting.nyu.edu شكل (١-٨) تلغراف مورس

١ – ٣: المعالجات التماثلية (Analog processing):

لم يكتف العلماء بما حققوه من إنجازات على صعيد منظومة المعالجات اللغوية؛ فعكفوا على تطوير تلك المنظومة وتحديثها منذ ما يقرب من قرن ونصف؛ للوصول إلى تقنيات تُلبي الطموحات المتزايدة لتحسين جودة الاتصال وتحقيق الكفاءة والسرعة في نقل المعلومات والبيانات اللغوية من خلال ما يُعرف بالمعالجات التماثلية، وهو نوع من المعالجات يختص بتحويل الكميات الفيزيائية المتتالية ذات القيم المتغيرة المتصلة زمنيًا من صورتها الطبيعية إلى سلسلة من الإشارات الكهربائية التماثلية، ومن ثمَّ فإنه يمكن تمثيل كل ما في الطبيعة من كميات تماثلية ذات قيم متصلة ومستمرة كـ(الصوت – الضوء – الضغط – الحرارة – السرعة– الموقع) في صورة جهد أو تيار كهربائي يُحاكي الموجة الطبيعية ويماثلها[٢٣]، وتُعرف الأداة المسئولة عن تلك العملية بمحول الطاقة (Transducer) كالميكرفون والكاميرا ومقاييس الحرارة والضغط والسرعة، ومن خلال تلك الأدوات يتم تحويل الطاقة الطبيعية التماثلية إلى جهد كهربائي تتغير قيمه وفقًا لطبيعة الموجة الأصلية بصورة متتالية ومستمرة في إطار من الزمن؛ ويتم إرسال تلك الإشارات الكهربائية من خلال وسيط ناقل إلى مسافات بعيدة، ومن ثمَّ فك شفرتها عبر أجهزة استقبال لتعود إلى صورتها الأولى[٢٤].

ومن هنا فيمكن توظيف الإشارة التماثلية في تمثيل اللغة تمثيلاً كهربائيًا مناظرًا لطبيعتها سواء بصورتها المسموعة أم بصورتها المكتوبة بالإضافة إلى القدرة الكبيرة على تمثيل الحركة والضوء والحرارة والضغط تمثيلاً كهربائيًا مناظرًا أيضًا للأصل، وتُنقل تلك المعلومات التماثلية إلى مسافات بعيدة بالاستعانة – في كثير من الأحيان – بوسيط من الموجات الحاملة(Carrier wave) كما هو الحال مع الهاتف والمذياع والتلفاز[٢٥].

ويتم تحليل بيانات الإشارة التماثلية من خلال محورين أحدهما المحور الأفقي (x-axis) ويمثل الزمن (Time) والآخر المحور الرأسي (y-axis) ويمثل الكمية المتغيرة أو الجهد (Voltage) وهكذا تكون الإشارة التماثلية متغيرة حيث قد تُقدر قيمتها بصفر وقد تكون كاملة وقد تأخذ قيمة بين هذا وذاك، وفي الوقت نفسه تكون مستمرة خلال فترة من الزمن دون انقطاع (شكل ١-٩).



شكل (١-٩) الإشارة الكهربائية التماثلية

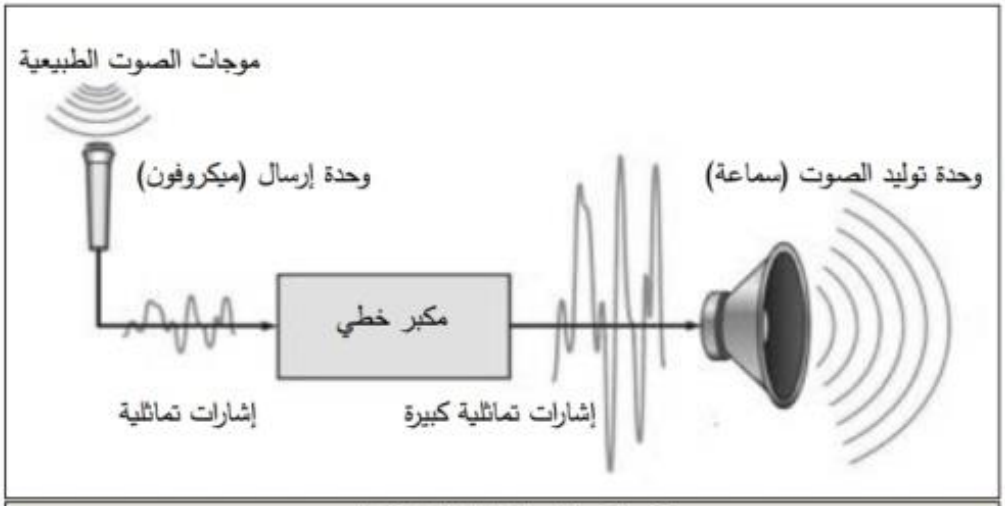
ويُعد الهاتف (Telephone) من أبرز الاختراعات التي توظف المعالجات التماثلية للغة في نقل الأصوات اللغوية من مكان إلى آخر، وترجع فكرته الأولى إلى الفرنسي شارل بورسول (charle pursoll) الذي اقترح عام ١٨٥٤م نظامًا لنقل الكلام بالكهرباء، حيث اكتشف أن الكلام(Speech) أمام غشاء مرن يتسبب في حدوث اهتزازات تؤدي إلى دفعات كهربائية قادرة بدورها على إحداث اهتزازات مماثلة على سطح آخر، ومن ثمَّ إعادة إنتاج الصوت الأصلي، وفي عام ١٨٦٠م ابتكر العالم الألماني يوهان فيليب (Johann Philipp) نموذجًا لنقل الأصوات والذي كان ينقصه إمكانية

إعادة إنتاج الكلام مرة أخرى، ومع مطلع العام ١٨٧٠م بدأت تجارب العالم الاسكتلندي ألكسندر غراهام بل (Alexander Graham Bell) لنقل الصوت عن طريق أسلاك الكهرباء، وبعد محاولات كثيرة تمكن من صُنع نموذج يعتمد على آلة التليغراف في إرسال تيار كهربائي إلى مغناطيس يتسبب في اهتزاز معيار للنغم (diapason) أو أنابيب أرغن ممغنطة (Organ pipes) وذلك عند تردد معين، وبمساعدة توماس واطسون(Thomas Watson) قام غراهام بل باستبدال الأنبوب الممغنط بحاجز يتوسطه سلك معدني مغمور في حمض الكبريتيك، وهكذا يهتز الحاجز أثناء الكلام مما يؤدى إلى ارتفاع وانخفاض السلك المعدني داخل حمض الكبريتيك فيُسبب تذبذب التيار الكهربائي بالتزامن مع اهتزاز الحاجز[٢٦].

وفي عام ١٨٧٦م قام غراهام بل بطرح تجربته علنًا في فيلادلفيا بالولايات المتحدة الأمريكية، وحصل لهاتفه على براءة اختراع في العام نفسه مما جعل العالم الإيطالي أنطونيو ميوتشي (Antonio Meucci) يتقدم بطلب إلى هيئة براءات الاختراع بواشنطن يعترض فيه على منح غراهام بل براءة اختراع الهاتف وأنه هو من له السبق في هذا الاختراع، وبعد أكثر من قرن وتحديدًا في عام ٢٠٠٢م أعلن مجلس النواب الأمريكي (Congress) رسميًا أن ميوتشي هو مخترع الهاتف[٢٧].

وتعتمد المنظومة التماثلية لنقل الصوت(شكل ١-١٠) في أبسط صورها على تحويل موجات الصوت الطبيعية (Original sound waves) إلى إشارات كهربائية تماثلية (Analog signal) تتغير بصورة مستمرة وفقًا لشدة الصوت الطبيعي وتردده تمهيدًا لتكبير تلك الإشارة عن طريق مكبر خطي (Linear amplifier) وإرسالها عبر وسيط ناقل إلى وحدة الاستقبال (Speaker) والتي تقوم بتحويل الإشارة الكهربائية إلى موجة صوتية تماثل الموجة الطبيعية[٢٨]، وانطلاقًا من هذا المبدأ في نقل الأصوات تم

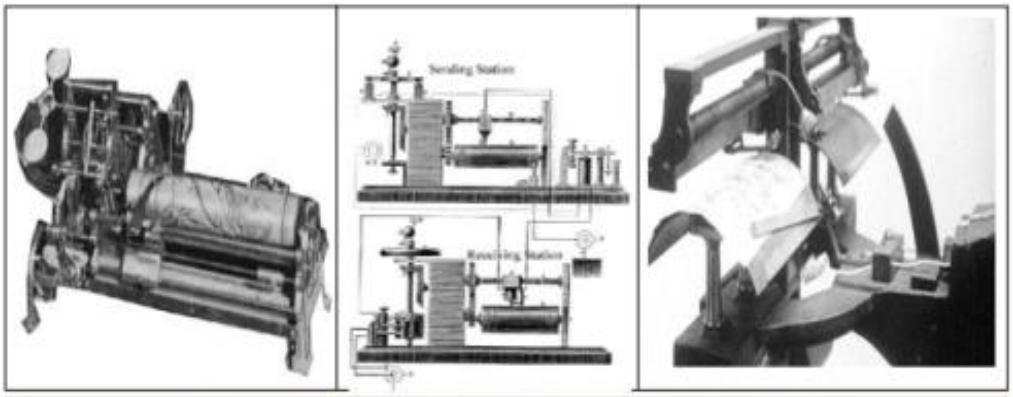
تطوير المنظومة التماثلية للهاتف لتُصبح منظومة لإرسال الأصوات واستقبالها في الوقت نفسه، حيث تقوم وحدة الإرسال في الهاتف بتحويل الاهتزازات الصوتية إلى إشارات كهربائية، أما وحدة الاستقبال فتقوم بتحويل الإشارات الكهربائية إلى اهتزازات صوتية لإعادة إنتاج الصوت بصورة مماثلة لطبيعته.



شكل (١-١٠) النظام التماثلي لنقل الصوت

أما على صعيد اللغة المكتوبة فلم تكن بمنأى عن التطبيقات العملية للمعالجات التماثلية حيث تم تطوير عدة آلات للعمل على تحويل التيار الكهربائي إلى رموز كتابية، ولعل آلة الفاكس (Facsimile machine) من أبرز الابتكارات التي توظف هذا النوع من المعالجات لتمثيل النقوش والرموز اللغوية المكتوبة كهربائيًا من خلال إشارات تماثلية يتم إرسالها إلى مسافات بعيدة عبر وسيط ناقل تمهيدًا لإعادة إنتاج تلك النقوش والرموز بصورة تماثل الأصل وتطابقه، وترجع فكرة آلة الفاكس إلى العالم الاسكتلندي ألكسندر باين (Alexander Bain) الذي ابتكر نظامًا عام ١٨٤٣م لمسح سطح معدني عليه نقوش بارزة، ومنذ هذا الحين والفاكس يخضع لسلسلة من عمليات التطوير والتحديث المتلاحقة على الأصعدة كافة (شكل ١ - ١١).

فعلى صعيد طريقة النسخ قدم العالم الألماني آرثر كورن (Arthur Korn) عام ١٩٠٢م نموذجًا لنقل النقوش يعتمد على تقنية المسح بالنظام الضوئي الثنائي (Photodiode) لتحويل نبضات الضوء إلى إشارات كهربائية، وقد تميزت هذه التقنية بكفاءة عالية وتم تطويرها لتُصبح أساس عمل أنظمة الفاكس التماثلي بعد ذلك، وهكذا يتم مسح النقوش من خلال تثبيتها على أسطوانة دائرية تمهيدًا لتسليط ضوء أبيض ساطع عليها يتم تجميعه باستخدام حساس ضوئي (photo sensor) مثبت على ذراع يتحرك أفقيًا من اليمين إلى يسار ويُرسل إشارات بالمواضع البيضاء العاكسة للضوء والمواضع السوداء التي لا تعكس الضوء، أما على صعيد آلية الإرسال فقد تمكن العالم إدوارد بلين (Eduard Belin) عام ١٩١٤م من إرسال الصور لاسلكيًا، وفي عام ١٩٢٤م طورت شركة (AT&T) نظامًا للإرسال عبر الهاتف أطلقت عليه (Telephotography machine)، أما الإرسال بتقنية البث الإذاعي (Radiophoto) فتم في عام ١٩٢٦م .. وقد استمرت منظومة تطوير الفاكس حتى أصبح وسيلة اتصال مهمة وأساسية حتى نهايات القرن العشرين.



شكل (١ -١١) النماذج الأولى من آلات الفاكس https://www.slideshare.net

ويتبين من خلال العرض السابق أن هناك ثلاثة أنواع أساسية من المعالجات (المعالجات الميكانيكية – المعالجات الكهروميكانيكية – المعالجات التماثلية) تمثل

مراحل تطور الآلات اللغوية ذات التقنيات غير الرقمية، فعلى صعيد الآت معالجة اللغة المكتوبة اعتمدت فيها آلات المرحلة الأولى على المعالجات الميكانيكية واهتمت بأمرين، أولهما: طباعة الكلمات وتنسيقها بواسطة الأحرف والرموز المميكنة للتغلب على مشكلات الكتابة اليدوية وذلك باستخدام المِطْبَعة (printery)، وثانيهما: رسم الرموز اللغوية وكتابتها على الورق أو غيره اعتمادًا على آلية الضرب إلى أعلى (Up Strike Mechanism) وذلك من خلال الآلة الكاتبة(typewriters)، أما آلات المرحلة الثانية فاعتمدت على المعالجات الكهروميكانيكية التي يتم من خلالها تمثيل الرموز اللغوية بحركة ميكانيكية ذات نسق معين وإرسالها عبر وسيط ناقل في صورة نبضات كهربائية؛ ليتم استقبالها وفك شفراتها تمهيدًا لتحويلها إلى رموز مسموعة (صوت) أو رموز مرئية (نص – ضوء – حركة) اعتمادًا على نموذج ترميز لغوي، ويُعد التليغراف الكهربائي (Electrical Telegraph) أبرز الاختراعات التي توظف هذا النوع من المعالجات، أما المرحلة الثالثة والأخيرة من مراحل تطور هذا النوع من الآلات ذات التقنيات غير الرقمية فتعتمد على المعالجات التماثلية لتمثيل الرموز اللغوية المكتوبة كهربائيًا من خلال إشارات تماثلية يتم إرسالها إلى مسافات بعيدة عبر وسيط ناقل تمهيدًا لإعادة إنتاج تلك الرموز بصورة تماثل الأصل وتطابقه، ومن أبرز الآلات التي تمثل هذا النوع من المعالجات آلة الفاكس (Facsimile machine) .

أما على صعيد الآت معالجة اللغة المنطوقة فانطلق مسار تطورها من آلة الفونوغراف (phonograph) ذات المعالجة الميكانيكية القادرة على تسجيل الكلام وتمثيله بصورة تسمح بإعادة قراءته وتحليله، وبظهور المعالجات التماثلية حدثت طفرة في معالجة اللغة المنطوقة، وتوصلت الإنسانية إلى ابتكار الهاتف (Telephone) القادر على نقل الأصوات والكلام كهربائيًا من مكان إلى آخر.

ثانيًا : المعالجات ذات التقنيات الرقمية (Digital techniques):

٢-١: المعالجات الحاسوبية: (Computational processing):

أحدث توظيف التقنية الرقمية في المعالجات الآلية نقلة نوعية كبيرة تُجني الإنسانية ثمارها اليوم من خلال الثورة الهائلة لتكنولوجيا المعلومات، وتقوم فكرة المعالجات الرقمية (Digital processing) على تحويل الأوامر والتعليمات وجميع البيانات إلى صورة رقمية تقبلها الآلة وتنفيذها بدقة وكفاءة، يقـول الدكتور نبيل علي: " تقوم الرقمنة على مفهوم بسيط مفاده: إمكان تحويل جميع أنواع المعلومات إلى مقابل رقمي"(٢٩).

وتوصف الآلات ذات المعالجات الرقمية بطبيعتها الكهربائية القائمة على ثنائية الوصل والفصل (Yes/NO)؛ مما يجعلها تتطلب نوعًا خاصًا من المعالجات لتمثيل البيانات يعتمد على نظام العد الثنائي (Binary Number System) بوصفه النظام الرقمـي الأكثر ملاءمة لطبيعة بناء تلك الآلات(٣٠).

ويتكون النظام الثنائي للأعداد من رقمين فحسب، هما: (الصفر والواحد) واكتشفه العالم الألماني جوتفريد ليبنيز (Gottfried Leibniz) عام ١٦٧٩م من خلال قراءاته للأعداد وما توصل إليه الصينيون لرسمها منذ آلاف السنين، ومع نهايات العقد الثالث من القرن العشرين كان الظهور الفعلي للآلات ذات المعالجات الثنائية بفضل الاكتشافات الكهربائية المتلاحقة التي توطد الصلة بين النظام الثنائي والتحكم في الكهرباء، ومنها ما قام به العالم الأمريكي كلود شانون (Claude Shannon) عام ١٩٣٨م لتطوير تلك المنظومة بصورة تطبيقية تسمح بتمثيل المعلومات آليًا باستخدام الرقمين (صفر/ واحد)(٣١).

واستمرت مسيرة التطوير مع ظهور الحواسيب الآلية وتطور صناعتها خلال عقد الأربعينيات من القرن العشرين مرورًا بنهاية الستينيات ومطلع السبعينيات بالتزامن مع ظهور الحاسبات الرقمية، ومع منتصف عقد الثمانينيات شهدت المعالجات الرقمية ثورة حقيقية امتدت إلى تخصصات عديدة، وأصبحت الوسيلة الفضلى في التعامل مع المعلومات وتبادلها مع الآخرين(٣٢)؛ مما أسهم في تقدم الإنسانية ورقيها ومهد الطريق إلى عصر رقمي بات العالم فيه قرية صغيرة لا تعترف بفارق الوقت أو حاجز المسافة أو اختلاف اللغة .

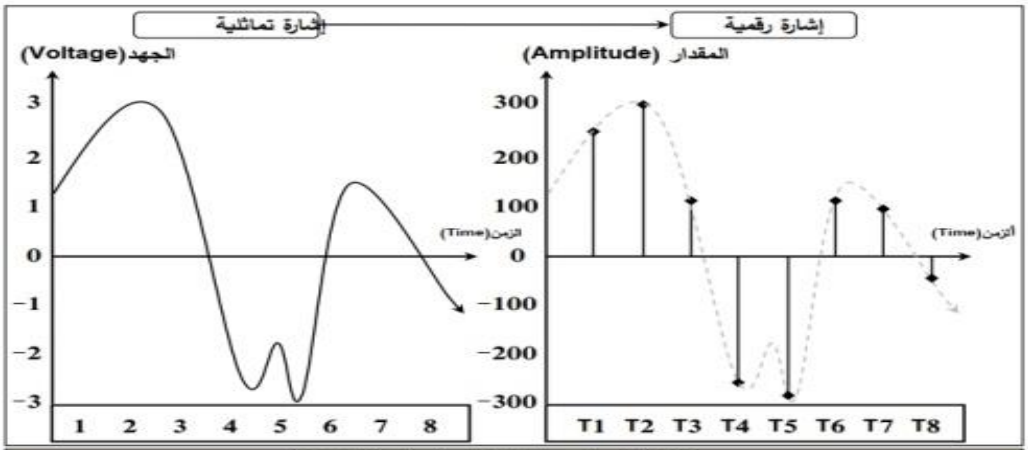
وعلى صعيد المعالجات الرقمية للغة – وهي ما تعنينا هنا– فإن دراسة الرموز الحاملة للمعنى وطرق تمثيلها رقميًا من خلال منظومة قوامها (الصفر والواحد) تُعد المنطلق الحقيقي الذي يسمح للآلة بإجراء العمليات الحسابية والمنطقية لفهم تلك الرموز اللغوية وتفسيرها، ومن ثمَّ القيام بأداء مهام لفظية كالكتابة، والنطق، والتحليل، والترجمة، أو القيام بأداء مهام غير لفظية كـ إصدار حركة أو ضوء أو حرارة، أو نقش الصور والأشكال والألوان، ويتم التمثيل الرقمي وفقًا لأسس ومعايير منطقية في إطار النظام الثنائي المكون من رقمين فحسب هما: (الصفر والواحد)، ويُعرف كل منهما في الدوائر الرقمية باسم البت (Bit) حيث يشير الصفر إلى الجهد المنخفض (Low) والواحد إلى الجهد العالي(High)، وكل مجموعة من البتات (Bits) تُسمى شفرات (Codes).

ومن خلال تلك الشفرات يتم تمثيل الرموز اللغوية سواء كانت رموزًا منطوقة أم مرئية تمهيدًا لإجراء بعض العمليات والخوارزميات عليها بغرض الحصول على أدق السمات المميزة(Feature Extraction) التي يتم توظيفها بصورة تُلبي الطموحات وتُحقق الغرض.

وعلى صعيد الرموز اللغوية ذات الطبيعة الصوتية فيتم تمثيلها رقميًا عن طريق استقبالها عبر محـول الطاقة (الميكروفون) وتحويلها إلـى إشـارة كهربائية تماثلية (Analog signal)تتغير قيمها تبعًا لموجة الصوت الأصلية بصورة متتالية ومستمرة في إطار من الزمن، ومن ثمَّ يتم اختزال تلك الإشارة ذات القيم اللانهائية في إشارة ذات عدد محدد من القيم المقسمة على فترات زمنية متساوية ومتتابعة(Sampling Time Period) وفقًا لنظرية أخذ العينات التي وضع أساسها العالمان كلود شانون وهاري نايكست (Nyquist–Shannon sampling theorem) عام ١٩٤٠م، وعن طريقها يتم تحويل الإشارة التماثلية المتصلة زمنيًا (Continues-time Signal) إلى إشارة رقمية متقطعة زمنيًا (Discrete-time Signal) شكل(٢-١) استنادًا إلى رؤية تقوم على إمكانية تمثيل الإشارة التماثلية واسترداد كل ما فيها من معلومات إذا كان أكبر تردد فيها أقل من نصف معدل أخذ العينات المستخدم.

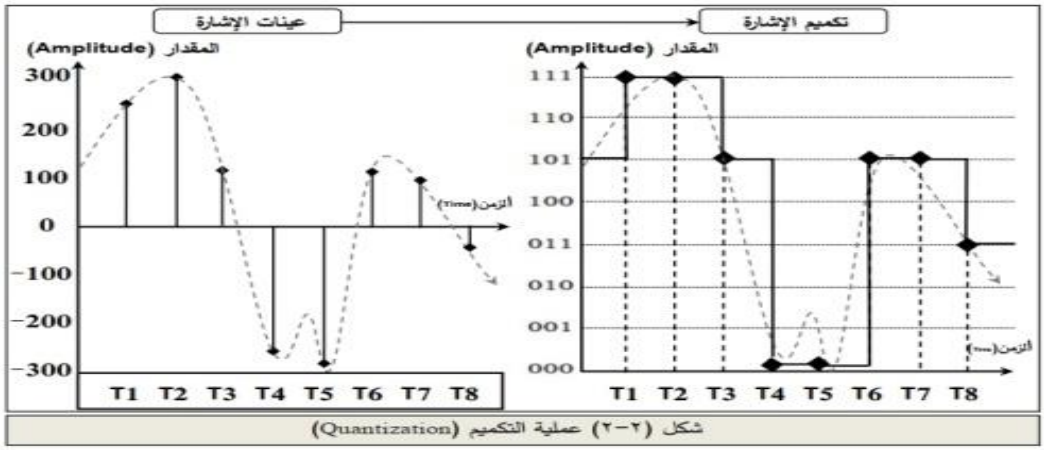
ويعني هذا أن معدل أخذ العينات المستخدم لابد ألا يكون أكبر من أو يساوي ضعف أكبر تردد في الإشارة، فإن كان هناك إشارة ترددها (٤) كيلوهرتز فيكون معدل أخذ العينات لها أكبر من (٨) كيلوهرتز، وذلك وفقًا للعلاقة ($f_T=2w_{max}$) [١].. وهكذا فإن الهدف الأساسي لنظرية أخذ العينات هو تحديد العدد المناسب للعينات في الثانية الواحدة[٣٣].

[١] **(f_T): هو معدل أخذ العينات، (w_{max}): هو أكبر تردد في الإشارة التماثلية.**



شكل (٢-١) عملية أخذ العينات (sampling)

وهكذا يتم من خلال عملية أخذ العينات (Sampling) اختزال القيم اللانهائية للإشارة التماثلية في عدد محدد من العينات المتراصة في فترات زمنية متساوية، وتعقب هذه العملية عملية أخــرى يُطلق عليها عملية التكميم (Quantization)شكل(٢-٢).



شكل (٢-٢) عملية التكميم (Quantization)

وبالنظر إلى الشكـل السابق شكل (٢-٢) يتبين أن الغرض من عملية التكميم (Quantization) هو تمثيل قيم العينات بكمية محددة(Quantity) وفقًا لعدد مستويات التكميم (Quantization levels) التي تُحدده العلاقة (2^n) [١]، ومن هنا فإن كل عينة من العينات تُصنف في مستوى التكميم الأقرب لقيمتها[٣٤] من خلال المراحل الآتية:

١ (n): هو عدد الخانات الثنائية أو البتات (Bit Rate) المستخدم في تمثيل المستوى.

- تحديد قيم العينات المطلوب تكميمها بالترتيب:

(240) (300) (110) (-270) (-300) (100) (80) (-50)

- تحديد عدد الخانات الثنائية(Bit Rate) المطلوبة لتمثيل المستوى الواحد:

وليكن هنا بمقدار (3Bits).

- تحديد عدد مستويات التكميم (Quantization levels) وفقًا للعلاقة (2^n):

$2^3 = 8$ مستويات

- تحديد مقدار خطوة التكمية(Quantization Step) وفقًا للعلاقة الآتية[III]:

$S = (T_{max} - T_{min}) / (2^n)-1$

$S = (300-(-300)) / (8)-1$

$S = 74$

- تقسيم المستويات المطلوبة وفقًا لخطوة التكمية تمهيدًا لتكويدها بالتنسيق الثنائي:

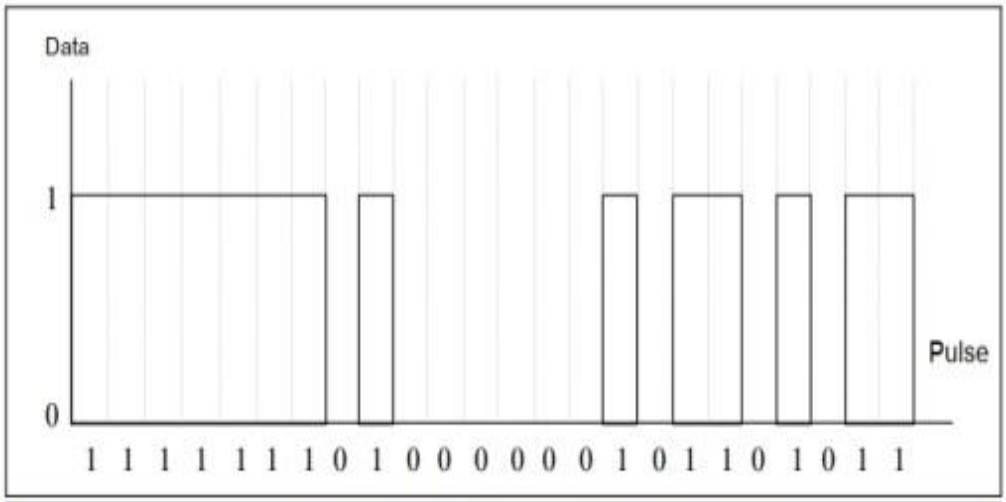
Quantization level	1	2	3	4	5	6	7	8
Quantization Step	-300 :-224	-225 :-149	-150 :-74	-75:-1	0 :74	75 :149	150:224	225:300
plain binary	000	001	010	011	100	101	110	111

- توزيع قيم عينات الإشارة بالترتيب وفقًا لتقسيم المستويات :

Sample Amplitude	240	300	110	-270	-300	100	80	-50
Quantization level	8	8	6	1	1	6	6	4
Quantization Step	225:300	225:300	75 :149	-300 :-224	-300 :-224	75 :149	75 :149	-75:-1
plain binary	111	111	101	000	000	101	101	011

- تجميع قيم التنسيق الثنائي لنحصل على الكود الثنائي للإشارة[شكل(٢-٣)] المكون من:

111 111 101 000 000 101 101 011

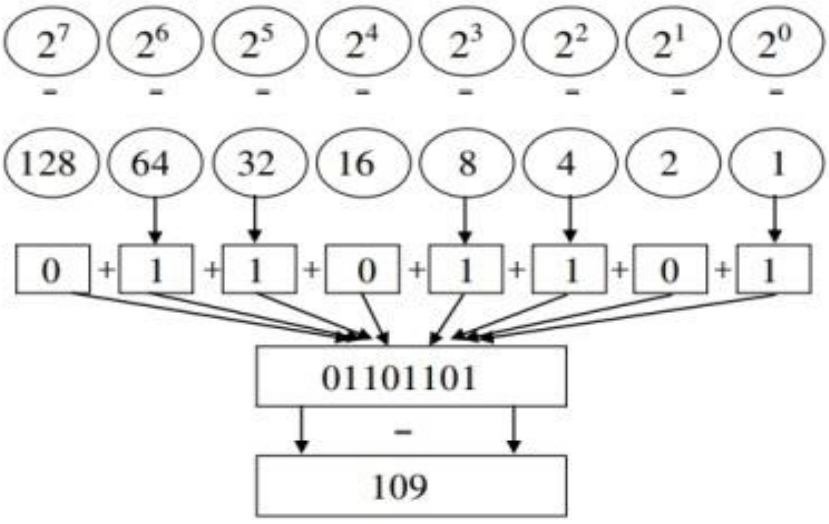


شكل (٢-٣) الشفرة الثنائية للإشارة (The bit Stream)

وبنظرة فاحصة إلى الإشارة السابقة[شكل(٢-١)، (٢-٢)] بعد تحويلها من الصورة التماثلية إلى الصورة الرقمية يتبين أنها يعتريها نوع من التشويش والتغير نتيجة تقريب قيمها وتصنيفها في مستويات محددة، ويمكن حساب معدل التشويش أو الخطأ في الإشارة من خلال بيان مجموع فرق حاصل طرح قيم متوسط المستويات من قيم عينات الإشارة الأصلية، وكلما زاد عدد المستويات والعينات كلما قل هذا الخطأ والتشويش وأصبح التمثيل الرقمي للإشارة مناظرًا للإشارة الأصلية بقدر كبير.

وتخضع الإشارة بعد ذلك لمجموعة من العمليات باستخدام خوارزميات معينة لاستخلاص سماتها المميزة (Feature Extraction)، ومن ثمَّ إنشاء أنظمة تسمح بنقل الصوت بجودة عالية بالإضافة إلى تحليل الكلام والتعرف عليه، وتحسينه، وتوليده، وضغطه، وتشفيره، وإمكانية تحديد المتكلم والتحقق منه[٣٥].

أما بالنسبة للتمثيل الرقمي الثنائي(Binary System) للرموز اللغوية المكتوبة سواء كانت حروفًا هجائية أم أعدادًا أم علامات ترقيم فيتم وفقًا لقواعد معينة، فعلى صعيد الأعداد يتم تحويلها من النظام العشري(Decimal System) [١] إلى النظام الثنائي من خلال توزيع العدد العشري على ما يكافئه من قيم مواضع العدد الثنائي التي تبدأ من اليسار إلى اليمين وفقًا للعلاقة(2^{n-1}) [٢] ،فعلى سبيل المثال يتم تمثيل العدد(١٠٩) بالنظام الثنائي كالآتي:

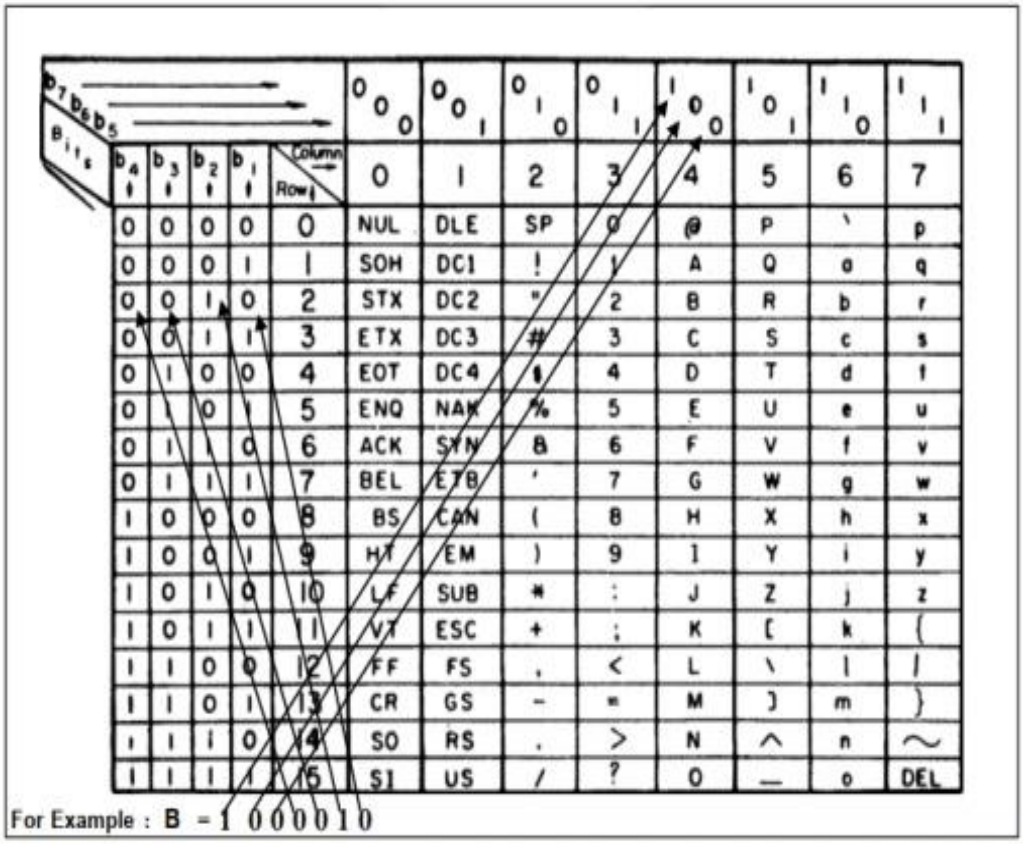


أما الحروف الهجائية وعلامات الترقيم فيتم ترميزها بشفرات ثنائية وفقًا لنظام تكويد (Coding System) يسمح بتمثيل الرموز الكتابية للغة، ومن أشهر أنظمة التكويد الكود الأمريكي المعياري(American Standard Code for Information Interchange) والمعروف اختصارًا بـ (ASCII) شكل(٢-٤)، وتتكون شفرته من عدد (7 bit) لتمثيل مائة وثمانية وعشرين (١٢٨) رمزًا باللغة اللاتينية.

---

١ **النظام العشري: هو النظام الذي يستعمله البشر في شئونهم الحياتية والمتمثل في نظام العد العشري (Decimal System) المكون من عشرة أرقام هي : (0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9) .**

٢ **2 = أساس نظام العد الثنائي ، n = موضع الرقم .**



Row	b_4 b_3 b_2 b_1	b_7 b_6 b_5 = 000	001	010	011	100	101	110	111
		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0 0 0 0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
1	0 0 0 1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	0 0 1 0	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
3	0 0 1 1	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	0 1 0 0	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	0 1 0 1	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	0 1 1 0	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	0 1 1 1	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
8	1 0 0 0	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
9	1 0 0 1	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
10	1 0 1 0	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
11	1 0 1 1	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
12	1 1 0 0	FF	FS	,	<	L	\	l	|
13	1 1 0 1	CR	GS	-	=	M	]	m	}
14	1 1 1 0	SO	RS	.	>	N	^	n	~
15	1 1 1 1	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

شكل (٢-٤) الكود الأمريكي المعياري (ASCII) https://commons.wikimedia.org

وبمرور الوقت ومع انتشار المعالجات الرقمية في بلدان كثيرة أصبح نظام التكويد الأمريكي (ASCII) غير كافٍ لتمثيل أبجديات لغات أخرى غير اللاتينية مما جعل الحاجة ضرورية لنظام تكويد موحد يستوعب أبجديات تلك اللغات، فظهرت أنظمة تكويد متعددة ولكن لم يلتزم بها الجميع، وفي عام ١٩٩١م تم تطوير نظام الترميز الموحد يونيكود (Unicode) ، وتتكون شفرته من عدد (16 bit) لتمثيل خمسة وستين ألف وخمسمائة وستة وثلاثين (٦٥٥٣٦) رمزًا، وهذا العدد كافٍ لتمثيل جل أبجديات اللغات الطبيعية كالعربية شكل(٢-٥)، واليابانية، والهندية، والروسية، والعبرية، وغيرها بالإضافة إلى علامات ورموز أخرى.

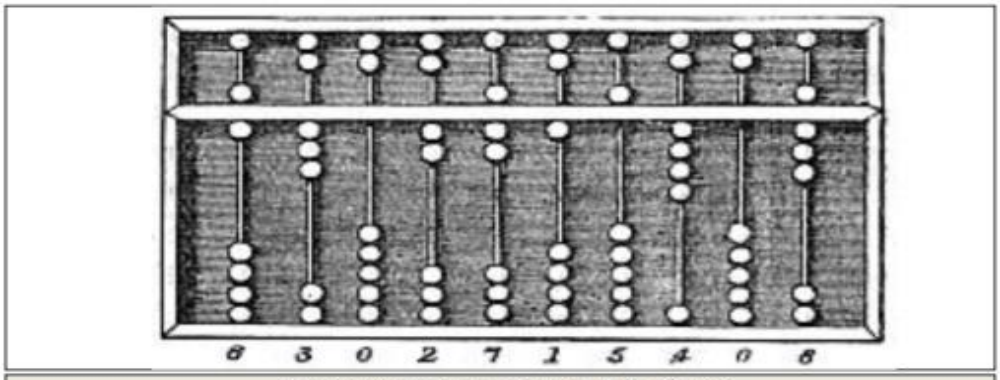
شكل (٢-٥) نظام الترميز الموحد لأبجديات اللغة العربية (Unicode) http://www.unicode.org

وقد أسهم تطور المعالجات الرقمية للرموز اللغوية المكتوبة في تحول كثير من أنظمة الكتابة والطباعة التقليدية إلى أنظمة طباعة وكتابة رقمية بالإضافة إلى تحول كثير من أنظمة الاتصال المكتوب إلى أنظمة رقمية ذات جودة عالية وسرعة فائقة وتكلفة أقل، وكذلك مهدت المعالجات الرقمية للغة المكتوبة الطريق أمام كثير من المطورين لبناء تطبيقات ونماذج تعتمد على خوارزميات معينة لتُمكن الآلة من القيام بمهام متعددة كـ (تنسيق النصوص وفهرستها آليًا – تشكيل الكلمات – تحليل الكلمات صرفيًا – التوليد الصرفي للكلمات – التدقيق الإملائي – تحليل الجمل نحويًا – التدقيق النحوي – الترجمة التحريرية – تلخيص النصوص – التدقيق الدلالي – الاقتباسات الأدبية – البحث الدلالي – التحليل العروضي – التعرف على الخطوط اليدوية والكتابات المصورة).

وهكذا فإن المعالجات الرقمية للغة سواء بصورتها المنطوقة أم بصورتها المكتوبة ذات أثر بيّن جلي في النهوض باللغات الطبيعية والمحافظة على التراث الشفاهي والمكتوب، يقول الدكتور نبيل علي: "علينا أن ندرك أن كل تراث لن تتم رقمنته، سيظل بمنأى عن المعالجة المعلوماتية الآلية، ليفقد قيمته تدريجيًا إلى أن يندثر تمامًا"(٣٦).

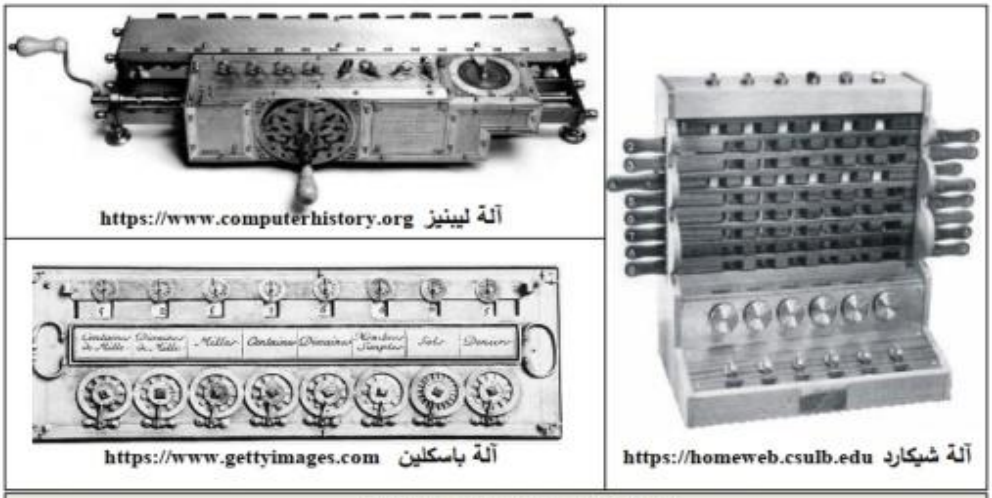
ومن هنا نظر كثير من العلماء إلى المعالجات الرقمية بوصفها معيار الحكم على نهضة الأمم ورقي الشعوب، فعملوا على تطويرها وابتكار الآلات التي تُحقق أهدافها، وفي مقدمة تلك الآلات الحواسيب الآلية(Computers) بوصفها آلات إلكترونية قادرة على استقبال البيانات وتحويلها إلى صورة رقمية تمهيدًا لتخزينها ومعالجتها للحصول على نتائج محددة يمكن توظيفها بصورة ما للقيام بأداء مهام متعددة.

وتُعد الحواسيب الآلية من الابتكارات التي يصعب عَزْوها لشخص بعينه، فهي حصيلة تضافر جهود علمية متواصلة لسلسلة من العلماء عبر مراحل زمنية مختلفة(٣٧)، فمنذ القدم وهناك سعي دؤوب لإيجاد طرق ووسائل للعد والحساب بصورة أسرع ودون الأخطاء؛ فكانت هناك آلات العد التي وظفها الإنسان واستعان بها في أداء العمليات الحسابية منذ آلاف السنين في حضارات مصر، والصين شكل(٢-٦)، واليونان، وفارس، والروم، وبلاد ما بين النهرين .. وغيرها.



شكل (٢-٦) المعداد الصيني https://ar.wikipedia.org

وقد ظل استعمال الآت العد التقليدية حتى بدايات القرن السابع عشر عندما تم ابتكار أول آلة حاسبة ميكانيكية علـى يـد العالـم الألمانـي فيلهلم شيكارد (Wilhelm Schickard) عام ١٦٢٣م، وتعتمد تلك الآلة في عملها على طريقة المسنَّة[١] المستخدمة في صناعة الساعات، وبالطريقة نفسها تمكن العالم الفرنسي بليز باسكال (Blaise Pascal) عام ١٦٤٢م من ابتكار آلة حاسبة تعمل ميكانيكيًا للقيام بعمليات حسابية بسيطة كالجمع والطرح، وقـد تم تطوير هذه الآلة بعد ذلك علـى يد العالم الألماني غوتفريد ليبنتز (Gottfried Leibniz) لتقوم بعمليات ضرب الأعداد وقسمتها وحساب الجذر التربيعي لها شكل(٢-٧).

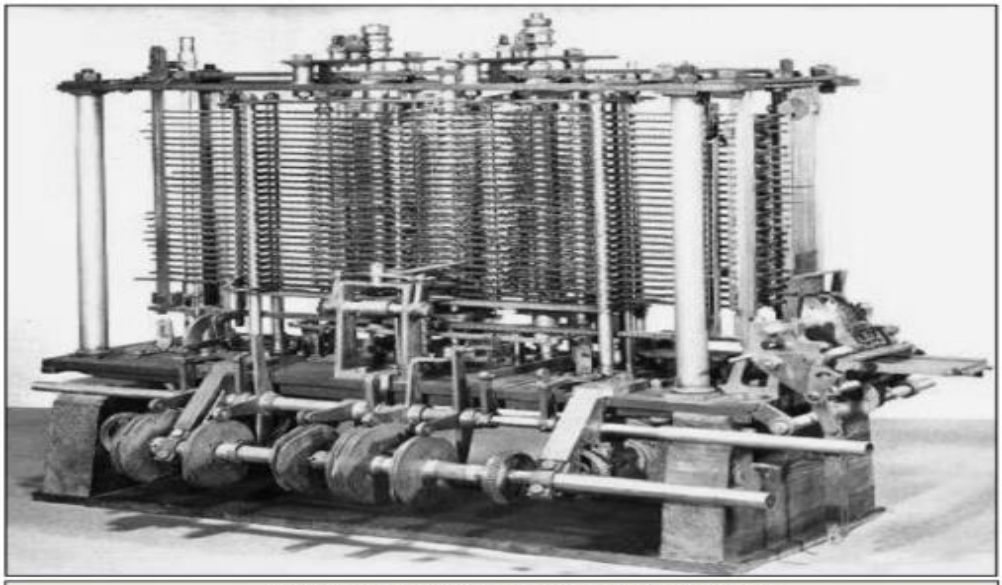


شكل (٢-٧) الآلات الحاسبة الميكانيكية

ومع بداية عقد الثلاثينيات مـن القرن التاسع عشر وتحديدًا عام ١٨٣٣م توصل العالم البريطاني تشـارلز بابـدج (Charles Babbage) إلـى إمكانيـة تحليل البيانات ومعالجتها مـن خـلال تحويلها إلـى أرقام، وبالفعـل قام بتصميم آلته التحليلية (Analytical Engine) شكل(٢-٨) ذات الطبيعة الميكانيكية والمكونة من: وحدة للذاكرة

١ المسنة: يُقصد بها هنا تشابك أسنان العجلات المتحركة .

أطلق عليها المخزن (Store) ووحدة التشغيل المركزي المسئولة عن عمليات الحساب والمنطق وأطلق عليها الطاحونة (Mill) بالإضافة إلى وحدة للتحكم في الآلة باستعمال البطاقات المثقبة (Punched card).

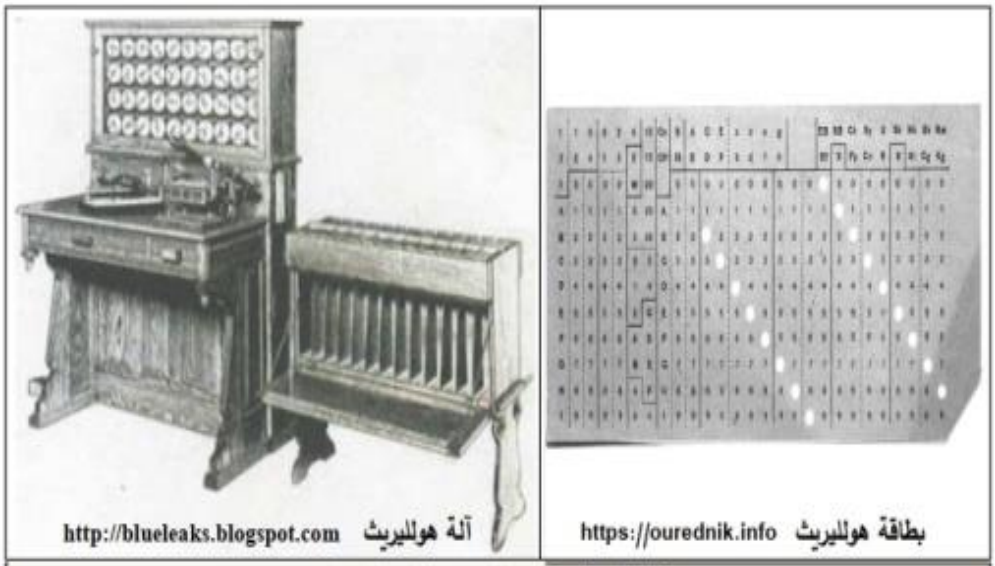


شكل (٢-٨) آلة بابدج التحليلية https://www.kerryr.net

ويمكن لآلة بابدج القيام بتنفيذ مجموعة من الوظائف المختلفة من خلال اتباع سلسلة متغيرة من التعليمات الشرطية تُعرف بالخوارزميات (Algorithms) نسبة إلى العالم العربي أبي القاسم محمد الخوارزمي صاحب منهجية تسلسل المراحل في العمليات الحسابية، وقد وضعت أسس تلك الخوارزميات الكونتيسة آدا لوفلاس (Ada Lovelace)، وهكذا أسس بابدج وآدا لفكرة البرمجة ومهد الطريق لاختراع الحواسيب الآلية[٣٨].

وشهدت صناعة الحواسيب الآلية نقلة نوعية في نهايات القرن التاسع عشر على يد العالم الأمريكي هرمان هوليريث (Herman Hollerith) الذي قام بابتكار أول آلة حاسبة كهروميكانيكية شكل (٢-٩) تعمل من خلال بطاقات مثقوبة تتحكم في مرور تيار

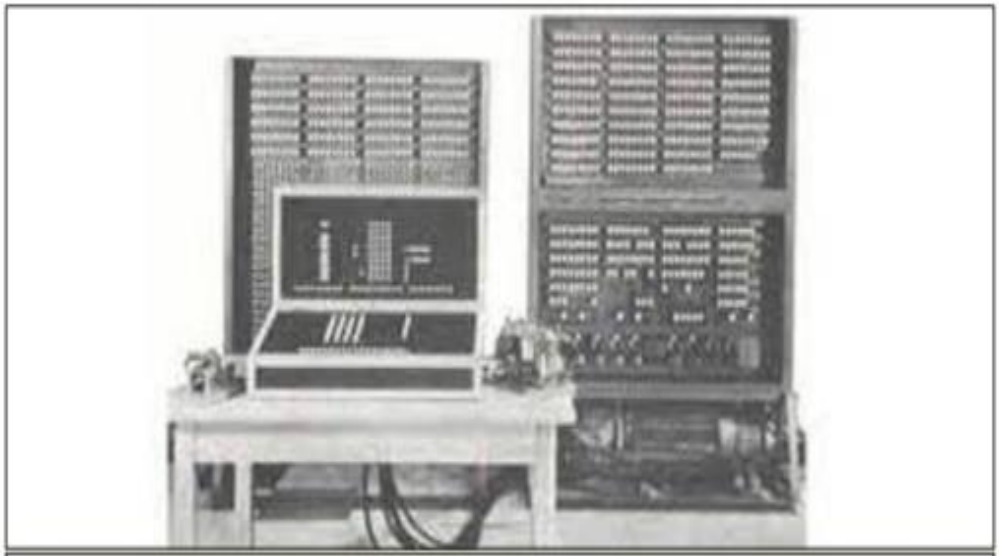
كهربائي يُحرك عدادًا يقوم بعمليات حسابية وإحصائية، ويتم تفسير بيانات تلك البطاقات من خلال وجود أو عدم وجود الثقوب، حيث تسمح تلك الثقوب بمرور إبرة لتتصل بزئبق موجود أسفل البطاقة ومن ثمَّ يتولد تيار كهربائي يحرك عدادًا ميكانيكيًا، وقد أُستعملت تلك الآلة في تعداد الولايات المتحدة عام ١٨٩٠م وأنهت المهمة في عامين ونصف بدلا من سبعة أعوام كان يستغرقهم هذا التعداد قبل ذلك .



شكل (٢-٩) آلة هوللیریث وبطاقته المثقبة

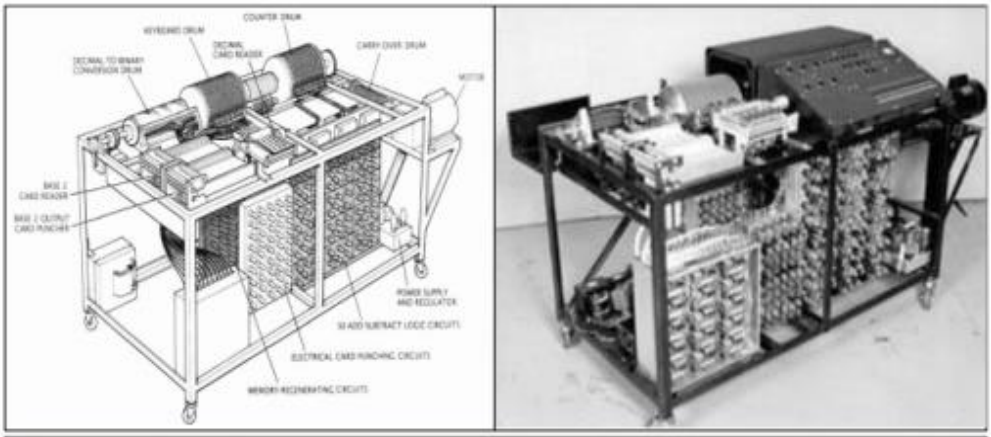
وقد عمل مطورو الحواسيب الآلية بالتزامن مع اندلاع الحرب العالمية الثانية في نهايات العقد الثالث وبدايات العقد الرابع من القرن العشرين علـى الإفادة بصورة فعلية من أفكار بابدج والكونتيسة آدا وهوللیريث فـي بناء آلات حاسـوبية يمكن توظيفها عسكريًا في أداء مهام متعددة بدقة عالية كتحديد مسار القذائف وتصنيع الطائرات والصواريخ؛ فابتكر العالم الألماني كونراد سوزه (Konrad Zuse) الحاسبة الكهروميكانيكية (Z) عام ١٩٣٩، وقام بتطويرها عام ١٩٤١م لتستعمل الشريط المغنطي (Magnetic Tape) في قراءة البيانات والأوامر بدلا من البطاقات المثقبة

وأطلق عليها (Z3) شكل(٢-١٠)،وتعتمد تلك الآلة في عملها لتمثيل البيانات على المعالجات القائمة على نظام العد الثنائي(Binary Number System) بوصفه النظام الرقمي الأكثر ملاءمة لعتاد الحواسيب الآلية (Computer hardware) وطبيعتها الكهربائية المتمثلة في حالتين فحسب، هما: الوصل والفصل (Yes / No)[٣٩].



شكل (٢-١٠) الحاسب Z3 https://www.sutori.com

وتستمر مسيرة التطوير في صناعة الحواسيب الآلية عبر إدخال المكونات الإلكترونية في مكوناتها المادية، حيث تم الشروع في تصنيع الحاسبة (Atanasoff-Berry Computer) المعروفة اختصارًا بـ (ABC) شكل(٢-١١) في الفترة من ١٩٣٧م إلى ١٩٤٠م على يد العالمين جون أتاناسوف (John V.Atanasoff) وكليفورد بري(Clifford Berry)، وهذه الحاسبة تعمل بالصمامات المفرغة(Vacuum tubes) وتعتمد على النظام الثنائي في تمثيل البيانات.



شكل (٢-١١) الآلة الحاسبة ABC https://www.researchgate.net , https://www.sutori.com

كما تم تصنيع الحاسبة (Colossus) عام ١٩٤١م بإشراف العالم الإنجليزي آلان تورينغ (Alan Turing)، وفي عام ١٩٤٤م قام الباحث بجامعة هارفارد الأمريكية هوارد أيكن(Howard Aiken) بابتكار الحاسبة (Mark 1) شكل(٢-١٢) بالتعاون مع شركة (IBM) وكان يبلغ طولها خمسين (٥٠) قدمًا ووزنها خمسة (٥) أطنان وتعمل من خلال المرحلات الإلكترونية (Electromechanical Relays) للقيام بالعمليات الحسابية التي كانت تستغرق عملية الجمع فيها ثانية واحدة والضرب ست (٦) ثوان والقسمة اثنتي عشرة (١٢) ثانية(٤٠).

شكل (٢-١٢) الحاسب Colossus: https://www.wikiwand.com , والحاسب Mark 1 : https://www.pinterest.com

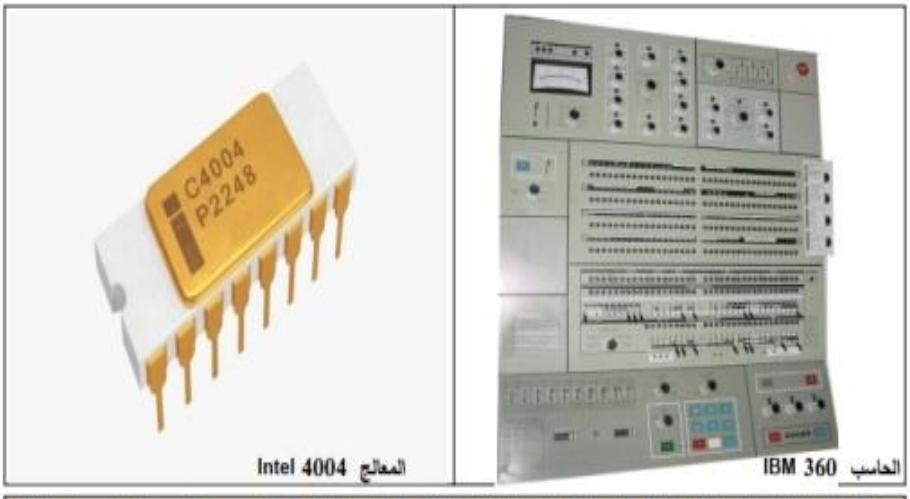
وفي عام ١٩٤٦م ظهر الحاسوب(Electronic Numerical Integrator And Computer) المعروف اختصارًا (ENIAC) شكل(٢-١٣) على يد العالمين جون موكلي (John Mauchly) جون بريسبر إيكيرت (J.Presper Eckert) ليبدأ عصر جديد في صناعة الحواسيب الإلكترونية متعددة الأغراض والتي تطورت[٤١] عبر خمس مراحل، كالآتي :

- **المرحلة الأولى:** بدأت عام ١٩٤٦م مع ظهور الحاسوب (ENIAC) الذي يعتمد في عمله على الصمامات المفرغة حيث يتكون من ألف وثمانمائة ١٨٠٠ صمامة مفرغة ويزن ثلاثين (٣٠) طنًا ويحتل حيزًا يُقدر بمائة وستين (١٦٠) مترًا مربعًا.
- **المرحلة الثانية:** انطلقت عام ١٩٥٦م مع دخول الترانزستور في صناعة الحواسيب بدلاً من الصمامات المفرغة مما أسهم في صغر حجمها وقلة استهلاكها للطاقة، ومن أمثلة حواسيب تلك المرحلة الحاسوب (IBM 7030 Stretch) شكل(٢-١٣) الذي أنتجته شركة (IBM) عام ١٩٦١م.

شكل (٢-١٣) الحاسب ENIAC :https://www.paperblog.fr الحاسب IBM 7030 Stretch https://www.edn.com

- **المرحلة الثالثة:** ظهرت ارهاصاتها عام ١٩٦٤م مع اعتماد تقنية الدارات المدمجة في صناعة الحواسيب الآلية، ومن أبرز الحواسيب التي صُنعت بهذه التقنية حاسوب(IBM 360)شكل (٢-١٤) الذي أنتجته شركة(IBM) عام ١٩٦٤م.

- **المرحلة الرابعة:** بدأت خلال عام ١٩٧١م مع ظهور المعالجات الميكروبية (Microprocessors) ودخولها في صناعة الحواسيب، وتُعد شركة (Intel) أول شركة قامت بتصنيع تلك المعالجات تحت اسم (Intel 4004) شكل(٢-١٤) ويتكون هذا المعالج من ألفي وثلاثمائة (٢٣٠٠) ترانزوستور على شريحة مساحتها اثني عشر (١٢) مليمترًا، ويمكن لهذا المعالج القيام بتنفيذ ستين ألف (٦٠٠٠٠) عملية في الثانية الواحدة، بالإضافة إلى وظائف أخرى متعددة .



https://www.turbosquid.com Intel 4004 المعالج http://infolab.stanford.edu IBM 360 الحاسب شكل (٢-١٤)

- **المرحلة الخامسة:** ظهرت حواسيب تلك المرحلة في بداية التسعينات من القرن العشرين، ودخلت في تصنيعها الدارات المتكاملة فوق

الكبيرة (Ultra Large Scale Integration) المعروفة اختصارًا بـ(ULSI)، وتلك الدارات جعلت الحواسيب الآلية صغيرة الحجم وقليلة التكلفة، ومكنتها من أداء المهام المطلوبة بسرعة كبيرة وكفاءة عالية.

وهكذا تطورت الحواسيب الآلية وامتلكت من العتاد (Hardware) وأنظمة التشغيل (Operating systems) ولغات البرمجة عالية المستوى (High-level programming languages) ما يؤهلها للدخول إلى مجال الذكاء الاصطناعي (Artificial intelligence) لمحاكاة القدرات العقلية والحسية للإنسان، ومازالت مسيرة التحديث والتطوير مستمرة في الحواسيب الآلية التي أصبحت جزءًا أصيلاً وضروريًا في الواقع المعاصر.

نتائج البحث وتوصياته:

في نهاية ما تم طرحه من قضايا بحثية تتعلق بالمعالجات الآلية للغة وتطور تقنياتها يكون البحث قد ألقى الضوء على قضية مهمة شغلت كثيرًا من الباحثين في هذا المجال، ويسعى البحث في هذا الإطار إلى الإسهام في وضع رؤية شاملة تُسهم في تطوير أنظمة وتقنيات تفي بالغرض وتُحقق الطموحات، وذلك من خلال حصر التقنيات المستعملة في المعالجات الآلية للغات الطبيعية ودراستها وفقًا لطبيعة عملها تمهيدًا لتصنيفها، وقد توصل البحث إلى جملة من التوصيات والنتائج المهمة رأيتُ أن أضعها هنا بين أيدي الباحثين ومطوري التقنيات للنظر فيها والإفادة منها– إن أمكن – لعلي أكون بذلك قد أسهمت – ولو بجهد المقل – في تطوير المعالجات الآلية للغة والارتقاء بها.

ولعل أبرز ما توصل إليه البحث أن التقنيات المستعملة في معالجة اللغات الطبيعية يمكن تصنيفها في نوعين من التقنيات: تقنيات غير رقمية تتمثل في المعالجة (الميكانيكية، الكهروميكانيكية، التماثلية) وتقنيات رقمية تتمثل في المعالجة (الحاسوبية)، وهاتان التقنيتان لابد من فحصهما وتمحيصهما بالنظر فيهما بدقة ومعرفة الغرض منهما ودراسة طرق عملهما قبل الشروع في ابتكار تقنيات أخرى، وهكذا يُشترط لأي تقنية مستقبلية أن تقوم على مبدأ أن اللغة مقوم ثابت لا يخضع للتغيير أو التبديل أما التقنية فتُعد مقومًا متغيرًا تتم من خلاله عمليات المعالجة التي تمنح الآلة القدرة على استقبال الرموز اللغوية الحاملة للمعنى وتمثيلها بدقة وكفاءة من خلال منظومة ذات منطق خاص يسمح للآلة بفهم تلك الرموز وتفسيرها ومن ثمَّ أداء مهام لغوية محددة.

وبنظرة فاحصة إلى مراحل تطور المعالجات الآلية للغة يُلاحظ أن هناك نوعًا من التكامل بين تلك المعالجات حيث تعتمد كلٌ منها في عملها على الأخرى،

فالمعالجات الكهروميكانيكية على سبيل المثال لابد لها من معالجات ميكانيكية تستند إليها لأداء الغرض منها، وكذلك الحال مع المعالجات الرقمية حيث تتطلب معالجات تماثلية وأخرى ميكانيكية لتقوم بوظيفتها المنشودة، ومن هنا تصعب المفاضلة بين معالجة وأخرى أو تقنية وتقنية أخرى؛ نظرًا لأن كلاً من تلك التقنيات والمعالجات له طبيعته الخاصة والتي تُعد تطورًا لتقنيات ومعالجات سابقة.

ومن ثمَّ فإن رؤية البحث لتطوير أي تقنية مستقبلية لمعالجة اللغة لابد أن تقوم على التكامل بين المعالجات المختلفة سواء أكانت معالجات ميكانيكية أم معالجات كهروميكانيكية أم معالجات تماثلية أم معالجات رقمية، وألا تقتصر تلك التقنية على معالجة بعينها دون أخرى.

كما أوضح البحث أن الاكتشافات الكهربائية المهمة في النصف الأول من القرن التاسع عشر لعبت دورًا محوريًا في النهوض بالمعالجات الآلية للغة وتحويلها من مجرد معالجات ميكانيكية ينحصر غرضها في الطباعة والكتابة وتسجيل الأصوات إلى معالجات ذات طبيعة كهربائية أحدثت تغييرات جوهرية ومهدت الطريق إلى ثورة حقيقية في مجال الاتصال ونقل البيانات وحفظها، حيث تسمح تلك المعالجات بتمثيل الرموز اللغوية في صورة نبضات كهربائية أو إشارات تماثلية تتغير قيمها وفقًا لطبيعة تلك الرموز ومن ثمَّ إرسالها عبر وسيط ناقل إلى مسافات بعيدة ليتم استقبالها وفك شفراتها تمهيدًا لإعادتها إلى صورتها الأصلية.

ومع ظهور المعالجات ذات التقنيات الرقمية أصبح بالإمكان تحويل جميع أنواع البيانات والتعليمات إلى مقابل رقمي في إطار نظام عد ثنائي يتكون من: (الصفر والواحد)، ويُعد هذا النظام الأكثر ملاءمة لطبيعة بناء الآلات ذات الطبيعة الكهربائية

القائمة على ثنائية الوصل والفصل (Yes/NO)؛ مما سمح بتمثيل أكثر مرونة وكفاءة للرمز اللغوية كان له عظيم الأثر في إحداث نقلة نوعية للمعالجات الآلية تُجني الإنسانية ثمارها اليوم.

وختامًا أود الإشارة إلى أنني لا أدعي ببحثي هذا الكمال أو خلوه من النقصان، ويعلم ربي ﷻ أنني لم أدخر جهدًا أو أبخل بوقت من أجل إنجازه على هذا النحو؛ لعله يضيف لبنة تسد فراغًا في مجال لا يزال بكرًا كمجال معالجة اللغات الطبيعية، فإن وفقت فبتوفيق من الله الرحمن، وإن أخفقت فمني وحدي، وصل اللهم وسلم تسليمًا كثيراً على معلم الأمة وحبيبها سيدنا محمد ﷺ .

الهــوامش:

(١) سورة التين : الآية : ٤ .

(٢) سورة البلد : الآيات : ٨ : ١٠ .

(٣) سورة لقمان : الآية : ٢٠ .

(٤) انظر الثورة الصناعية : ١٢ .

(٥) المرجع نفسه: ١١٥ .

(٦) انظر معجم مصطلحات الهندسة الميكانيكية:(مكنة) ٢٢٥ :والمعجم الوسيط: مادة(م ك ا):٨٨٢ .

(٧) الثورة الصناعية وآثارها الاجتماعية والقانونية : ٢٨ .

(٨) المرجع نفسه : ٢٦ .

(٩) انظر عصر الثورة : ٨٣٨٤ .

(١٠) انظر المرجع نفسه : ٨١ .

(١١) انظر الثورة الصناعية وآثارها الاجتماعية والقانونية : ٢٦ – ٤٨ .

(١٢) انظر الثورة الصناعية: ٦٢٦٣ .

(١٣) انظر تاريخ الطباعة في مصر:١٦ : ١٨ ،وموسوعة الاختراعات والاكتشافات:٢٣وتاريخ العلوم:١٣٢.

(١٤) انظر الثورة الصناعية وآثارها الاجتماعية والقانونية : ٣١.

(١٥) انظر موسوعة اختراعات وابتكارات العالم : ج٢: د.محمد كذلك : جوجل : ١٤٨ .

(١٦) انظر المرجع نفسه : ج٢ : ١٤٩ : ١٥٢ .

(١٧) انظر تاريخ العلوم : ١٤٢.

(١٨) انظر الكهربية والمغناطيسية : ١،٢ .

(١٩) انظر الثورة الصناعية : ٦٦٧٠ .

(20) See, A History of Electric Telegraphy : p 230 : 319

(٢١) انظر موسوعة الاختراعات والاكتشافات : ٤٦ .

(22) The Applications of Physical Forces : p 575 : 583. See

(23) Signal Analysis : P21- 22 .

(٢٤) انظر تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات : ١٤٤ .

(٢٥) انظر الإشارات في الاتصالات : ١٢ .

(٢٦) انظر تاريخ العلوم : ١٣٦١٣٧ .

(٢٧) انظر المرجع نفسه : ١٣٨ .

(٢٨) انظر أساسيات النظم الرقمية : ١٧ .

(٢٩) الثقافة العربية وعصر المعلومات : ٧٧ .

(٣٠) انظر علم إلكترونيات الحاسب : ١٠ .

(٣١) انظر المعلوماتية وشبكات الاتصال الحديثة : ٢٨٢٩.

(٣٢) انظر المعالجة الرقمية للإشارات : ١٣ .

(٣٣) انظر أساسيات الاتصالات الرقمية : ١٣ : ٢٢والمعالجة الرقمية للإشارات : ٣٣ .

(٣٤) انظر المعالجة الرقمية للإشارات : ٢٦، ٢٧٥٨ .

(٣٥) انظر المرجع نفسه : ١٧، ١٨٢٧ .

(٣٦) الثقافة العربية وعصر المعلومات : ٧٩ .

(٣٧) انظر المعلوماتية وشبكات الاتصال الحديثة : ١٥ : ٢٩ .

(٣٨) انظر المعلوماتية بعد الإنترنت : ٣٧٣٨ .

(٣٩) انظر علم إلكترونيات الحاسب : ١٠ .

(٤٠) انظر أساسيات تكنولوجيا الحاسب جوجل : ١٣ .

(٤١) انظر المعلوماتية وشبكات الاتصال الحديثة : ١٧ : ١٩ .

المصادر والمراجع

أولاً: المراجع العربية:

- آل عيسى، د.محمد بن علي أحمدالكهربية والمغناطيسية، ط٤، الرياض، مطابع جامعة الملك سعود، د.ت.
- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، أساسيات الاتصالات الرقمية، المملكة العربية السعودية، منشورات الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، د.ت.
- برات، فليتشر، أشهر المخترعين ومخترعاتهم، ترجمة: عميد أركان حرب: محمد عبد الفتاح إبراهيم، القاهرة، د.ت.
- البرعي، د.أحمد حسن، الثورة الصناعية وآثارها الاجتماعية والقانونية، القاهرة، دار الفكر العربي، د.ت.
- بريزنسكي، كلود، تاريخ العلوم .. اختراعات واكتشافات وعلماء، ترجمة: سارة رجائي يوسف، القاهرة، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، ٢٠١٥م.
- بكرو، د.خالد، أساسيات النظم الرقمية، سوريا، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠١٨م.
- تشومسكي، نعوم:
  - آفاق جديدة في دراسة اللغة والعقل، ترجمة: عدنان حسن، سوريا، دار الحوار للنشر والتوزيع، ٢٠٠٩م.
  - المعرفة اللغوية .. طبيعتها وأصولها واستخدامها، ترجمة: د.محمد فتيح، القاهرة، دار الفكر العربي، ١٩٩٣م.
- ذياب، عصام سرحان، الإشارات في الاتصالات، بغداد، دار الكتب والوثائق، ٢٠١١م.

- الرازي، محمد بن أبي بكر بن عبد القادر، مختار الصحاح، تحقيق: محمود خاطر، بيروت، مكتبة لبنان ناشرون، ١٩٩٥م.
- رشوان، د.محسن وآخرون :
  - مقدمة في حوسبة اللغة العربية، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز لخدمة اللغة العربيةالرياض، ٢٠١٩م.
  - المعالجة الآلية للنصوص العربية، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز لخدمة اللغة العربيةالرياض، ٢٠١٩م.
  - تطبيقات أساسية في المعالجة الآلية للغة العربية، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز لخدمة اللغة العربية، الرياض، ٢٠١٩م.
- الشافعي، أماني، موسوعة الاختراعات والاكتشافات، القاهرة، دار العلوم للنشر والتوزيع، ٢٠٠٥م.
- عارف، د.ثوار ثابت، أساسيات تكنولوجيا الحاسب، الأردن، دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، ٢٠٠٤م.
- عبده، د.إبراهيم، تاريخ الطباعة والصحافة في مصر خلال الحملة الفرنسية (١٧٩٨م-١٨٠١م)، ط٢، القاهرةمكتبة الآداب، ١٩٤٩م.
- العدوي، د.محمد إبراهيم، المعالجة الرقمية للإشارات، القاهرة، جامعة حلوان، ٢٠٠٩م.
- كذلك، د.محمد، موسوعة اختراعات وابتكارات العالم.. من عصر ما قبل التاريخ إلى اليوم، https://books.google.com.eg،د.ت.
- كوندون، روبرت، تحليل وتصميم نظم معالجة البيانات، ترجمة: د.إبراهيم عبد السلام عوض، المملكة العربية السعودية، مطابع الإدارة العامة، ١٩٦١م.

- ماينارد، د.ديانا، وآخرون، معالجة اللغات الطبيعية للويب الدلالي ،ترجمة: خالد بن عبد الرحمن الميمان، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز لخدمة اللغة العربية، الرياض، ٢٠١٩م.
- مجمع اللغة العربية بالقاهرة:
  - معجم مصطلحات الهندسة الميكانيكية، القاهرة، المطابع الأميرية، ١٩٩٨م.
  - المعجم الوسيط، ط٤، القاهرة، مكتبة الشروق الدولية، ٢٠٠٤م.
- مكاوي، د.حسن عماد، تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات،ط٢،القاهرة، الدار المصرية اللبنانية، ١٩٩٧م.
- ابن منظورمحمد بن مكرم الأفريقي المصري لسان العرب، بيروت دار صادر د.ت .
- ميلاد، عبد المجيد، المعلوماتية وشبكات الاتصال الحديثة،https://archive.org/د.ت.
- ناصيف، أحمد، علم إلكترونيات الحاسب، سوريا، دار الكتاب العربي، ١٩٩٠م.
- نيجروبونت، نيكولاس، التكنولوجيا الرقمية .. ثورة جديدة في نظم الحاسبات والاتصالات، ترجمة: د.سمير إبراهيم شاهين، القاهرة، مركز الأهرام للترجمة والنشر، ١٩٩٨م.
- هوبزباوم، إريك، عصر الثورة .. أوروبا (١٧٨٩م- ١٨٤٨م)، ترجمة: د.فايز الصُيَّاغ، بيروت، مركز دراسات الوحدة العربية، ٢٠٠٧م.
- هينز، كارلتون، الثورة الصناعية، ترجمة: أحمد عبد الباقي، بغداد، مكتبة العاني، ١٩٥٠م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية :

- Allen ,Ronald & Mills , Duncan , Signal Analysis: Time, Frequency, Scale, and Structure, John Wiley & Sons, 2004 .
- Chen , Chi-Tsong , Analog and Digital Control System Design: Transfer-function, State-space, and Algebraic Methods, Saunders College Pub., 1993.
- Fahie, John Joseph, A History of Electric Telegraphy, to the Year 1837, London : E. & F.N. Spon, 1884.
- Guillemin, Amédée, The Applications of Physical Forces, Translation : Winifred James Lockyer, London : Macmillan and Company, 1877.
- Northrop, Robert , Analysis and Application of Analog Electronic Circuits to Biomedical Instrumentation, Taylor & Francis Group, 2017.

ثالثًا : الأبحاث والدوريات العلمية :

- بشير، أبو الحجاج محمد، وآخرون ،المعالجة الآلية للغة العربية .. جهود الحاضر وتحديات المستقبل : مجلة لغة العصرالعدد ٩٢، القاهرة٢٠٠٨م.
- بونيه، آلان، الذكاء الاصطناعي واقعه ومستقبله، ترجمة: علي صبري فرغلي، الكويت، عالم المعرفة، العدد ١٧٢، ١٩٩٣م.
- جيتس، بيل، المعلوماتية بعد الإنترنت، ترجمة: عبد السلام رضوان، الكويت، عالم المعرفة، العدد ٢٣١، ١٩٩٨م.
- السيد، د.هيثم، الإسهامات الفلسفية والمنطقية في التطور التكنولوجي مجلة ديوجين العدد ١٢٠١٤م

- علي، د.نبيل، الثقافة العربية وعصر المعلومات،عالم المعرفة،العدد ٢٦٥، الكويت،٢٠٠١م.
- كورباليس، مايكل، في نشأة اللغة .. من إشارة اليد إلى نطق الفم، ترجمة: محمود ماجد عمر، الكويت، عالم المعرفة، العدد ٣٢٥، ٢٠٠٦م.

رابعًا : مواقع شبكة المعلومات الدولية "Internet" حتى أكتوبر ٢٠٢١م :

- https://arab-ency.com.sy
- https://blueleaks.blogspot.com
- https://commons.wikimedia.org
- https://edn.com
- https://gettyimages.com
- https:// hffax.de
- https://historiainventos.blogspot.com
- https://homeweb.csulb.edu
- https://infolab.stanford.edu
- https://kerryr.net
- https://kimon.hosting.nyu.edu
- https:// mawhopon.net
- https:// moqatel.com
- https://ourednik.info
- https://paperblog.fr
- https://pinterest.com
- https://pixels.com
- https://researchgate.net
- https:// slideshare.net
- https://spectrum.ieee.org
- https://sutori.com
- https://turbosquid.com
- https:// unicode.org
- https:// wikipedia.org
- https://wikiwand.com

Techniques of Language Processing and their Development

Dr. Mohamed Rafaat Mahmoud Farag

A Lecturer of Computational Linguistics

Deaprtment of Arabic Langauge and Literature

Faculty of Arts, Beni-Suef University

moraafat82@yahoo.com

Abstract

The research sheds light on the techniques used in natural language processing, And study how it works, And track the stages of its development, In preparation for classifying these technologies in general frameworks collected by common factors, These techniques were thus classified as: Digital technologies represented in computational processing, And Non-digital techniques represented in mechanical, electromechanical processing and analogue processing, With this vision that ensures that natural language processing is not reduced to a specific framework without the rest of the frameworks or a specific technology without the rest of the techniques, that processing can be developed by visions and perceptions that contribute to the creation of comprehensive techniques that achieve the purpose and meet ambitions.

Keywords: Natural Language Processing, Artificial intelligence, Computational Linguistics, language processing, Digital technologies, Computational processing, Non-digital techniques, Mechanical processing, Electromechanical processing, Analog processing.