

التعلم في الآلة ... يتحدى المستقبل

مرت البشرية بثورات ثلاث: أولها، ثورة زراعية بدأها الإنسان بالرعي والزراعة، وتكوين القرى، وتدجين الحيوان. وأنهاها باكتشاف الطاقة البخارية، حيث كانت بداية الثورة الصناعية، التي جعلت لمختلف الآلات الميكانيكية دوراً أساسياً في بناء الحضارة البشرية. وشارفت الثورة الصناعية على الانتهاء بانطلاق ثورة التقنية والمعلومات، التي تميزت بظهور العصر الذري النووي، الذي أروع العالم في هيروشيما وناكازاكي، وحلول عهد الأجهزة المحوسبة، وهندسة الجينات، وتبادل المعلومات عبر الشبكة العالمية العنكبوتية (الإنترنت).

لقد كان للثورة الزراعية سماتها في الاقتصاد والمجتمع والسياسة عبر تقاليد وتراث أوجدته تلك الثورة عبر قرون استمرارها. وخلال أقل من قرنين كان وقع التغيير الذي أوجدته الثورة الصناعية قويا وصاخبا. اما وقع التغيير الذي تخلقه الثورة التقنية الآن وباستمرار في كافة مجالات الحياة، فهو شديد الخطر وبالغ التأثير بشكل لم تشهده البشرية من قبل.

فإذا كانت الثورة الصناعية "الميكانيكية" التي سارت بالبخار قد ابتكرت بديلا ومضخما لعضلات الانسان، ووسعت بذلك من قدراته العضلية بما ابتكرته من وسائل. واذا كانت الثورة الالكترونية التي من دوائر الالكترونات قد وسعت مجالات ومدى قوى السمع والبصر والكلام في الانسان بما ابتكرته من وسائل في الارسال والتكبير "كالهاتف والمذياع والتلفاز وغير ذلك من الاجهزة الالكترونية"، فأن ثورة الحاسوب قد وسعت مجالات الذهن ومدت في قوى العقل والاعصاب الى مجالات لم يتوقف حتى الآن الواقع والخيال عن محاولة ادراك الميادين التي يمكن ان تغزوها وتأثيرا ذلك في الأقتصاد والفكر والمجتمع.

ان ميدان التنافس الآن في الانتقال من الحاسوب الذاكري الى الحاسوب الذكائي. والحاسوب الذاكري يخزن المعلومات والأرقام، اما الحاسوب الذكائي فإنه لا يكتفي بأداء عمل الحاسوب الذاكري بل يزيده أيضا في تحليل المعلومات، وفي دراسة المشاكل واقتراح الحلول، وفي توقع الاحتمالات، أنه حاسوب الذكاء الاصطناعي. ان وظيفة الحاسوب حتى الآن هي الحفظ والتذكر. ولكن وظيفة الحاسوب الذكائي هي التحليل والتفكير. فلا يحتكر الأنسان وحده ملكة التفكير بل تشاركه الآله وان ظل الإنسان المخترع الأول والسابق في الابتكار.

وهكذا اذن وبشكل غير مسبوق في التاريخ، تقلق الآلة ركود بركة اطمئنان "التفوق العقلي البشري" وتعرض وجدانه الأنساني الى خوف مبكر سببه حداثة تلك الأجهزة المحوسبة، وما ستأتي به من تراكمات في تقدمها المستمر الحديث. فالحاسوب يشهد تطورات متسارعة ومدلولات مذهلة، فمن الصغير الى الأصغر، ومن الرخيص الى الأرخص، ومن الكفاء الى الأكفأ، ومن السريع الى الأسرع، وغير ذلك من انجازات مماثلة في مجالات الصوت والصورة والطبع والتراسل والخزن والشتيك والتحكم وبدائل التصنيع وغير ذلك. وأخيرا انتقاله من الذاكري الى الذكائي.

فمستقبل تقنية الحاسوب سيكون لبناء آلات ذكية هدفها التغلب على تحديات الواقع والتطبيق المعقد في الحياة، آلات مفكرة تتعلم وتتحدى الإنسان في أعلى درجات تفوقه على الكائنات الأخرى في قابليته اللامحدودة في التفكير والتعلم. وفي محاولتنا الأجابه عن من يتحدى من، سنتطرق الى مناقشة أهمية خزن البيانات التي جعلت الإنسان سيدا لهذا الكوكب، لنحاول بعد ذلك بلورة موضوع الانسان: الجهاز والبرنامج، ومن ثم الى موضوع أسرار التعلم لنختم مع استكشاف مستقبل الحاسوب وحدود النمو والتقدم فيه.

تخزين البيانات:

يسير العالم بثلاث: الحب والطاقة والمعلومات. في الحب والطاقة هناك نقص ظاهر شاهده الحروب والنزاعات حول مصادر الطاقة بمختلف اشكالها، وما يخلف ذلك من حقد وكرهية. المعلومات (Information) وحدها وافرة بشكل لا يصدق، ومن قال لا أعرف ... فقد أفتى. فكيف أصبحت المعلومات ذلك الشيء الوافر في هذا العالم؟

حين أبدأ الإنسان تدجين الحيوان وتكوين اللبنة الاجتماعية الأولى ويعيش تفاصيل الحضارة الزراعية كان بذلك يدشن الموجة الحضارية الأولى. وفي ذلك الزمن كانت ذاكرة العجائز والشيوخ تعتمد في سرد الأحداث ونقل التجارب والخبر، ولم يكن لشيء ان يدون (في مخطوط) الا شذرات من الحكمة وسير العظماء بوسائل محدودة التداول. ومع الثورة الصناعية وموجتها الثانية كسرت الحضارة الانسانية حاجز الذاكرة، ففضل رجال أمثال جوتنبرغ وآخرين استخدمت الكتب بشكل موسع لم يسبق له مثيل، واصبحت الكتب هي الذاكرة الاجتماعية للشعوب،

مع معرفة موثقة تشمل بالإضافة الى الحكمة وسير العظماء، التجارب والخبرة وتدوينات التاريخ والقصة والفن وغيرها.

ولم يحتكر الكتاب وحده امتياز توثيق الذاكرة الاجتماعية، فقد كان هناك أيضا أشرطة التسجيل والأفلام، وبذلك كسرت الثورة الصناعية في الواقع حاجز الجمجمة البشرية في توثيق التجارب والعادات والحكمة والسير، ونقلتها الى أدرج ورفوف. ومع وصول الآلات المحوسبة ولاقطات التوابع الأرضية وما رافق الموجة الثالثة من ابداعات تقنية قفزت وسائل خزن البيانات (Data Storing) الى مجال جديد وواسع بشكل شديد التعقيد.

أن كل حضارة تحتاج الى مجال تقني أو حرفي يعكس ناتج اناسها ووعي بشرها. أو بكلمة أخرى، لا بد من وجود مجال معلوماتي تمر فيه قنوات المعلوماتية والاتصالات الضرورية لتلك الحضارة. ان المعلوماتية ظاهرة تجعل من حياة الانسان حياة بالمعني الصحيح، فبدون المعلومات ومعالجتها، لا يكون هناك تفكير واحساس وحب وابتكار وشعور وكفاح، ولا كلام أو ابداع. فالمعلومات بالواقع تعرف هوية الحياة وفعاليتها. وبالتالي يكون خزن البيانات المعلوماتية حجر الزاوية المهم في التواصل والتراكم.

أن خزن البيانات، واحد من الأسباب الرئيسية التي جعلت الانسان سيدا لهذا الكوكب، فكل الكائنات تحمل معرفتها وخبرتها (البسيطة) في ذاكرة حية جمجمية تموت بموتها، الانسان وحده تمكن عبر الخزن المعلوماتي لمعرفته وخبرته التي استطاع ان يحفظها بأساليب مبتكرة ويحولها لابنائهم الذين هم في الواقع رسالة الى زمن دائم التطور لا يراه في أغلب الأحوال. ان ذلك الخزن ولد الفصل والتخصص وولد الثراء الهام الذي يحتاجه النفق الإنساني ونعني به التفكير والتعلم. لكن قبل ذلك لتتعرف على ماهية ذلك الكائن الذي يمارس التفكير والتعلم في اجابة الانسان ذلك الجهاز والبرنامج.

الجهاز والبرنامج في الانسان:

هناك نحو ١٤ بليون خلية عصبية في دماغ الانسان، وكل خلية موصلة بمئات وآلاف من الخلايا العصبية المجاورة. والدماغ هو حاسوب عضوي يستخدمه الانسان من اجل صناعة القرار والتكيف. والحاسوب البشري هذا جيد ومتفوق في التحسس والتمييز والتكيف والترجمة

والاستنتاج وصناعة القرار والتحكم عند مقارنته بالحاسوب الآلي، الا ان الحاسوب الآلي أفضل في الاستجابة والتكرار وخرن البيانات. ونأتي هنا الى السؤال: هل الانسان (في حقيقته) منظومة مبرمجة عبر الجينات ومسالك الاعصاب وخلايا الدماغ؟

الانسان مخلوق خلاق، ذو مشاعر واهداف، لكن ليس ذلك خاضع لضوابط وقواعد (مبرمجة) كأساس في التحكم بالسلوك والعلاقات؟ وبالتالي يكون البرنامج ضروري أذن للفكرة والادراك والتماسك الفعال بين البشر. فما هو البرنامج؟

البرنامج (Program) اصطفاف لرموز وايعازات تعرّف مراحل يجب تنفيذها لانجاز فعل (سبق تصوره)، وهو مخطط للوصول الى نهاية معروفة. ان البرنامج قديم في الخليقة قدم المادة والطاقة. واذا كان العالم ظاهرة مبرمجة، يكون البرنامج موجودا أول خلق العالم (وشواهدنا آيات عديدة في القرآن الكريم)، وبالتالي، يكون الانسان شيئاً مبرمجاً في عالم مبرمج. والبرنامج الاول لمجالات الطاقة والمصغرات الذرية (كالألكترون والبروتون) والذرات والجزيئات لم يكن ذا اهتمام كبير بالحياة. والحياة قد ظهرت متأخرة في تدرجات البرنامج العام (وحسبك) مثلاً ما قاله إبليس في القرآن الكريم عن النار والطين والانسان).

نافلة القول، اننا مكائن بيولوجية معقدة واجهزة ضمن الجهاز البشري العام (تعمل وفق قوانين الفيزياء والكيمياء). فكل فرد منا جهاز مبرمج من أجهزة مبرمجة أخرى (الهضمي، التنفسي، العصبي... الخ). فنحن مبرمجون لتعلم لغة للتخاطب، وان نحب ونكره، نأمر ونطيع، وان نصنع أشياء جميلة أو قبيحة، وأن نعتقد ونتعبد. فمن لحظة تكوننا في الأرحام حتى الموت يكون البرنامج حاضراً للرد والتكيف لكل ثوابت ومتغيرات الطبيعة. وكل فرد منا يحمل برنامجاً فيه يحميه دائماً وقد لا يظهره كله، وذلك شأننا من الولادة حتى الموت. فالانسان منظومة مبرمجة تعمل ضمن منظومة أكبر مبرمجة بأوليات مختلفة في التفاوت النسبي. وما الجينات الا إيعازات برمجية مشفرة للتطور والتكون في كل فرد منا، وبرنامجنا الاساسي مكتوب قبل ان نتكون بموجب مسلمات الوراثة.

ان برمجيات الحياة التي تنسق كل سلوكيات الانسان هي نتيجة تفاعل البرنامج الجيني والبرنامج البيئي في تكافؤ التحدي والاستجابة. فالانسان مسير وفق برنامج الجيني من جهة

وحبب الاستجابة لعدد غير محدود من البرامج البيئية من جهة أخرى. فلا فعالية أو تمرد أو قرار بدون برنامج. ومن الواضح اننا محكومين ببرامج عدة لكل طور أو ظاهرة تخص وجودنا. وبرامجنا تتفاوت من فرد لآخر في التأثير والتأثر الا ان المغزى واحد في النهاية: برامجات مكتوبة تأخذ فعلها، وحين يقاطع أي منها لأي سبب تأخذ برامج أخرى مبادرة الفعل. وهكذا يستمر البرنامج العام فينا بالفعل والتفاعل حتى الموت، غريزة تتوارث مبرمجة للتكيف والتعلم. ان غريزة التعلم وما ينتج عنها هي أعظم غريزة انسانية لانها سر فضول الانسان وملاحظته للكون العظيم وتفاعله مع ما حوله.

التفكير في الانسان ... وتحدي الآلة:

للتفكير مفاهيم متعددة مختلفة كحل المسائل والتنظيم والتحكم بالذات والقراءة والكتابة وابتكار مفاهيم جديدة والاستجابة للشعر والموسيقى وتحسس الألم والوجدان وابداع الفن والأدب. والتفكير بعد ذلك نتاج الذكاء فهو قابلية ذهنية تشمل الرؤية والتعلم والفهم والتعرف، وهو قابلية التأقلم والعيش. وهو حالة الإدراك المجرد في قابلية انماء القابلية "واثراء المهارة". وهو كما يقول أين خلدون تصور خارج حدود الادراك الحسي بدرجات للفهم، وتكوين للأفكار والسلوك والفرضيات المعرفية.

والانسان كائن ذكي ومفكر لانه يمتلك دماغ ذو تجاوييف تتمتع بمساحة كبيرة (يستهلك دماغنا ربع الأوكسجين الداخل للجسم)، ونسبة الدماغ فيه الى نسبة وزن الجسم عالية، لا يفوقه في تلك النسبة الا الدلافين التي حرمت من نعمة العيش والتجول على اليابسة وامتلاك الديدن. والأنسان يمشي منتصب القامة كامل التوازن طليق الديدن مما يجعل العديد من الحقائق والأشياء تحت التمعن والفهم وفرصة الاستيعاب. فالأنسان بقدرته على المشي منتصب القامة مجهزا بوسائل استيعاب بصرية وسمعية أضافة الى حواس أخرى عالية التعقيد جعل دماغه يستوعب العديد من المفاهيم في نوعية لا تتوفر لغيره من الكائنات.

وبعد هذه المداخلة عن ذكاء الأنسان يأتي السؤال، هل يمكن للحاسوب ان يفكر؟ ان الجواب يكون جدلا: لان الانسان جهاز بيولوجي يعمل بوتائر منطقية مبرمجة وفق قوانين الفيزياء والكيمياء، فمن الجائز اذا الافتراض، ان جهاز منطقيا (إلكترونيا أو ضوئيا: يعمل وفق قوانين الفيزياء والكيمياء) معقدا بشكل كاف يمكن ان يفكر أيضا، ونتيجة ذلك يمكنه ان يتعلم أيضا.

التعلم في الإنسان والآلة ... من يتحدى من؟

عملية التعلم في الإنسان هي اكتساب معرفة جديدة وتطوير لمهارات التحسس عبر تعليمات محددة، أو تمرن واستكشاف لحقائق جديدة ونظريات عبر التجربة. وفي الآلة هي محاكاة عملية لطرق انسانية في الاستنتاج، وطرق في الاستزادة والتعلم من المعرفة المعروضة لتلك الآلة. ومنذ الأيام الأولى لتواجد أجهزة الحاسوب دأب الباحثون على سبر أغوار وسائل جديدة لتكوين آلات ذكية تتعلم، حتى أصبح اليوم مجال التعلم أحد التحديات التي تواجه العاملين في مجال تقانة الذكاء والتعلم. لكن لماذا التعلم في الآلات؟

ان احدى المزايا التي خصها الله تعالى للإنسان هي قابلية الاستنتاج المباشر أو التفسير بالاستدلال (Reasoning by Deduction)، والاستنتاج غير المباشر أو التفسير بالاستقراء (Reasoning by Induction). فما يبدو تعلمًا في الحيوان هو تدريب وتطبع أكثر مما هو تعلم. كما ان التعلم في حد ذاته عملية بطيئة وتستغرق وقتًا وغير قابلة للأستتساخ السهل، هذا اذا ما تمت في الانسان. لكن هل هي كذلك في الآلة؟ ان الآلة لا تتعب، وبالتالي يمكنها التعلم باستمرار وعمل نسخ بعد ذلك لغيرها من الآلات المماثلة التي لم تشاركها عملية التعلم. ولأن الانسان بنى الغواصة بالتعلم من السمكة، والطائرة بالتعلم من الطيور، وأشياء أخرى أبتكرها الإنسان بتعلمه محاكاة الطبيعة الرائعة، وخلق الله تعالى فيها، فلماذا لا يتعلم كيفية التعلم من الانسان، ليصنع آلة تتعلم كما يفعل الانسان؟

ان التعلم الذي عرف أول هذا الكلام كونه اكتساب معرفة جديدة وتطوير لمهارات التحسس عبر تعليمات أو تمرن واستكشاف لحقائق جديدة ونظريات عبر التجربة والملاحظة، يقسم الى تصنيفات منها:

- ١- التعلم بالحفظ (Learning by Memorization): حيث تكون المعرفة في سطح الذاكرة بعد ان تكرر استدعاؤها واستخدامها. مثل من نكون واين نسكن ... الخ.
- ٢- التعلم بأنتخاب المتغيرات (Learning by Parameters Selection): ضمن اطار عام للقابليات .. كمن يتعلم ركوب الدراجة أو مرة.

- ٣- التعلم بالأسلوب (Method Learning): بامتلاك لأسلوب معين يكرر، كتعلم خوارزمية القسمة الطويلة التي يتعلمها المرء أول تعلمه الحساب.
- ٤- التعلم بالمفهوم (Conceptual Learning): خلق وابتكار لتركيب أو اسلوب "معرفة جديدة من معرفة سابقة" عبر اسقاط لمعرفة غاطسة بواسطة آلة استنتاج نحو تركيب معرفة ظاهرة. أي أيجاد أدوات تحويل معرفية. وينقسم هذا النوع من التعلم الى انواع (حسب استراتيججة التعلم المستخدمة) كأن يكون:

- أ- بالتعليمات (By Instructions): حيث توجه التعليمات أو الأيعازات المجهزة كيفية التعامل مع معلومات مزودة مسبقا. مثال ذلك تعلمنا تشغيل جهاز بأتباع تعليمات كتيب التشغيل.
- ب- بالتشابه (By Analogy): حيث تنقل نتائج تجربة سابقة الى ظروف تماثلها في المتغيرات والعوامل، ضمن مفهوم ما هو جيد لظرف ما، هو جيد لظرف يماثله في المتغيرات والعوامل.
- ت- بالملاحظة والاكتشاف (By Observation & Discovery): حيث تتعايش المنظومة المتعلمة مع الظروف الخارجية بالملاحظة السلبية أو الايجابية (تتفاعل وفق استراتيجية التعلم وتدرس تأثير ذلك) نحو اثراء المعرفة المطلوبة.

ان التصنيفات الثلاثة الأولى قليلة في الاستقراء لكنها عالية في الاستدلال. وهذا على عكس ما في التصنيف الرابع، حيث الاستقراء أكثر من الاستدلال. ان التصنيف الأخير هو الأقل فهما بين التصنيف المبينة أعلاه ويرجع السبب الى عاملين، الأول: ان تمثيل المعرفة وتصنيفها، وتعقيدات استراتيجية وصلها، وكيفية التفسير، واساليب التعلم لدى الانسان، غير مفهومة فهما كاملا في الوقت الحاضر، والثاني مقدار ما يلزم من المعرفة لبدء عملية التعلم الخلاق. الا ان هذا يجب ان لا يعني ان منظومات تحت البحث لم تبين وفق الاستراتيجيات الواردة في التصنيف الأخير هذا.

ولقد مرّ تعلم الآلة بفترات ثلاث. الفترة الأولى: حين بنيت منظومات تعلم عامة أشير لها بالشبكات العصبية (Neural Networks) والتي أدت الى منظومات تمييز العينة (Pattern

(Recognition) مع نجاح محدود في التعلم. الفترة الثانية: تلخصت في أختزال المفهوم الرمزي (Symbolic Concept Acquisition) من البيانات المتوفرة. الفترة الثالثة: كانت لتعلم المجالات المكثفة لتمثيل المعرفة (Knowledge Representation). وقد أثمرت الفترة الأخيرة في استطلاع العديد من استراتيجيات التعلم، مع العلم ان أهم التحديات التي تواجه تعلم الآلة هي تعلم استنباط علاقات جديدة بين تمثيلات المعرفة المخزونة والمتنامية باستمرار في منظوماتها، بكلمة أخرى، خلق وأبتكار للمحولات (Transformers) الضرورية للتفسير بأسلوب استقرائي عبر استراتيجيات معينة لأضافة حقائق أخرى الى قاعدة البيانات (Database). ان العديد من المنظومات الذكية المتعلمة التي تم بناؤها حتى الآن تبشر بعصر تقني جديد، وساحة تصنيعية واعدة النمو.

حدود النمو ومستقبل آلات التفكير والتعلم:

لم تصل الحواسيب بعد الى حافات تقدمها الأمر الذي يعني استمرار النمو. لكن هل يستمر ذلك بدون توقف؟ وان كان، فمتى وكيف؟

يؤمن الاقتصاديون بحدود لكل نمو في أي وجه مادي من أوجه حضارتنا الأنسانية ، والسبب أن استمرار التوسع لا يكون الا على حساب المواد الأولية (المحدودة طبيعياً) لذلك النمو. وكأي نمو، يكون نمو الحاسوب بعدة مسالك: **ان يقف الآن**، **ان يستمر متباطئاً نحو التوقف**، **ان يتسارع لفترة قبل ان يتباطأ نحو التوقف**. وللإجابة على سؤال متى وكيف تتوقف ثورة الحاسوب لنا ان نتصور من الاحتمالات ما يلي: أولاً ان العالم في مقبل السنين "ولتكن عشرة سنوات" لن يطلب حواسيب أكثر مما يطلبه الآن (توقف النمو)، ثانياً ان الحواسيب لن تصبح أكثر فاعلية في الزمن القريب (التباطؤ نحو التوقف)، ثالثاً ان مجال منافستها للإنسان ستصل أقصاها، وان جميع استخداماتها وتطبيقاتها ستقارب استنفادها (التسارع قبل التباطؤ والتوقف).

ليس صعباً الاستنتاج ان زمن توقف ونمو الحاسوب لم يحن بعد، لأننا ببساطة واثقون كل الثقة أن الجواب لتصورات الاحتمالات الثلاثة أعلاه هو النفي. ولكن في المقابل، ان نظرية حدود النمو تستند الى ادعاء واقعي فحواه: ان أي نمو، لا يمكن ان يستمر دون الوصول الى عوز جوهري في واحد من عناصر ذلك النمو. واذ تنطبق نظرية حدود النمو على أجيال الحواسيب الأولى التي استخدمت كميات من النحاس "المحدود في مصادره الطبيعية"، نجد صعوبة تطبيقها في القريب المنظور بعد ان تنوعت مصادر تصنيع الحواسيب واستمر تصغيرها.

والأجدر بالأعتبار ان نمو الحواسيب مرتبط بعوامل سياسية واقتصادية واجتماعية لا تتحكم الحواسيب في مسارها أو نتائجها. وافرازات النمو تلك قد تنعكس سلبا على استمرارية ذات النمو مما يعني ان يتخذ صناع القرار يوما ما، قرارا يكبح النمو أو يبطؤه. وهذا الافتراض صعب التحقيق والتطبيق لأن التجربة أثبتت انه لا يمكن لأي مؤسسة أو دولة ان تعيق التقنية بقرار، دون خسارة فادحة (اقتصادية واجتماعية) في أغلب الأحيان، وشواهد ذلك غنية عن الذكر. أفترض آخر بعيد عن التحقيق في الوقت الحاضر، هو ان يبتكر العلم بديلا يلغي الحاجة للحواسيب ويوقف أستمرار نموها. ولأن هذا الافتراض بعيد التحقيق في الوقت الحاضر نرى من غير المجدي التكهن في تصور حدوثه. ومن هنا يكون من الجائز القول ان نمو ثورة الحواسيب ستستمر في عشرات السنين القادمة على أقل تصور. فحاجة الصناعة والزراعة والطب والتجارة والحرب وغير ذلك من تطبيقات متطورة غير ممكنة بدون الحواسيب. فهي ضرورية لعالم يتزايد بالتعقيد والتشابك السلمي والحربي.

العائق الهام الذي يعرقل تنامي ثورة الحاسوب هو ما يعرف اصطلاحا بالفجوة البرمجية (Software Gap). ولأدراك ما نعني بالفجوة البرمجية، يكون من الواجب ادراك ان الحاسوب جهاز مادي (Hardware) يزود ببرامجيات (Software) تحدد عمل الجزء المادي وكيفية تنفيذه للأوامر. وبتعريف آخر هو عبارة عن ذاكرة وايعازات برمجية ترشد آلة الى كيفية معالجة البيانات المخزونة في تلك الذاكرة. ان التقدم المادي في نمو ثورة الحاسوب لم يصاحبه تقدم برامجي بنفس القدر. وفي هذا الخصوص يرى العديد من علماء ومهندسي الحاسوب ان يكون العائق البرمجي أهم عائق في تحجيم ذلك النمو آنف الذكر ما لم يجد اختراقا ثوريا يوازي التقدم المادي. وفي الوقت الحاضر، هناك بدائل عديدة لردم هذه الفجوة البرمجية وهو موضوع لمقال آخر لا يتسع المجال هنا للتطرق اليه. ومن هنا نرى ان الانسان لا يمكن ان يستغني عن الحواسيب وما تحوسبه الآن أو غدا. ولأنه يحتاج الحواسيب، فستبقى معه وستتمو في المستقبل وما أدراك ما يخبئه المستقبل.

ويبقى الطموح أحد قيم الإنسان النبيلة لصنع غد متطور وأفضل. فالحاسوب جهاز يفتح المذهل والجديد، ويركم قابليات التحدي من مجموع نتاجاته. وأهميته المستقبلية تكمن بواقع الحال من انفتاح نهايات تطبيقاته المتفاعلة معه.