مجلة البحث العلمي في الآداب
(مجلة علمية محكمة)
(ISSN2356-8321) (Print)
(ISSN2356-833X) (Online)
https://jssa.journals.ekb.eg/

إسهامات علماء المنطق في بنية الحاسوب

الآلة المنطقية عند "وليم ستانلي جيفونز" نموذجًا

د. أحمد عصام الدين عبد الجواد

مدرس المنطق وفلسفة العلوم – كلية الآداب – جامعة السويس.

Ahmed.Abdelgawad@arts.suezuni.edu.eg

تاريخ استقبال البحث: ٢٠٢١/٧/١٦
تاريخ قبول النشر :٢٠٢١/٨/٢٢

المستخلص

الآلة المنطقية هي أداة تم تصميمها لأداء العمليات المنطقية، أي إنها آلة يتم إدخال المقدمات إليها وتقوم هي باستنباط النتائج من المقدمات. ولعل أولى الآلات المنطقية التي تم تصميمها هي آلة "ستانهوب"، ثم تلاها آلة "جيفونز" المنطقية والتي كانت تتويجاً لسلسلة من الاختراعات والوسائل المساعدة وهي اللوح المنطقي والمعداد المنطقي.

إن الآلة المنطقية عند "جيفونز" عبارة عن محرك تحليلي ذو طابع بسيط يستطيع أداء عمليات الاستدلال المنطقي، التي تم ردها إلى صورة ميكانيكية بحتة دون أي جهد عقلي.

وقد استخدم "جيفونز" تلك الآلة بشكل فاعل داخل قاعات الدراسة حيث إنها تعد وسيلة شرح فاعلة، فهي تعرض أمام مجموعة من الطلاب تحليل مرئي واضح للمشكلات المنطقية ذات درجات متفاوتة من التعقيد، كما أنها تظهر كل خطوة من خطوات الحل بوضوح.

وتعد آلة "جيفونز" المنطقية أول حاسوب ميكانيكي ناجح، ولكن "جيفونز" لم يعتقد أن لآلته أي استخدام عملي بعيدًا عن الاستخدام التعليمي ولهذا كانت أهميتها الرئيسة بالنسبة له أهمية نظرية حيث تبرهن على عملية الاستدلال المنطقي.

كلمات مفتاحية: جيفونز؛ الآلة المنطقية؛ الحاسوب

أولا: مقدمة

شهد العالم تطورات تكنولوجية متلاحقة مهدت لبداية عصر جديد اصطلح عليه المؤرخون بعصر ثورة تكنولوجيا المعلومات، الذي شهد ميلاد أهم مبتكرات العقل البشري وأبرز معالم العصر الحالي، وهو "الحاسوب" Computer، الذي يُعد ناتجًا من نواتج التقدم العلمي المعاصر، وأحد الدعائم التي تقود هذا التقدم.

يعد الحاسوب أحدث الوسائل الآلية المستخدمة في معالجة البيانات، كما أنه الاختراع الذي نال أوسع شهرة في العلم الحديث، وليست الحاجة التي أدت إلى استخدام الحاسوب وليدة الوقت الحالي، كما أن الأفكار التي تولد منها ليست من أصل حديث، ولكنها ترجع إلى عدة مئات من السنين (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ٥).

وكان لعلماء المنطق دور رئيس في بنائه وتطويره؛ حيث يمكن رصد تطور الحاسوب بدءًا من صنع الآلات المنطقية Logical Machines وصولًا إلى الحاسوب الرقمي، خلال جهود علماء المنطق بصفة عامة و"وليم ستانلي جيفونز"[١] بصفة خاصة.

لذلك اختار الباحث تناول "الآلة المنطقية عند وليم ستانلي جيفونز" موضوعًا لهذا البحث، هادفًا خلاله إلى بيان إسهامات "جيفونز" الحاسوبية؛ والتي تجسدت في تحويله علم المنطق من مجرد نظرية صورية بحتة إلى نموذج واقعي تطبيقي؛ ممثلًا في صورة آلة منطقية.

ويشير مصطلح الآلة المنطقية إلى الآلة التي تم تصميمها بهدف أداء وتبسيط العمليات المنطقية بصورة ميكانيكية (Gardner, n.d., p. 81).

ورغم أهمية هذا الموضوع فإنه لم يحظ بعناية البحث من قبل الباحثين العرب – بقدر ما أتيح لنا من معارف – فلا نجد كتابًا أو أطروحة تناولت "الآلة المنطقية عند وليم ستانلي جيفونز "، اللهم إلا كتابًا وحيدًا في هذا الإطار للعالم المصري الأستاذ الدكتور/ محمود فهمي زيدان "رحمه الله" (١٩٢٧ – ١٩٩٥)، تناول موضوعه – من بين ما تناوله – " الآلة المنطقية عند وليم ستانلي جيفونز" بصورة عامة وموجزة، تتفق وأهدافه (زيدان، ١٩٧٩، ص ص ٨٧ – ٩١).

وتجدر الإشارة إلى أن البحث الحالي سيناقش فرضًا أساسيًا يعني بتحليل **إسهامات علماء المنطق في بنية الحاسوب وذلك خلال نموذج الآلة المنطقية عند جيفونز**، وكان على الباحث عند التحقق من هذا الفرض أن يناقش مجموعة من الفروض الفرعية التي تندرج تحته وتأخذ شكل التساؤلات التالية:-

- **هل ثمة محاولات لبناء آلات منطقية سبقت "جيفونز" أم كان له السبق في ذلك؟**
- **كيف أمكن للآلة المنطقية عند "جيفونز" أداء عملية الاستدلال المنطقي؟**
- **ما موقف المناطقة المعاصرين لـ"جيفونز" واللاحقين عليه من آلته المنطقية؟**

---

[١] منطقي إنجليزي مرموق، وأحد رجال الاقتصاد السياسي في زمانه، تتلمذ لدى "دي مورجان" De Morgan(١٨٠٦ – ١٨٧١) في الرياضيات، وكان صديقا لـ"جورج بول" Boole, G. (١٨١٥ – ١٨٦٤) وتبادل معه مراسلات، شغل وظيفة أستاذ المنطق والأخلاق والاقتصاد السياسي في جامعتي مانشستر ولندن فيما بين أعوام ١٨٦٦ و١٨٨٠. كتب في المنطق التقليدي وإصلاحه، كما كتب في الاستقراء وحساب الاحتمالات ومناهج البحث العلمي (زيدان، ١٩٧٩، ص ٨٧)

وفي سبيل التحقق من الفرض الرئيس للبحث، والإجابة عما ارتبط به من تساؤلات، اعتمد الباحث كثيرًا – وحسب ما يتطلب سياق البحث – على أعمال "وليم ستانلي جيفونز" التي عرض خلالها تصوره عن الآلة المنطقية، بالإضافة إلى مؤلفات مجموعة من الكتاب البارعين الذين تناولوا تصور "جيفونز" للآلة المنطقية بالتفسير والتأويل.

وفي السياق نفسه، انتهج الباحث منهجًا تحليليًا مقارنًا بالدرجة الأولى اقتضته طبيعة البحث لبسط وتحليل القضايا، وتقديم تفسيرٍ لها، ومقارنتها بغيرها.

ثانيًا: الآلات المنطقية قبل "وليم ستانلي جيفونز"

منذ وجد علم المنطق على الساحة المعرفية، منذ ما يقرب من ٢٤٠٠ عام تقريبًا، وهو ينظر إليه على أنه علم من مستوى مخالف، حيث يعد علم المنطق آلة للعلوم جميعا، فلا تستقيم أسس وأطر أي علم من العلوم، إلا بجعل علم المنطق هو "المايسترو" الذي ينظم وينسق في تناغم شديد هذه الأسس والأطر، كما لا يرتقي الإنتاج الفكري والعلمي أيضًا لأي علم من العلوم إلى مستوى الجودة، إلا بمروره عبر هذه الآلة الفريدة من نوعها (السيد، ٢٠١٤، ص ٢٦١).

ويبدو أن "آلية" المنطق وكذا محوريته بين العلوم من ناحية، ومحاولة المناطقة أنفسهم تحويل هذه الآلية من الصورة النظرية إلى الصورة التطبيقية من ناحية أخرى، قد أدى إلى تحويل هذه النظريات الصورية المجردة إلى نماذج واقعية علمية، وذلك خلال تجسيد الأفكار واللغات والقوانين والآليات المنطقية المتعددة في صورة آلات منطقية (السيد، ٢٠١٤، ص ٢٦١).

وتعد آلة "تشارلز ستانهوب" أولى الآلات المنطقية التي تم تصميمها بهدف أداء وتبسيط العمليات المنطقية بصورة ميكانيكية (Gardner, n.d., p. 81).

أ – تشارلز ستانهوب، إيرل ستانهوب الثالث[٢]

قام "ستانهوب" بتصميم آلته المنطقية لحل القياسات التقليدية بشكل ميكانيكي، والقياسات العددية، والمسائل البسيطة في نظرية الاحتمال (Aspray, 1990, p.106). ومن ثم يعد "ستانهوب"، أول من قام ببناء آلة تؤدي العمليات المنطقية بشكل ميكانيكي.

تتكون آلة ستانهوب المنطقية من قطعة خشبية تبلغ أبعادها 0.75 × 4.5 × 4 ويعلوها قمة نحاسية نُقش عليها نافذة أبعادها 0.5 × 1 × 1. وتم شق فتحات على ثلاثة جوانب من هذه القطعة الخشبية للسماح بدخول الشرائح الحمراء والرمادية والشفافة لتغطية جزء من النافذة. أما على الواجهة النحاسية – وعلى امتداد الجوانب الثلاث من النافذة – تم وضع علامات تدرج صحيحة من صفر إلى عشرة (Aspray, 1990, pp.106 – 107). وذلك كما هو موضح بالشكل التالي (١/١) :

[٢] *Charles Stanhope*, 3rd *Earl Stanhope* (1753 – 1816): ولد في لندن، وتلقى تعليمه في جامعة جنيف، تخصص في الميكانيكا والفلسفة والهندسة، تم انتخابه عضوًا بالجمعية الملكية بلندن عام ١٧٧٢، وبالجمعية الفلسفية الأمريكية عام ١٧٧٤، فاز بالجائزة التي قدمتها الأكاديمية السويدية لأفضل مقال عن بناء البندول.

الشكل (١/١)

ولحل القياس العددي مثل:

ثمانية من أصل عشرة A's تكون B's

وأربعة من أصل عشرة A's تكون C's

إذن، فإن اثنان على الأقل من B's تكون C's

يقوم "ستانهوب" بدفع الشريحة الحمراء (التي تمثل B) ثماني وحدات عبر النافذة (التي تمثل A)، ودفع الشريحة الرمادية (التي تمثل C) أربع وحدات من الاتجاه المعاكس. وبالتالي تمثل الوحدتين – اللتين تشهدان تداخل الشرائح – العدد الأدنى من B's التي تكون أيضًا C's (Aspray, 1990, pp.107 – 108).

ولحل إحدى المسائل البسيطة في نظرية الاحتمال مثل:

Prob (A) = 1/2

Prob (B) = 1/5

Therefore Prob (A and B) = 1/10

يقوم "ستانهوب" بدفع الشريحة الحمراء (التي تمثل A) خمس وحدات من جانب اليسار (أي ما يعبر عن خمسة أعشار) وبدفع الشريحة الرمادية (التي تمثل B) وحدتين من اتجاه الشرق (أي ما يعادل عُشرين)، فيصبح ذلك الجزء من النافذة (1/10 = 2/10 × 5/10) الذي تتداخل فيه الشريحتان هو احتمالية A و B (Aspray, 1990, p.108).

وبالصورة نفسها، يمكن استخدام آلة "ستانهوب" لحل القياس التقليدي مثل:

لا M تكون A

كل B يكون M

إذن لا B يكون A (Aspray, 1990, p.108).

غير أن آلة "ستانهوب" تحتوي على بعض العيوب الواضحة؛ فهي لا يمكن أن تتسع لتحوي القياسات المنطقية التي تحتوي على أكثر من مقدمتين، أو مسائل نظرية الاحتمال التي تتضمن أكثر من حدثين. ورغم ذلك، كانت تلك الآلة مهمة؛ حيث إنها أظهرت للآخرين – وخاصة "جيفونز" – أن مسائل المنطق يمكن حلها بشكل ميكانيكي (Aspray, 1990, p.108) .

ومن ثم، أشارت إحدى الدراسات المنطقية إلى أن آلة "ستانهوب" كانت مصدر إلهام لـ"جيفونز" لبناء آلته المنطقية التي تعد أفضل آلة منطقية معروفة في القرن التاسع عشر (Aspray, 1990, p.110).

ويتحفظ الباحث على ذلك؛ حيث إن "جيفونز" اطلع على آلة "ستانهوب" بعد الانتهاء من تصميم آلته المنطقية ونشر مقاله "عن الاستدلال الميكانيكي للاستدلال المنطقي"، ومن ثم فلم يتمكن من الإفادة منها.

ب – "ألفرد سمي"[٣]

نشر "ألفرد سمي" سلسلة من الكتب في مجال أطلق عليه " الكهرو بيولوجية " Electro-Biology، أي علاقة الكهرباء بالوظائف الحيوية في جسم الإنسان. وقرر "سمي" دراسة ارتباط وظائف المخ بالتحفيز الكهربائي للأعصاب، حيث نشر أهم أعماله في عام ١٨٥٠ بعنوان "عملية التفكير وملائمتها للكلمات واللغة، بالإضافة إلى وصف لآلات الارتباط والفروق". وكان هدفه هو تقديم نسق استدلالي اصطناعي قائم على مبادئ طبيعية؛ أي نسق يقوم بمعالجة الأفكار بالصورة نفسها التي تحدث بواسطة الجهاز العصبي عند الإنسان. لم يكن معروفًا سوى القليل عن المخ عام ١٨٥٠، كما لم تتوافر الأدوات الجيدة للدراسة، وكان عليه أن يعتمد على التخمين وليس التجريب كي يتمكن من فهم التفكير الإنساني، ولعل نتائج هذه التخمينات يفترض أن يتم عرضها خلال التصميمات الخاصة بآلات الارتباط والفروق (Aspray, 1990, p.109).

قدم "ألفرد سمي" تصميمات لنوعين من الآلات، أطلق على الأولى اسم "الآلة الارتباطية" Relational Machine وهي عبارة عن قاموس ميكانيكي تم تصميمها بحيث إذا تم التعبير عن كلمة بعينها فإن ارتباطها بباقي الكلمات الأخرى يتضح بشكل ميكانيكي ومن هنا جاء تسميتها بالآلة الارتباطية. ثم قام بتصميم آلة ثانية لمقارنة الأفكار، وأطلق عليها اسم "آلة الفروق" Differential Machine ، تتركب من اثنين من الآلات الارتباطية، متصلتين معًا خلال واجهة تستطيع مقارنة الأفكار التي تقدمها كل آلة ارتباطية والتأكيد على مدى اتفاقها أو اختلافها(Aspray, 1990, p.109) .

ورغم أن "ألفرد سمي" لم يقم ببناء هذه الآلات بالفعل نظرًا لأنها كبيرة الحجم، ومن ثم تشغل مساحة كبيرة بالمكان، فإن مؤلفاته ذاع صيتها في منتصف القرن التاسع عشر في بريطانيا وعملت على نشر آرائه بإمكانية ميكنة عملية التفكير الإنساني (Aspray, 1990, p.110) .

ومن ثم يمكن الإشارة إلى أن "ألفرد سمي" تنبأ بالذكاء الاصطناعي، خلال تأكيده على أن العقل يعمل بشكل يشبه النسق المنطقي والذي يمكن تكرار عمله خلال الوسائل الميكانيكية – ممثلة في آلات الارتباط والفروق – التي تعمل جميعها لمحاكاة عمل العقل البشري(Buck & Hunka, 1999, p.22) .

وقد اطلع "جيفونز" على التصميمات الخاصة بآلات "ألفرد سمي"، وذلك بعد الانتهاء من تصميم آلته المنطقية ونشر مقال بعنوان "عن الاستدلال الميكانيكي للاستدلال المنطقي"، وأشار خلاله إلى أن تصميمات آلات "ألفرد سمي" – التي تقوم بتمثيل عمل الوظائف العقلية لدى الإنسان – لا علاقة لها بتصميمات آلته المنطقية التي تقوم بأداء الاستدلال المنطقي وتبسيطه (Jevons, 1870, p.172) .

إلا أن "برنارد بوزانكيت" Bosanquet, B. (١٨٤٨ – ١٩٢٣) قد توسع في مفهوم الآلات المنطقية؛ حيث أشار – في ختام كتابه "المعرفة والواقع – إلى أن كل آلات الملاحظة observation

---

[٣] Alfred Smee (1818 – 1877): طبيب جراح بالمستوصف الملكي العام ومستشفى العيون بوسط لندن، وكذلك عضو الجمعية الملكية بلندن.

والقياس measurement تعد آلات استدلال؛ حيث إن منظار التحليل الطيفي a spectroscope [٤]، أو المجهر المركب الدقيق a fine compound microscope، أو حتى الكرونومتر الأول a first-rate chronometer، وكل أنواع الأدوات التعليمية والتنويوية تعد بالفعل آلة استدلال مثل أي آلة منطقية تم تطويرها (Bosanquet, 1885, p.327) .

ولعل الآلة المنطقية عند "جيفونز" – من منظور "بوزانكيت"[٥] – قد جذبت الانتباه إلى المبادئ التي تقدم لنا الآلات – خلالها – المقاييس الدقيقة (Bosanquet, 1885, p.328) .

وقد استطاع "جيفونز" – خلال آلته المنطقية – تبسيط عملية الاستدلال المنطقي المعقدة وذلك بإرجاعها إلى عناصر أبسط (Buck & Hunka, 1999, p.21)، وذلك كما سيأتي ذكره تفصيلًا.

ثالثا: إسهامات "وليم ستانلي جيفونز" الحاسوبية

أسهم علماء المنطق والرياضيات في تصميم نوعين من الآلات الميكانيكية، والتي كانت بمثابة نواة لاختراع الحاسوب؛ يتمثل النوع الأول – الآلات الحسابية – في الآلات التي تتعامل مع عمليات الحساب الرياضي، بينما يتمثل النوع الثاني – الآلات المنطقية – في الآلات التي تتعامل مع عمليات الاستدلال المنطقي، وقد استهل "جيفونز" مقاله "عن الأداء الميكانيكي للاستدلال المنطقي" بالحديث عن الآلات الحسابية.

أ – الآلات الحسابية

يشير "جيفونز" إلى أن فكرة استخدام الأدوات الميكانيكية للقيام بالعمليات الحسابية تعود إلى مراحل بدائية، منذ بداية معرفة الإنسان بالنظام العشري الذي يستخدم أصابع اليدين في العد، فضلًا عن استخدامه للحصى للإشارة إلى كميات الأشياء. ومع مرور الزمن، تم تصميم عدد من الأدوات الميكانيكية المختلفة وذلك لتسهيل عملية الحساب حيث ظهرت أداة تسمى "المعداد" Abacus (Jevons, 1870, p.139).

ويتحفظ الباحث على تصنيف "جيفونز" للمعداد ضمن الأدوات الميكانيكية؛ حيث إن الأدوات الميكانيكية فقد بدأت مع "بليز بسكال" Pascal, B. (١٦٢٣ – ١٦٦٢) كما سيأتي ذكره في الفقرات التالية. أما المعداد فهو أداة يدوية – وليست ميكانيكية – تم استخدامها لإجراء العمليات الحسابية المتعددة.

يرجع اكتشاف المعداد الى ٣٥٠٠ سنة قبل الميلاد، ويعود الفضل الأول لاختراع هذه الأداة إلى المصريين القدماء والبابليين بأرض الجزيرة بالعراق، وهي بذلك تعد أول آلة حاسبة في تاريخ البشرية، وهي ما زالت تستخدم حتى الآن في كل من الصين واليابان وروسيا وبعض الأقطار الآسيوية الأخرى (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ٨).

يتكون المعداد من إطار خشبي مستطيل الشكل، مثبت به عدد ١١ سلكا، ينزلق على كل منها ٧ كرات خشبية، ويقسم كل سلك إلى قسمين بواسطة عارضة خشبية، يحوي الطرف الأول من السلك كرتين،

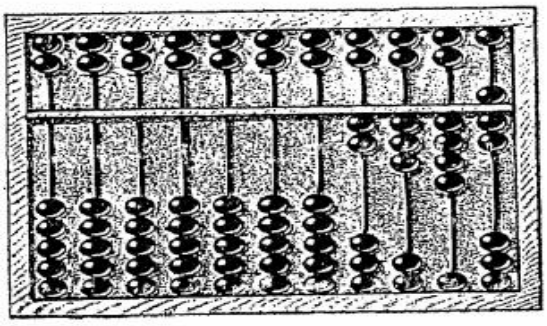
---

[٤] الجهاز الذي يُنتج ويُلاحظ الأطياف الضوئية.

[٥] قام "بيرس" بتطوير رؤية "بوزانكيت"، فمن منظوره تعد كل آلة بمثابة آلة استدلال، ففي كل الآلات تنطوي العلاقات القائمة بين أجزائها على علاقات أخرى غير مقصودة بشكل صريح not expressly intended، فهذه الآلات لا تعتمد فقط على قوانين العقل البشري وإنما أيضًا على البرهان الموضوعي المتجسد embodied في قوانين الطبيعة، وهكذا تعد أداة الإنبيق alembics (أداة يستخدمها الكيميائي في تقطير السوائل والزيوت الطيارة) بمثابة أداة للفكر أو آلة منطقية (Peirce, 1887, p.74).

ويحوي الطرف الآخر خمس كرات، تمثل كل كرة من الكرات الخمس وحدة واحدة، بينما تمثل كل من الكرتين خمسة أمثال (جمال الدين، ١٩٩١، ص ص ١٠ – ١١).

وتسجل الأعداد بواسطة تحريك الإنسان للكرات، وبالتالي يعتمد المعداد على الإنسان المشتغل عليه، وهو يتحد معه لكي يكون آلة كاملة، ويعرض المعداد الموضح بالشكل التالي (٢/١) تمثيل العدد العشري ٢٣٤٧.



الشكل (٢/١)

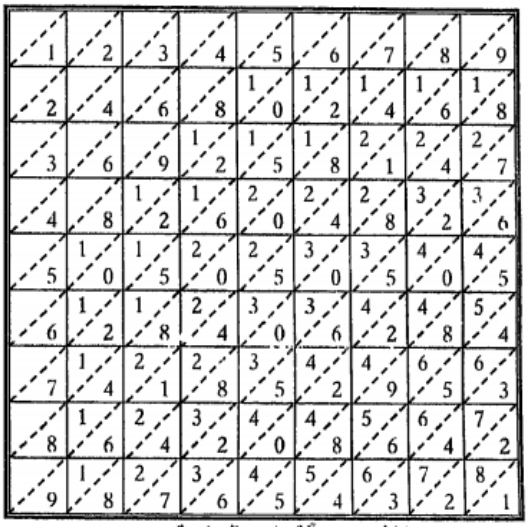
وقد ظلت أداة المعداد مستخدمة لوقت طويل وأدخلت عليها تعديلات مختلفة، ورغم الانتشار الواسع لهذه الأداة الحسابية فإن عيبها الأساسي يتمثل في صعوبة إجراء عمليات الضرب والقسمة (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ١٠).

ويشير "جيفونز" إلى أن إدخال نظام العد العربي إلى أوربا قد أدى إلى استبدال المعداد بنسق آخر أكثر ملائمة يتألف من علامات مكتوبة، وقد كان علماء الرياضيات على علم بأن علمهم مهما بلغ من التقدم سيحتاج دائمًا إلى تطور مقابل في الوسائل المادية للتخفيف عن الذاكرة ولتوجيه الأفكار أيضًا، ولعل كل خطوة تقريبًا تم اتخاذها لتحقيق التقدم في العلوم قد نتج عنها أداة ميكانيكية ما – مثل عظام "نابير" على سبيل المثال – تعمل على تسهيل الحساب أو تمثيل نتيجته (Jevons, 1870, p.140) .

ويتحفظ الباحث على وصف "جيفونز" لأعمدة "نابير" الخشبية بالأداة الميكانيكية؛ حيث إنها أداة يدوية – وليست ميكانيكية – تم استخدامها لإجراء العمليات الحسابية المتعددة.

وقد بنى "جون نابير" Napier, J. (١٥٥٠ – ١٦١٧) أداته للقيام بإجراء عمليات الضرب والقسمة وقد أعطى لها اسم الشهرة "عظام نابير" (Spencer, 1983, p.59).

وقد استخدم في صناعتها مجموعات من القضبان الخشبية، وكل قضيب مقسم إلى تسع مربعات صغيرة، وفي المربعات العليا توضع الأرقام من ١ إلى ٩، وعلى طول الجانب توضع الأرقام من ١ إلى ٩، وفي تقاطع كل صف وعمود يوضع حاصل ضرب هذه الأرقام. وعندما توضع هذه المجموعات من المربعات جنبًا إلى جنب، يمكن استخدامها في إنجاز عمليات ضرب معقدة (جمال الدين، ١٩٩١، ص١٢). وذلك كما هو موضح بالشكل (٣/١).



الشكل (٣/١)

وتقوم آلة "نابير" بإجراءات الضرب والقسمة خلال إجراءات الجمع والطرح، ويعود الفضل لـ"نابير" في إضافة إشارة الفاصلة العشرية للأعداد وتكوين ما يسمى الجزء الكسري العشري، وما تزال أفكاره ذات أهمية كبيرة في الرياضيات حتى يومنا هذا (جمال الدين، ١٩٩١، ص١٢).

ويشير "جيفونز" إلى أنه مع بداية القرن السابع عشر تم تصميم الآلات الميكانيكية لأداء العمليات الحسابية الواقعية، وذلك خلال إنشاء آلة "بسكال" الحسابية في الفترة ما بين أعوم ١٦٤٢ – ١٦٤٥ (Jevons, 1870, p.140). والتي تعد أول آلة ميكانيكية تم تصميمها لإجراء عمليات الجمع والطرح في العالم.

وتتكون آلته (شكل ٤/١) من مجموعة من العجلات المسننة (التروس) كل عجلة إلى عشرة مقاطع (سنون) مسجل على مقطع أو سن منها الأرقام من صفر إلى ٩. وتتصل العجلات ببعضها بحيث إذا دارت إحدى العجلات دورة كاملة تتحرك العجلة التالية حركة واحدة[٦].

فعلى سبيل المثال، إذا دارت العجلة الأولى دورة كاملة فإن العجلة الثانية تدور حركة واحدة، وبالمثل إذا دارت العجلة الثانية دورة كاملة فإن العجلة الثالثة تدور حركة واحدة...وهكذا. كذلك، تمثل العجلة الأولى منزلة الآحاد وتمثل العجلة الثانية منزلة العشرات وتمثل العجلة الثالثة منزلة المئات وهكذا (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ص ١٥ – ١٦).

آلة باسكال الحاسبة

الشكل (٤/١)

[٦] تم تكريم "باسكال" في القرن الحالي عندما أطلق اسمه على أهم لغات البرمجة واسعة الإنتشار وأرقاها وهي لغة باسكال Pascal Language.

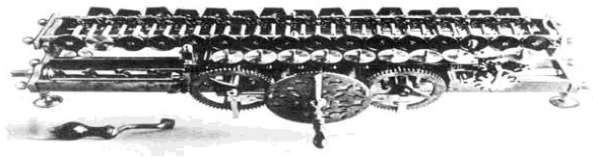
وكان دافع "بسكال" إلى اختراع هذه الآلة هو تبسيط العمليات الحسابية اليدوية الكثيرة الملقاة على عاتق والده لاحتساب الضرائب. وقد كان لظهور آلة "بسكال" أثر كبير في مجال التطور فيما بعد؛ إذ أفادت هذه الآلة التطورات التالية. وتمثل ذلك في:-

(١) تتم عملية الجمع ميكانيكيًا دون تدخل الإنسان، بمعنى أنه أثناء عملية الجمع إذا زاد العدد عن ١٠ يحمل ما زاد عن ١٠ إلى المنزلة التالية.

(٢) يتم الطرح في اتجاه عكس اتجاه الجمع.

(٣) تتم عملية الضرب بوصفها عملية جمع متكررة مثل ٢×٥= ١٠(فهي إما ٥+٥=١٠ أو ٢+٢+٢+٢+٢=١٠) (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ١٦).

وقد أدت مشكلة عملية الضرب – بوصفها عملية جمع متكرر – والتي كانت عيبًا واضحًا في آلة "بسكال" إلى تفكير "جوتفريد ليبنتز" Leibniz, G. W. (١٦٤٦ – ١٧١٦) في ميكنة هذه العملية. وقد كانت آلته من الاكتشافات المهمة التي أصبحت فيما بعد من الأمور المحورية في الحاسوب، وتستطيع تلك الآلة (شكل ٥/١) – التي اخترعها عام ١٦٧٠م. – تنفيذ العمليات الحسابية الأربع: الجمع، والطرح، والضرب، والقسمة (Davis, n.d., p.136) .



الشكل (٥/١)

وتتجلى إسهامات "جوتفريد ليبنتز" بداية في استخدامه نظام العد الثنائي لتمثيل الفكر المنطقي، والذي أصبح في وقت لاحق ركنًا أساسيًا من أركان الحاسوب[٧]. ثم اقتراحه بتطوير الحساب التحليلي للاستدلال

---

[٧] إن لغة الحاسوب التي يُخاطب بها – عند استقباله للبيانات ومعالجتها وبيان النتيجة – ليست كاللغات البشرية لأنها إن كانت كذلك لاستطعنا أن نتحدث للحاسوب بشكل مباشر، وإنما لغته رقمية مكونة من رقمين هما الواحد والصفر. وهو ما يعرف بنظام العد الثنائي الذي ابتكره الرياضي والمنطقي "جوتفريد ليبنتز" لتمثيل الفكر المنطقي – بالاستناد إلى (الصدق والكذب)، (الوجود واللاوجود)، (الواحد والصفر) – والذي يعد ركنًا أساسيًا من أركان الحاسوب. والذي يُعد في الوقت نفسه أبسط تعبير عن وجهين للحقيقة.

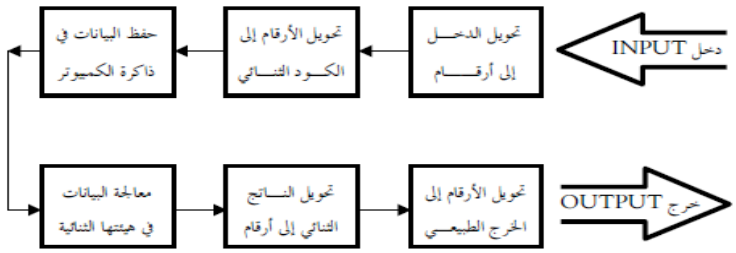
والبساطة شأن يجمع بين المنطق والرياضيات، وعندما نشأ الحاسوب جاء تلبية لحاجات منطقية ورياضية معًا، بالإضافة إلى الحاجات العملية، وتطور الحاسوب لغة وأداءً عبر أجياله المتعاقبة، لكن ظلت الفكرة الأساسية لبنائه الذهني– والتي ينطوي تحتها البناء التقني– تمثيل المعرفة في إطار قواعد الاستدلال المنطقي عبر مجموعة من الصيغ تساوي (١) في حالة اكتمال عناصر الاستدلال وسلامته، وتساوي (٠) في الحالات المقابلة.

إن ما يفصل بين الإنسان والحاسوب هو مسار متصل من طبقات تنقلنا – ونحن نتحرك من الإنسان للحاسوب – من الواقع الخارجي إلى التفاصيل الداخلية لنظام المعلومات الذي يتعامل معها، ودومًا إلى ما هو أكثر تجريدًا حتى تصل بنا إلى المآل الأخير لكل البرامج، وهو ثنائية "الصفر والواحد". ويوضح الرسم التالي مسار تسلسل عمليات الرقمنة والتحويل إلى النظام الثنائي من وحدات الدخل بالحاسوب إلى وحدات الخرج، لقد استحالت جميع الأشياء إلى ثنائية الشئ وضده، تلك الثنائية القاهرة التي تعكس ترديداتها على جميع مظاهر الوجود والعدم، السالب والموجب، الصواب والخطأ، وهي أيضًا الاسمية والفعلية، التحليل والتركيب، القبول والرفض، وهلم جرا.

المنطقي، وذلك خلال تطوير لغة عالمية تكون مناسبة للتواصل، تضم – بالإضافة إلى حساب الاستدلالات المنطقية – المعارف الرياضية والعلمية. لقد كان هدف "جوتفريد ليبنتز" هو ميكنة عملية التفكير (Davis, n.d., p.136).

وربما لو توافرت لـ"جوتفريد ليبنتز" الإمكانات العلمية الحديثة، لتمكن من الكشف عن أهداف جديدة في مجال تطور الحاسوب الميكانيكي.

أما التقدم الحقيقي في مجال الحساب الميكانيكي – من منظور "جيفونز" – فيرجع إلى "تشارلز باباج" Babbage, C. (١٧٩١ – ١٨٧١)، خلال تصميمه آلة الفروق[٨] – الشكل (٦/١) – والتي اعتمد



شكل (٦/١)

فثنائية "الصفر والواحد" تُعد بمثابة ذروة التجريد الحسابي والمنطقي، فهي اللغة التي نتعامل بها مع الحاسوب، ونصوغ بها البدائل المقترحة، ونترك له إجراءات إنجاز الاختيار الملائم في إطار نوعين من القواعد: القواعد التي تنطوي عليها الثوابت والإجراءات المنطقية المحددة، والقواعد التي نغذى بها قوائم الحاسوب بالقبول أو الرفض لموقف بعينه. وقد استخدم "جورج بول" –نظام العد الثنائي للتعبير عن حالات المتغير المنطقي خلال نظريته في "جبر المنطق" والتي أسهمت – فيما بعد – في بناء الحاسوب وكانت بمثابة خطوة هامة ومرحلة فارقه في تاريخ تطوره (قاسم، ٢٠٠٩، ص ص ٣٨٣ – ٣٨٨ ؛ علي، ١٩٩٤، ص ص ٦١ – ٦٢) (Davis, n.d., p.136; Flors, 1960, p.1).

[٨] *Difference* Engine: تقوم فكرة عمل آلة الفروق على مبدأ جديد، وهو مستويات الفروق لمعادلة بعينها. وهنا يجب أن نتذكر انه عند بناء القوائم لا يكون الاهتمام منصبًا على الحصول على حفنة من القيم بل يكون الهدف هو الحصول على مئات وربما على آلاف القيم. فعلى سبيل المثال إذا أخذنا المعادلة الآتية: ص = س^{٢} + ٣س + ١.

فإنه عندما تكون: س = صفر فإن ص = ١ (ص = صفر + صفر + ١)

س = ١ فإن ص = ٥ (ص = ١ + ٣ + ١)

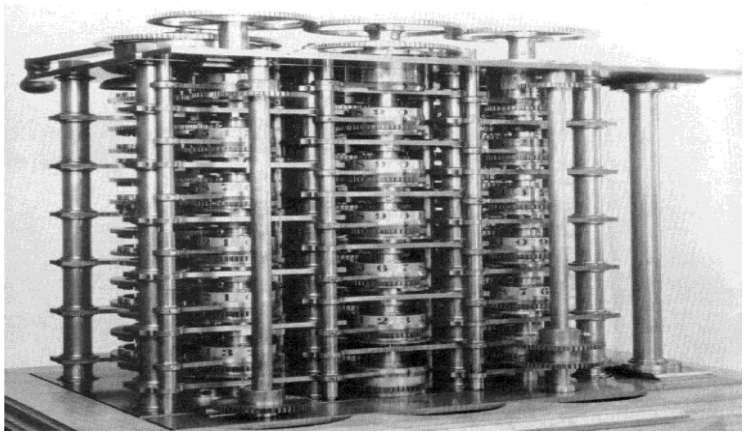
س = ٢ فإن ص = ١١ (ص = ٤ + ٦ + ١)

س = ٣ فإن ص = ١٩ (ص = ٩ + ٩ + ١)

وإذا قمنا بتحويل كل ذلك في شكل قائمة فإن قيمة ص يمكن أن يستقصي عنها بإحكام ودقة عالية، كما يلي:

س	ص	الفرق الأول	الفرق الثاني
صفر	١		
	.....	٤	
١	٥	.....	٢
	.....	٦	
٢	١١	.....	٢

في تصميمها على الجداول الرياضية الخاصة بفروق الأعداد ومربعاتها. وهكذا أصبحت الأجهزة الآلية قادرة على حساب الجداول الرياضية المعقدة (Jevons, 1870, pp.140 – 141) .



(الشكل ٦/١)

	.....	٨	
٣	١٩	.....	٢
	.....	١٠	
٤	٢٩	.....	٢
	.....	١٢	
٥	٤١	.....	٢
	.....	١٤	
٦	٥٥		

وقد لاحظ "باباج" أن قيم ص المستخرجة بينها فروق وهو ما عبر عنه بالمستوى الأول للفروق (وتتمثل الفروق في قيم المعادلة السابقة في: ٤، ٦، ٨، ١٠... الخ) وبين فروق هذا المستوى يوجد مستوى ثان من الفروق والتي تكون فروقًا ثابتة وهى القيمة ٢ في حالة المعادلة السابقة. والنقطة ذات الاهتمام التي أوضحها "باباج" أنه بإضافة قيمة ص المستخرجة سابقًا إلى قيم الفروق في المستوى الأول والثاني لها يمكن الحصول على قيمة ص عندما تكون قيمة س = ٧ فإننا ببساطة يمكن أن نضيف القيم الآتية إلى بعضها ٥٥ + ١٤ + ٢ = ٧١. وهذه القيمة الناتجة من عملية الإضافة (٧١) تمثل قيمة ص لو قمنا بحسابها من المعادلة الخاصة بها بالطريقة المطلوبة والمعتادة وهى:

ص = س^{٢} + ٣س + ١

= ٢٧^{٢} + (٣ × ٧) + ١

= ٤٩ + ٢١ + ١

= ٧١

وباستخدام هذا المبدأ الجديد بنى "باباج" آلة الفروق لحل أية معادلة دون صعوبة وتعقيدات سوى إجراء سلسلة نظامية من الإضافة أو الجمع وربما لا يحتاج إلى جيش من الكتبة ولا إلى الإحباط الناشئ من وجوب التحقق من الأخطاء البشرية. ومن هذا المنطلق يمكن تغذية الآلة بالبيانات الأساسية فتقوم الآلة تلقائيًا بحساب آلاف القيم بعد ذلك دون أدنى خطأ، وقد عدت تلك الآلة الأولى من نوعها، وانتشر استخدامها في فترة الخمسين عامًا التالية لعام ١٨٢٢م الذي بنيت فيه هذه الآلة (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ص ٢١ – ٢٣).

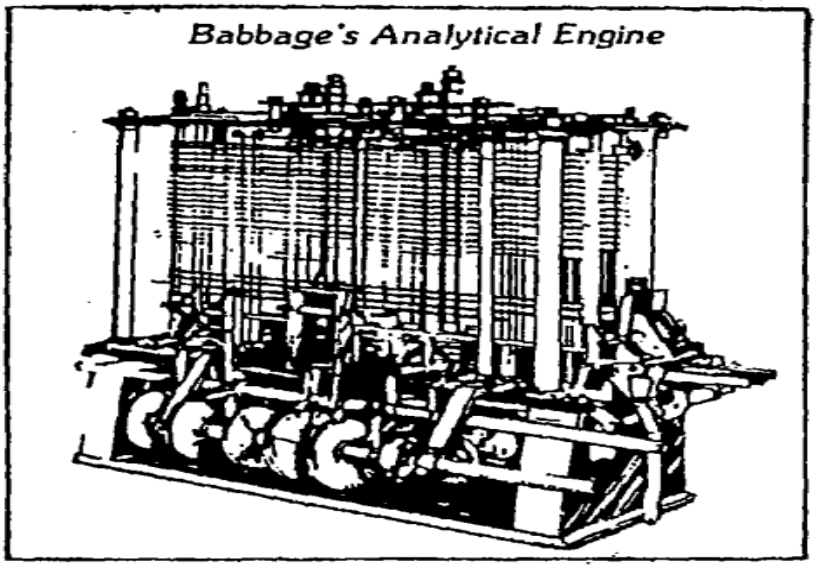
ثم قام "باباج" بتطوير آلته وصنع نموذجًا مطورًا لها – الشكل (٧/١) – أطلق عليه اسم "الآلة التحليلية" Analytical Engine (Jevons, 1870, p.141).

ولهذه الآلة مكونات الحواسيب الإلكترونية الرقمية المعاصرة نفسها؛ فهي تتكون من وحدات ثلاثة رئيسة بالإضافة إلى وحدات الإدخال والإخراج والوحدات الثلاث هي:-

- **المخزن Store Unit:** وهو الجزء الذي تخزن فيه البيانات والذى كان سعته حوالي ١٠٠٠ عدد كل منها مكون من ٥٠ رقمًا (أي ٥٠٠٠٠ رقم).

- **وحدة الحساب Arithmatic Unit:** وقد أطلق عليها "باباج" اسم الطاحونة Mill، وهي الجزء الذي يقوم بإجراء جميع العمليات الحسابية بطريقة تلقائية على الأعداد المخزنة بسرعة تصل إلى إنجاز عملية جمع أو طرح خلال ثانية واحدة، وإنجاز عملية ضرب عددين يتكون كل منهما من ٥٠ رقمًا خلال دقيقة واحدة، ولا غرو أن الحواسيب المعاصرة أكبر سرعة بكثير إلا أنها لا تقبل أعدادًا مكونة من ٥٠ رقمًا !!

- **وحدة التحكم والمراقبة Control Unit:** وهي الجزء الذي يقوم بالتحكم الذاتي في العمليات التي تقوم الآلة بإنجازها بخطوات متتابعة صحيحة، وكذلك المراقبة الذاتية لعملية انتقال البيانات بين وحدة الحساب والمخزن (أبو راضي، وقاسم، ١٩٩٠، ص ٢٤).



(الشكل ٧/١) نحذفها لانها لم تبنى

ومن ثم يشير "جيفونز" إلى أن الأجهزة الحسابية – الفروق والتحليل – التي قام "باباج" بتصميمها قادرة – من حيث النظرية على الأقل – على منافسة جهود أكثر علماء الرياضيات خبرة في كل فروع علمهم (Jevons, 1870, p.141).

ثم انتقل "جيفونز" إلى علم المنطق لبيان محاولات بناء وتصميم آلته المنطقية نسجًا على منوال الآلات الحسابية في علم الرياضيات.

ب – آلة جيفونز المنطقية

وعند الانتقال إلى مجال علم المنطق القريب إلى مجال علم الرياضيات، فإن "جيفونز" يشير إلى أنه لا يوجد أي محاولة سابقة عليه لبناء آلة تقوم بعمليات الاستدلال المنطقي. وحتى "رامون لول" قدم

مخططًا غير مُجْدٍ– عن آلة ميكانيكية – لم يتكون من أي شيء سوى عدة رسومات بيانية مكتوبة (Jevons, 1870, p.141).

ومن ثم يرى "جيفونز" أنه لا يمكن أن يُطلق على آلة "رامون لول" الميكانيكية اسم "آلة منطق" (Gardner, n.d., p.81)، حيث لم يتم بناؤها على أرض الواقع.

إلا إن "جيفونز" – وبعد فحصه لآلة "ستانهوب" المنطقية – أشار في مقدمة كتابه "مبادئ العلم" إلى أن "ستانهوب" قام بالفعل ببناء آلة ميكانيكية، قادرة على تمثيل الاستدلالات المنطقية بصورة متعينة Concrete form (Jevons, 1877, p.ix).

إن الآلة المنطقية التي تناولها "جيفونز" في مقاله عبارة عن محرك تحليلي ذو طابع بسيط يستطيع أداء عمليات الاستدلال المنطقي. وعن طريق قراءة المقدمات أو البيانات الخاصة بالحجة المنطقية على لوحة المفاتيح التي تمثل الحدود، والروابط، ونهايات القضية، تقوم الآلة بمقارنة تلك المقدمات وتقديم أي إجابة قد تعد مستنبطة منطقيًا من هذه المقدمات، وهكذا تم رد عملية الاستدلال إلى صورة ميكانيكية بحتة (Jevons, 1870, p.144).

ويشير "جيفونز" إلى أنه من الضروري تقديم وصف للآلة نفسها مصحوبًا بتفسير مختصر ومبسط لمبادئ منهج الاستدلال غير المباشر الذي تجسده تلك الآلة (Jevons, 1870, p.145) .

الاستدلال غير المباشر

بحلول عام ١٩٦١ كان "جيفونز" يعمل على تطوير نسقه الخاص في علم المنطق بناء على ما أسماه "استبدال المتشابهات" Substitution of Similars حيث تتمثل الفلسفة في الإشارة إلى التشابه بين الأشياء(Schabas, 1990, p.21) .

ثم قام بعرض عدد من الجوانب المهمة انطلاقًا من فكرته عن "استبدال المتشابهات". وكانت القضية الأساسية هي: يمكن لأي حد يوجد في أي قضية أن يحل محل الحد الذي تتأكد مطابقته له في أي قضية أخرى (Jevons, 1877, p.49). ويتضح لنا ذلك خلال ما قدمه في كتابه "استبدال المتشابهات":-

الحديد معدن

والمعدن عنصر

الحديد = المعدن

المعدن = عنصر

إذن الحديد = عنصر

إذا استمر العمل على هذا النحو، يتم الاستبدال كما يحدث في الجبر تمامًا(Jevons, 1869, p.29) . ولعل "جيفونز" كان يوضح ذلك بشكل مستمر باستخدام علامة (=) وأطلق على هذا اسم "الاستدلال المباشر".

ولكن "جيفونز" قام بوصف نوع آخر من الاستدلال يسمى "الاستدلال غير المباشر"، تم استنباطه مباشرة من منهج "استبدال المتشابهات" (Alden, 1890, p.343) ، كما أصبح أساسًا لمقاله "عن الأداء الميكانيكي للاستدلال المنطقي".

ولعل "جيفونز" قد اهتم بأحد أمثلة الاستدلال غير المباشر الذي طرحه الفيلسوف الرواقي "كرسيبوس" Chrysippus (206 – 280 ق.م تقريبًا)، يقول "جيفونز":-

> **سلوك هذا الكائن (أي الكلب) ليس بعيدًا عن علم المنطق؛ حيث إنه عندما يقوم بتتبع أحد الحيوانات يكون أمامه ثلاثة طرق، يقوم بشم الطريق الأول، ثم ينتقل إلى شم الطريق الثاني، وإذا وجد أن فريسته لم تسلك أيًا من الطريقين فإنه يسلك الطريق الثالث دون اللجوء لحاسة الشم، ويقول الفيلسوف (أي كرسيبوس) إن هذا الكلب يبدو وكأنه استدل على أن فريسته ربما سلكت إحدى الطرق الثلاث، فإن لم يكن الأول ولا الثاني، فلابد أنه قد سلك الطريق الثالث، وبالتالي يهرول إليه (Jevons, 1864, pp.47 – 48) .**

كان موقف "جيفونز" من الاستدلال غير المباشر جديدًا؛ حيث انطوى موقفه على أن القياس الأرسطي التقليدي ليس النموذج الوحيد للاستدلال، كما أنه سوف يساعده على اختراع نواة للحاسوب نتمكن بفضلها من القيام باستدلالات منطقية بطريقة ميكانيكية. رأى "جيفونز" أنه يمكننا إقامة استدلال غير مباشر يحوي أي عدد من المقدمات وأي عدد من الحدود، دون التقيد بثلاثة حدود وثلاثة قضايا (زيدان، ١٩٧٩، ص ٨٨).

ثم أقام "جيفونز" استدلالًا غير مباشر – بناء على عملية الحذف – يحوي على مقدمتين وثلاثة حدود، وذلك على النحو التالي:-

الحديد معدن ... (١)

والمعدن عنصر ... (٢)

وكي يتوصل "جيفونز" إلى نتيجة الاستدلال، قام بالتركيبات Combinations الممكنة بين حدوده ومقدماته، وسوف نجد أن ثمة أربعة تركيبات ناتجة عن الحدود الثلاثة السابقة، كما يلي:

الحديد معدن، عنصر ..... (a)

أو معدن ، ليس عنصر ..... (b)

او ليس معدن ، عنصر ..... (c)

أو ليس معدن ، ليس عنصر ..... (d)

تشير المقدمة الأولى إلى أن الحديد معدن؛ ولهذا سوف نستبعد التركيبات (c) و(d) أما المقدمة الثانية، فتشير إلى أن المعدن يجب أن يكون عنصرًا؛ ولهذا سوف نستبعد التركيب (b) ويترتب على ذلك أن الحديد يجب أن يوصف خلال التركيب الأول (a) فقط، أى أنه معدن وعنصر (Jevons, 1877, p.88) .

ومثلما أن كلب كرسيبوس لم يحتج أن يشم (يحلل) الطريق الثالث، بل هرول إليه بعد استبعاد الطريقين الآخرين، فسيتم إدراك أن المقدمة الأولى صحيحة بناء على استبعاد وحذف الثلاث الأخرى. ويوضح المثال السابق منهج الاستدلال غير المباشر الذي اتبعه جيفونز.

هذا مثل يضربه "جيفونز" لبيان أنه يمكن الإتيان باستدلال غير مباشر يتألف من عدد من الحدود والمقدمات، نلاحظ أن الثلاثة حدود قد خرج منها أربعة تركيبات ممكنة (زيدان، ١٩٧٩، ص ٨٩).

ويلاحظ "جيفونز" أنه من الأفضل – لتحديد الصورة المنطقية لما نريد الحديث عنه بدقة خلال المنهج الاستدلالي – استبدال الكلمات المثبتة بحروف الهجاء A, B, C ... إلخ. وفي الوقت نفسه، استبدال الكلمات المنفية بحروف صغيرة مائلة ***a, b, c***. وبالتالي:

إذا كانت A تشير إلى الحديد فإن ***a*** تشير إلى ما هو ليس حديدًا

إذا كانت B تشير إلى المعدن فإن ***b*** تشير إلى ما هو ليس حديدًا

إذا كانت C تشير إلى العنصر فإن ***c*** تشير إلى ما هو ليس عنصرًا

وعند اقتران هذه الحدود العامة جنبًا إلى جنب كما في A***bc***, ABC، فإنها تشير إلى حد أو شيء يحمل سمات الحدود المنفصلة. وبمعنى آخر، تشير ABC إلى الحديد الذي يعد معدنًا وعنصرًا، بينما تشير ***a***BC إلى المعدن الذي يعد عنصرًا ولكن ليس حديدًا. هذه الحروف A,B,C,***a,b,c*** يمكن دمجها معًا بشكل يشبه الصفات والأسماء التي تصفها (Jevons, 1870, p.147) .

ويشير "جيفونز" إلى أن هذه الحروف ليس لها معنى في ذاتها، بل تعد علامات مختصرة تستخدم للإشارة إلى الأسماء وبذلك فهي تقلل من جهد الكتابة، وتحقق الوضوح والدقة في كتابة العبارات الطويلة المكونة من سلسلة من الكلمات (Jevons, 1870, p.147) .

ومن ثم، فعندما نرغب في القيام بحل شامل لإحدى المسائل المنطقية، ينبغي أولًا تكوين سلسلة كاملة من كل تركيبات الحدود المتضمنة في هذه المسألة. وإذا كان ثمة اثنان من الحدود A وB، فإن أقصى مجموعة من التركيبات يمكن أن تظهر منها هذه الحدود هي:

A B

A ***b***

a B

a ***b***

يظهر الحد A في التركيب الأول والثاني، ويظهر الحد B في التركيب الأول والثالث، وأما الحد ***a*** فيظهر في التركيب الثالث والرابع، و ***b*** في التركيب الثاني والرابع (Jevons, 1877, p.91).

وينبغي اتباع المنهج نفسه عند التطرق لمسألة تحتوي على عدد أكبر من الحدود. وهكذا، تؤدي الحدود الثلاث A, B, C إلى ظهور التركيبات الثمانية التالية وهي:

A B C

A B ***c***

A ***b*** C

A ***b*** ***c***

a	B	C
a	B	***c***
a	***b***	C
a	***b***	***c***

وعندما يكون ثمة مسألة منطقية تحوي أربعة حدود مختلفة A, B, C, D، نقوم بمضاعفة عدد التركيبات اللازمة، مما يؤدي إلى ظهور ستة عشر تركيبًا، وهي:

A	B	C	D
A	B	C	***d***
A	B	***c***	D
A	B	***c***	***d***
A	***b***	C	D
A	***b***	C	***d***
A	***b***	***c***	D
A	***b***	***c***	***d***
a	B	C	D
a	B	C	***d***
a	B	***c***	D
a	B	***c***	***d***
a	***b***	C	D
a	***b***	C	***d***
a	***b***	***c***	D
a	***b***	***c***	***d***

ويشير "جيفونز" إلى أنه يتضاعف عدد التركيبات كلما أضفنا حدودًا جديدة، وهكذا ينتج اثنان وثلاثون تركيبًا عن الخمسة حدود A, B, C, D, E، وينتج أربعة وستون تركيبًا عن الخمسة حدود A, B, C, D, E, F ، ويقترح "جيفونز" تسمية هذه السلسلة من التركيبات باسم "الأبجدية المنطقية" Logical Alphabet (Jevons, 1877, pp.92 – 94) والتي تشير بشكل رمزي إلى كل التركيبات الممكنة لقيم الصدق (Gardner, 1958, p.96).

لقد تم تحقيق قدر كبير من الوضوح والإيجاز نتيجة استخدام الحروف بوصفها حدودًا؛ لأنه إذا اعتبرنا أن الحديد هو A والمعدن هو B والعنصر هو C فإن مقدمات المثال ستكون ببساطة كالتالي:

الحديد معدن .... A يكون B ..... (١)

المعدن عنصر ... B يكون C .... (٢)

أما التركيبات التي قد تعبر فيها A عن نفسها فهي كالتالي:

ABC ….. (a)
AB***c*** …... (b)
A***b***C …… (c)
A***bc*** ….. (d)

ولكن نلاحظ أن ثمة تناقض بين كل من (c) و (d) مع (1)، وأيضًا ثمة تناقض بين (b) مع (2) ... وبالتالي:

A تتطابق مع ABC

ونجد أن هذا الحد – أي ABC – يحمل الوصف الكامل لـ A أو الحديد في ظل الشروط (١) و(٢) (Jevons, 1870, p.148).

ويشير "جيفونز" إلى أن كل تركيبات الحدود A, B, C و ***a, b, c*** الممكنة يبلغ عددها ثمانية فقط – وفقا للأبجدية المنطقية – وهي على النحو التالي:-

(a) ABC
(b) AB***c***
(c) A***b***C
(d) A***bc***
(e) ***a***BC
(f) ***a***B***c***
(g) ***ab***C
(h) ***abc***

ولعل كل أصناف الأشياء التي من المحتمل أن توجد سيتم التعبير عنها خلال اختيار التركيبات الملائمة من القائمة السابقة، فسوف تتكون B من (a)، و(b)، و(e) و(f) . وسوف تتكون C من (a)، و(c)، و(e) و(g)، وسوف تتكون BC من تركيبات مشابهة لهذه الأصناف مثل (a) و(e) وهكذا. وإذا كنا نرغب في التوصل إلى حل كامل للمسألة المنطقية فإنه لتوفير قدر كبير من الجهد ينبغي أولًا ملاحظة التطور الكامل للتركيبات، ثم اختبار كل تركيب في ضوء المقدمات، ثم استبعاد التركيبات غير المتسقة، ثم نختار من التركيبات المتسقة الباقية ما قد يشكل أي صنف نرغب في وصفه، وبتطبيق هذه العمليات في حالة المقدمات (١) و(٢) نجد أن ثمة أربعة تركيبات فقط متسقة مع المقدمات من بين الثمانية الموضحة وهي:

ABC ….. (a)
aBC ….. (e)
abC ….. (g)
A***bc***…... (h)

وفي هذه المجموعة من التركيبات، يتم تجسيد الشروط (١) و (٢) والتعبير عنها بحيث تدرك على الفور أنه في ضوء هذه الشروط:-

A تتكون من ABC فقط

B تتكون من (a) أو (e)

b تتكون من (g) أو (h)

c تتكون من (h)

a تتكون من (e) ، (g) أو (h)

من السهل رؤية أن حل كل مسألة تحتوي على ثلاثة حدود A, B, C سوف يتمثل في إجراء اختيار مشابه للتركيبات المتسقة من مجموعة التركيبات الثمانية المشار إليها. أما المسائل التي تحتوي على أربعة حدود مميزة، فسوف تستلزم سلسلة مكونة من ستة عشر تركيبًا ممكنًا، وإذا زاد العدد إلى خمسة أو ستة حدود، فسوف يصل عدد التركيبات إلى ٣٢ أو ٦٤ تركيبًا (Jevons, 1870, p.150) .

ومن ثم يشير "جيفونز" إلى أن عملية الاستدلال غير المباشر بأكملها سوف ترد إلى مجرد تكرار لعدد من عمليات متماثلة من التصنيف، والانتقاء، واستبعاد المتناقضات. وباختصار، يصبح الاستنباط المنطقي أمر نمطي، كما أن مقدار العمل والجهد اللازم سيصبح هو العائق الوحيد أمام حل أي مسألة منطقية (Jevons, 1870, p.151).

فمجرد كتابة (٦٤) تركيبًا خاص بستة حدود مختلفة لا يعد مهمة بسيطة؛ ولهذا وجه "جيفونز" قدرًا كبيرًا من الاهتمام نحو تقليل العمل اليدوي والعقلي في هذه العملية، وذلك باستخدام الوسائل الميكانيكية التي تتفاوت في أنواعها ودرجاتها (Jevons, 1877, p.96) .

أي أن "جيفونز" أدرك صعوبة التوصل إلى نتيجة استدلال حين يكثر عدد مقدماته، فبحث عن وسيلة لتسهيل عملية الاستدلال، فاخترع "الآلة المنطقية" The Logical Machine لأداء التركيبات المطلوبة بين الحدود والتوصل إلى نتيجة أي استدلال منطقي دون أي جهد عقلي (زيدان، ١٩٧٩، ص ٨٩).

وقد كانت تلك آلة "جيفونز" المنطقية تتويجًا لسلسلة من الاختراعات والوسائل المساعدة وهي اللوح المنطقي Logical Slate والمعداد المنطقي Logical Abacus (Aspray, 1990, p.110).

١ – اللوح المنطقي

يتألف اللوح المنطقي من نظام أبجدي كامل منقوش على لوح الكتابة المعتاد، الأمر الذي يقلل من جهد الكتابة وعنائها لكل التركيبات الممكنة، حيث يتكون أصغر تركيب من (٤) حروف، بينما تتكون التركيبات الأخرى من ٨، ١٦، ٣٢، ٦٤ حرفًا على التوالي وذلك كما في الشكل التالي:

A B	A B C	A B C D	A B C D E	A B C D E F
A *b*	A B *c*	A B C *d*	A B C D *e*	A B C D E *f*
a B	A *b* C	A B *c* D	A B C *d* E	A B C D *e* F
a b	A *b c*	A B *c d*	A B C *d e*	A B C D *e f*
	a B C	A *b* C D	A B *c* D E	A B C *d* E F
	a B *c*	...	...	...
	a b C	...	....	...
	a b c	*a b c d*	*a b c d e*	*a b c d e f*

يتم فحص كل تركيب في ضوء كل مقدمة من المقدمات، ثم اختيار التركيبات المتسقة مع المقدمات وشطب التركيبات المتناقضة بالقلم، بحيث يتبقى تركيب لم يتم شطبه وهو الذي يمثل النتيجة. ولقد استخدم "جيفونز" هذا اللوح المنطقي لمدة (١٢) عامًا؛ حيث ساعده كثيرًا في تقليل مشقة كتابة كل التركيبات الممكنة (Jevons, 1869, p.54; Jevons, 1877, p.96).

إلا إن الترتيب الثابت والمحدد للتركيبات في الأبجدية المكتوبة جعل من الضروري النظر إليها بشكل منفصل، وانتقاء التركيبات التي تندرج تحت صنف بعينه خلال الانتباه العقلي المتكرر. ولكن يترتب على ذلك بذل قدر كبير من الجهد، بالإضافة إلى أن خطورة الخطأ قد تنشأ هنا (Jevons, 1870, p.151).

ومن ثم، فبدلًا من كتابة هذه التركيبات في ترتيب ثابت على لوح الكتابة، قام "جيفونز" بطباعتها على دعامات خشبية. ومن ثم أصبح من السهل – بواسطة بعض الإجراءات الميكانيكية – اختيار تركيبات الحروف ذات الفئات المتوافقة مما سيؤدي لاختصار جهد مقارنتها بالمقدمات، وقد تم تنفيذ هذه الفكرة في المعداد المنطقي (Jevons, 1869, p.55).

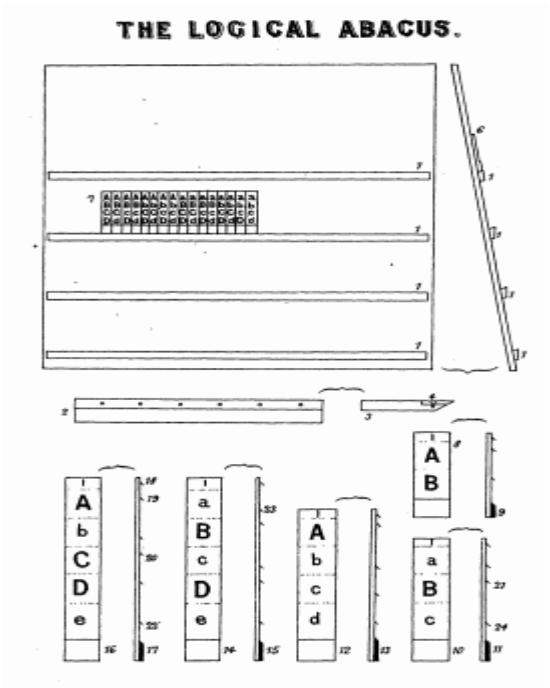
٢ – المعداد المنطقي

يشير "جيفونز" إلى أن المعداد المنطقي يعد أداة ملائمة لدراسة علم المنطق داخل قاعات الدراسة (Jevons, 1870, pp.151 – 152). حيث أشار إلى أنه استخدم المعداد المنطقي بوصفه أحد الوسائل المساعدة في التدريس، وليس في الحساب بقوله:-

وجدت المعداد المنطقي مفيدًا في حجرة المحاضرات لعرض الحل الكامل للمسائل المنطقية (Jevons, 1877, p.104).

ومن ثم، قام "جيفونز" بتصميم المعداد المنطقي – الشكل (٨/١) – بوصفه أحد الوسائل المساعدة في التعليم (Buck & Hunka, 1999, p.21) .

وبذلك يعد المعداد المنطقي أوضح حل ممكن لأي سؤال يمكن عرضه على مجموعة من الطلاب حيث يتم رؤية كل خطوة من خطوات الحل والبرهان عليها بوضوح (Jevons, 1870, p.152) .



الشكل (٨/١)

تم عرض هذا المعداد المنطقي أمام أعضاء جمعية مانشستر الأدبية والفلسفية، وخلال وصف "جيفونز" لهذا المعداد، أشار إلى أنه يتكون من (Jevons, 1869, p.55) :-

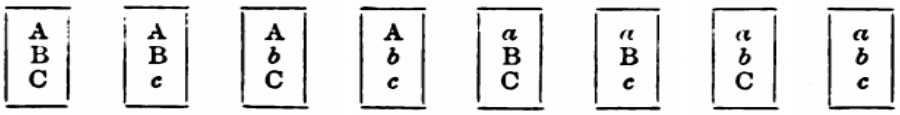
(١) لوح أسود ماثل مزود بأربعة حواف أفقية يبلغ طولها ثلاث أقدام تم تثبيتها بعيدة عن بعضها البعض.

(٢) سلسلة من القطع الخشبية المستوية، يتكون أصغر مجموعة من (٤) دعامات، وتتكون المجموعات الأخرى من ٨، ١٦، ٣٢، ٦٤ دعامة على التوالي، وتتميز كل مجموعة بتركيبات بعينها من الحروف على النحو التالي:-

FIRST SET

تتكون المجموعة السابقة من (٤) دعامات يعبر كل منها عن تركيب واحد محتمل لتعبيرات المجموعة (A, B, ***a, b***). أما المجموعة الثانية فكانت تحتوي على (٨) دعامات يعبر كل منها عن تركيب واحد لعناصر المجموعة (A, B, C, ***a, b, c***) (Jevons, 1869, p.56):

SECOND SET



بينما تتكون المجموعة الثالثة من (١٦) دعامة تتوافق مع كل التركيبات الممكنة لعناصر المجموعة (A, B, C, D, ***a, b, c, d***). وبالمثل، تكونت المجموعة الأخيرة من (٣٢) تعبر عن كل التركيبات الممكنة بين عناصر المجموعة (A, B, C, D, E***, a, b, c, d, e***) (Jevons, 1869, p.56).

تحمل كل دعامة خشبية دبابيس فولاذية قصيرة مثبتة داخل فتحات تم ثقبها بالقرب من قمة أو قاع كل مستطيل، فإذا كان الحرف الموجود على المستطيل حدًا موجبًا – A على سبيل المثال – فإن الدبوس يوجد في الفتحة الأعلى، بينما تستلزم الحدود السالبة الموجود على المستطيل – والتي عبر عنها "جيفونز" بحروف صغرى مائلة مثل ***a*** – أن يكون الدبوس في الفتحة الأدنى (Buck & Hunka, 1999, p.22).

ولتوضيح كيفية اختزال أحد التعبيرات المعقدة، قام "جيفونز" بتكوين تعبير ما على الحافة العليا، وباستخدام مسطرة موجودة أسفل الدبابيس استطاع رفع وإزالة جميع المستطيلات وتحريكها بحيث يظهر حرف بعينه أو قيمة بعينها في المرة الواحدة (Buck & Hunka, 1999, p.22).

مع ملاحظة أن الدعامات التي تحتوي على حدود دون دبابيس تظل ساكنة في مكانها. بناء على ذلك، يؤدي إزالة الدعامات الخاصة بالحد A إلى ثبات كل الدعامات الخاصة بنظيرها المنفي في مكانها (Buck & Hunka, 1999, p.22).

ويوضح "جيفونز" استخدام المعداد المنطقي على نحو أفضل خلال المثال التالي من قياس باربرا (Jevons, 1869, pp.56 – 57):-

الإنسان فان

سقراط إنسان

سقراط فان

وبفرض أن:

A = سقراط

B = إنسان

C = فان

وبالتالي، تشير الحروف الصغيرة المائلة المقابلة لها إلى النفي:

a = ليس سقراط

b = ليس إنسان

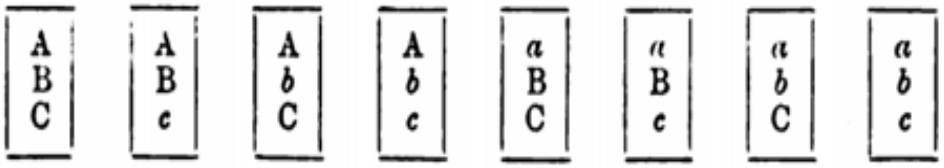
c = ليس فان

ويمكن صياغة المقدمة كالتالي:

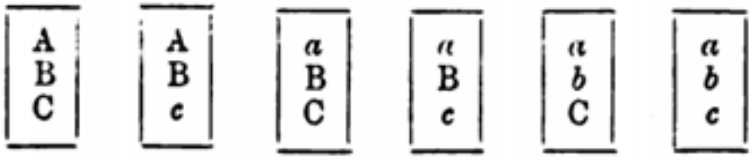
A يكون B

B يكون C

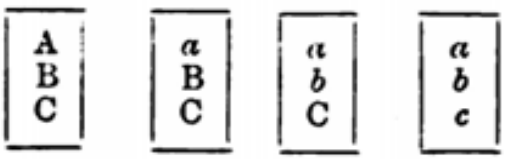
ومن ثم يمكن اشتقاق المعادلة A=C من كل A=B و B = C خلال النظر إلى المجموعة الثانية من التركيبات المحتملة لـ ***a, b, c*** A, B, C, ومحاولة التأكد أي من التركيبات يعد ممكنًا في ضوء شروط المقدمات (Jevons, 1869, p.57) :



ثم نقوم باختيار كل الدعامات التي تحمل الحرف A، وحيث إن هذه ينبغي أن تكون B وفقًا للمقدمة، قم باختيار كل الدعامات التي تعد ***b*** (نفي B) ونقوم بإزالتها. ثم نقوم بجمع ما تبقى من الدعامات، وبالتالي نحصل على (Jevons, 1869, p.57) :



ومع اختيار كل B والتي ينبغي أن تكون C وفقا للمقدمة الثانية، قم باختيار كل الدعامات التي تعد ***c*** (نفي C). سيتبقى الأربع دعامات التالية (Jevons, 1869, p.57) :



ولوصف سقراط أو A فإننا نختار فقط الدعامات التي تحتوي على A ونلاحظ أنها قد ارتبطت بـ C؛ ومن ثم فإن النتيجة التي يتم التوصل إليها هي "سقراط فان". ومن ثم، فبالنظر إلى التركيب الوحيد الذي يحتوي على A مع ملاحظة أنه قد ارتبط بـ C وبالتالي فإن A=C (Jevons, 1869, p.57):

ويشير "جيفونز" إلى أن النسق التحليلي السابق ينطبق على الحجج مهما بلغت درجة تعقيدها، وكمثال على ذلك، تناول "جيفونز" المقدمات الواردة بكتاب – الرياضي الإنجليزي "جورج بول" Boole, G. (١٨١٥ – ١٨٦٤) – "بحث في قوانين الفكر" (Boole, 1854, p.125). وذلك على النحو التالي (Jevons, 1869, p.58):

(١) الأشكال المتماثلة تتكون من كل الأشكال التي تكون زواياها المتطابقة متساوية، وأضلاعها المتطابقة متناسبة.

(٢) المثلثات التي تكون زواياها متساوية تكون أضلاعها متناسبة والعكس صحيح.

بفرض أن:

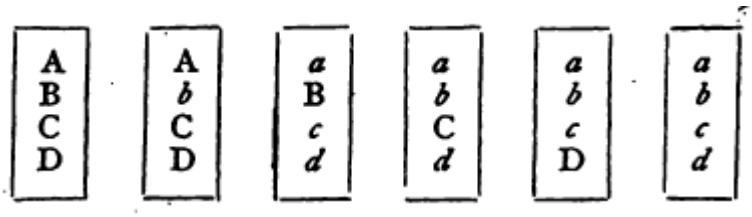
A = متماثل B= مثلث C = زواياه المتطابقة متساوية D = أضلاعه المتطابقة متناسبة

يمكن التعبير عن المقدمات بهذا الشكل على النحو التالي:

A= CD

BC = BD

يتم تناول مجموعة مكونة من (١٦) دعامة، من بين كل ما ينتمي لـ A يتم رفض كل ما هو ليس CD، ومن بين كل ما هو CD يتم رفض كل ما هو ليس A، ومن بين كل ما هو BC يتم رفض كل ما هو ليس BD، ومن بين BD يتم رفض كل ما هو ليس BC. وعندئذ سيبقى فقط (٦) دعامات على النحو التالي(Jevons, 1869, p.58) :



مما تتكون سبق يمكن قراءة كل النتائج التي استنبطها "جورج بول" خلال عملياته المبهمة، وعلى الفور يمكن رؤية أن الفئة ***a*** – على سبيل المثال – أو الأشكال غير المتماثلة تتكون من كل المثلثات B التي لا تكون زواياها المتطابقة متساوية c ولا تكون أضلاعها متناسبة ***d***، وأيضا من كل الأشكال التي لا تعد مثلثات ***b*** والتي تكون إما زواياها متساوية C وأضلاعها غير متناسبة ***d***، أو انها أضلاعها المتطابقة متناسبة D لكن زواياها غير متساوية ***c***، أو إن زواياها غير متساوية ***c*** وأضلاعها غير متناسبة ***d*** .(Jevons, 1869, p.58)

ورغم النجاح الواضح في البرهنة على مبادئ الجبر المنطقي لدى "جورج بول" بشكل مادي، فإن "جيفونز" لم يكن مقتنعًا باستخدام المعداد المنطقي؛ حيث يستلزم الاستخدام الصحيح له أن يكون المُستخدم على علم بما ينبغي أن يفعله (Buck & Hunka, 1999, p.22) .

إن المعداد المنطقي الذي طوره "جيفونز" كان أداة موفرة للجهد تحتاج فقط لإضافة المفاتيح، والرافعات، والبكرات ليصبح آلة منطق، هذه الأداة كانت صورة أولية جدًا من آلة البطاقات المثقوبة التي أصدرتها IBM (Gardner, 1958, p. 97)، والمعروفة بوصفها وسيلة لتخزين ونقل المعلومات لأجهزة الحاسوب.

ويشير "جيفونز" إلى إن المعداد المنطقي رغم أنه عمل على تقليل الجهد المبذول باستخدام منهج الاستدلال غير المباشر، فإنه لم يخلُ من احتمالية الخطأ، وكان يعتقد أنه يمكن تقديم برهان على عمومية وقوة منهج الاستدلال غير المباشر إذا تم تحويله إلى صورة ميكانيكية بحتة، وقد أوحت فكرة المعداد المنطقي إلى "جيفونز" بتصميم الآلة المنطقية، وبعد محاولتين غير ناجحتين، نجح في إنشائها بصورة بسيطة وفاعلة (Jevons, 1877, pp.107 – 108).

٣ ـ الآلة المنطقية

أشارت بعض الأعمال المنطقية إلى أن الآلة المنطقية ليست من تصميم "جيفونز"، بل قام صانع ساعات شاب في سالفورد بتصميمها عام ١٨٦٩، واقتصر دور "جيفونز" على عرضها وتوضيح تركيبها وطريقة عملها، ثم أطلق عليها اسم "البيانو المنطقي" Logic Piano (Gardner, 1958, p.97). إلا إن الباحث لا يتفق مع هذا الرأي؛ حيث لا يوجد دليل مادي يدعمه، فضلًا عن أن "جيفونز" لم يستخدم مصطلح "البيانو المنطقي" لوصف تلك الآلة في الأعمال التي تم نشرها.

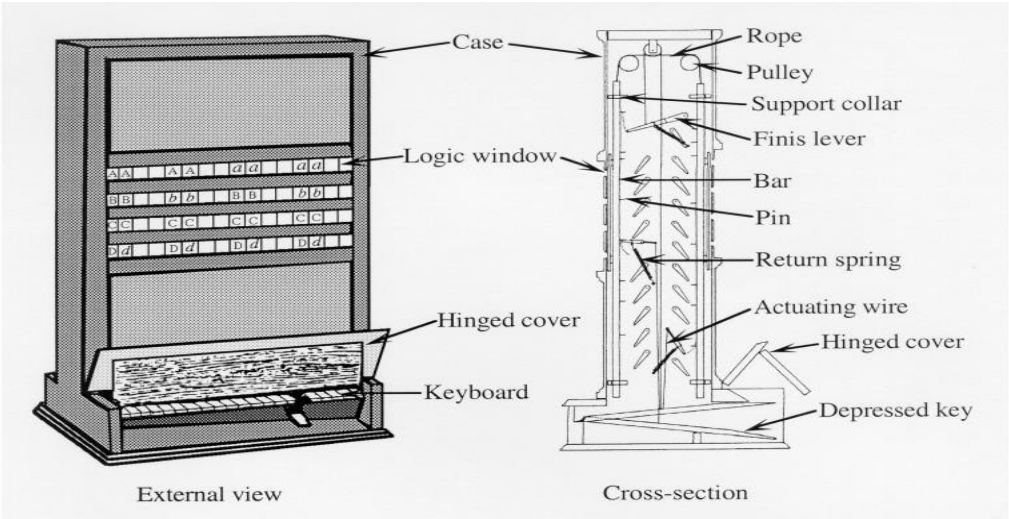
وقد عرض "جيفونز" آلته المنطقية في أحد اجتماعات الجمعية الملكية في لندن، وقام بتوضيح تركيبها وطريقة عملها في مقالته "عن الأداء الميكانيكي للاستدلال المنطقي" (Gardner, 1958, p. 97)، وفي رسالة تم تحريرها في ٢٣ يونيو عام ١٨٦٨ علق "جيفونز" عن تصميم الآلة بقوله:

> **تتعامل الآلة في غضون دقائق معدودة مع أي مسألة منطقية لا تتضمن أكثر من أربعة حدود مختلفة، ويبدو الشكل الخارجي للآلة مثل أوكورديون كبير أو بيانو صغير جدًا ويحتوي على ٢١ مفتاحا (Jevons, 1977, p.185).**

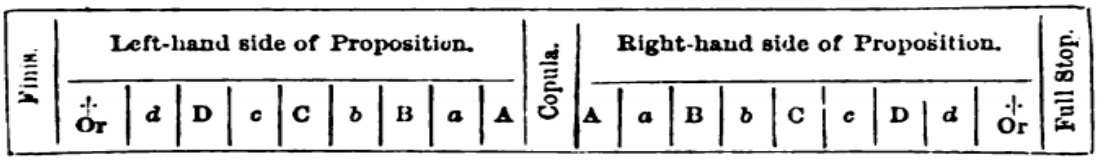
ومن ثم، يشير "جيفونز" إلى أنه قد صمم آلته المنطقية لحل أي مسألة منطقية لا تحتوي على أكثر من أربعة حدود مثبتة يشار إليها بالحروف الكبيرة A, B, C, D بالإضافة إلى نظيرتها المنفية ويشار إليها بالحروف الصغيرة ***a, b, c, d***. وبناء على ذلك، فإن التركيبات الأبجدية اللازمة يبلغ عددها (١٦) تركيبًا (Jevons, 1870, p.157).

تشبه آلة "جيفونز" المنطقية – من حيث الشكل الخارجي كما هو موضح بالشكل (١/ ٩) – البيانو العادي بارتفاع ثلاثة أقدام تقريبًا، وتوجد بها أدوات الإدخال والإخراج An input-output tools؛ ممثلة في النوافذ المنطقية logic windows ولوحة المفاتيح keyboard. بالنسبة للنوافذ المنطقية؛ توجد إحداهما في واجهة البيانو والأخرى خلفه، بحيث يمكن للطلاب من إحدى جهات الآلة، والمستخدم من الجهة الأخرى ملاحظة حروف الهجاء المنطقية التي تمثل التركيبات الستة عشرة الممكنة للحدود المنطقية ونفيها A, ***a***, B, ***b***, C, ***c***, D, ***d*** والمستخدمة في التدوين المنطقي (كل تركيب يمثل صف رأسي من أربعة حدود)، بالإضافة إلى ملاحظة الحروف العديدة التي تمثل النتيجة التي انتهت إليها الآلة المنطقية. أما لوحة المفاتيح فهي تشتمل على (٢١) مفتاحًا مرتبًا كما هو موضح بالشكل (١٠/١). أما الأربعة حدود في صورتها الإيجابية والمنفية فيتم التعبير عنها خلال ثمانية مفاتيح للحروف على اليسار ومثلها بترتيب

عكسي على اليمين (وكأنها أمام مرآة)، يفصل بينها مفتاح يسمى بالرابطة "هي" COPULA، ويتم الضغط عليه عند وجود العلامة (=) أو الفعل (يكون). وتشير مفاتيح الحروف الموجودة على اليسار إلى موضوع القضية. أما الموجودة على اليمين فهي تتعلق بمحمول القضية ويوجد على أحد الجانبين بعيدًا عن مفاتيح الحروف مفتاح الفصل (Or) بمعناه الشامل أو العلامة (٠|٠) وذلك تبعا لمكان وجودها في اليمين أو اليسار[٩]. وآخر مفتاح يوجد على الجانب الأيمن هو مفتاح "النقطة" FULL STOP ويتم الضغط عليه في نهاية كل قضية حيث توضع النقطة بشكل طبيعي وعلى أقصى اليسار يوجد مفتاح "النهاية" FINIS والذي يستخدم لإنهاء مسألة وتجهيز الآلة لاستقبال مسألة أخرى جديدة، وبشكل مستقل عن العملية السابقة (Jevons, 1870, pp.158 – 159; Jevons, 1877, pp.108 – 109).



الشكل (٩/١)



(١٠/١)

وبالإضافة إلى أدوات الإدخال والإخراج الموجودة بالآلة المنطقية – أي لوحة المفاتيح ونوافذ المنطق– فإن كل مفتاح بها يتصل برافعة lever خلال سلك نحاسي محفز copper actuating wire، فضلا عن وجود زنبرك للارتداد A return spring مثبت في كل رافعة. كما تحتوي الآلة على (١٦) قضيبًا bar مرتبة بشكل عمودي على هيئة صفين؛ توجد ثمانية قضبان في مقدمة الآلة، أما الثمانية الأخرى فتوجد في الجزء الخلفي. وترتبط الحبال Ropes قمة كل قضيب من الأمام مع الجزء الموافق له من الخلف وذلك خلال نظام من البكرات Pulleys. وقد تم تثبت القضبان في مكانها خلال حلقات تدعيم support collars توجد بالقرب من قمة وقاع كل قضيب. وثمة عدد من الدبابيس pins تم وضعها في فتحات تم ثقبها في كل قضيب (Buck & Hunka, 1999, p.22) .

[٩] استخدم "جيفونز" في البداية استخدم الرمز (+) للإشارة إلى عملية OR (أو)، ولكنه سرعان ما قام بتغييرها إلى علامة قسمة محوله بمقدار ٩٠درجة (٠|٠) وذلك من أجل تمثيل مفهوم العملية المنطقية (أو) بمعناها الشمولي بشكل أفضل (Buck & Hunka, 1999, p.23).

ورغم كون الآلة ميكانيكية، فإنها تعمل في حالتين: إما أن يتم تعشيق Engaged الدبوس ويتحرك القضيب لمسافة محددة أو لا يحدث ذلك الإجراء، ولعل منهج التشغيل هذا يختلف بشكل جوهري عن الآلات التناظرية مثل الآلات التي تعمل بالتروس، حيث تتحرك التروس بالإضافة إلى أجزاء مختلفة من الآلة بنسب متفاوتة (Buck & Hunka, 1999, p.23).

يتم إدخال العبارة المنطقية إلى الآلة خلال الضغط على المفاتيح ووفقًا لقواعد بعينها، تقوم الرافعات والبكرات الداخلية بإخفاء كل تركيبات الحدود التي لا تتسق مع العبارة التي تم إدخالها من واجهة الآلة (Gardner, n.d., p. 81).

لنفرض الآن أننا ندخل إلى الآلة المعلومة التالية: كل A يكون B وكل B يكون C. وإذن كل A يكون C . ففي البداية ينبغي الضغط على مفتاح FINIS بحيث تعرض أداة الإخراج المساحة المنطقية التالية:

A	A	A	A	A	A	A	A	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***
B	B	B	B	***b***	***b***	***b***	***b***	B	B	B	B	***b***	***b***	***b***	***b***
C	C	***c***	***c***	C	C	***c***	***c***	C	C	***c***	***c***	C	C	***c***	***c***
D	***d***	D	***d***	D	***d***	D	***d***	D	***d***	D	***d***	D	***d***	D	***d***

ثم يتم البدء بصياغة هذه المعلومة في صورة معادلة بالشكل التالي: A=AB و B=BC. ولإدخال المعادلة الأولى A=AB، يقوم الفرد بالضغط على المفتاح A يسارا ثم الرابطة ثم A يمينا و B يمينا ثم النقطة

$$(A \Rightarrow COPUL \Rightarrow A \Rightarrow B \Rightarrow FULL\ STOP)$$

هذا الإجراء يعمل على تحديث شكل العرض بحيث يظهر الآن نتيجة حذف كل التركيبات التي تحتوي على A***b***. كما في الشكل التالي:-

A	A	A	A					***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***	***a***
B	B	B	B					B	B	B	B	***b***	***b***	***b***	***b***
C	C	***c***	***c***					C	C	***c***	***c***	C	C	***c***	***c***
D	***b***	D	***b***					D	***b***	D	***b***	D	***b***	D	***b***

ثم يتم إدخال المقدمة الثانية B = BC وذلك بالضغط على المفاتيح بالكيفية نفسها، B يسارًا ثم الرابطة ثم B يمينًا و*c* يمينا ثم النقطة.

$$(B \Rightarrow COPUL \Rightarrow B \Rightarrow C \Rightarrow FULL\ STOP)$$

ولعل شاشة العرض لم تظهر أي تركيب يحتوي على A***c***، وبالتالي يمكن استنتاج أن كل A يكون C. كما في الشكل التالي:-

A	A							***a***	***a***			***a***	***a***	***a***	***a***
B	B							B	B			***b***	***b***	***b***	***b***
C	C							C	C			C	C	***c***	***c***
D	***b***							D	***b***			D	***b***	D	***b***

يحذف هذا الإجراء تلقائيًا من واجهة الآلة كل التركيبات التي لا تتسق مع المقدمات التي تم إدخالها إلى الآلة. ومن ثم، سوف يظهر أمام المشغل على واجهة الآلة تركيبات الحروف التي تتسق فقط مع المقدمات، ويمكن ملاحظة أن هذه الخطوة الأخيرة – أي تقييم المخرج النهائي – لم يتم ميكنتها بعد (Gardner, 1958, p. 99; Valencia, n.d., pp. 460 – 461).

وتعد آلة "جيفونز" المنطقية عدادًا منطقيًا، ووظيفة المشغل هي إدخال المقدمات للآلة خلال سلسلة من المفاتيح، أما مهمة رفع التركيبات المتسقة مع المقدمات إلى مستوى أعلى فيتم القيام بها بشكل ميكانيكي بواسطة سلسلة من الرافعات، ويتم عرض التركيبات التي تم التعبير عنها في المقدمات والمتسقة معها خلال ستارة شبكية وشقوق أفقية. (Baldwin, 1997, pp. 78 – 79; Gardner, 1958, p. 100) .

إلا إن جيفونز لا ينسب لتلك الآلة قدرًا كبيرًا من المنفعة العملية، ففي حياتنا العادية لا نحتاج دائمًا إلى حل أسئلة منطقية معقدة، كما أن قواعد الحساب العادية – في الحساب الرياضي – تعمل بشكل جيد وكافٍ، أما الآلة الحاسبة فيتم استخدامها فقط في الحالات الخاصة(Jevons, 1877, pp. 108 – 109) .

ومن ثم، يعتقد "جيفونز" أن الآلة المنطقية قد تستخدم بوصفها وسيلة شرح فاعلة في قاعات الدراسة، حيث تعرض أمام مجموعة من الطلاب تحليل مرئي واضح للمسائل المنطقية ذات درجات متفاوتة من التعقيد، كما أنها تظهر كل خطوة من خطوات الحل بوضوح (Jevons, 1870, pp.170 – 171).

وهكذا يتضح أن "جيفونز" استخدم الآلة المنطقية بوصفها وسيلة تعليمية فقط، فوجود نافذتين للمنطق قد أدى لتسهيل استخدامها بهذا الشكل، فإذا وُضعت على المكتب مثلًا يمكن للمعلم الضغط على أي مفتاح ويلاحظ النتيجة في النافذة المنطقية الأمامية، بينما يلاحظ الطلاب النتيجة في النافذة المنطقية الموجودة خلف الآلة (Buck & Hunka, 1999, p.23) .

وتجدر الإشارة إلى أن ثمة حاجة لبعض العمليات العقلية الخاصة بالتفسير وتبسيط دلالات التركيبات في حدود بسيطة، حيث لم يوجد حتى الآن آلة تستطيع القيام بذلك بشكل ميكانيكي، ولهذا يمكن القول إن الآلة لا تلغي استخدام القدرة العقلية تمامًا، ولكن قد تحل محلها في معظم خطوات العملية المهمة (Jevons, 1870, p.169).

يتضح مما سبق أن الميكانيكية قادرة على أن تحل محل جزء كبير من عمل الفكر اللازم لأداء الاستنباط المنطقي، فبمجرد كتابة الشروط أو مقدمات القضية في صورة واضحة منطقية، يقوم الإنسان بالضغط على سلسلة من المفاتيح بالترتيب الموافق للحدود، الوصل، وباقي أجزاء القضايا لكي نحصل على التحليل الكامل للحجة (Jevons, 1870, p.170) .

ولهذا تعد الآلة تجسيدًا للمنهج أو الحساب الرمزي الحقيقي، إن القضبان التي تعبر عن التركيبات ينبغي تصنيفها واختيارها أو رفضها بناء على قراءة القضية بأسلوب يشبه ما يقوم به العقل الاستدلالي عندما يتعامل مع الأفكار. ولهذا، فعند كل خطوة من خطوات تناول المسألة تشير الأبجدية بالضرورة إلى الشرط الملائم للعقل ولكن دون خطأ (Jevons, 1870, p.170).

ورغم ذلك، يشير "جيفونز" إلى أن القدرة العقلية تُعد لازمة لتفسير التركيب النحوي للمقدمات بشكل صحيح، كما أنها مهمة لفهم واشتقاق المعنى من حروف الأبجدية الناتجة (Jevons, 1870, p.170).

ولعل منهج تشغيل الآلة يختلف عن الآلات التناظرية مثل الآلات التي تعمل بالتروس، حيث تتحرك التروس بمقادير مختلفة وتتحرك أجزاء مختلفة من الآلة بمعدلات مختلفة، وبينما يشير "جيفونز" إلى أن

آلته تعد آلة منطقية، فإن ما قام ببنائه هو حاسوب ميكانيكي بسيط، وربما أول حاسوب ناجح من نوعه (Buck & Hunka, 1999, p.23).

إن آلة "جيفونز" المنطقية تعد أول حاسوب ميكانيكي ناجح، ولكن "جيفونز" لم يعتقد أن لآلته أي استخدام عملي بعيدًا عن الاستخدام التعليمي؛ ولهذا كانت أهميتها الرئيسة بالنسبة له أهمية نظرية، حيث تبرهن بشكل مقنع على وجود نسق شامل للاستدلال غير المباشر (Valencia, n.d., p.461).

رابعا: موقف المناطقة من آلة جيفونز المنطقية

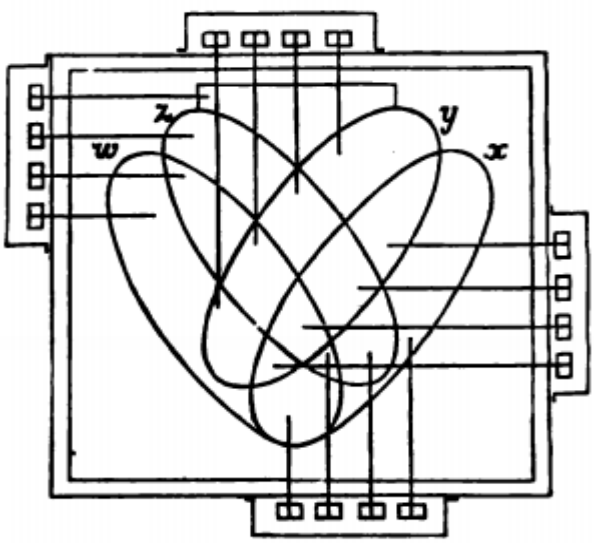
رغم أن آلة "جيفونز" المنطقية تعكس عبقرية وأصالة مخترعها، فإنها تمثل نموذجًا بطيئًا وثقيلًا من الآلات الميكانيكية؛ فقد كانت لوحة المفاتيح تستلزم مجموعتين من المفاتيح، إحداهما للموضوع والأخرى للمحمول، بالإضافة إلى أربع مفاتيح تشغيل وهي: "النهاية"، و"الوصل"، و"التساوي"، و"الوقف". ويتم تمييز التركيبات أو نقشها على قضبان عمودية؛ ولذلك يلزم مجموعتين من هذه القضبان. ولعل الطابع المعقد لهذه الآلة المنطقية قد جعلها غير ملائمة لأن تمتد إلى معالجة المسائل التي تحتوي على أكثر من أربعة حدود. وذات مرة، فكر "جيفونز" في اختراع آلة مشابهة ولكن أكبر، وذلك كي تعالج المسائل التي قد تصل إلى أكثر من (١٠) حدود، إلا أنه تخلى عن هذه الفكرة؛ وذلك لأن الآلة الجديدة كانت ستشغل مساحة أكبر بكثير (Baldwin, 1997, p.79; Gardner, 1958, p. 100) .

وقد كان للمناطقة المعاصرين لـ"جيفونز" واللاحقين عليه موقف نقدي من آلته المنطقية، وفي الفقرات التالية عرض لتلك الانتقادات.

أ – "جون فن"

رفض "جون فن" Venn, J. (١٨٣٤ – ١٩٢٣) آلة جيفونز المنطقية؛ حيث يرى أنه لا توجد آلة منطقية تستطيع التعامل مع خطوات العملية الاستدلالية كلها؛ بمعنى: (١) عرض البيانات بلغة منطقية دقيقة؛ أي ترجمة البيانات إلى اللغة المنطقية؛ حيث إن التباين في اللغة الكيفية كبير جدًا، (٢) وضع البيانات في صورة يمكن للآلة أن تتعامل معها؛ أي ترجمة البيانات إلى لغة الآلة، (٣) استنباط النتائج من المقدمات، (٤) تفسير النتائج أو تكون قابلة للقراءة. وفي ضوء رؤية "جون فن"، فإن آلة "جيفونز" المنطقية تستطيع أداء الخطوة الثالثة فقط. ومن ثم، فلا توجد – من منظور "جون فن" – آلة تستحق أن يُطلق عليها اسم الآلة المنطقية (Venn, 1881, p.120).

قدم "جون فن" عام ١٨٨١ صورة (موضحة في الشكل ١١/١) لما يسميه بـ"آلة المخطط المنطقي"، ويفترض "جون فن" أن آلته قد تنجح في أداء كل ما هو متوقع عقلانيًا أن تقوم به أي آلة منطقية، هذه الآلة ببساطة عبارة عن صورة ثلاثية الأبعاد للعبة تركيب القطع. فالقطع عبارة عن أجزاء من أشكال بيضاوية متقاطعة مثبتة على قمة صندوق بواسطة (١٦) وتدًا على جوانب الصندوق. ولكي يتم إزالة خلية بعينها، يتم سحب الوتد الملائم مما يسمح للقطعة الخشبية أن تسقط في قاع الصندوق. يتم بعد ذلك قلب الصندوق رأسا على عقب لوضع كل القطع في مكانها مرة أخرى استعدادًا لمسألة جديدة. تظهر الصورة مقطع من الصندوق يظهر القاع من أعلى. ويتم التعبير عن الأجزاء الخارجية خلال خلية مغلقة توجد في مكان ما بالقرب من الوتد العلوي على اليسار (Venn, 1881, p.123) .



(الشكل ١١/١)

ويشير الباحث إلى أنه من الأفضل أن يتم تصنيف آلة المخطط المنطقي لـ"جون فن" بوصفها مخططًا، وليس آلة منطقية.

ب – فرانسيس برادلي

ثمة اعتراض على هذه الآلة، عبر عنه "فرنسيس برادلي" Bradley, H. F. (١٨٤٦ – ١٩٢٤) في كتابه "مبادئ العلم" عام ١٨٨٣ على النحو التالي:

> **النتيجة التي تقدمها الآلة ليست هي النتيجة الفعلية، فالعملية لا تنتهي بتوقف عمل الآلة، حيث ينبغي للعقل القيام بإتمام ما تبقى، فما يسمى بـ"قراءة النتيجة" يعد إلى حد ما جزءا من صياغتها (Bradley, 1883, p.357).**

أنكر "برادلي" أن الآلات تستطيع إجراء الاستدلالات، ولكن عندما رأى أن آلة "جيفونز" المنطقية قامت بالفعل بعمليات منطقية، أقر بأن هذه الآلات "تقوم ميكانيكيًا" بإجراء عملية ما، فإذا تم القيام بها على وجه مثالي، فإن هذه العملية تُعد استدلالاً، وهنا يتضح أن الأمر يدور حول تلك العبارة الغامضة "أداء مثالي" (Bradley, 1883, p.357).

ويعتقد الباحث أن ما يقصده "برادلي" هنا هو قراءة النتيجة من قبل الآلة وهذا لا يحدث؛ فالآلات المنطقية يتوقف دورها عند مجرد الانتقال من مقدمات صادقة إلى نتائج صادقة، وهنا يبدأ دور العقل في إتمام باقي المهمة؛ أي قراءة النتيجة التي انتهت إليها الآلة المنطقية.

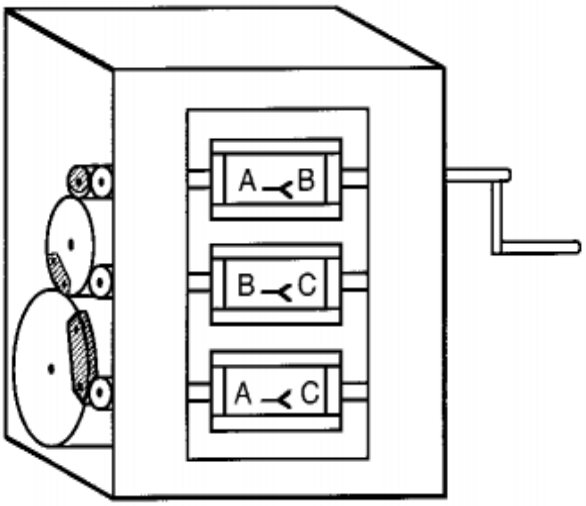
جـ – "تشارلز بيرس"

رغم أن "تشارلز بيرس" Peirce, C. S. (١٨٣٩ – ١٩١٤) أدرك أن "جيفونز" قام ببناء الآلة لأغراض تعليمية، فإنه استنكر قدرتها المحدودة وتشغيلها الميكانيكي الذي يبدو معقدًا. كما انتقد "بيرس" آلة "جيفونز"؛ لأنها تقبل فقط عددًا محددًا من الحروف التي يتم إدخالها في هذه المعادلات، وأن أي محاولة لإضافة أكثر من أربع حروف تزيد الآلة تعقيدًا (Peirce, 1887, p.71) .

ولذا، فقد قام "تشارلز بيرس" بتوجيه صديقه وتلميذه "آلان ماركاند" Allan Marquand (١٨٥٣ – ١٩٢٤) للعمل على مهمة تطوير الآلة المنطقية عند "جيفونز".

د – "آلان ماركاند"

قام "ماركاند" بتطوير الآلة المنطقية عند "جيفونز" على مرحلتين؛ المرحلة الأولى عام ١٨٨١ عندما قام بتقديم الآلة المنطقية الأولى، والتي تسمى بـ"آلة الفروق القياسية" Syllogistic Variations Machine، ويوضح الشكل (١٢/١) الشكل العام لتلك الآلة، ولقد تم إزالة الغطاء الموجود على الجانب الأيسر بحيث تكون المكونات الداخلية مرئية بوضوح (Buck & Hunka, 1999, p.24).



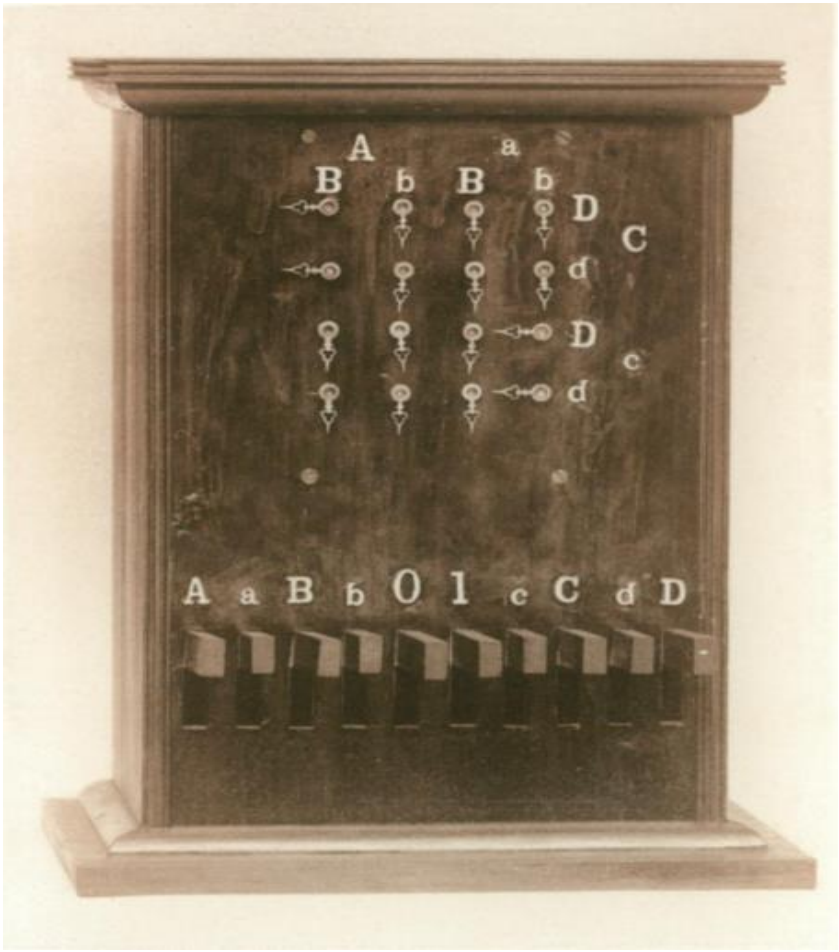
الشكل (١٢/١)

يتم كتابة مقدمتي ونتيجة القياس – في هذه الآلة – على ثلاث لوحات مستطيلة تدور حول محور أفقي، وبالنسبة للصور غير المتسقة من المقدمات والنتائج فيتم كتابتها على ظهر هذه اللوحات، وبتشغيل عمود المحرك يتم عرض التركيبات الثمانية الممكنة من المقدمات والنتائج (Baldwin, 1997, p.80).

تشبه آلة الفروق القياسية لـ"ماركاند" – إلى حد ما – آلة "جيفونز" المنطقية، وبينما كان من المفترض لآلة الفروق القياسية أن تختزل التعبيرات المنطقية المعقدة التي تحتوي على أكثر من (١٠) حدود، أي أكثر من آلة "جيفونز" المنطقية بمقدار ستة حدود، إلا أن آلة الفروق القياسية لم تعمل كما كان متوقعًا لها (Buck & Hunka, 1999, p.24).

أما المرحلة الثانية فكانت خلال شتاء عام ١٨٨١ – ١٨٨٢، حيث تم إنشاء نموذج مطور ونهائي من الآلة المنطقية على يد صديقه "تشارلز روكوود" Rockwood, C. G. (1843-1913) ، هذه الآلة من حيث الشكل الخارجي تشبه نسخة مصغرة من آلة "جيفونز" المنطقية، حيث يبلغ ارتفاعها ٣٢ سم، و٢١ سم عرض، و١٥ سم عمق (Marquand, 1886, p.303) . ويوضح الشكل (١٣/١) الصورة الأساسية للآلة المنطقية الثانية التي قدمها "ماركاند".

وقد نشر "ماركاند" مقالًا بعنوان "آلة منطقية جديدة" – ضمن منشورات الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم عام ١٨٨٦ – والذي احتوى على تفسير جيد لمنهج عمل الآلة.



الشكل (١٣/١)

ومثل آلة "جيفونز" المنطقية، فإن هذه الآلة مصممة للتعامل مع (٤) حدود، أما التركيبات الستة عشر الخاصة بالحدود الصادقة والكاذبة فيتم التعبير عنها خلال ستة عشر مؤشرًا دائريًا يوجد في واجهة الآلة؛ يشير المؤشر في الزاوية العليا على جهة اليسار إلى التركيب ABCD ، وعلى يمينها يوجد التركيب A***b***CD ثم ***a***B***c***D ... وهكذا وصولًا الى ***abcd*** في الزاوية السفلى جهة اليمين. كل مؤشر يمكن رفعه إلى موضع أفقي، مشيرًا لجهة اليسار، وذلك للتعبير عن أن التركيب "صادق" (أي متسق مع المقدمات)، أو إسقاطه إلى وضع رأسي، مشيرًا لأسفل للتعبير عن كذب التركيب (أي يتم استبعاده خلال المقدمات) (Marquand, 1886, p.303).

أما لوحة المفاتيح، فهي تشتمل على عشرة مفاتيح فقط، يتم تسميتها كما هو موضح في الشكل (١٣/١). يتم التعبير عن الحدود الأربع (الحروف الكبرى) ونفيها (الحروف الصغرى) خلال ثمانية مفاتيح، مع ملاحظة أن المفاتيح الخاصة بالنفي تكون أقصر من غيرها (Marquand, 1886, p.304).

أما المفتاحان الباقيان وهما (١) (أي مفاتيح استعادة الضبط) و(0) (أي مفتاح المسح) فتسمى بـ"مفاتيح التشغيل" (Marquand, 1886, p.304).

تعد تلك الآلة تطويرًا لآلة "جيفونز المنطقية بشكل كامل"؛ حيث تم تقليل عدد المفاتيح عشرة مفاتيح بالمقارنة بالواحد وعشرين مفتاحًا الموجودة في آلة "جيفونز"، كما قل عدد الخطوات اللازمة لإدخال المقدمات إلى الآلة بشكل ملحوظ (Gardner, 1958, p.109) .

ولقد قام "بيرس" في مقالة عن "الآلات المنطقية" بتلخيص مزايا آلة "ماركاند" بالمقارنة بآلة "جيفونز"، حيث أشار إلى أنه:

> **تعد آلة "ماركاند" اختراعًا جلي التفكير أكثر من آلة "جيفونز"؛ حيث إن طبيعة المسألة يتم إدراكها بشكل أكثر تمكنًا، كما أنه يتم اختيار أقصر الطرق الممكنة لحلها (Peirce, 1887, p.72).**

وبينما أكد "بيرس" على أن آلة "ماركاند" المنطقية كانت أكثر فاعلية، فإنه أشار إلى أن الآلات المنطقية بصفة عامة بها بعض العيوب؛ منها أنها تفتقر إلى أوجه الإبداع؛ حيث لا يمكنها أن تجد مشاكلها وتحددها، بالإضافة إلى أنها لا تستطيع أن تغذي نفسها بالبيانات، فضلاً عن كونها لا تستطيع توجيه نفسها بين الإجراءات Procedure الممكنة المختلفة (Peirce, 1887, p.74).

فالآلات المنطقية تفتقر – من منظور الباحث – إلى الإدراك والوعي. ومن ثم، فلا غنى عن دور الإنسان الذي سيظل هو العقل المدبر والمتحكم الرئيس فيها.

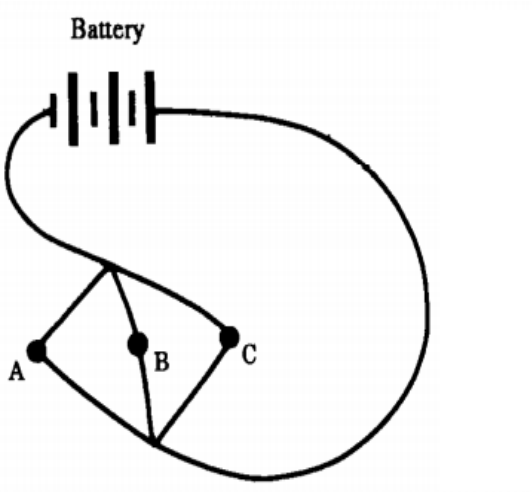
وفي السياق نفسه، فإن من عيوب الآلات المنطقية أنها ذات إمكانات محدودة، فقد تم تصميمها لأداء عمل بعينه ولا ينبغي لها أداء أي عمل غيره، وذلك على عكس العقل الذي لا يعاني من هذا القيد (Peirce, 1887, p.74).

فدور تلك الآلات فقط هو استنباط النتائج من المقدمات التى يتم إدخالها إليها، دون تقديم قراءة لها، بعكس العقل الذي يقوم بالاستنباط والقراءة معًا.

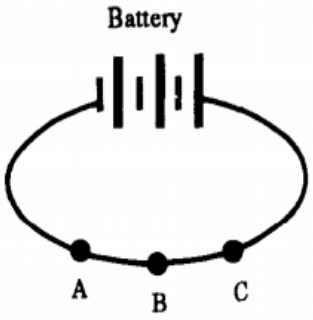
ورغم إشارة الأستاذ الدكتور/ "محمود فهمي زيدان" إلى أن "ماركاند" قد قام بتطوير آلة "جيفونز" حيث صمم آلة تعمل بالكهرباء عام ١٨٨٥، فإن الباحث يتحفظ على ذلك؛ حيث إن تطويرات "ماركاند" لآلة "جيفونز" كانت قائمة على مبادئ ميكانيكية وليست كهربية، أما الآلة الكهربية فقد كان تصميمًا مقترحًا لتطوير آلته المنطقية الجديدة – التي نشر مقالًا بشأنها عام ١٨٨٦ ضمن منشورات الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم – إلا أنه لم يتم بناؤها مطلقًا على أرض الواقع.

وقد جاء مقترح إدخال الكهرباء إلى الآلة المنطقية الخاصة بـ"ماركاند" من قبل "بيرس"، حيث ناقش بعض الطرق الممكنة لتطوير آلة "ماركاند" في ضوء أنواع العمليات المنطقية المتوقع منها القيام بها (Ketner & Stewart, 1984, p.197). حيث اقترح على "ماركاند" ما يلي:

> **ليس من المستحيل أن نتوقع عمل آلة تتناول كل المسائل الرياضية الصعبة، ولكن عليك السير خطوة بخطوة، وأعتقد أن الكهرباء هي أفضل شيء يمكنك الاعتماد عليه (Peirce, 1886, p.422).**



الشكل (١٥/١)



الشكل (١٤/١)

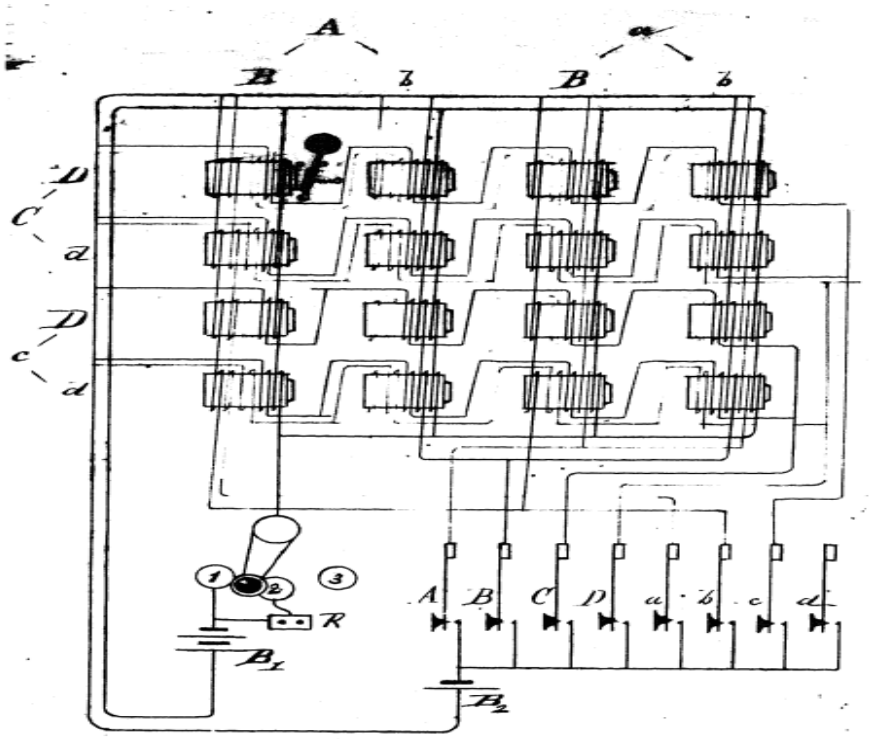
وفي السياق نفسه، يقول "بيرس":

> **لنفرض أن A, B, C ثلاثة مفاتيح مسئولة عن فتح أو غلق الدائرة الكهربية، ففي الشكل الأول (١٤/١) يكون ثمة تيار كهربي إذا كانت كل المفاتيح مغلقة، وفي الشكل الثاني (١٥/١) يسري التيار فقط إذا كان مفتاح واحد هو المغلق، ولعل هذا يشبه عمليات الضرب والجمع في المنطق (Peirce, 1886, p.422).**

تشبه هذه المخططات للدوائر الكهربية – الموصلة على التوالي وعلى التوازي –عمليات الضرب المنطقي والجمع المنطقي، أي عملية الوصل (A and B) وعملية الفصل (A or B) في حساب القضايا، وهي مشابهة للدوائر الكهربية التي قدمها "كلود شانون" Shanon, C. (١٩١٦م. – ٢٠٠١م.) عام ١٩٣٧ (Ketner & Stewart, 1884, p.198) ، خلال رسالته للماجستير والحاصل عليها من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT[١٠].

ومن ثم، قام "ماركاند" – بناء على مقترح "بيرس" له – بتصميم مخطط لآلة منطقية تعمل بالكهرباء، كما هو موضح بالشكل (١٦/١)، هذا التصميم موجود ضمن أوراق "ماركاند" في جامعة برنستون، وقد عثر عليه المنطقي الأمريكي "ألونز تشيرش" Church, A. (١٩٠٣ – ١٩٩٥) عام ١٩٥٠، وتتكون تلك الآلة المنطقية – طبقًا لهذا التصميم – من عدد من المغناطيسات الكهربائية Electromagnets، ومفاتيح للدائرة الكهربية تستخدم لإدخال المقدمات، ومفتاح تشغيل، وبطاريتان بوصفهما مصدرًا للطاقة (Ketner & Stewart, 1984, pp.199 – 203).

(١٠) "كلود شانون" هو عالم رياضيات بارز، تُعد أطروحته للماجستير من أهم وأشهر أطروحات القرن الماضي، حيث أثبت خلالها إمكانية استخدام الدوائر الكهربية في الحاسوب في تنفيذ عمليات جبر بول المنطقي، وبذلك فقد برهن على إمكانية تصميم دوائر كهربية تعالج العمليات المنطقية – الضرب المنطقي والجمع المنطقي – التي تشغل مكانة جوهرية في عتاد الحاسوب، ليفتح الطريق بذلك أمام عصر الحاسوب.



الشكل (١٦/١)

من الواضح أن هذا التصميم لم يدخل حيز التطبيق في ظل التطورات التكنولوجية آنذاك، بل ولم تنسب أصول هذا التصميم إلى "بيرس" وإنما نُسبت إلى "ماركاند". ومن ثم، تشير هذه النتائج إلى أن "بيرس في أواخر عام ١٨٨٦ وبداية عام ١٨٨٧ قام باختراع الحوسبة الكهربائية Electrical Computing (Ketner & Stewart, 1984, p.211).

خامسا: خاتمة

يعد "وليم ستانلي جيفونز" أحد أبرز المناطقة الذين سوف يتوقف عندهم تاريخ الحاسوب لوقت طويل، مشيدًا بفضلهم وإسهاماتهم في بنية الحاسوب، وذلك خلال بنائه للآلة المنطقية، والتي تعد أحد جوانب الإبداع لديه.

والآلة المنطقية هي أداة تم تصميمها لأداء العمليات المنطقية، أي إنها آلة يتم إدخال المقدمات إليها وتقوم هي باستنباط النتائج من المقدمات. ولعل أولى الآلات المنطقية التي تم تصميمها هي آلة "ستانهوب"، ثم تلاها آلة "جيفونز" المنطقية والتي كانت تتويجًا لسلسلة من الاختراعات والوسائل المساعدة وهي اللوح المنطقي والمعداد المنطقي.

إن الآلة المنطقية عند "جيفونز" عبارة عن محرك تحليلي ذي طابع بسيط يستطيع أداء عمليات الاستدلال المنطقي، التي تم ردها إلى صورة ميكانيكية بحتة، دون أي جهد عقلي.

وقد استخدم "جيفونز" تلك الآلة بشكل فاعل في قاعات الدراسة؛ حيث إنها تعد وسيلة شرح فاعلة، فهي تعرض أمام مجموعة من الطلاب تحليلًا مرئيًا واضحًا للمسائل المنطقية ذات درجات متفاوته من التعقيد، كما أنها تظهر كل خطوة من خطوات الحل بوضوح.

ومن ثم، تعد آلة "جيفونز" المنطقية أول آلة ذات قوة كافية لحل المسائل المنطقية المعقدة بصورة ميكانيكية أسرع من المسائل نفسها التي يتم حلها دون المساعدة الميكانيكية للآلة المنطقية.

يتضح مما سبق أن الميكانيكية قادرة على أن تحل محل جزء كبير من عمل الفكر اللازم لأداء الاستدلال المنطقي. ومن ثم، تعد آلة "جيفونز" المنطقية أول حاسوب ميكانيكي ناجح، ولكن "جيفونز" لم يعتقد أن لآلته أي استخدام عملي بعيدًا عن الاستخدام التعليمي؛ ولهذا كانت أهميتها الرئيسة بالنسبة له أهمية نظرية حيث تبرهن على عملية الاستدلال المنطقي.

ورغم أن آلة "جيفونز" المنطقية تعد أول نواة في تصميم وبناء الحاسوب الرقمي المستخدم في عصورنا الراهنة، فإنها تعرضت لكثير من الانتقادات؛ حيث رفضها "جون فن" نظرًا لعدم قناعته بوجود آلة منطقية تستطيع التعامل مع خطوات العملية الاستدلالية كلها، وإنما يقتصر دورها فقط على استنباط النتائج من المقدمات. ومن ثم، فلا توجد آلة تستحق اسم الآلة المنطقية.

ثم قدم "جون فن" عام ١٨٨١ "آلة المخطط المنطقي"، ويفترض "جون فن" أن آلته قد تنجح في أداء كل ما هو متوقع عقلانيًا أن تقوم به أي آلة منطقية.

في السياق نفسه، يشير "برادلي" إلى أن آلة "جيفونز" المنطقية لا تستطيع إجراء الاستدلالات المنطقية على نحو مثالي؛ حيث يتوقف دورها عند مجرد الانتقال من مقدمات صادقة إلى نتائج صادقة، وهنا يبدأ دور العقل في إتمام باقي المهمة؛ أي قراءة النتيجة التي انتهت إليها الآلة المنطقية.

أما "بيرس" فقد استنكر قدرة آلة "جيفونز" المحدودة وتشغيلها الميكانيكي الذي يبدو معقدًا، فضلًا عن قبولها عدد محدود من الحروف التي يتم إدخالها في هذه المعادلات، وأن أي محاولة لإضافة أكثر من أربع حروف تزيد الآلة تعقيدًا. ولذا، فقد قام "بيرس" بتوجيه صديقه وتلميذه "ماركاند" للعمل على مهمة تطوير الآلة المنطقية عند "جيفونز".

وأخيرا قام "ماركاند" بتطوير الآلة المنطقية عند "جيفونز" على مرحلتين؛ المرحلة الأولى عام ١٨٨١م عندما قام بتقديم الآلة المنطقية الأولى والتي تسمى بـ"آلة الفروق القياسية"، أما المرحلة الثانية فكانت خلال إنشاء نموذج مطور ونهائي من الآلة المنطقية – على يد صديقه "تشارلز روكوود" – حيث تم تقليل عدد المفاتيح بها إلى أقل من نصف الواحد والعشرين مفتاحًا التي كانت موجودة في نموذج "جيفونز"، ومن ثم قل عدد الخطوات اللازمة لإدخال المقدمات إلى الآلة بشكل ملحوظ.

وفي السياق نفسه، اقترح "بيرس" على "ماركاند" إدخال الكهرباء إلى آلته المنطقية خلال مخططات للدوائر الكهربية. ومن ثم، صمم "ماركاند" مخططا لآلة منطقية تعمل بالكهرباء – بناء على مقترح "بيرس" – إلا إن هذا التصميم لم يدخل حيز التطبيق في ظل التطورات التكنولوجية آنذاك، بل ولم تُنسب أصول هذا التصميم إلى "بيرس" وإنما نُسب إلى "ماركاند". ومن ثم، تشير هذه النتائج إلى أن "بيرس" قام باختراع الحوسبة الكهربائية.

وبناء عليه، يمكن تأريخ العلاقة بين المنطق والحاسوب بداية من الآلة المنطقية عند "جيفونز" – وما تلاها من جوانب تطوير لها بدءًا من "جون فن" وانتهاءً بـ"تشارلز بيرس" – والتي شكلت النواة الأولى لتصميم الحاسوب الرقمي.

ومن ثم، يعد المنطق هو المؤسس لعلوم الحاسوب والمطور لها وذلك خلال إسهامات علماء المنطق في بنية الحاسوب وكان لـ"جيفونز" السبق في ذلك.

في السياق نفسه، أشار عديد من علماء الحاسوب –مثل: "جون مكارثي" Mccarthy, J. (١٩٢٧ – ٢٠١١)[١١]، "روبرت كوالسكي" Kowalski, R. (١٩٤١ –)[١٢]، "ليونارد بيبل" Bibel, L. (١٩٣٨ –)[١٣] – إلى أن أسس بناء وتصميم علوم الحاسوب المتعددة – كالذكاء الاصطناعي على سبيل المثال – يمكن ردها الى أصول علم المنطق.

حيث اشار "جون مكارثي" إلى حتمية استخدام لغة المنطق الرياضي في برامج الذكاء الاصطناعي؛ حيث تُستخدم في تمثيل المعرفة داخل برامجه، كما تُستخدم في دعم برامجه بآلية للتفكير الذكي (McCarthy, 1988, p. 298).

كما تعد اللغة المنطقية – من منظور "روبرت كوالسكي" –بمثابة اللغة الصورية الأقل تقييدًا والأكثر ملائمة لنظم قواعد المعرفة (Kowalski, n.d., p. 477).

وفي السياق نفسه، أشار "ليوناردو بيبل" إلى إن علم المنطق يقدم أساليب خصبه ومتنوعة من الاستدلال والتي تعمل على تمثيل المعرفة. وأيضًا، فإن المقدرة التعبيرية للمنطق خصبة بصورة كافية من أجل استيعاب غالبية أنماط العبارات المراد تمثيلها (Bibel & Nicolas, n.d., p. 3).

ومن ثم يوصي الباحث بضرورة دراسة العلاقة بين مجال المنطق ومجال علوم الحاسوب من أجل تطوير البحث في هذا الجانب المهم؛ حيث إن ربط علم المنطق بمجالات تطبيقه المتعددة في أبرز علوم العصر وهي علوم الحاسوب يسهم في إحداث نوع من الثراء والانتعاش لنظرياته، التي أخذت توجهًا فكريًا جديدًا، وتبدلت من كونها مجرد قوالب صورية بحته – تأتي فيها النتائج مساوية للمقدمات، أي مجرد حجة استنباطية – إلى نماذج واقعية عملية، وهو ما صاغه "كارل ماركس" – نقلًا عن "ايمانويل كانط – بقوله" :التطبيق من دون النظرية أعمي، والنظرية من دون التطبيق عقيمه."

---

[١١] عالم حاسوب أمريكي، يعد أحد مؤسسي علم الذكاء الاصطناعي، حيث يعود له الفضل في اختيار لفظ الذكاء الاصطناعي وإطلاقه على هذا العلم، حصل على جائزة تورنج عام 1971 نظرا لإسهاماته الكبيرة في علم الذكاء الاصطناعي.

[١٢] عالم حاسوب بريطاني، حصل على درجة البكالوريوس في الرياضيات عام ١٩٦٣ من جامعة شيكاغو، ثم حصل على درجة الماجستير في الرياضيات عام ١٩٦٦ من جامعة ستانفورد، وفي عام ١٩٧٠ حصل على درجة الدكتوراه في علوم الحاسوب من جامعة إدنبرة.

[١٣] عالم حاسوب ألماني وباحث في مجال الذكاء الاصطناعي، كان رئيس مجموعة أبحاث الفكر في قسم علوم الكمبيوتر في جامعة دارمشتات للتكنولوجي حتى عام ٢٠٠٤. حصل على جائزة منظمة الذكاء الاصطناعي الأوروبي.

سادسًا: قائمة المصادر والمراجع

أ – المراجع العربية

١ – كتب

- أبو راضي، فتحي عبد العزيز & قاسم، محمد محمد. (١٩٩٠). مبادئ الحاسوب والمنطق. دار كريدية للطباعة والنشر. بيروت.
- جمال الدين، علي سعيد. (١٩٩١). بنية الحاسوب و مبادئ عمله. ط ٣. جامعة دمشق. دمشق.
- زيدان، محمود فهمي. (١٩٧٩). المنطق الرمزي؛ نشأته وتطوره. دار النهضة العربية. بيروت.
- على، نبيل. (١٩٩٤). العرب وعصر المعلومات. سلسلة عالم المعرفة: ١٨٤. المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب. الكويت.
- قاسم، محمد محمد. (٢٠٠٩). المنطق والحاسوب. دار المعرفة الجامعية. الإسكندرية.

٢ – مقالات

- السيد، هيثم. (٢٠١٤). "الإسهامات الفلسفية والمنطقية في التطور التكنولوجي: الذكاء الاصطناعي نموذجًا"، مجلة ديوجين. (١): ٢٤٣ – ٣٠٠.

ب – المصادر والمراجع الاجنبية

١ – المصادر

- Jevons, W. S. (1864). Pure Logic*:* Or, The Logic of Quality Apart from Quantity, In: Jevons, W. S. (1890). *Pure Logic and Other Minor Works.* Adamson, R. & Jevons, H. A. (Eds.). Macmillan & Co. London. 1 – 77.
- Jevons, W. S. (1869). The Substitution of Similars, the True Principle of Reasoning, Derived From a Modification of Aristotle`s. Macmillan & Co. London.
- Jevons, W. S. (1870). On the Mechanical Performance of Logical Inference, In: Jevons, W. S. (1890). *Pure Logic and Other Minor Works*. Adamson, R. & Jevons, H. A. (Eds.). Macmillan & Co. London. 137 – 172.
- Jevons, W. S. (1877): The Principles of Science: A Treatise on Logic and Scientific Method, 2nd. Macmillan & Co. London.
- Jevons, W. S. (1977). Papers and Correspondence of William Stanley Jevons. Black, R. D. C. (Ed.). 3. The Macmillan Press. London.

٢ – المراجع الأجنبية:

- **BOOKS:**
- Alden, J. B. (1890): Alden's Manifold Cyclopedia of Knowledge and Language, (22). John B. Alden Pub. New York.

- Aspray, W.: Logic Machines, In: Aspray, W. (Ed.). (1990). *Computing Before Computers*. Iowa State University Press. Ames. 99 – 121.
- Bibel, W. & Nicolas, J. The Role of Logic for Data and Knowledge Bases: A Brief Survey, In Schmidt, J. W. & Thanos, C. (Eds.) (1989). *Foundations of Knowledge Base Management Contributions from Logic, Databases, and Artificial Intelligence Applications*. Springer-Verlag. New York. 3 – 22
- Boole, G. (1854). An Investigation of the Laws of Thought. Walton and Maberly. London.
- Bosanquet, B. (1885). Knowledge and Reality: A Criticism of Mr. F. H. Bradley's "Principles of Logic". Kegan Paul. Trench & Co. 1 Paternoster Square. London.
- Bradley, F. H. (1883). The Principles of Logic. Kegan Paul. Trench & Co. 1 Paternoster Square. London
- Davis, M. Mathematical Logic and the Origin of Modern Computer, In Herken, R. (Ed.) (1995). *The Universal Turing Machine: A Half-Century Survey*. Springer-Verlag. New York. 135 – 158.
- Flors, I. (1960): Computer Logic; The Functional Design Of Digital Computer. Prentice Hall. New Jersey.
- Gardner, M. (1958): Logic machines and diagrams. McGraw-Hill Book Company INC. New York.
- Kowalskil, R. The Limitations of Logic and Its Role in Artificial Intelligence, In Schmidt, J. W. & Thanos, C. (Eds.) (1989). *Foundations of Knowledge Base Management Contributions from Logic, Databases, and Artificial Intelligence Applications*. Springer-Verlag. New York. 477 – 493.
- Peirce, C. S. (1886): Letter, Peirce to A. Marquand, In Fisch, M. H. et. al. (ed) (1993). *Writings of Charles S. Peirce: A Chronological Edition*. 5:1884 – 1886, Indiana University Press. 421 – 423.
- Schabas, M. (1990). A World Ruled by Number: William Stanley Jevons and the Rise of Mathematical Economics. Princeton University Press. New Jersey.
- Spencer, D. D. (1983). An Introduction to computers: Developing computer literacy. Merrill Press. Columbus. OH.
- Valencia, V. S. The Algebra of Logic, In Gabbay, D. M. & Woods, J. (Eds.) (2004). *Handbook of the History of logic, The Rise of Modern Logic, From Leibniz to Frege*. (3). Elsevier B.V. Amsterdam. 460 – 461.
- **JOURNALS**
- Baldwin, J. M. (1997). Logical machine. *Modern Logic*. 7(1): 78-80.

- Buck, G. H. & Hunka, S. M. (1999). W. Stanley Jevons, Allan Marquand, and the Origins of Digital Computing, *IEEE Annals of the History of Computing*. 21(4): 21 – 27.
- Ketner, K. L. & Stewart, A. F. (1984). The Early History of Computer Design: Charles Sanders Peirce and Marquand's logical machines. The Princeton University Library Chronicle. XLV (3):187 – 211.
- McCarthy, J. (1988). Mathematical Logic in Artificial Intelligence. *Daedalus*. 117(1): 297 – 311.
- Marquand, A. (1886). A New Logical Machine. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. (21): 303 – 307.
- Peirce, C. S. (1887). Logical Machines. *Modern logic*. 7 (1): 71 – 77.

- **ENCYCLOPEDIA**
- Gardner, M.: Logic Machines, In Edwards, P. (Ed.) (1967). *The Encyclopedia of Philosophy*. The Macmillan Co. & The Free Press. New York.

Contributions of Logicians in Computer Structure
The Logical Machine of "William Stanley Jevons" as a model

Abstract

A logical machine is a tool that is designed to perform logical operations It means that it is the machine we enter premises, then it elicits conclusions from these premises. Perhaps the first logical machines that were designed was the "Stanhope" machine, then the "Jevons" logical machine, which was the culmination of a series of inventions and auxiliary tools, namely the logical board and the logical abacus.

The logical machine, according to "Jevons", is an analytical engine of a simple nature that can perform logical inference processes, which has been subsequently reduced to a purely mechanical form without any mental effort.

Jevons has used this machine effectively in classrooms where it is deemed as an efficient means of explanation. It presents to a group of students a clear visual analysis of logical problems of varying degrees of complexity. Furthermore, it clearly demonstrates each step of the solution.

Jevons' logical machine is the first successful mechanical digital computer, but Jevons did not believe that his machine has any practical use apart from educational use, and therefore its main importance to him was theoretical as it demonstrated the process of logical inference.

Key Words: Jevons, Logical machine, Computer