مبادِئ الفكر اللُّغوي بين اللّسانيات التّوْليديَّة التَّحْويليَّة واللسانيات

إعداد

د. محمد رأفت محمود

مدرس علم اللغة الحاسوبي بقسم اللغة العربية –كلية الآداب جامعة بني سويف

الإستشهاد المرجعى:

محمد رأفت محمود (٢٠٢١). مبادئ الفكر اللُّغوي بين اللّسانيات التّوْليديَّة التّحْويليَّة واللسانيات الحاسوبيَّة .– حولية كلية الآداب جامعة بني سويف مج١٠: ج .– ص ص ٥٠٩–٥٥٨

المستخلص:

يتطلع هذا البحث إلى إيضاح أثر النظرية التوليدية التحويلية في توجيه اللسانيات الحاسوبيَّة من خلال تَتبُّع المسار التَّحليليّ للنماذج التوليدية التحويلية ومقارنته بمسار تطوُّر اللسانيات الحاسوبية للوصول إلى رؤية معينة يمكن التَّعْوِيل عليها في تحديد المُنْطلق اللغوي الصحيح نحو مُعالجة لغويَّة تتفق مع معطيات الواقع وتناسب التطور المتلاحق في أساليب المُعالجة الآلية للغات الطبيعية التي

تقوم على دراسة اللغة وظواهرها المُتعدّدة بمنظور رياضي تمهيدًا لبناء أنظمة حاسُوبية تعتمد على نماذج رقميَّة وفرضيات منطقية لمحاكاة العقل البشري وآلياته في فهم اللغة وتوليدها؛ لتحقيق التواصل مع الآلة عبر اللغة البشرية.

الكلمات الدالة:

اللسانيات الحاسوبية- معالجة اللغات الطبيعية- اللسانيات التوليدية التحويلية- الذكاء الاصطناعي

مقدمة:

ارتبطت اللسانيات الحاسوبية (Computational Linguistics) بوصفها أحد أبرز مجالات الذكاء الاصطناعي(Artificial intelligence) بالنظرية التوليدية التحويلية (Generative transformational theory)التي نشأت بظهور كتاب البنى النحوية(Syntactic structures) لعالم اللسانيات الأمريكي أفرام نعوم تُشُومِسْكِي (Avram Noam Chomsky)، وقد أفادت المعالجات الآلية للغات الطبيعية (Natural Language Processing) مما قدمته تلك النظرية من منطق رياضي أسهم – إلى حد ما – في تحديد العلاقات والقواعد الكامنة في العقل البشري التي يمكن الاعتماد عليها في توليد الجمل والعبارات في اللغات الطبيعية مما يسهم في محاكاةٍ (Simulation) أفضل لطبيعة العمليات العقلية عبر أنظمة الحاسوب وتطبيقاته المختلفة.

ومن جانب آخر؛ فقد أفادت اللسانيات التوليدية التحويلية من الأنظمة الالكترونية (Electronic systems) في الوصول إلى المزيد من الدقة والموضوعية نحو تحقيق أهدافها المتمثلة في معرفة الجمل الصحيحة لغويًا وتركيب وحداتها وفقًا لنظام اللغة وردها إلى ما يُقابلها في البنية العميقة، مما يسهم في معرفة الغموض البنيوي وجوانبه التركيبية، ويكشف عن العلاقات المتماثلة في المعنى وتحديد الوظيفة النحوية لكل كلمة في الجملة [1].

وهكذا تكون العلاقة بين اللسانيات التوليدية التحويلية واللسانيات الحاسوبية هي علاقة تكامل، تتقارب فيها الرؤى للوصـــول إلى الغرض الذي يجمع بينهما، ويتمثل ذلك في تفســير النهج العقلي لفهم اللغة وإنتاجها عبر قواعد رياضـية وفرضـيات منطقية، يمكن الاعتماد عليها في بناء نماذج حاســوبية (Computer models) تحاكي العقل البشــري وعملياته المتعددة قدر المستطاع.

ومن هنا تأتي أهمية إلقاء الضـوء على تلك العلاقة ومحاولة دراسـتها بمنظور تحليلي مقارن، يلبي الطموحات ويُحقق الآمال والتطلعات للوصـــول بالدراســـات الحاســـوبية للغات الطبيعية إلى وجهتها المُثْلَى في ظل تعدد وسائل التحليل وتطور أساليب الذكاء الاصطناعي.

- **أولاً : الفكر التوليدي التحويلي ومسار تطوره:**

مع البدايات الأولى لظهور فكرة معالجة اللغات الطبيعية في الغرب وتصـنيفها ضـمن المجالات الأســاســية للذكاء الاصــطناعي كان الفكر الرياضــي ومنطقه في دراســة اللغات الطبيعية في أطواره الحقيقية الأولى على يد نعوم تشــومســكي (Noam Chomsky) ســنة ١٩٥٧م عندما قدم كتابه الشهير البنى النحوية (Syntactic structures) الذي مهد الطريق إلى النظرية التوليدية التحويلية التي تناولت الجملة من منظور تفســـيري، يتجاوز الجانب الوصـــفي إلى تحليل البنية اللغوية للجملة بغرض اســـتخلاص مضـــامينها المتعددة وتمييز التغيرات التركيبية والتحولات من بنية إلى أخرى.

وقد خالفت نظرية تشومسكي الطابع الوصفي البنيوي الذي هيمن على دراسة اللغة عند الغربيين في العقدين الثالث والرابع الميلاديين وبدايات العقد الخامس من القرن العشـرين، والـذي تمثلـه آراء العـالم اللغوي ليونـارد بلومفيلـد (Leonard Bloomfield)، إلا أن رؤيـة تشـومسـكي اسـتمالت كثيرًا من الباحثين في مجالات العلوم التطبيقية والأسـاسـية للحد الذي

جعلهم يصـــفونها بثورة علمية، تشـــبه تلك التي أحدثها كبلر(Kepler) ونيوتن (Newton) وآينشتاين(Einstein) في الفيزياء[٢].

وقد لقيت تلك النظرية اهتمامًا كبيرًا من العلماء خاصـة علماء الحاسـب الآلي والذكاء الاصـــطناعي حيث وجدوا ضـــالتهم نحو معالجة فعالة تقوم على نظرية رياضـــية للغة الطبيعية.ومن ذلك ما وصـــف به العالم الشـــهير دونالد إرفين كانوث(Donald Ervin Knuth)[٣] كتاب تشـــومســـكي البنى النحوية (Syntactic structures) بأنه يُقدم نظرية رياضية للغة تمكن من استعمال حدْس مبرمج الكمبيوتر.

وتنطلق النظرية اللغوية عند تشومسكي من مبدأ التشابه الواضح بين القواعد النحوية والقوانين الحســـابية من حيث دقة التحديد[٤]؛ وذلك لتوصـــيف القابلية اللغوية المتمثلة عند الإنســان في نظامه المعرفي للغة، ومن ثمَّ تبرير أنظمة القواعد لتوضـيح المقاييس التي تُمكن من اختيار نظام القواعد الصـحيحة لكل لغة[٥]، يقول الدكتور مرتضـى جواد باقر : " إن هذا النظام المعرفي هو ما تبغي القواعد التوليدية أن تصـفه وتحسـب حسـابه. هذه القابلية اللغوية يمكن أن توصـف على أسـاس نظام قوانين يُعطي كل تعبير لغوي بنية محددة. ونظام القوانين هذا هو القواعد"[٦] .

وقدم تشومسكي ثلاثة نماذج فـــي كتابه "البنـــى النحـوية" لتحليل البنية اللغوية تنطلق جميعها من مبادئ وإرهاصات رياضية، وهـــي : نموذج القواعد النحوية المحدودة (Finite State Grammar)، ونموذج بنيـة العبـارة (Phrase Structure Grammar)، ونموذج القواعد التحويلية (Transformational Grammar).

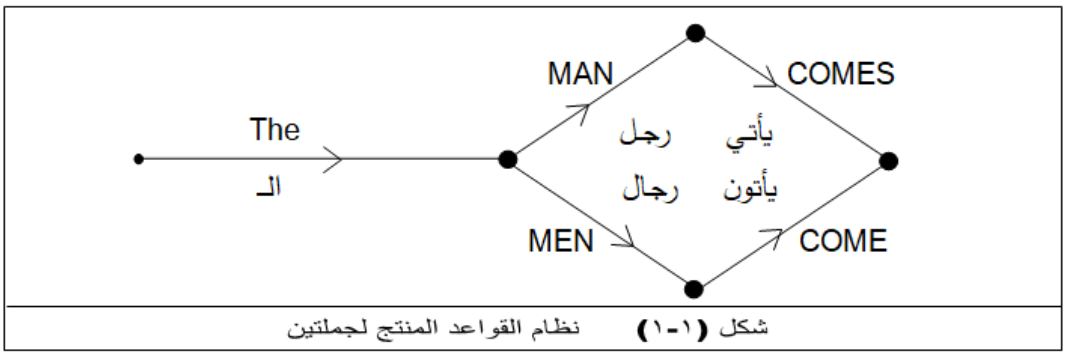
وقد طرح النموذجين الأولين لتحديد عيوبهما وليتجنبها عند صـــياغته لنموذج القواعد التحويلية (Transformational Grammar)[٧]

١-نموذج القواعد النحوية المحدودة(Finite State Grammar) :

يســـتند هذا النموذج إلى مبدأ رياضـــي له علاقة وطيدة بنظرية التواصـــل، يُعرف بالعمليات ذات الحالات المتناهية لآندريه ماركوف (Andrei Markov)، ومن خلاله يتم قياس درجة احتمال ورود هذا الرمز أو ذاك انطلاقًا من الحالة الأولية ووصـــولاً إلى الحالة النهائية؛ مما يســمح بتوليد الجمل عبر ســلســلة خطية تبدأ من اليســار إلى اليمين، ويتحدد عنصرها اللاحق على أساس اختيار العنصر السابق له مباشرة [٨].

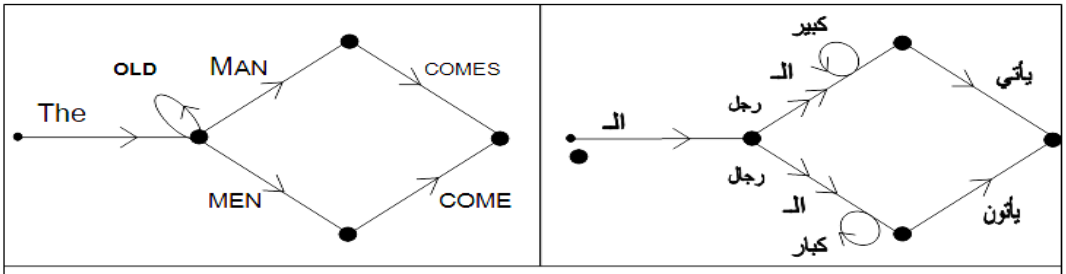
ويصف نعوم تشومسكي هذا النموذج بقوله: " لنفرض أن عندنا جهازًا يمكن أن يكون في أي حالة من عدد محدود من الحالات الداخلية المختلفة. ولنفرض أن هذا الجهاز يتحول من حالة إلى أخرى عن طريق توليد رمز من الرموز .. فإحدى هذه الحالات هي الحالة الأولى، لنقل أن الجهاز يبدأ في الحالة الأولى ثم يســـير في متوالية من الحالات (ينتج كلمة كلما انتقل من حالة إلى أخرى) حتى ينتهي في الحالة الأخيرة، فمتوالية الكلمات الناتجة نســـميها بالجملة، وكل جهاز من هذه الأجهزة يحدد لغة من اللغات، أي مجموعة من الجمل التي يمكن أن تولد بهذه الطريقة، وكل لغة يمكن أن تولد بجهاز من هذا النوع نســـميها باللغة ذات الحالة المحدودة، ويمكن تسمية الجهاز نفسه بنظام القواعد ذي الحالة المحدودة "[٩] .

وأوضح تشومسكي أن رسم حالات نظام القواعد الذي ينتج جملتين نحو: The man comes (الرجل يأتي)، The men come (الرجال يأتون) يمكن أن يكون كالآتي (شكل ١-١):



شكل (١-١) نظام القواعد المنتج لجملتين

ويتم توسيع تلك القواعد بغرض توليد عدد غير متناهٍ من الجمل بإضافة حلقات مغلقة إليه، فعلى سبيل المثال إذا أضيف النعت (الكبير) إلى كلمة (الرجل) في الجملتين السابقتين، فسيكون التعبير كالآتي(شكل ١-٢):



شكل (١-٢) نظام القواعد المنتج لعدد غير متناهٍ من الجمل

وهكذا فإن هذا النموذج يُعد أبسط الأنظمة التي تستطيع توليد عدد غير متناهٍ من الجمل باستخدام وسائل محدودة، وهو كما يراه تشومسكي غير صالح لدراسة البنيات اللغوية؛ لأنه ينتج عددًا من الجمل التي لا يقبلها حدس أبناء اللغة، بالإضافة إلى القصور الذي ينتابه عند تحليل كل التراكيب اللغوية؛ سواء في اللغة الإنكليزية أم في غيرها من اللغات الطبيعية، فلا يُعطي رؤية كاملة لبعض المسائل الأساسية للبنية النحوية(١٠).

٢-نموذج بنية العبارة (Phrase Structure Grammar):

يرى تشومسكي أن هذا النموذج أكثر قدرة على وصف بنية العبارة وتوليد الجمل من نموذج القواعد النحوية المحدودة؛ حيث يُقدم تحليلًا دقيقاً لنظام قواعد الجملة، يعتمد على ما يسمى عند البلومفيلديين بالتحليل إلى المكونات المباشرة، فللوصول إلى البنية السطحية للجملة يتم تمثيلها في بناء ترتيبي وتقسيمها إلى

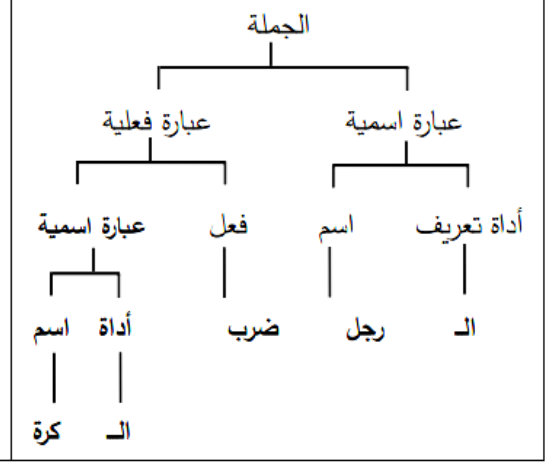
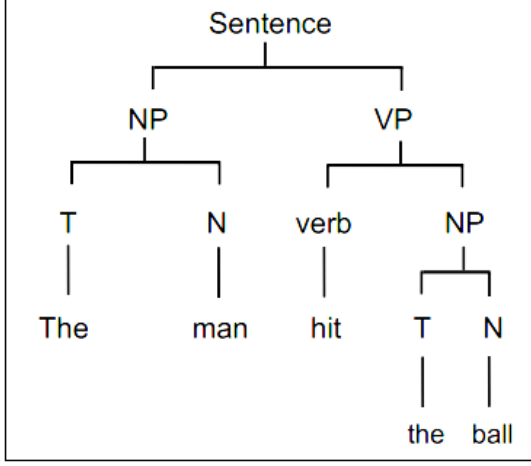
عناصرها الأساسية وتحديد الوظيفة النحوية لكل عنصر وتصنيفه في فئات محددة وفقًا لقواعد صورية معينة [١١]. ويبين تشومسكي[١٢] شكل أنظمة قواعد تركيب الجملة وفقًا لهذا النموذج كالآتي :

أنظمة اللغات التي تُقرأ من اليمين إلى اليسار (كالعربية)		أنظمة اللغات التي تُقرأ من اليسار إلى اليمين (كالإنكليزية)	
الجملة	عبارة اسمية + عبارة فعلية	Sentence	NP + VP
العبارة الاسمية	أداة + اسم	NP	T + N
العبارة الفعلية	فعل + عبارة اسمية	VP	Verb + NP
أداة	الـ	T	The
اسم	(كرجل، كرة ..الخ)	N	(man,ball ..etc)
فعل	(كضرب، أخذ ..الخ)	V	(hit,took ..etc)

ومن هنا فإن تحليل جملة (الرجل ضرب الكرة The man hit the ball) ينطلق من مبدأ إعادة الكتابة باستبدال المكون المباشر بكل عنصر من العناصر للوصول إلى البنية السطحية لهذه الجملة[١٣]، وذلك بتطبيق الخطوات التي ذكرها تشومسكي[١٤] وهي:

الجملة في اللغات التي تُكتب من اليمين إلى اليسار (كالعربية) ..... الجملة		الجملة في اللغات التي تُكتب من اليمين إلى اليسار (كالإنكليزية) ..... Sentence	
عبارة اسمية + عبارة فعلية	١	NP + VP	1
أداة + اسم + عبارة فعلية	٢	T + N + VP	2
أداة + اسم + فعل + عبارة اسمية	٣	T + N + verb + NP	3
الـ + اسم + فعل + عبارة اسمية	٤	The + N + verb + NP	4
الـ + رجل + فعل + عبارة اسمية	٥	The + man + verb + NP	5
الـ + رجل + ضرب + عبارة اسمية	٦	The + man + hit + NP	6
الـ + رجل + ضرب + أداة + اسم	٢	The + man + hit + T + N	2
الـ + رجل + ضرب + الـ + اسم	٤	The + man + hit + the + N	4
الـ + رجل + ضرب + الـ + كرة	٥	The + man + hit + the + ball	5

Activate Window

التمثيل الشجري للجملة	Tree diagram
	

وهكذا فإن تلك الرؤية ذات توصيف بنيوي، وتُعد إحدى الطرق التي تُقدم تمثيلاً تخطيطيًا للشبكة العلائقية المتحكمة في بنية الجملة من خلال تصنيف العناصر وتحديد العلاقات[١٥]. وعلى سبيل المثال يمكن تحليل جملة (يضرب الرجل الكرة) بطرق متعددة تتبنى تلك الرؤية[١٦]، منها:

٢-١- ***معادلات هاريس*** (Harris Equations) :

- ج ⟵ ف + مركب اسمي + (مركب اسمي)
- ف ⟵ ضرب
- م س ⟵ معرف + اسم
- معرف ⟵ الـ
- اسم ⟵ رجل/كرة

٢-٢- أقواس ويلس (Wells parenthesis's) :

- (يضرب الرجل الكرة)
- ((يضرب) (الرجل الكرة))
- (((ي) (ضرب) (الرجل الكرة)))
- (((ي) (ضرب))) (الرجل) الكرة)))
- (((ي) (ضرب))) ((الرجل)) (الكرة))))
- (((ي) (ضرب))) (((الـ (رجل))) (الكرة))))
- (((ي) (ضرب))) (((الـ (رجل))) ((الـ ((كرة)))))

٢-٣- خانات هوكيت (Hockett boxes) :

٦	سابقة	فعل	محدد	اسم	محدد	اسم
٥	يـــ	ضرب	الـ	رجل	الـ	كرة
٤	يـــ	ضرب	الـ	رجل	الكرة	
٣	يـــ	ضرب	الرجل		الكرة	
٢	يضرب		الرجل		الكرة	
١	يضرب		الرجل		الكرة	

وقد ذهب تشومسكي إلى أنَّ نموذج بنية العبارة وإن كان أكثر صلاحية من نموذج القواعد النحوية المحدودة في وصف أجزاء كثيرة من اللغة إلا أنه لا يصلح لتحليل كل اللغات الطبيعية ووصفها، يقول تشومسكي: " لقد ناقشنا نموذجين لبنية اللغة، نموذجًا نظريًا للاتصال، يعتمد على فكرة أن اللغة تشبه عملية ماركوف .. ونموذج بنية العبارة الذي يعتمد على التحليل إلى المكونات المباشرة، وقد وجدنا أن النموذج الأول غير صالح لأغراض نظام القواعد وأن الثاني أكثر قدرة من الأول، ولا يعاني من عيوب النموذج الأول، مما لاشك فيه أن ثمة لغات لا يمكن أن نصفها باستخدام بنية العبارة "[١٧].

ويرجع القصور في نموذج بنية العبارة إلى عدم قدرته على استيعاب كل الظواهر اللغوية، فلا يستطيع توليد كل التراكيب اللغوية، بل ويقف عاجزًا عند تحليل بعض الجمل التي تتعدد معانيها[١٨].

٣- نموذج القواعد التحويلية (Transformational Grammar) :

يُعد نموذج القواعد التحويلية هو اللبنة الأولى في بناء النظرية التوليدية التحويلية التي أحدثت نقلة مفهومية في الدرس اللساني بما قدمته من طرق وأدوات وقواعد لتحليل قدرة الإنسان على توليد الجمل وفهمها، وقد تجاوز تأثير تلك النظرية العلوم اللغوية إلى رحاب العلوم الإنسانية والتطبيقية الأخرى؛ كعلم النفس والاجتماع والأسلوب والأنثروبولوجيا وأمراض الكلام والترجمة الآلية وعلوم الاتصال(١٩) .

وحاول تشومسكي بهذا النموذج تدارك النقص في نموذجي (القواعد النحوية المحدودة) و(بنية العبارة)، فجمع بين بنية العبارة وتحولات القواعد لتقديم وصف ميسر لبعض التراكيب اللغوية وتبرير أنظمة قواعدها(٢٠).

ووفقا لرؤية تشومسكي؛ تأتي أهمية القواعد التحويلية من كونها تعكس حدس أبناء اللغة بالمقارنة بغيرها من القواعد، فتبرز المعنى وتولي له اهتمامًا ملحوظًا، كما تتميز بقدرتها على توليد عدد غير محدود من الجمل وفك اللبس التركيبي بصورة أفضل من القواعد السابقة(٢١) .

وللوصول بهذا النموذج للكفاءة الملاحظية([i])؛ يجب أن يكون له القدرة على حساب العلاقات المنتظمة بين الجمل المختلفة في صيغتها التي تبدو عليها، وذلك يتطلب إضافة قوانين مساعدة تعمل على بنية الجملة التركيبية فتغير فيها، وتحولها إلى بنيات تركيبية مختلفة، أو بمنظور آخر؛ يتطلب تحليل البنية العميقة إلى بنيات سطحية تُستعمل في الكلام، وقد قدم تشومسكي بنية المساعد الفعلي في اللغة الإنكليزية ليؤكد على أهمية تلك القوانين، وعلى أن هناك ضرورة

[i]) يُقصد بالكفاءة الملاحظية : قدرة نظام قواعد ما على وصف جمل اللغة وحسابها بصورة معينة

لتوليد مكونات إضافية كالزمن والاستمرار والتمام[٢٢].وتتضح قواعد تركيب الجملة وفقًا لرؤية تشومسكي [٢٣] كالآتي:

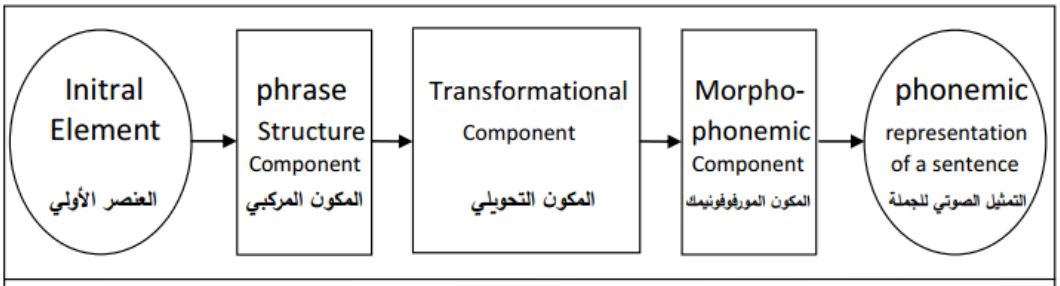
N	نظام الجملة في اللغات التي تُقرأ من اليسار إلى اليمين (كالإنكليزية)	نظام الجملة في اللغات التي تُقرأ من اليمين إلى اليسار (كالعربية)	م
1	S ⟶ NP + VP	الجملة ⟵ مركب اسمي+مركب فعلي	١
2	NP ⟶ NP sing / NP pl	المركب الاسمي ⟵ مفرد / مثنى / جمع	٢
3	NP sing ⟶ T + N	المركب الاسمي المفرد ⟵ أداة + اسم	٣
4	NP pl ⟶ T + N + S	المركب الاسمي المثنى ⟵ أداة + اسم +علامة التثنية المركب الاسمي الجمع ⟵ أداة + اسم +علامة الجمع	٤
5	VP ⟶ Verb + NP	المركب الفعلي ⟵ فعل + مركب اسمي	٥
6	T ⟶ The	الأداة ⟵ الـ	٦
7	N ⟶ (man,ball ..etc)	الاسم ⟵ (رجل، كرة .. الخ)	٧
8	Verb ⟶ Aux + V	الفعل ⟵ فعل مساعد + فعل	٨
9	V ⟶ (hit,read ..etc)	ف ⟵ (ضرب، قرأ .. الخ)	٩
10	Aux → Tense (M)(have+en)(be+ing)(be+en)	الفعل المساعد ⟵ الزمن+المساعد الصيغي	١٠
11	Tense → present { -S in the context NP sing / O in the context NP pl } / Past	الزمن ⟵ الحاضر / الماضي	١١
12	M → { will, can, may, shall, must}	المساعد الصيغي ⟵ { س، سوف، قد، يجب}	١٢
12A	Let AF stand for any affixes past, S, O, en, ing Let V stand for any M or V or have or be Then AF + V ⟶ V + AF	هب أن "ز" ترمز إلى زوائد المضارع والتأنيث والمثنى والجمع، و"ف" ترمز إلى الفعل والمساعد الصيغي وأفعال الملكية والكينونة ومن ثمّ فإنّ ز + ف ⟵ ف + ز	١٢أ
12B	Replace + by # except in the context V . AF Insert # initially and finally.	استبدال + ب # . أدخل # في أول الجملة وآخرها	١٢ب

وبالنظر إلى تلك القواعد وطريقتها في توليد الجمل وفقًا لمنظور النحو التحويلي يُلاحظ أنها تأخذ من البنية العميقة للجملة المتمثلة في العنصر الأولي المكون من مجموعة القواعد

المجردة والوحدات المعجمية منطلقًا للوصول إلى البنية السطحية المتمثلة في الصورة الصوتية المنطوقة.

ويُقدم جون ليونز (John Lyons)[٢٤]

تخطيطًا رسوميًا يوضح طريقة عمل تلك القواعد كما طرحها تشومسكي(شكل ١-٣):



شكل (١-٣) طريقة عمل القواعد

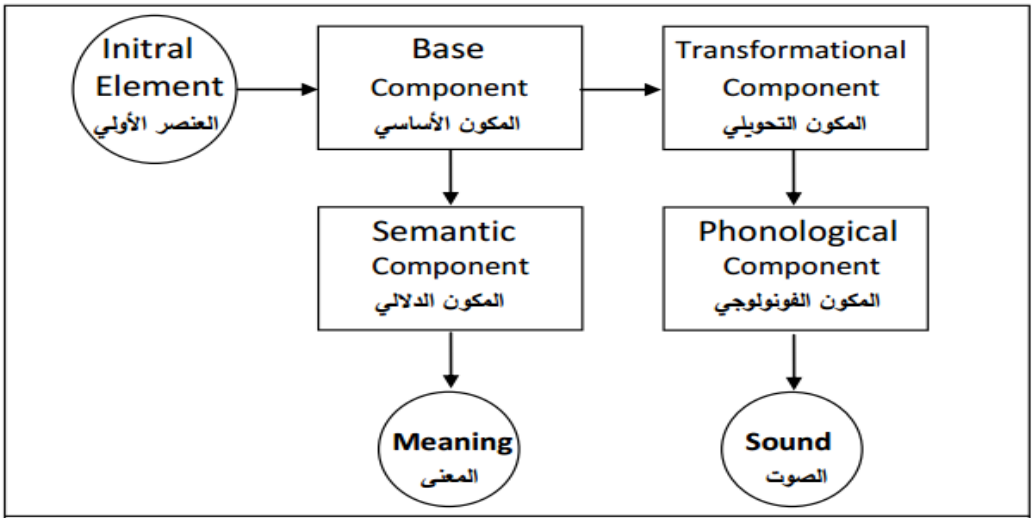
ومن هنا فإن المسار التحويلي للجملة كما أراده تشومسكي يبدأ من **العناصر الأولية** التي تكوِّن مجموعة السلاسل التحتية من خلال تطبيق أنظمة **قواعد تركيب الجملة** وفقًا لنموذج بنية العبارة، ومن ثمَّ يأتي دور **القواعد_التحويلية** سواء كانت قواعد إجبارية (Obligatory) أم قواعد اختيارية (Optional)؛ لتوضيح العلاقات القائمة بين الجمل المُنْتَجة التي تنطلق من بنية واحدة متماسكة.

وتقوم القواعد التحويلية بهذا الدور عن طريق السلاسل التحتية الفردية أو الزوجية التي تتمخض عنها، وباستبدال مكوناتها أو تغييرها يتم توليد كل الجمل وتمثيلها في صورة سلاسل من الكلمات والمورفيمات، ثم يأتي دور **المكون المورفوفونيمك** لتحويل كل سلسلة مكونة من كلمات ومورفيمات إلى سلسلة مكونة من فونيمات أو بمعنى آخر تحويل الجمل من صورتها التركيبية إلى صورتها الفنولوجية، ليتبيّن أخيرا **التمثيل الصوتي** للبنية السطحية في صورتها المنطوقة[٢٥].

ومنذ أن طُرح النموذج التحويلي وهو يشغل حيزًا كبيرًا من اهتمام الباحثين؛ لما يقدمه من طرق تحليل غير تقليدية تناسب واقع اللغة وطبيعتها؛ لذلك لم يمر وقت طويل حتى قدم تشومسكي في كتابه مظاهر النظرية النحوية (Aspects of the Theory of Syntax) عام ١٩٦٥م ثاني مراحل تطور النظرية التوليدية التحويلية والتي أُطلق عليها مرحلة النظرية النموذجية لاتساع قواعدها التحويلية بصورة أكثر من النموذج الذي طرحه عام ١٩٥٧م في كتابه البنى النحوية (Syntactic structures) [٢٦].

وقد اهتمت النظرية الأولى لتشومسكي بالتحليل النحوي، الذي كان له الأولوية في التناول قبل المعنى أو الدلالة؛ لذلك لم تكن لاعتبارات المعنى أو الدلالة علاقة مباشرة بالتركيب النحوي، أما النظرية النموذجية فقد اهتمت بالمعنى وأخضعته لمراحل التحليل النحوي، وأدرجت الدلالة كجزء أساسي في هذا التحليل ومنطلقًا لتوليد الجمل وتمثيلها عبر الصوت المنطوق[٢٧].

ولعل الأمر يتضح بجلاء من خلال الرسم التخطيطي الذي قدمه جون ليونز لبيان مراحل النظرية النموذجية[٢٨]، وهو كالآتي(شكل ١-٤):



شكل (١-٤) مراحل النظرية النموذجية

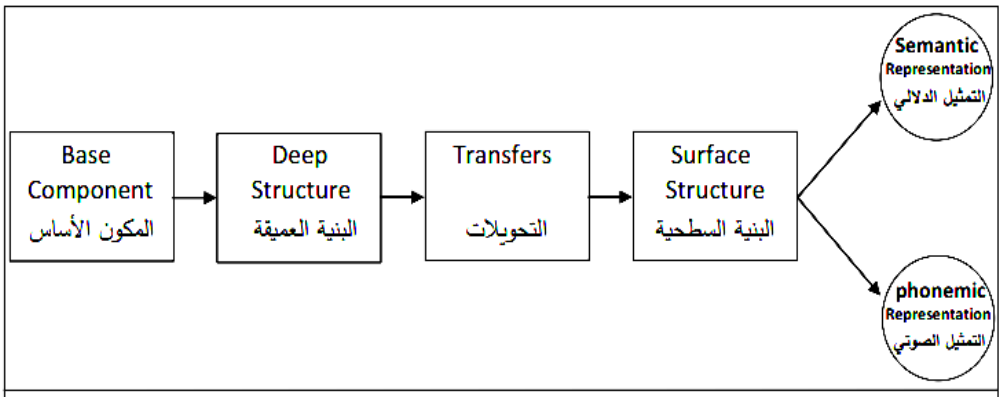
وكما يتضح من هذا المخطط؛ فإن مسار النظرية النموذجية يمر عبر أربعة مكونات رئيسة تبدأ بالمكون الأساسي، والغرض منه الحصول على البنية العميقة للجملة من خلال المكون المركبي للنظرية الأولى الذي يضم مجموعة من قواعد إعادة الكتابة لتوليد بنيات تركيبية غير محدودة، كما يضم وحدات معجمية ذات سلسلة من السمات المميزة، ثم يقوم المكون التحويلي بتحويل البنية العميقة إلى بنية سطحية باستخدام قواعد تحويلية معينة.

أما المكون الدلالي فهو العنصر المستحدث في هذه النظرية، ويتلخص دوره في اشتقاق معنى كل جملة من بنيتها العميقة باستخدام قواعد التفسير الدلالي، وانطلاقًا من البنية السطحية يقوم المكون الفونولوجي باشتقاق التفسير الصوتي للجمل باستخدام مجموعة من القواعد الفونولوجية[٢٩] .

ومن هنا فقد رأى بعض الباحثين أن النظرية النموذجية بتلك الصورة استطاعت التمييز بين الكفاءة المتمثلة في المعرفة اللغوية في ذهن المتكلم والأداء المتمثل في الاستعمال الفعلي للغة في المواقف الحقيقية، كما ميزت النظرية بين البنية العميقة المتمثلة في النظام الذي يعكس صور الفكر عند المتكلم والبنية السطحية المتمثلة في النظام اللغوي الذي يتلقاه المستمع مكتوبًا أو منطوقًا، كما يُحسب للنظرية استحداث المكون الدلالي لبيان التفسيرات الدلالية للبنيات التركيبية وإدراج المعجم لإعطاء كل كلمة معنى مبدئيا عن طريق العلامات الفارقة سواء كانت صوتية أم تركيبية أو دلالية[٣٠].

ومع ذلك فقد واجهت النظرية النموذجية عند التطبيق عثرات لغوية متعددة، مما أدى إلى توجيه انتقادات كثيرة لها بسبب مشاكل دلالية، تحصر التأويل وتقيده في البنية العميقة دون النظر بعناية إلى النحو؛ لذلك لم تستطع تلك النظرية توليد كل الجمل بالصورة المطلوبة والمأمولة منها، ومن هنا قدم تشومسكي وغيره من الباحثين في بداية السبعينات من القرن الماضي تصورات ومقاربات متعددة لسد جوانب النقص فيها.

ولم يعد التأويل الدلالي ينحصر في البنية العميقة فحسب؛ بل امتد ليشمل بعضًا من سمات البنية السطحية، وتم تقليص عدد التحولات على صعيد النحو، وقد سُميت تلك التصورات والمقاربات بالنظرية النموذجية الموسعة (The Extended Standard Theory)[٣١] والمخطط الآتي يوضح مراحلها المختلفة (شكل ١-٥):



شكل (١-٥) مراحل النظرية النموذجية الموسعة

وهكذا فإن النظرية النموذجية الموسعة قد اهتمت بالدلالة وقدمتها على القواعد التحويلية لإبرازها وتبنت فرضيتين هما[٣٢] :

- الفرضية المعجمية التي تقوم على أساس المعاني الأصلية للمفردات وما يشتق منها.
- الفرضية التفسيرية التي تقوم على أساس رؤية المتكلم.

ولم يقف تشومسكي عند هذا الحد؛ بل ظل يطور نظريته التوليدية التحويلية من خلال المنهج النحوي الدلالي وأخذه بآراء جاكندوف (Jackendoff) وجروبر(Gruber) حتى عام ١٩٧٦م، ثم من خلال المنهج الدلالي التصنيفي وأخذه بآراء كوك (Cook) عام ١٩٧٩م لتصنيف دلالات الكلمات على أساس ما يميزها من حركة أو سكون أو شعور وغير ذلك[٣٣].

وفي عام ١٩٨١م ومع تطور الوسائل التقنية والرمزية قدم تشومسكي مجموعة من الفرضيات ذات الأثر الواضح في حل كثير من مشكلات النماذج السابقة من خلال تبني نظرية الربط العاملي_(Binding Theory)[٣٤] التي تقوم على الفرضيات النظرية الآتية[٣٥]:

- فرضية السينات: وتهتم بدراسة المكونات المعجمية للجملة من حيث عددها وترتيبها وعلاقاتها المختلفة للوصول إلى بنيات سطحية متعددة .
- فرضية الأدوار المحورية: ويتمثل دورها في تحديد المواقع ذات الدلالة المحورية في الجملة سواء كانت الجملة اسمية أم فعلية .
- فرضية الحالة: وتقوم بتتبع التغيرات واستقرائها واستخلاص قواعد تحول المركبات إلى مصادر مؤولة .
- فرضية الربط: ويتمثل دورها في دراسة أنماط الإحالة (Amapnorie) والعود الضميري(Promoniral) .
- فرضية العامل: وتهتم بدراسة عوامل التحكم في بناء التراكيب اللغوية.

وقد مهدت النقاشات التي أثيرت حول نظرية الربط العاملي الطريق لظهور ما يسمى بالبرنامج الأدْنَوِي (The Minimalist Programme) في مطلع التسعينات من القرن الماضي، فحاول تشومسكي من خلال هذا البرنامج تبسيط الظواهر اللغوية وتفسيرها عن طريق منظومة تربط بين الصوت والمعنى باستخدام استنتاجات صورية تعتمد على عدد محدود من القواعد والكليات المستخدمة في عمليات الاشتقاق والتمثيلات[٣٦].

وينطلق هذا التصور من كون اللغة مجموعة كبيرة من النظائر الصغرى المتقابلة التي تستدعي بعضها بصورة إلزامية، فالصوت اللغوي المنطوق أو المكتوب هو أحد بعدي اللغة

والبعد الآخر هو بعد منطقي يتمثل في المفاهيم والأداءات القصدية التي تتحقق من خلال تراكيب الجمل وما يطرأ عليها من تغيير[٣٧].

- **ثانيًا : اللسانيات الحاسوبية وتطورها:**

منذ ظهور الحاسوب الرقمي(ENIAC Electronic Numerical Integrator AndComputer) في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٤٦م والعلماء يَحْدُوهم الأمل في الوصول إلى نماذج حاسوبية تحاكي الذكاء الإنساني بأبعاده المتعددة، حتى تمكن العالم الأمريكي جون ماكارثي (John Mc Carthy) عام ١٩٥٦م من أن يصوغ مصطلح الذكاء الاصطناعي (Artificial intelligence)، وأطلقه على علم صناعة الآلات الذكية وهندستها، ثم ظهرت تقنيات متعددة لهذا العلم، تسعى إلى محاكاة العقل البشري عبر كيانات ذكية، تقوم بأداء مهام معينة كالاستنتاج والتعلم والإدراك.

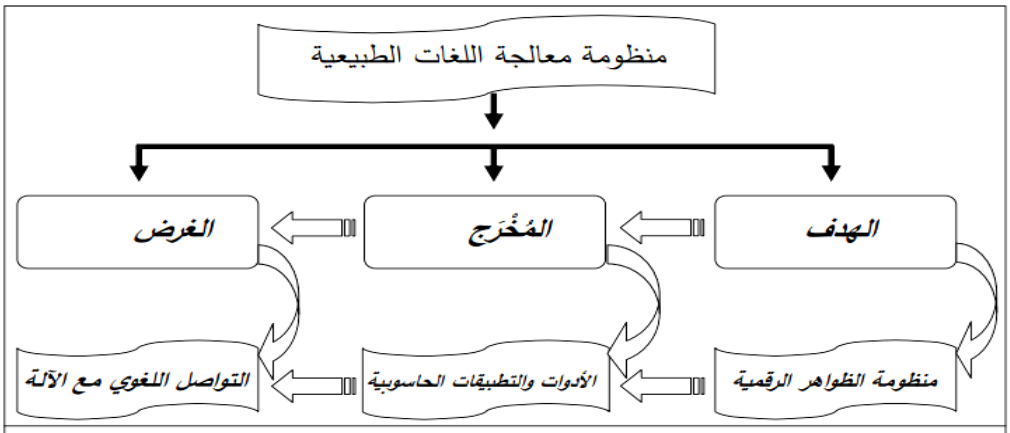
ومن أبرز هذه النماذج نموذج حل المشكلات (Solver General Problem) لهربرت سيمون وآلان نويل (Herbert Simon & Alan Newell)، ونموذج (Geometry Theorem Solver) لتأكيد صحة بعض النظريات الرياضية المعقدة لهربرت جيلرنتر(Herbert Gelernter)، وهناك نماذج أخرى قدمها باحثون كُثر تتعلق بالشبكات العصبية (Neural networks) وصناعة الروبوتات (Robots)[٣٨] وغيرها.

وعبر العقود الماضية تعددت مجالات الذكاء الاصطناعي، وتطورت بفضل الاعتماد على التفسيرات الفلسفية لعمليات التفكير الإنساني وما قدمه علم المنطق من طرق لرفع الغموض عن تلك التفسيرات عبر وضع أسس وقوانين لنماذج استدلال تطبيقية تُمثل المعرفة وطرق التفكير[٣٩].

ولما كانت اللغة الطبيعية هي أبرز ركائز منظومة التفكير الإنساني، وبها يُنقل كل ما في الذهن من خواطر ومشاعر ومعانٍ إلى الآخرين من أفراد الجماعة اللغوية، كما عبر عن ذلك ابن جني بقوله: "حد اللغة أصوات يعبر بها كل قوم عن أغراضهم"(٤٠)؛ فقد أفْرَدَ الباحثون لمعالجتها آليًا مجالاً خاصًا في علم الذكاء الاصطناعي، أطلقوا عليه معالجة اللغات الطبيعية(Natural Language Processing)،أو اللسانيات الحاسوبية(Computational Linguistics)، وحددوا الهدف منه بأنه يسعى إلى إنتاج تطبيقات ذكية تحاكي العقل البشري – قدر المُستطاع – من حيث فهم اللغة البشرية وتوليدها(٤١).

غير أن هذه الرؤية – من وجهة نظري– رؤية جزئية غير مكتملة الأبعاد فلا يعول عليها؛ لأن إنتاج تلك التطبيقات الحاسوبية لا يُعد سوى مُخْرَج معين، تمخض عن هدف عام، يسمح بدراسة اللغة من منظور حسابي لتحقيق التواصل بين الإنسان والآلة باستخدام لغة الإنسان نفسه.

ومن ثمَّ فإن معالجة اللغات الطبيعية تُوصف من خلال منظومة ذات ثلاثة أركان، تبدأ بالهدف، ثم المُخْرَج، ثم الغرض المراد تحقيقه، ويمكن توضيح ذلك بالمخطط الآتي (شكل ٢-١):



شكل (١٠٢) منظومة معالجة اللغات الطبيعية

ومن هنا فإن إعمال الفكر الرياضي في اللغات الطبيعية عبر تحويل ظواهر اللغة وقضاياها إلى منظومات رقمية يُعد الخطوة الأولى في الاتجاه الصحيح نحو بناء مُخْرَجات آلية، تتمثل في تلك الأدوات والتطبيقات الحاسوبية التي يتحقق من خلالها الغرض الذي يسعى إليه الجميع، وهو التواصل مع الآلة عبر اللغة البشرية.

- وانطلاقًا من معرفة طبيعة أنظمة الحواسيب الآلية والوقوف على طريقة عملها؛ يتحدد مسار المعالجة الآلية للغات الطبيعية ومراحل تطورها، فلغويو الغرب وباحثوه وفي مقدمتهم تشومسكي قدموا نماذج منطقية متعددة لفهم اللغات الطبيعية وتفسير ظواهرها المختلفة، ولكن تأخر تنفيذها حاسوبيًا ولم تُجن ثمارها إلا على مراحل؛ لأنها كانت تتطلب قدرات ومواصفات تقنية خاصة لم تتحقق في الحواسيب الإلكترونية دفعة واحدة، بل جاءت عبر خمسة أجيال من التطور التكنولوجي(٤٢).

- **الجيل الأول:** ظهر في منتصف الأربعينيات من القرن الماضي وأُسْتُعمل في تصميمه الصمامات المفرغة (Vacuum Tubes) [i] مما أدى إلى كبر حجمه وثقل وزنه

[i]) الصمامات المفرغة : عبارة عن أنابيب زجاجية مفرغة الهواء تحتوي على عدد من الأقطاب المعدنية التي

وبُطْء سرعته بالإضافة إلى استهلاكه الكبير للكهرباء وتوليده للحرارة العالية، ومن أشهر حاسبات هذا الجيل الحاسب إيناك (ENIAC) والحاسب إدفاك (EDVAC) والحاسب يونيفاك (UNIVAC) والحاسب أي بي أم٧٠١ (IBM701)، وينصب عمل أجهزة هذا الجيل علـى القدرة الحسابية في معظم الأحيان وتعتمد في برمجياتها على لغة الآلة (Machine Language)[i] ، ووسيلة التخزين فيها هي الأسطوانات الممغنطة (Magnetic drums)[i]، أما وسيلة الإدخال فهي البطاقات المثقبة أو الأشرطة المثقبة (Perforated / Punched cards)[i] والتي كانت تُستعمل في الوقت نفسه وسيلة إخراج .

- **الجيل الثاني:** ظهرت إرهاصاته في نهاية الخمسينيات من القرن الماضي بعد اكتشاف الترانزستور (Transistor)[i] وإدخاله في صناعة الحواسيب الآلية بديلاً عن الصمامات المفرغة مما جعل حاسبات هذا الجيل أقل حجمًا واستهلاكًا للطاقة وأكثر سرعة وتخزينًا للبيانات من حاسبات الجيل الأول، ومن أشهر حاسبات هذا الجيل الحاسب (CDC1604) والحاسب (UNIVAC1107) والحاسب (BorroughS-B5500) والحاسب (IBM 1401 & IBM7090)، وتتميز هـذه الحاسـبات باسـتعمال ذاكـرة القلب الممغنط (Magnetic Core)[ii] مما جعلها ذات كفـاءة عالية وقدرة تخزينية كبيرة، كما تميزت تلك الحاسبات باسـتعمال لغات

تُصدر تيار إلكترونيات داخلها.. انظر الحواسيب الإلكترونية : ٥٥ .

[i]) الترانزستور : قطعة صغيرة لا يتجاوز حجمها ربع البوصة مصنوعة من أشباه النواقل كالسيلكون المخلوط ببعض الشوائب، وتتحكم في تنظيم السريان السريع للنبضات الكهربائية (البتات) داخل الحاسوب .. انظر المعجم الشارح لمصطلحات الكمبيوتر : (Transistor) : ٣٨٠، انظر الحواسيب الإلكترونية: ٥٥، ٥٦

[ii]) القلب الممغنط : حلقة صغيرة من مادة قابلة للمغنطة تُستخدم في التركيب الرئيس لوحدات التخزين كما تُساعد في استعمال النظام العددي للحاسب الآلي ... انظر المعجم الشارح لمصطلحات الكمبيوتر : (Magnetic Core) : ٢٤١ .

برمجية عالية المستوى كـ(COBOL , Fortran)، ويتم إدخال البيانات إليها باستخدام الأشرطة المثقبة (Punched card)، أما الطابعات(Printer) فهي وسيلة الإخراج .

الجيل الثالث: أُستعملتْ في صناعة حواسيب هذا الجيل الدارات المتكاملة (Integrated circuits)[i] وذلك في منتصف عقد الستينيات من القرن الماضي لتُحدث نقلة تكنولـــوجية مهمة حينئذٍ، حيث زادتْ تلك الدوائر قــدرات الحــواسيب الآلية مــن حيث المعالجة والتخزين والسرعة لمستويات أعلـــى بكثير من حواسيب الجيلين السابقين، كما

- تميزت تلك الحواســيب بصغر حجمها وقلـة استهلاكها للكهرباء وزيادة كفاءة وحدات الإدخال والإخراج واستحداث أنظمة تشغيل (operating systems)، ومن أشهر حواسيب هذا الجيل الحاسب (IBM 360) والحاسب (CDC 6600) والحاسب (Sigm-5 Mainframe) والحاسب (Honeywell 200).

- **الجيل الرابع** : بدأت حواسيب هذا الجيل في الظهور مع بداية عقد السبعينيات من القرن الماضي حيث تم استخدام المعالجات الدقيقة(microprocessor) والدارات المتكاملة الكبيرة(Large scale integration)[ii] والأكبر نطاقًا(Very Large scale integration)[iii]

---

[i]) الدارات المتكاملة : هي دوائر مركبة من ترانزستورات وعناصر معينة مرتبطة ببعضها بصورة متكاملة ومتسلسلة بنظام معين على رقاقة من السيليكون أو الجرمانيوم لتقوم بأداء مهام ووظائف محددة .. انظر المعجم الموسوعي في الكمبيوتر والإلكترونيات: (Integrated circuits) : ١٦٠، ومعجم الحاسبات : (Integrated circuits) : ١٠١، ١٠٢ .

[ii]).الدارات المتكاملة الكبيرة : تُعرف اختصارًا بـ(LSI) وتحتوي على عدد من العناصر (البوابات) يصل ما بين مائة عنصر إلى عشرة آلاف عنصر .

[iii]) الدارات المتكاملة الأكبر نطاقًا : تُعرف اختصارًا بـ(VLSI) وتحتوي على أكثر من عشرة آلاف عنصر (بوابة)

في صناعة هذه الحواسيب مما جعلها أكثر سرعة وكفاءة وأقل حجمًا وتكلفة عن الحواسيب السابقة، ومن أبرز حواسيب هذا الجيل الحاسب (IBM PC) والحاسب (PDP11) والحاسب (Altair 8800) والحاسب (Macintosh) والحاسب (Apple II) والحاسب (Cray X-MP)، وتتميز تلك الحواسيب باستخدام الذاكرة ذات الوصول العشوائي (Random Access Memory)[i] وذاكرة القراءة (Read - Only Memory)[ii] والقرص الصلب (Hard Disk) والقرص المرن (Floppy Disk) لتخزين البيانات، كما تم تقديم مفهـوم الإنترنت والشبكات وتطـوير أنظمة تشغيل ذات وقـت حقيقي (Real Time System) واستحداث وحدات إدخال وإخراج متعددة .

- **الجيل الخامس:** ظهرت حواسيب هذا الجيل في بداية التسعينيات من القرن الماضي ومازالت قيد التطوير حتى اليوم، وتميزت باستخدام الدارات المتكاملة فوق الكبيرة (Ultra Large Scale Integration)[iii] ، وأصبحت المعالجات الدقيقة لتلك الحواسيب متعددة، تضم ملايين المكونات الإلكترونية في كل رقاقة (Chip)؛ مما جعلها ذات سرعة كبيرة وكفاءة فـــي المعالجة والتخزين غير مسبوقة، بالإضافة إلى صغر الحجم وقلة التكلفة.

---

[i]) ذاكرة الوصول العشوائي : تُعرف اختصارًا بـ(RAM) وتُستخدم لقراءة البيانات وكتابتها، ويتم حذف محتوياتها المخزنة عند انقطاع التيار الكهربائي عنها ... انظر المعجم الشارح لمصطلحات الكمبيوتر : (RAM) : ٣٢٤ .

[ii]) ذاكرة القراءة : تُعرف اختصارًا بـ(ROM) وتُستخدم لقراءة البيانات فقط، وتشمل بيانات لا يمكن حذفها كبيانات نظام التشغيل والأجهزة المتصلة بالحاسب . . انظر المعجم الشارح لمصطلحات الكمبيوتر : (ROM) : ٣٤٠ .

[iii]) الدارات المتكاملة فوق الكبيرة : تُعرف اختصارًا بـ (ULSI) وتحتوي على ملايين العناصر (البوابات).

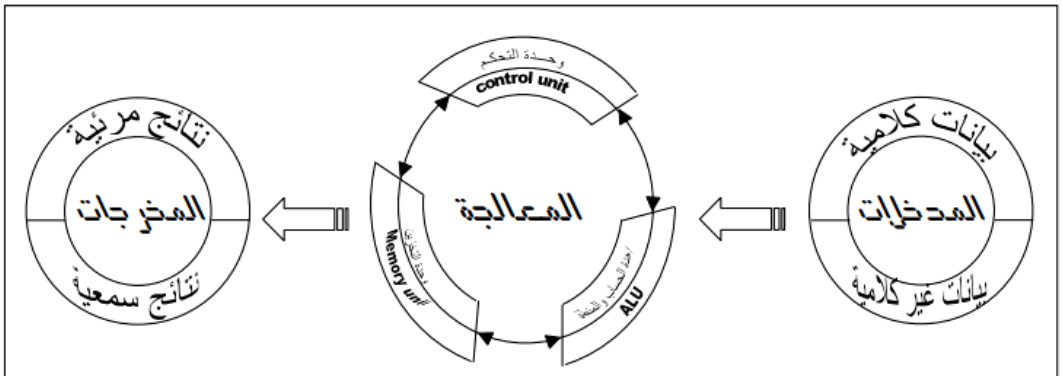
وتعتمد حواسيب هذا الجيل فـي جُل تطبيقاتها على الذكاء الاصطناعي (Artificial intelligence) لمحاكاة القدرات العقلية والحسية للإنسان، وساعدها على ذلك تطور الكثير من العتاد (Hardware) وأنظمة التشغيل (Operating systems) ولغات البرمجة عالية المستوى (High-level programming languages)، كما تطورت بطاقات الصوت (Sound cards) بصورة أسهمت فـي معالجة أصوات اللغات الطبيعية وجعلها وسـيلة للإدخال والإخراج.

وقد تعددت حـواسيب هـذا الجيل فـي الشكل، فمنها الحاسب المكتبي الثابت (Desktop computers)، والحاسب المحمول (Laptop , Note Book)، والحاسب اللوحي (Tablets)، والهواتف الذكية (Smartphones)، والأجهزة الذكية القابلة للارتداء (wearable devices) وغيرها، وهي حاسبات قادرة على التعامل بكفاءة مع الشبكات وتقنيات الاتصال وأنظمة المعلومات حتى صارت جزءًا أصيلاً وضروريًا في الواقع المعاصر، ومازالت مسيرة التحديث والتطوير في الحواسيب الآلية مستمرة لتحقيق تقارب أفضل بين الإنسان والحاسب من خلال تمثيل الأنشطة الذهنية والمهارات الحسية للإنسان في منظومة رقمية تفهمها الآلة وتستوعبها.

وهكذا فإن الحواسيب الآلية بمختلف أجيالها هي أجهزة ذات منظومة إلكترونية خاصة لتنفيذ العمليات الحسابية والمنطقية بتسلسل محدد اعتمادًا على البيانات المستقبَلة التي يتم معالجتها وتخزينها واسترجاعها وفقًا لمجموعة من الأوامر البرمجية للوصول إلى النتائج المطلوبة واستخلاص المعلومات(٤٣).

وبذلك فإن عمل الحواسيب الآلية يمر عبر ثلاث مراحل رئيسة، يوضحها المخطط الآتي(شكل ٢-٢):

وبهذه الرؤية المقترحة من واقع التجربة والتطبيق؛ يتبيَّن أنه لا انفصام بين مصطلحي معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing) واللسانيات الحاسوبية (Computational Linguistic)، كما رأى ذلك بعض الباحثين حيث فرقوا بين المصطلحين، وزعموا أن المصطلح الأول يختص في الأساس بالجانب التقني المتمثل في إنشاء الأدوات والتطبيقات الحاسوبية التي تُعالج اللغة المكتوبة أو المنطوقة، أما المصطلح الآخر فيختص بتقديم الجانب النظري لنماذج حسابية متعلقة بأنواع عديدة من الظواهر اللغوية(٤٤)



شكل (٢-٢) مراحل عمل الحواسيب الآلية

وتبدأ أولى المراحل **بالمدخلات**(٤٥)، وتتمثل في البيانات والأوامر التي يستقبلها الحاسب عن طريق أجهزة الإدخال الملحقة به (Input devices) القادرة على تحويل الرموز[i] التي يفهمها الإنسان إلى نظام رقمي، تقبله وحدة النظام والمعالجة في الحاسوب.

ويمكن تقسيم وحدات الإدخال حسب طبيعة البيانات إلى وحدات إدخال كلامية (Speech input devices) وأخرى غير كلامية (Non-Speech input devices)،

[i]) الرموز : قد تكون أصواتًا منطوقة أو مكتوبة وقد تكون إشارات أو إيماءات أو حركات أو علامات أو صور ...الخ .

فتختص وحدات الإدخال الكلامية بإدخال اللغة الطبيعية إلى الحاسوب سواء كانت في صورتها المكتوبة كما تفعل الأشرطة المثقبة (Punched card) ولوحات المفاتيح (keyboards) أم في صورتها المنطوقة كما يفعل المجهار (Microphone).

أما وحدات الإدخال غير الكلامية فتختص بإدخال الإيماءات والحركات كما تفعل أجهزة التأشير (Pointing Devices)، مثل الفأرة (Mouse) وشاشات اللمس (Touch Screen) ومتحكمات الألعاب (Game controllers) ومستشعرات الحركة (Motion-sensing devices)، كما تختص بإدخال الصور والفيديوهات مثلما يفعل الماسح الضوئي (Optical Scanner) والكاميرات الرقمية (Digital Cameras)، وكذلك تختص بإدخال الشفرات والبصمات كما يفعل القارئ البيومتري (Biometric Readers) وقارئ الشفرات (Bar Code Readers) .

أما المرحلة الثانية المتعلقة بعمل الحواسيب الآلية؛ فتتمثل في آلية وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit)، وهي بمثابة العقل للإنسان، ومن خلالها يتم المفاضلة بين حاسب وآخر في القدرة والكفاءة، وتتألف تلك الوحدة من ثلاث وحدات رئيسة هي[٤٦]:

- **وحدة التحكم**(Control unit): وهي المسئولة عن توجيه حركة الإشارات الإلكترونية وتنظيم تسلسل العمليات والتنسيق بينها، كما تفسر التعليمات البرمجية وتوجهها نحو وحدات الإدخال والإخراج في الوقت المناسب.
- **وحدة الحساب والمنطق** (Arithmetic-logic unit)**: التي** تعمل وفقًا للتعليمات المبرمجة في وحدة التحكم، وتقوم بإجراء العمليات سواء أكانت عمليات حسابية

أساسية كـــالجمع، والطرح، والضرب، والقسمة، أم عمليات منطقية كـــأصغر من، وأكبر من، ويساوي، ولا يساوي).

- **وحدة التخزين** (Memory unit): وتُعد حلقة الوصل بين مكونات الحاسب بعضــها ببعض، ويتم فيها تخزين البيانات والمعلومات والتعليمات وغير ذلك لحين اسـتدعائها مرة أخرى.

- وهناك ثلاثة أنواع من الذاكرة، يُعرف النوع الأول بذاكرة القراءة (ROM) وتُســـتخدم هذه الذاكرة للتحكم في عمليات الحاسـوب عند تشـغيله، ولا يمكن للمسـتخدم (User) استعمالها والتخزين فيها.
- ويعرف النوع الثاني بالذاكرة العشـــوائية (RAM) وتُســـتخدم لتخزين البيانات وقت تشغيل الحاسوب، وتُحذف بمجرد إغلاق الحاسـوب وفصل التيار الكهربائي عنه.
- وأما النوع الثالث من الذاكرة فيُسمى الذاكرة الوميضية (Flash Memory)، وتُستعمل لتخزين البيانات، وتجمع بين خصـــائص النوعين الســـابقين، فيمكنها تحديث البيانات وإضـــافة الجديد كالذاكرة (RAM)، وفي الوقت نفســه تحتفظ بالبيانات ولا تفقدها عند إغلاق الحاسوب كالذاكرة (ROM).

وأما المرحلة الثالثة والأخيرة في مســار عمل الحاســوب؛ فهي المخرجات، وتتمثل في المعلومات والنتائج التي تمت معالجتها وإخراجها بصـــورة يفهمها الإنســـان[٤٧]؛ ســـواء أكانت صـورة مرئية كالمتحصـل عليها من شـاشـات الحواسيب (Monitors) وأجهزة الإسقاط الرقمية (Digital projectors) والطابعات (Printers) أم كانت صـورة مسموعة كالمتحصـل عليها من مكبرات الصـــــــوت (speakers) وسماعات الرأس (headphones)، وهناك وحدات

إخراج مزدوجة الوظيفة، فتعمل وحدات إدخال كشاشات اللمس (Touch Screen) كما تعمل وحدات إخراج.

- ويتبيَّن مما سبق أن رؤية مطوري الحاسب الآلي تتمثل في جعله الأداة الأساسية والأبرز للذكاء الاصطناعي بمجالاته المتعددة، وفي مقدمتها مجال معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)؛ نظرًا لقدرته على محاكاة السلوك الذكي – قدر المستطاع – بما يمتلكه من وسائل متعددة لإدخال هذا السلوك عبر معالجات رقمية دقيقة قادرة على الوصف التفصيلي الدقيق للظواهر المختلفة[٤٨]، ومن ثمَّ استخلاص المعرفة الكامنة فيها والوصول إلى تطبيقات (Applications) تحقق تفاهمًا أفضل بين الإنسان من جانب وتلك الحواسيب من جانب آخر.
- وانطلاقًا من تلك الرؤية؛ فإن المعالجة الحاسوبية للغات الطبيعية ذات أثر مهم وفعال في منظومة الحواسيب والذكاء الاصطناعي، وقد مرت منذ الظهور الفعلي للحاسوب حتى اليوم بمرحلتين أساسيتين هما:

١- المعالجة ثنائية التمثيل(Binary representation processing):

ويُقصد بها عملية تمثيل رقمي ثنائي العد للرموز اللفظية أو غير اللفظية وتخزينها تمهيدًا لقراءتها وفقًا لوسيلة الإخراج وطبيعتها في الحواسيب الآلية، وقد ارتبط ظهور هذا النوع من المعالجات بظهور الحاسوب نفسه، فالتمثيل الرقمي ثنائي العد هو الأساس في عمل الحواسيب الآلية منذ نشأتها، ويُعد من أبسط أنظمة الترميز التي يتم من خلالها تحويل ما يفهمه الإنسان من رموز إلى قيم رقمية وإشارات إلكترونية يقبلها الحاسوب ويستوعبها.

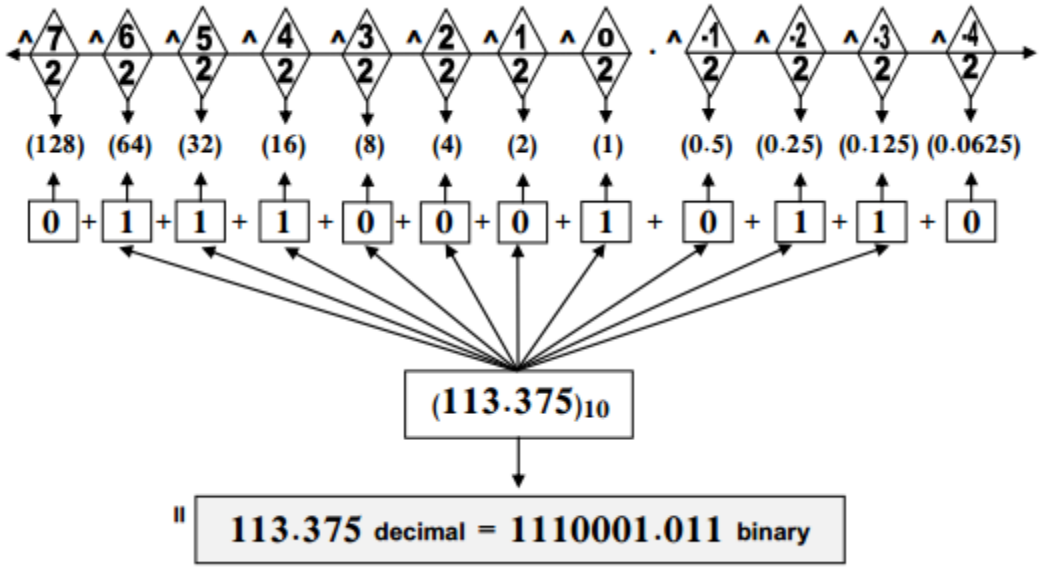
ويتكون النظام الثنائي في الدوائر الإلكترونية للحواسيب الرقمية من قيميتين منطقيتين هما الصـــفر (0)، ويمثل عدم وجود جهد كهربائي (0 Volt)، والواحد (1) ويمثل وجود جهد كهربائي (5+ Volt)، وهكذا يتم تمثيل الرمز عبر سـلسـلة مكونة من خانات، كل خانة منها تُسـمى بت (Bit)، ومحتواها إما القيمة صـفر (0) أو القيمة واحد(1)، ويُسـمى مجموع ثماني بتات بايت (Byte)، ومجموع ألف وأربعة وعشـــرين بايت يُســـمى كيلوبايت (Kilobyte)، ومجموع ألف وأربعة وعشرين كيلوبايت يُسمى ميغابايت (Megabyte)، ومجموع ألف وأربعة وعشرين ميغابايت يُسمى جيجابايت (Gigabyte)[٤٩].

- Bit = 0 or 1
- 8 Bit = 1 Byte
- 1024(210) Byte = 1 Kilobyte
- 1024(220) Kilobyte = 1 Megabyte
- …etc 1024(230) Megabyte = 1 Gigabyte

١-١-*معالجة الرموز اللفظية* (Verbal symbols processing) :

تختص **معالجة الرموز اللفظية** بالأصـــوات المنطوقة أو المكتوبة التي يســـتخدمها الإنسان فـــي تواصله مـــع الآخرين، وقـــد اقتصرت المعالجات ثنائيـــة التمثيل للرمـوز اللفظية فـــي حواسيب الجيل الأول والثاني وجُلَّ الثالث علـــى **معالجة الرمـــوز المكتوبة** (Written symbols processing) المتمثلة فـي **الحـروف والأعداد والعلامات اللغوية** التي يتم إدخالها للحاسب الآلي عبر الأشرطة المثقبة (Punched card) أو لوحات المفاتيح (keyboards) تمهيدًا لإخراج نتائجها في صورة مطبوعة (Printed).

فأما ما يتعلق **بالأعداد**؛ فيتم تحويلها عبر مجموعة تعليمات من الصورة التي يستعملها البشر في شئونهم الحياتية المتمثلة في نظام العد العشري (Decimal System) المكون من عشرة أرقام (9 , 8 , 7 , 6 , 5 , 4 , 3 , 2 , 1 , 0) إلى الصورة التي تستوعبها الحواسيب الآلية المتمثلة في نظام العد الثنائي (Binary System) المكون من الرقمين (1 , 0) بأكثر من طريقة، أبسطها طريقة توزيع العدد العشري على ما يكافئه من قيم لمواضع العدد الثنائي التي تبدأ من اليسار إلى اليمين كالآتي : $(2^{n-1}) \longrightarrow$ [i]



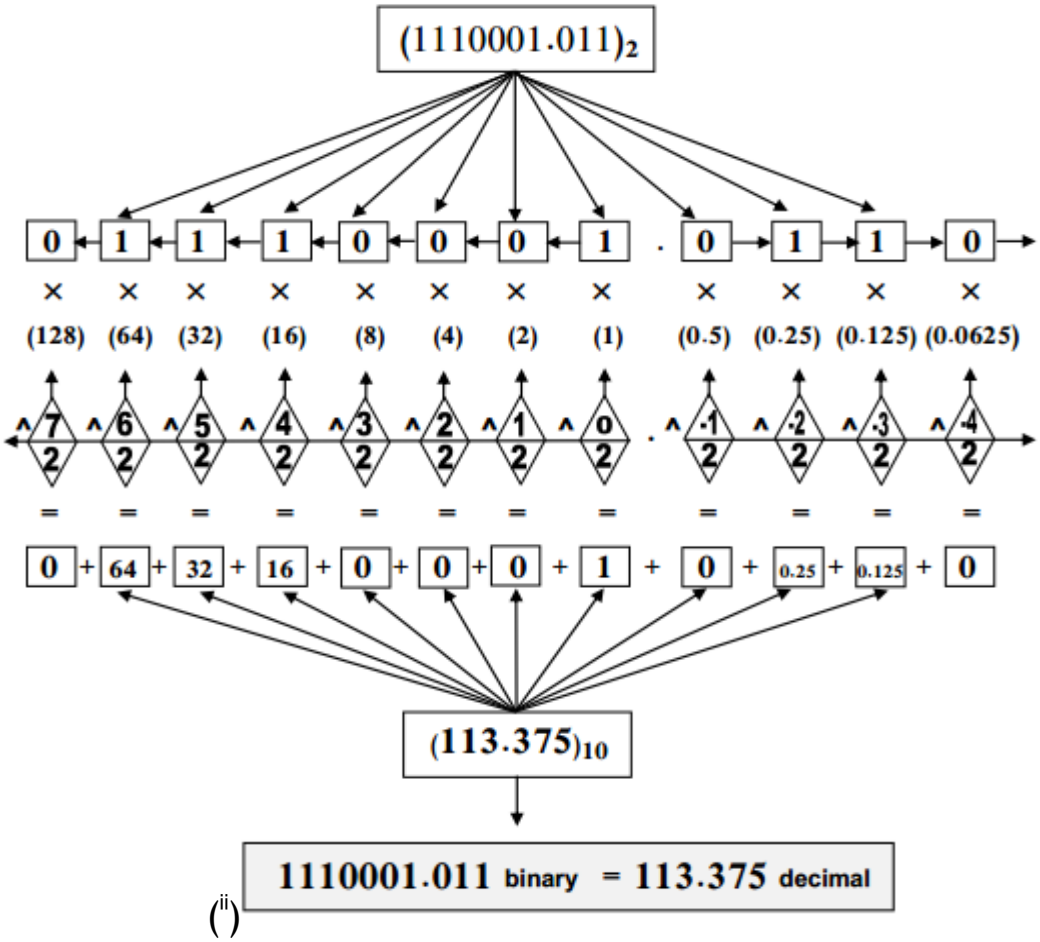
[ii]

---

[i]) 2 = أساس نظام العد الثنائي ، n = موضع الرقم .

وهكذا يتم التعرف على العدد العشري وتمثيله في الحواسيب الآلية بنظام العد الثنائي، ولإخراج الأعداد في صورة يستوعبها المستخدم (User) يتم تحويلها مرة أخرى من النظام الثنائي إلى نظام العد العشري كالآتي :

$$D_S = (B) \times (2^{n+1})$$

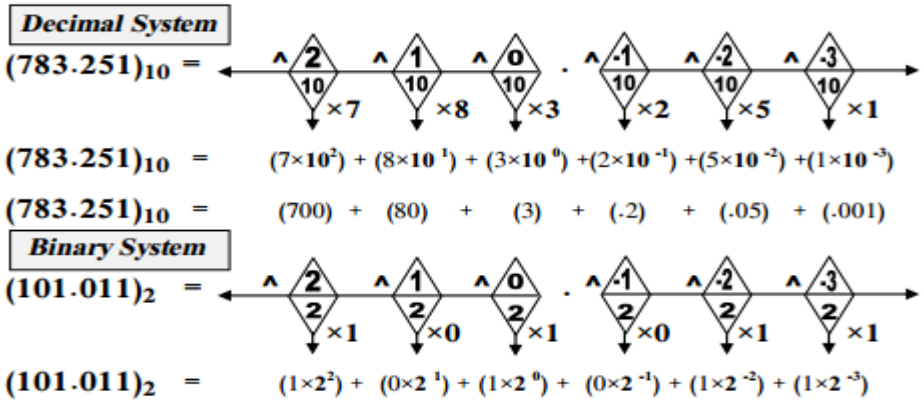


(ii)

(i) Ds = العدد العشري ، B = الرقم الثنائي ، 2 = أساس نظام العد الثنائي ، n = موضع الرقم .

(ii) تحويل العدد الثنائي (1110001.011) إلى ما يقابله في النظام العشري وهو العدد (113.375)

وتتحدد قيمة الرقم في النظام العشري أو النظام الثنائي بالنظر إلى موضعه في العدد، فتزيد قيمته كلما انتقل نح اليسار، وتقل قيمته إذا تحرك موضعًا نحو اليمين؛ وهكذا فإن الرقم يتم ضربه في أساس نظام العدد مرفوعًا للأس الذي يتحدد وفقًا لموضع الرقم في نظام العد، ولتوضيح ذلك فإن العـــدد العشـري $(783.251)_{10}$ والعدد الثنائي $(101.011)_2$ يتم تحليلهما كالآتي : $X_S = (x) \times (S^{n+1})$ [i]



أما الحروف والعلامات اللغوية فيتم تحويلها للنظام الثنائي عن طريق تخصيص شفرات عد ثنائي لكل رمز [٥٠] ضمن نظام ترميز (Coding System)، يسمح باستدعاء العدد الثنائي المُخزَّن لكل رمز لغوي وقت إدخاله مباشرة، والتعامل معه تمهيدًا لإخراجه في صورة مكتوبة، يقبلها المستخدم، ويتواصل بها مع الآخرين.

وفي بداية الأمر [ii] تباينت أنظمة الترميز، وتعددت، ومع أوائل الستينيات من القرن الماضي أصبحت الحاجة ملحة لاستعمال نظام ترميز موحد لتمثيل البيانات اللغوية، فتم استعمال الشفرة الأمريكية لتبادل المعلومات(American Standard Code for

---

i Xs = قيمة الرقم ، x = الرقم ، S = أساس نظام العد ، n = موضع الرقم .

[ii])المقصود هنا : حواسيب الجيل الأول وبداية الجيل الثاني .

Interchange Information) المعروفة اختصارًا بـ (ASCII)، وهي شفرة مكونة من (7 bit) لتسمح بتمثيل مائة وثمانية وعشرين (١٢٨) رمزًا باللغة اللاتينية، تتوزع على قسمين[٥١]؛ القسم الأول: يضم ثلاثة وثلاثين (٣٣) رمزًا للتحكم، منها:

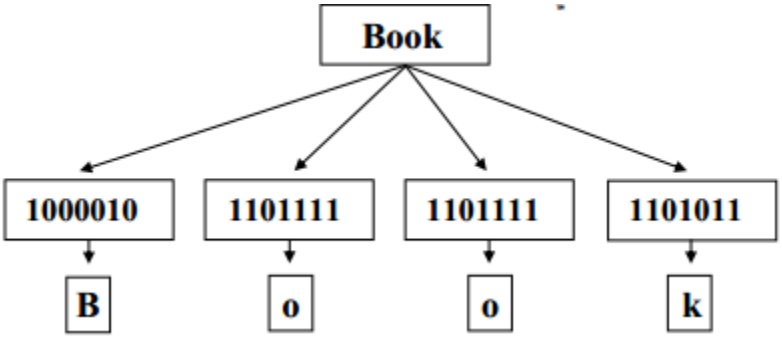
Decimal	Binary	Symbol	Describe	Decimal	Binary	Symbol	Describe
0	0000000	NULL	(Null character)	6	0000110	ACK	(Acknowledgement)
1	0000001	SOH	(Start of Header)	7	0000111	BEL	(Bell)
2	0000010	STX	(Start of Text)	8	0001000	BS	(Backspace)
3	0000011	ETX	(End of Text)	9	0001001	HT	(Horizontal Tab)
4	0000100	EOT	(End of Transmission)	10	0001010	LF	(Line feed)
5	0000101	ENQ	(Enquiry)	11	0001011	VT	(Vertical Tab)

أما القسم الثاني فيضم خمسة وتسعين (٩٥) رمزًا قابلاً للطباعة، منها :

Decimal	Binary	Symbol	Describe	Decimal	Binary	Symbol	Describe
32	0100000		(Space)	65	1000001	**A**	(Capital A)
33	0100001	!	(Exclamation mark)	66	1000010	**B**	(Capital B)
34	0100010	"	(Quotation mark ; quotes)	67	1000011	**C**	(Capital C)
39	0100111	'	(Apostrophe)	68	1000100	**D**	(Capital D)
40	0101000	**(**	(round brackets or parentheses)	69	1000101	**E**	(Capital E)
41	0101001	**)**	(round brackets or parentheses)	70	1000110	**F**	(Capital F)
44	0101100	**,**	(Comma)	71	1000111	**G**	(Capital G)
45	0101101	-	(Hyphen)	72	1001000	**H**	(Capital H)
46	0101110	**.**	(Dot , full stop)	73	1001001	**I**	(Capital I)
47	0101111	/	(Slash)	74	1001010	**J**	(Capital J)
58	0111010	**:**	(Colon)	107	1101011	**K**	(Lowercase k)

59	0111011	**;**	(Semicolon)	108	1101100	**L**	(Lowercase l)
63	0111111	**?**	(Question mark)	109	1101101	**M**	(Lowercase m)
64	1000000	**@**	(At sign)	110	1101110	**n**	(Lowercase n)
91	1011011	**[**	(square brackets or box brackets)	111	1101111	**o**	(Lowercase o)
92	1011100	\	(Backslash)	112	1110000	**p**	(Lowercase p)
93	1011101	**]**	(square brackets or box brackets)	113	1110001	**q**	(Lowercase q)
95	1011111	**_**	**(underscore , understrike , underbar or low line)**	114	1110010	**r**	(Lowercase r)
123	1111011	**{**	(curly brackets or braces)	115	1110011	**s**	(Lowercase s)
125	1111101	**}**	(curly brackets or braces)	116	1110100	**t**	(Lowercase t)

ومن هنا فإن التمثيل الثنائي للكلمة الإنكليزية **(Book)** على ســـــبيل المثال وفقًا لتصنيف ASCII يكون كالآتي :



ومع التوسع في استعمال الحواسيب عالميًا ظهرت الحاجة إلى نظام ترميز قادر على تمثيل لغات طبيعية أخرى ذات أحرف غير لاتينية كالعربية واليابانية والهندية والروسية والعبرية واليونانية والمنغولية وغيرها، فطور الباحثون أنظمة متعددة ووثقوها في المؤسسات المعنية بذلك ليلتزم بها الجميع(٥٢)، ومع ذلك لم ينته التباين في تمثيل البيانات بين بعض الحواسيب حتى ظهر نظام الترميز الموحد يونيكود (Unicode) عام ١٩٩١م الذي يتكون من (2 Byte) أي ما يُعادل (16 Bit) مما يمكنه من استيعاب خمسة وستين وخمسمائة وستة وثلاثين (٦٥٥٣٦) رمزًا (٥٣) ليسمح بتمثيل جُلّ الأبجديات المستعملة في كتابة اللغات الطبيعية المعاصرة بالإضافة إلى بعض الأبجديات القديمة كالهيروغليفية والفينيقية وبعض العلامات والرموز الأخرى(٥٤).

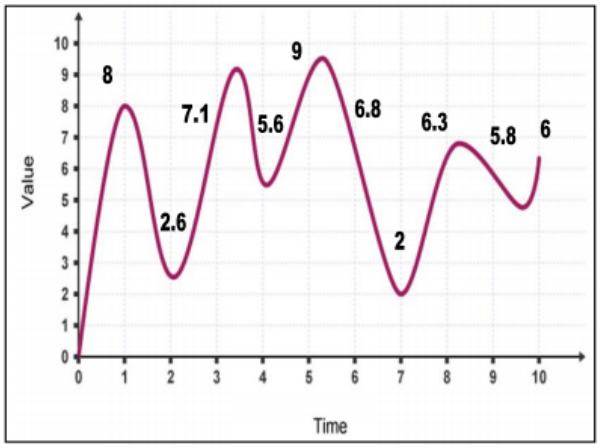
أما ما يتعلق بالتمثيل الثنائي للرموز اللفظية المنطوقة فبدأت إرهاصاته مع ظهور أجهزة الاستجابة الصوتية في حواسيب الجيل الرابع خلال عقد الثمانينيات من القرن الماضي، وبفضل تطوير بطاقات الصوت (Sound cards) أصبح ممكنًا تحويل الإشارات التشابهية (Analog signals) المتمثلة في موجات الصوت المسموعة إلى إشارات رقمية (Digital signals) ثنائية العد ذات طول محدد من خلال أداة التحويل(A/D Converter) كما يتم تحويل الإشارة الرقمية إلى إشارة تشابهية لإعادة الاستماع إليها عبر مكبر صوت (Sound speaker)[i] من خلال أداة التحويل (D/A Converter)(٥٥)

وتعتمد آلية التمثيل الثنائي للأصوات المنطوقة علـى اسـتقبال الميكروفون (Microphone)[ii] تغيُّرات ضغط الهواء الصادر عن أمواج الصوت مما يؤدي إلى

[i] مكبر الصوت : نوع من أنواع محولات الطاقة التي تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية.

[ii] الميكروفون : نوع من أنواع محولات الطاقة التي تقوم بتحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية .

اهتزاز غشاء حساس متصل بملف سلكي مُحاط بمغناطيس، ويتسبب اهتزاز هذا الغشاء في تحريك السلك في المجال المغناطيسي مما يؤدي إلى تغيُّر في جهد إشارة الصوت، وهكذا يتم تحويل الموجات الصوتية إلى جهد متغير يُعرف بإشارة الصوت والتي يتم تحويلها من إشارة تشابهية إلى إشارة رقمية عن طريق المحول (A/D Converter) وأخذ عينات (samples) من الصوت تُقدر في أشهر المعدلات بأربع وأربعين ألف ومائة عينة من الصوت في كل ثانية(٤٤١٠٠/ث)، ثم يتم تقريب قيمة كل عينة إلى أقرب عدد صحيح وتحويله إلى عدد ثنائي[٥٦] كالآتي(شكل ٢-٣):



Time	Decimal	Binary
1	8	1000
2	3	0011
3	7	0111
4	6	0110
5	9	1001
6	7	0111
7	2	0010
8	6	0110
9	6	0110
10	6	0110

شكل (٢-٣) التمثيل الثنائي للأصوات المنطوقة

ويمكن تخزين ما تم تحويله من أصوات في وحدات تخزين والاستماع إليه عبر مكبر الصوت بإعادة قراءة العينات وتحويلها من الصورة الرقمية إلى الصورة التشابهية عن طريق المحول(D/A Converter).

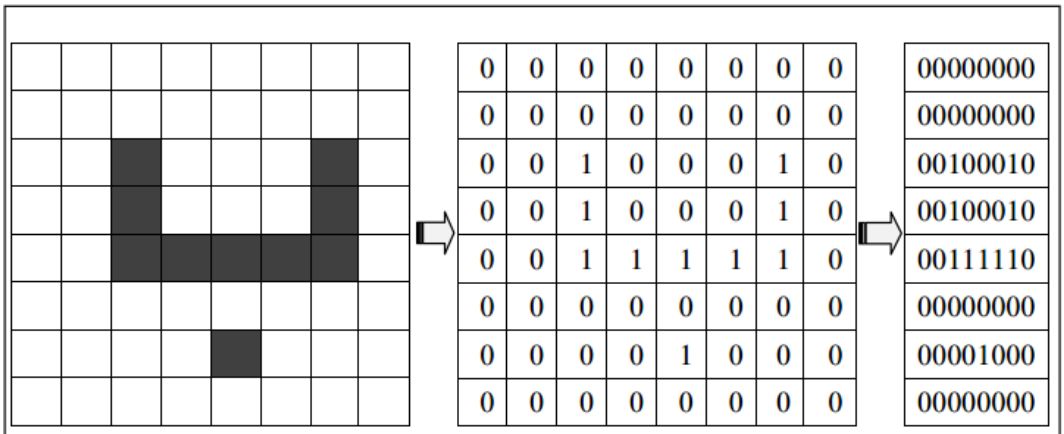
١-٢- *معالجة الرموز غير اللفظية* (Non-verbal symbols processing) :

تتمثل الرموز غير اللفظية في الإيماءات والإشارات والصور والأشكال والحركة والضوء والألوان .. الخ، وتُعد معالجة تلك الرموز وتمثيلها حاسوبيًا ذات أهمية كبيرة في مجالات متعددة كالطب والفلك والأمن والتصنيع والتخطيط العسكري وغيرها من المجالات، أما على الصعيد اللغوي – وهو ما يُعنينا هنا – فإن الرموز غير اللفظية هي ركيزة أساسية وداعمة للتواصل اللفظي سواء كان منطوقًا أم مكتوبًا، فالمُرسِل في منظومة الاتصال اللغوي(المتكلم/الكاتب) كثيرًا ما يلجأ إلى استعمال حركة أو إشارة أو شكل أو لون معين عند نقل أفكاره للآخرين، وقد يكون الرمز غير اللفظي يحمل في ذاته معانٍ وأفكارًا يفهمها الآخرون ويستوعبونها.

وبفضل تطوير أجهزة الرؤية والتصوير والمسح الضوئي والمستشعرات بمختلف أنواعها في حواسيب الجيل الرابع والخامس أصبح من الممكن تحويل الرمز غير اللفظي وفقًا لطبيعته إلى طاقة كهربائية تمهيدًا لتمثيله بالنظام الرقمي، فالصورة على سبيل المثال بوصفها أبرز تلك الرموز يتم تمثيلها بالنظام الثنائي المكون من (0 ,1) من خلال تجزئتها إلى وحدات (Pixel) في صورة مصفوفة (Matrix) مكونة من صفوف وأعمدة، ويتم استعمال نظام ترقيم معين لكل وحدة حسب نوع الصورة، فالوحدة(Pixel) تُمثل بـ(0) أو (1) في الصور ثنائية اللون(Binary Image)[i]

[i] الصور ثنائية اللون : هي الصور التي تتكون من لونين فحسب هما الأبيض والأسود

(**شكل ٢-٤**)، والصور رمادية التدرج((Grayscale Image)[i] يتم تمثيلها وفقًا لشدتها مـــن الأبيض إلى الأســود بأعداد من (0 : 255) وكل وحدة تضم (8Bit)، ومعنى هذا أن صورة تتكون من(512×512) وحدة تتطلب مساحة تخزينية تُقدر بـ(0.25MB) [٥٧]، أما الصور الملونة فالوحدة فيها تضم ثلاثة أقسام يتكون كل قسم من(8Bit) لتمثيل شـدة الألوان الأسـاسـية(الأحمر والأزرق والأخضـر) وهكذا فإن كل وحدة تتكون من(24 Bit) في الأغلب.



شكل (٢-٤) تمثيل صورة ثنائية اللون بنظام العد الثنائي

٢- المعالجة سماتية التمثيل (Features representation processing):

يُعد هذا النوع من المعالجات المنطلق الحقيقي نحو بناء تطبيقات حاســـوبية وأنظمة إلكترونية تُســـهم في معالجة اللغات الطبيعية بصـــورة فعَّالة، ويعتمد التمثيل الحاســـوبي في معالجة السمات على النماذج التحليلية والخوارزميات المنطقية لاستخلاص خصائص البيانات

i الصور رمادية التدرج : تتكون في الأغلب من ٢٥٥ تدرجًا لونيًا بين الأبيض والأسود.

الثنائية وقرائنها المميزة سواء كانت هذه البيانات مسموعة أم مرئية أم ملموسة ومن ثمَّ التعرف على محتواها وتفسيره باستخدام لغة برمجية عالية المستوى.

وتتطلب معالجة السمات اللغوية واستخلاصها حاسوبيًا دراسة طبيعة الاستخدام البشري للغة الطبيعية جيدًا للوقوف على النماذج المختلفة التي تلبي المتطلبات وتحقق الأهداف المنشودة، وهكذا تكون تلك المعالجة سببًا رئيسًا ذا أثر واضح جلي في تيسير عملية التواصل بين الإنسان والحاسوب، وجعل الحواسيب أكثر نفعًا وفائدة لاقترابها من مستوى الذكاء البشري في فهم اللغات الحية وتوليدها(Understanding and generating natural languages)[٥٨].

ولمسايرة التقدم الهائل في تطبيقات معالجة اللغات الطبيعية شهدت صناعة حواسيب الجيل الخامس تطورات سريعة ومتلاحقة لتحقيق متطلبات تلك المعالجة، وبالفعل أصبح هناك تقدم ملحوظ على صعيد المستويات اللغوية جميعها، فعلى صعيد المستوى الصوتي(Phonology): تم تطوير وسائل استقبال الصوت ومعالجته بصورة تسمح للحواسيب الآلية بالتعرف – قدر المستطاع – على الكلام المنطوق وتحويله إلى كلام مكتوب (Speech to Text) والعكس (Text to Speech)، وعلى صعيد المستوى الصرفي(Morphology): قدمت كثيرٌ من الشركات والمؤسسات تطبيقات للمحللات والمولدات الصرفية والتي يمكن الاعتماد عليها في دراسة المستويات اللغوية الأخرى انطلاقًا من كون الصرف أبرز المداخل لمعالجة المنظومة اللغوية كلها، أما على صعيد المستوى النحوي(Syntax):فظهرت تطبيقات المحللات الإعرابية والتي يمكنها إدراك الوظيفة النحوية للكلمات داخل سياقاتها المختلفة مما يُسهم في بناء أنظمة للتدقيق النحوي للنص وتشكيله تلقائيًا، وعلى صعيد المستويين الدلالي والمقامي(Semantics & Pragmatics): طور الباحثون تطبيقات متعددة تتعلق بالترجمة الآلية والتلخيص الآلي والبصمة الأسلوبية والتدقيق

الدلالي للنص .. وغيرها اعتمادًا على الإدراك الآلي للمعنى الدلالي المقصود للوحدة المعجمية من خلال السياق .

كما ظهرت تطبيقات أخرى للتعرف الضوئي على الخطوط ورسوماتها المتعددة بالإضافة إلى تطبيقات في مجال فهرسة النصوص وتصنيفها واستخلاص الكلمات المفتاحية، وبهذه التطبيقات التي تعتمد على معالجة السمات أصبحت الحواسيب الآلية أكثر قابلية للاستعمال وأقرب في محاكاة مهام العقل البشري من خلال تطوير نقاط اتصال متعددة فيها انطلاقًا من دراسة الأساليب المختلفة للتفاعل، فعلى سبيل المثال: إذا تم توجيه السؤال: (ما اسمك؟) وسط مجموعة من الناس دون النظر إلى أحدهم فقد لا تحصل على إجابة؛ لأنه يتطلب مع النطق بهذا السؤال تحريك العين إلى شخص محدد، فهكذا الحاسوب يتطلب تطبيقات تستعمل وحدات اتصال متعددة للتواصل الفعَّال مع الإنسان[٥٩]، وهذا ما تسعى إلى تحقيقه حواسيب الجيل الخامس التي يُطلق عليها في أحيان كثيرة اسم (الحاسبات اللغوية)[٦٠]

الخاتمة والتوصيات:

- في إطار المبادئ اللغوية التي تناولها البحث لكلٍ من اللسانيات التوليدية التحويلية واللسانيات الحاسوبية يتبين التقارب الوثيق بين الفكرين في جوانب كثيرة أبرزها: استعمالهما للمنطق الرياضي للوصول إلى رؤية تفسيرية مقبولة لفهم اللغة وإنتاجها داخل العقل البشري وتمثيلها عبر نماذج تطبيقية تُراعي طبيعة اللغة ومكوناتها الفونولوجية والتركيبية والدلالية .

- وكان لتزامن ظهور النظرية التوليدية التحويلية مع الإرهاصات الأولى لفكرة المعالجة الآلية للغات الطبيعية أثر واضح جلي في تأثرهما ببعضهما، فمن ناحية أفادت

اللســانيات الحاســوبية وتأثر باحثوها بمعطيات النظرية التوليدية التحويلية خاصــة بما يتعلق بالطرق والفرضــيات التي ينتهجها العقل البشــري لتوليد الجمل وفهمها، ومن ناحية أخرى أفاد تشـومسـكي كثيرًا من التقنيات الحديثة في الثمانينيات والتسـعينيات من القرن الماضـي لتطوير نظريته التوليدية التحويلية وتقديم مجموعة من الفرضــيات ذات أثر واضــح في حل كثير من مشكلات النماذج السابقة.

- أما أبرز الاختلافات بين اللسـانيات التوليدية التحويلية واللسـانيات الحاسـوبية فيتعلق بالترميز وطرق تمثيل الظواهر اللغوية المختلفة، فاللســانيات التوليدية التحويلية تعتمد على الترميز الافتراضـي لتصـنيف بنية الظواهر اللغوية تمهيدًا لدراسـتها بمنظور رياضـي قائم على العلائق والأصناف للوصول إلى نماذج تحليل متعددة، في حين أن اللسانيات الحاسوبية تعتمد على الرياضــــة الرقمية التي تتطلب ترميزًا من نوعٍ خاص لتمثيل الوحدات الصــــغرى المكونـة للظواهر اللغويـة بقيمـة رقميـة تمثل الوزن الحقيقي لتلك الوحدة كمـا هو الحـال مع التمثيل الرقمي في تطبيقات معالجة الكلمات المنطوقة والتعرف على مدلولها .

- وبإلقاء الضــوء على ما ســبق يتبيَّن ضــرورة الارتقاء بالدرس اللغوي الحديث عن طريق تضـافر جهود الباحثين في هذين المجالين وإعادة قراءة كلٍ منهما في ضـوء الآخر لتحويل هذا الاختلاف إلى تكامل يعود بالنفع على الجميع، وفي نهاية بحثي لا يسـعني سـوى أن أحمد ربي على ما وفقني إليه، وأستغفره على ما فاتني، وصلِّ اللهم على سيدنا محمد في الأولين والآخرين، وعدد ما ذكره الذاكرون إلي يوم الدين.

هوامـــش البحـــث :

(١) انظر مدخل إلى علم اللغة : ١٢٥ ، ١٢٦ .

(٢) انظر مقدمة في نظرية القواعد التوليدية : ٩ .

(٣) Stanford, California: Center for the // See website : https://ar.wikipedia.org Study **of** Language **and** Information,

(٤) انظر نظرية تشومسكي التحويلية التوليدية .. الأسس والمفاهيم : ٦ .

(٥) انظر البنى النحوية : ٦٩ .

(٦) مقدمة في نظرية القواعد التوليدية : ٥٦ .

(٧) انظر البنى النحوية : ١١،١٢ .

(٨) انظر اللسانيات التوليدية : ٥٤ ، اللسانيات النشأة والتطور : ٢١٧ .

(٩) البنى النحوية : ٢٥ ، ٢٦ .

(١٠) انظر المرجع نفسه : ٢٢ ، ٣٢، اللسانيات النشأة والتطور : ٢٢٠ .

(١١) انظر المرجع نفسـه: ٤٢ ، ٤٣ ، الاتجاهات المعاصـرة في تطور دراسـة اللغة : ١٠١ ، اللسـانيات التوليدية : ٥٦ .

(١٢) انظر المرجع نفسه: ٣٧ : ٤٠ .

(١٣) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٢١ .

(١٤) انظر البنى النحوية ٣٨ : ٤٠ .

(١٥) انظر اللسانيات التوليدية : ٦٠ ،٦١ .

(١٦) انظر المرجع نفسه .

(١٧) البنى النحوية : ٥١ .

(١٨) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٢٢ ، ٢٢٣ ، نظرية تشومسكي التحويلية التوليدية .. الأسس والمفاهيم : ٨ .

(١٩) انظر الاتجاهات المعاصرة في تطور دراسة اللغة : ٩٩ ، مقدمة في نظرية القواعد التوليدية : ٥٧ .

(٢٠) انظر البنى النحوية : ٦٩ .

(٢١) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٢٣ .

(٢٢) انظر مقدمة في نظرية القواعد التوليدية : ٦٠ ، ٦١ .

(٢٣) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٢٣ : ٢٣٠ .

(٢٤) انظر نظرية تشومسكي اللغوية : ١٤٩ ، ١٥٠ .

(٢٥) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٣٠ ، نظرية تشومسكي اللغوية : ١٥١ .

(٢٦) انظر نظرية تشومسكي التحويلية التوليدية الأسس والمفاهيم : ٩ .

(٢٧) انظر نظرية تشومسكي اللغوية : ١٦٠ ، ١٦١ .

(٢٨) انظر المرجع نفسه : ١٥٨ .

(٢٩) انظر اللسانيات النشأة والتطور : ٢٣٢ .

(٣٠) انظر نظرية تشومسكي التحويلية التوليدية الأسس والمفاهيم : ٩ ، ١٠ .

(٣١) انظر اللغة والمنطق : ٥٥، ٥٦ ، اللسانيات النشأة والتطور : ٢٣٢ .

(٣٢) انظر النحو التوليدي التحويلي عند تشومسكي .. التطورات وعناصر التحويل : ٨٠ .

(٣٣) انظر المرجع نفسه : ٨٠ ، ٨١ .

(٣٤) انظر اللغة والمنطق : ٥٦ ، ٥٧ .

(٣٥) انظر النحو التوليدي التحويلي عند تشومسكي .. التطورات وعناصر التحويل : ٨١ ، ٨٣ .

(٣٦) انظر البرنامج الأدنوي : الأسس والمفاهيم : ١٧١ ، ١٧٢ .

(٣٧) انظر النحو التوليدي التحويلي عند تشومسكي .. التطورات وعناصر التحويل : ٨٣ .

(٣٨) انظر تطبيقات الذكاء الاصطناعي : ١٠٣ .

(٣٩) انظر الإسهامات الفلسفية والمنطقية في التطور التكنولوجي : ٢٦٣ .

(٤٠) الخصائص : ٣٣/١ .

(٤١) انظر مقدمة في حوسبة اللغة العربية : ١٧ .

(٤٢) انظر مقدمة الحاسبات والإنترنت: ١٠ : ١١ ، الحواسب الإلكترونية: ٥٥ ، ٥٦، مقدمة الحاسبات الإلكترونية: ١١ : ١٤

website : https://ar.wikipedia.org

(٤٣) انظر معجم الحاسبات: (Computer): ٤١ ، ٤٢ ، المعجم الموسوعي في الكمبيوتر والإلكترونيات: (حاسب) : ١٢٥ .

(٤٤) انظر المعالجة الآلية للغة العربية .. جهود الحاضر وتحديات المستقبل : ١٦ .

(٤٥) انظر أساسيات الحوسبة : ١٦٦– ١٧٨ .

(٤٦) انظر تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات: ٦٤ ، ٦٥، الحاسبات الإلكترونية : ٢٢ ، ٢٣،أساسيات الحوسبة : ١٤٣: ١٤٨ .

(٤٧) انظر أساسيات الحوسبة : ١٧٩ .

(٤٨) انظر الذكاء الاصطناعي : ٢٤ ، ٢٥ .

(٤٩) انظر أساسيات النظم الرقمية : ٤٤ : ٤٧ .

(٥٠) انظر أساسيات الحوسبة : ٣٠٦ .

(٥١) see https://theasciicode.com.ar/

(٥٢) انظر أساسيات الحوسبة : ٣٠٦ .

(٥٣) انظر أساسيات النظم الرقمية : ٤٩ .

(٥٤) see http://www.unicode.org/charts

(٥٥) انظر الحاسبات الإلكترونية : ٥٦ ، تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات : ١٤٣ ، ١٥٤

(٥٦) انظر تعلم تقانة الصوت الرقمي : ١٩٣ : ١٩٥،التكنولوجيا الرقمية : ٢٤ https://www.bbc.co.uk/bitesize/articles/z7k83j6،

(٥٧) انظر معالجة الصور الرقمية : ٢٥ .

(٥٨) انظر الحاسب والذكاء الاصطناعي : ٢٩، ٤٤ ، ٣٣٧ .

(٥٩) انظر التكنولوجيا الرقمية : ١٣٢ : ١٣٤

(٦٠) انظر العرب وعصر المعلومات : ٣٢٩

مراجع البحث

أولاً : المراجع العامة :

١. باقر، د.مرتضى جواد. مقدمة في نظرية القواعد التوليدية، ط١، عمان، دار الشروق، ٢٠٠٢م.

٢. الباهي، حسان. اللغة والمنطق، ط١، الرباط، دار الأمان، ٢٠١٥م.

٣. بكرو، د.خالد. أساسيات الحوسبة، ط١، سوريا، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠١٨م.

٤. بكرو، د.خالد . أساسيات النظم الرقمية، ط١، سوريا، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠١٨م.

٥. تشـــومســـكي، نعوم. البنى النحوية،ترجمة: د يؤيل يوســـف عزيز، ط١، بغداد، دار الشئون الثقافية العامة، ١٩٨٧م.

٦. ابن جني، أبو الفتح عثمان بن عبد الله. الخصـــــائص، تحقيق: محمد علي النجار، بيروت، عالم الكتب،د.ت.

٧. حجازي، د.محمود فهمي. مدخل إلى علم اللغة، القاهرة، دار غريب، ١٩٩٧م.

٨. دراج، د. أحمد عبد العزيز. الاتجاهات المعاصـــرة في تطور دراســـة اللغة، ط١، القاهرة، مؤسسة نبيل للطباعة، ١٩٩٩م.

٩. رشوان، د.محسن وآخرون . مقدمة في حوسبة اللغة العربية، مركز الملك عبد الله بن عبد العزيز لخدمة اللغة العربية، ط١، الرياض، ٢٠١٩م.

١٠. زهران، د.أحمد أنور. الحواسب الإلكترونية، القاهرة، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، ١٩٩١م.

١١. عبد العال، د. مدحت . مقدمة الحاسبات الإلكترونية، القاهرة، منشورات جامعة عين شمس، د.ت.

١٢. علي، د.نبيل . العرب وعصر المعلومات : العدد ١٨٤، الكويت، عالم المعرفة،١٩٩٤م.

١٣. غريواتي، م.زياد . تعلم تقانة الصوت الرقمي، ط١، سوريا (حلب)، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠٠٧م.

١٤. غلفان،د.مصطفى وآخرون. اللسانيات التوليدية، ط١، الأردن(إربد)، عالم الكتب الحديث للنشر والتوزيع، ٢٠١٠م

١٥. غونزيلز، رفائيل . معالجة الصور الرقمية، ترجمة : د. معن عمار، دمشق، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف، ١٩٩٢م.

١٦. فهمي، د.محمد. الحاسب والذكاء الاصطناعي، القاهرة، مطابع المكتب المصري الحديث، ١٩٩٤م.

١٧. لوغارف، أندريا. المعجم الموسوعي في الكمبيوتر والإلكترونيات، ترجمة : د. عبد الحسن الحسيني،ط٢، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، ١٩٩٨م.

١٨. ليونز،جون. نظرية تشومسكي اللغوية، ترجمة د.حلمي خليل، ط١، الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية، ١٩٨٥م.

١٩. مؤمن، أحمد. اللسانيات النشأة والتطور، ط٢، الجزائر، ديوان المطبوعات الجامعية، ٢٠٠٥م.

٢٠. مجمع اللغة العربية. معجم الحاسبات، ط٢، القاهرة، ١٩٩٥م.

٢١. المركز الديمقراطي العربي للدراسات الاستراتيجية والسياسية والاقتصادية. تطبيقات الذكاء الاصطناعي،ط١،ألمانيا (برلين)، ٢٠١٩م .

٢٢. مكاوي، د.حسن عماد. تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات، القاهرة، الدار المصرية اللبنانية، ١٩٩٣م.

٢٣. الموسى، د.عبد الله بن عبد العزيز. مقدمة في الحاسب والإنترنت، ط ٦، الرياض، منشورات مكتبة الملك فهد الوطنية، ١٤٣١هـ

٢٤. نيجروبونت، نيكولاس. التكنولوجيا الرقمية،ترجمة : د.سمير إبراهيم شاهين، ط١، القاهرة، مركز الأهرام للترجمة والنشر، ١٩٩٨م.

٢٥. ويتباي، بلاي . الذكاء الاصطناعي، الجيزة، دار الفاروق للاستثمارات الثقافية، ٢٠٠٣م.

ثانيًا : الأبحاث والدوريات العلمية :

١. إسماعيل، د.حافظ وآخرون. البرنامج الأدنوي : الأسس والمفاهيم، مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد ٣١، ديسمبر ٢٠١٧م.

٢. بشير، أبو الحجاج محمد وآخرون. المعالجة الآلية للغة العربية : جهود الحاضر وتحديات المستقبل، مجلة لغة العصر، العدد ٩٢، ٢٠٠٨م.

٣. درقاوي، د.مختار. نظرية تشومسكي التحويلية التوليدية : الأسس والمفاهيم، مجلة الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والإنسانية، العدد ٣، ٢٠١٥م.

٤. الرجوبي، د.محمد سالم. النحو التوليدي التحويلي عند تشومسكي : التطورات وعناصر التحويل، المجلة العلمية لكلية التربية جامعة مصراته، المجلد ٢، العدد ٨، يونيو ٢٠١٧م.

٥. السيد، د.هيثم. الإسهامات الفلسفية والمنطقية في التطور التكنولوجي، مجلة ديوجين، العدد ١، ٢٠١٤م

ثالثًا : مواقع شبكة المعلومات الدولية "Internet" حتى يوليو ٢٠٢٠م :

1. https://ar.wikipedia.org
2. https://www.bbc.co.uk
3. https://theasciicode.com.ar
4. http://www.unicode.org/charts

Principles of linguistic thought between transformative generative linguistics and computational linguistics

Abstract:

This research aims to clarify the effect of the transformative-generative theory in directing computational linguistics by tracing the analytical path of transformative-generative models and comparing it with the path ofcomputational linguistics development to reach a specific vision that can be relied upon in determining the correct linguistic starting point towards linguistic treatment consistent with reality data and the appropriateness of the successive development in Natural language processing methods, which is based on the study of language and its multiple phenomena with a mathematical perspective, in preparation for building computer systems that depend on numerical models and logical hypotheses to simulate the human mind and its mechanisms in understanding and generating language; To achieve communication with the machine through human language

.

Descriptors: Computational Linguistics - Natural Language Processing - Generative transformational linguistics - Artificial intelligence