الباب الثانى

موجز تطور الحاسبات

٢-١ مقدمة عامة

٢-٢ بداية الآلات الحاسبة والحاسبات الميكانيكية

٢-٣ الحاسبات والحرب العالمية الثانية

(١) الحاسبات الكهروميكانيكية

(٢) الحاسبات الإلكترونية

٢-٤ تطور أجيال الحاسبات

٢-٥ التطور المستقبلى لنظم الحاسبات وتكنولوچيا المعلومات

الباب الثانى

موجز تطور الحاسبات

٢-١ مقدمة عامة

تشكل الحاسبات مكونا مهمًا فى منظومة تكنولوچيا المعلومات وتلعب دورا أساسيا فى البنية الأساسية لمجتمع المعلومات . وعلى الرغم من أن ميكنة الحسابات أو فكرة بناء الآلات الحاسبة المتكاملة ترجع إلى القرن التاسع عشر ، إلا أن الطفرة الحقيقية حدثت قبل منتصف القرن العشرين بقليل . ومنذ ذلك الوقت ابتدأت المنظومة العلمية والتكنولوچية تتيح تطورات كبيرة فى مجال الحاسبات والاتصالات والإلكترونيات التى انعكست بدورها على غيرها من المجالات فى إطار تكافلى رائع .

وقد كانت ثورة فيزياء الكَمّ التى انطلقت شرارتها فى بداية القرن العشرين على يد «ماكس بلانك» (Max Planck) (١٨٥٨ – ١٩٤٧) والتى تبلورت فى نظرية متكاملة على يدى «نيلز بور» (Niels Bohr) (١٨٨٥ – ١٩٦٢) و «ڤيرنر هيزنبرج» (Werner Heisenberg) (١٩٠١ – ١٩٧٦) عام ١٩٢٥ هى التى أرست الأسس لاختراع الترانزستور عام ١٩٤٧ والليزر عام ١٩٦٠ .

كذلك فإن بعض النظريات فى مجال الرياضيات مثل نظرية «عدم الاكتمال» (Incompleteness Theorem) والتى وضعها «كورت جودل» (Kurt Gödel) (١٩٠٦ – ١٩٧٨) عام ١٩٣١ ، وكذلك النموذج النظرى للحاسبات الذى وضعه «ألان تورنج» (Alan Turing) (١٩١٢ – ١٩٥٤) فى عام ١٩٣٧ قد ساهمت مساهمة كبيرة فى وضع الركائز النظرية للحسابات والحاسبات .

وقد كان للتطور الكبير فى مجال الإلكترونيات الدقيقة (Microelectronics) تأثير واضح على نظم الحاسبات بوجه عام وظهور الحاسبات الشخصية والمحمولة بوجه خاص والتى انتشرت فى معظم الهيئات والمؤسسات والمدارس والجامعات مما كان له أثر كبير فى إعادة صياغة أنظمة العمل والتعليم والتعلم .

وتزيد قدرة نظم الحاسبات إذا ارتبطت ببعضها فى شبكة واحدة متكاملة . كما أن هناك تطبيقات كثيرة تتطلب التوزيع الجغرافى المتكامل لنظم الحاسبات والمعلومات. ولذلك تطورت شبكات الحاسبات والاتصالات بكافة مستوياتها حتى وصلت إلى الشبكة العالمية (الإنترنت) التى ساهمت فى خلق أنماط جديدة من الخدمات وأتاحت فرصا جديدة للتفاعل والتعاون عبر العالم كله . وإضافة إلى التقارب الذى حدث بين الحاسبات والاتصالات فقد أضيف لذلك البث الإذاعى والتليفزيونى وبذلك يتبلور الآن الإطار العام لشبكة معلوماتية معرفية إعلامية متكاملة .

وقد نشأت عن هذه التطورات نظريات اقتصادية جديدة وابتدأت معالم الاقتصاد

المعرفى الجديد فى الظهور . كما واكب ذلك تطور مهم فى مجال التجارة الإلكترونية والتى تتطلب صياغة تشريعات جديدة سواء على مستوى الدول أو التجمعات الإقليمية أو على مستوى العالم أجمع ، كذلك إبتدأت نظم المعلومات تأخذ أشكالا جديدة تعتمد على أنظمة الحاسبات الموزعة ، والتى تدعمها الشبكات المختلفة مما ساهم فى تطوير نظم إدارة المؤسسات التى تركز على التعاون والتكامل ودعم اتخاذ القرارات على كافة المستويات .

ونظرا للتعقد والتشابك بين الأنشطة المختلفة فقد تزايد الاهتمام بعلم المنظومات (Systems Science) الذى يساعد فى تفهم وتحليل سلوك الأنظمة المعقدة سواء على مستوى الأسس النظرية له ، والتى تتمثل فى نظريات التعقيد (Complexity theories) و «الشواش» (Chaos) ، أو فى إنعكاسات ذلك على التطبيقات المختلفة فى كل المجالات . ودعم ذلك كله تطورات فى مجال «هندسة الكسريات» (Fractal Geometry) والتى استفادت بشكل كبير من إمكانيات الحاسبات فى عرض قدرتها على نمذجة بعض الظواهر الطبيعية ، أو فى دراسة سلوك بعض الأنظمة بصورة أكثر تعبيرا ودقة .

وعلى الرغم من هذا التطور الكبير والإنجازات الهائلة ، إلا أنه توجد بعض الجوانب السلبية التى يجب تفهمها ومعرفة أبعادها وتأثيرها حتى يمكن إيجاد توازن بين الإيجابيات والسلبيات . وأحد هذه الجوانب يتمثل فى النواحى الإيكولوجية سواء فيما يتعلق بالنواحى البيئية أو التأثيرات على الإنسان وصحته . ولقد كان للتطورات التكنولوجية المختلفة من خلال نظم إنتاجية صناعية أو ممارسات أخرى على الموارد الطبيعية مثل إزالة الغابات تأثير ضار على البيئة . ولم يفطن الإنسان لذلك إلا فى الآونة الأخيرة ، ورأى نتيجة عبثه واستهتاره حيث لوث الماء والهواء وأثر على الغلاف الجوى للكرة الأرضية بصورة كبيرة ، ونتج عن ذلك كله تأثير سلبى على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى . كما أن هناك تأثيرات أخرى مباشرة تنتج عن استخدام الأجهزة المختلفة من خلال التأثيرات الإشعاعية على سبيل المثال ، لذلك بدأ الاهتمام بالنواحى الإيكولوجية لتكنولوجيا الحاسبات والشبكات وغيرها للوصول إلى توازن يضمن استمرار الحياة على الكرة الأرضية فى إطار تفاعلها مع الكون كله .

كذلك هناك حاجة ماسة الآن فى ظل الانتشار الكبير لنظم وشبكات المعلومات وتغلغلها فى معظم نواحى النشاط الإنسانى إلى صياغة للأسس الأخلاقية لعصر أو مجتمع المعلومات . وبعض هذه الموضوعات يتعلق بالخصوصية وحماية الملكية الفكرية بصورة متوازنة والتى تتطلب وجود التشريعات الملائمة على جميع المستويات،

بالإضافة إلى تطوير مواثيق شرف للمهن المختلفة المرتبطة بنظم المعلومات والشبكات . بجانب ذلك يجب التأكد من مصداقية ما يتاح من معلومات ومعارف على الشبكات حتى لا تكون مصدرا آخر من مصادر «التلوث المعرفى» . وهناك موضوع مهم آخر نتج عن التباين الكبير فى مستوى الدول المتقدمة والنامية والمتخلفة ؛ مما ظهر معه نوع جديد من الفقر بالإضافة للفقر المادى وهو الفقر المعلوماتى والمعرفى . ويوجد أيضا هذا التباين فى داخل بعض المجتمعات المتقدمة مما يثير مشكلات إجتماعية يجب دراستها ومحاولة إيجاد حلول ملائمة لها . كما أن ذلك يتطلب إعادة النظر فى مفاهيم حقوق الإنسان الحالية ، والتى يجب أن تشمل الإنسان فى كل زمان ومكان . فهناك حقوق للأجيال السابقة وأيضا للأجيال اللاحقة التى مازالت فى مجاهل المستقبل . ويجب أن تتوازن مع حقوق الإنسان صياغة واجباته أيضا سواء على مستوى الفرد أو الجماعة أو الدولة أو العالم أجمع .

وتزداد الآن أهمية وجود نظرة مستقبلية تتطور باستمرار حتى يمكن التخطيط الملائم لمواجهة الإمكانيات المتاحة مستقبلا والآثار الجانبية لها . ولتحقيق ذلك يمكن إعمال آليات التبصر (Foresight) التى تضع الخطط الآنية أو على المستقبل القريب من خلال توقع مستقبلى مع الأخذ أيضا فى الاعتبار الخبرات السابقة . ومن الصعب وضع تنبؤات دقيقة فى مجال الحاسبات والشبكات ونظم المعلومات نظرا للتطور الكبير والمتسارع ، ولكن يمكن تحديد اتجاهات عامة للتطور كمايلى :

(١) بالنسبة لأجهزة ونظم الحاسبات سيتم فى الفترة القادمة تكثيف الجهود لتطوير نظم الحاسبات المدمجة (Embedded Computers) والتى سينتج عنها دخول مكونات الحاسبات فى كل شىء تقريبا . وسيتطلب ذلك الاهتمام بتكنولوجيا «المحسات» (Sensors) وتكنولوجيا «المواد الجديدة» (New Materials) . وسيتم أيضا دراسة إمكانية تصميم وتنفيذ ما يسمى بالحاسبات الضوئية والحيوية و «الكمّية» (Quantum) والتطبيقات الملائمة لكل نوعية . كذلك سيتم التطوير الشامل للشبكات الضوئية بجميع مستوياتها والشبكات «الخلوية اللاسلكية» (Wireless Cellular) بالإضافة إلى تكثيف استخدام الأقمار الصناعية فى الاتصالات وشبكات المعلومات .

(٢) لكى تساهم هذه التطورات التكولوجية فى بناء مجتمع المعلومات سيتم التركيز بشكل أكبر على دراسة التأثيرات الاجتماعية والثقافية والسياسية والاقتصادية لشبكات ونظم المعلومات والمعارف . هذا بالإضافة إلى الشكل الجديد للتعليم والتعلم وأنظمة العمل والتفاعل الإنسانى . وسيشتمل ذلك على شكل الجامعات المفتوحة ونظم التعليم والتعلم عن بعد والتعلم مدى الحياة . كذلك دراسة الوضع الجديد للمكتبات ودورها الفعال فى إتاحة المعارف بصورة جديدة

تستغل التقدم فى نظم الوسائط المتعددة . وأيضا دور المتاحف من منظور أوسع وعلى الأخص المتاحف الظاهرية والمتاحة على الشبكات والتى تستفيد من التطور الكبير فى نظم الحقيقة الظاهرية (Virtual Reality) وستحظى كذلك أنظمة الرعاية الصحية و«الطب عن بعد» (Telemedicine) والتوعية الثقافية والعلمية والتكنولوجية والبيئية باهتمام كبير .

(٣) الدراسات المتعمقة لموضوع اخلاقيات المعلومات ودمجه مع النواحى الأخلاقية الأخرى فى إطار متكامل مثل الأخلاقيات البيئية أو البيولوجية أو من منظور أشمل وهو أخلاقيات العلم والتكنولوجيا .

٢-٢ بداية الآلات الحاسبة والحاسبات الميكانيكية

لقد حاول الإنسان إجراء العمليات الحسابية منذ زمن طويل حيث استخدم «المعداد» (Abacus) فى الصين منذ حوالى ٥٠٠٠ عام (٣٠٠٠ عام قبل الميلاد) ، ولكن تم اختراع أول آلة ميكانيكية فى العالم تقوم بإجراء عمليات الجمع والطرح على يد «بليز باسكال» (Blaise Pascal) (١٦٢٣ - ١٦٦٢) فى عام ١٦٤٢ وكانت تسمى «باسكالين» (Pascaline) . وفى عام ١٦٧٢ أضاف «جوتفريد ليبنتز» (Gottfried Leibniz) (١٦٤٦ - ١٧١٦) عمليات الضرب والقسمة وإيجاد الجذر التربيعى .

وقد بدأت فكرة الحاسبات بالصورة المتكاملة التى تقوم فيها الآلة بحل مسألة معينة من البداية إلى النهاية ، عندما صمم «تشارلز بابيج» (Charles Babbage) (١٧٩١ - ١٨٧١) أستاذ الرياضيات بجامعة كامبردج فى إنجلترا حاسبا ميكانيكا أسماه «الآلة التحليلية» (Analytical Engine) وذلك فى عام ١٨٣٤ . ويمكن برمجة هذا الحاسب لحل المسائل المنطقية والرياضية المختلفة . وقد اشتمل تصميم هذه الآلة على وحدة «ذاكرة» تتكون من ١٠٠٠ «كلمة» أو مكان وكل كلمة تشتمل على ٥٠ رقماً عشرياً . ويمكن تخزين وإسترجاع الأعداد من أى مكان فى هذه الذاكرة وتعديله ، عن طريق إجراء بعض العمليات الحسابية والمنطقية فى وحدة التشغيل المركزية (Central Processing Unit) (CPU) ثم إعادة تخزينه فى مكان آخر . وقد اشتمل التصميم على وحدة بطاقات مثقبة ، وكذلك وحدة طباعة بالإضافة إلى ذاكرة أخرى لتخزين البرامج التى يتم كتابتها باستخدام لغة خاصة بهذه الآلة . ونظرا لاشتمال تصميم هذه الآلة الميكانيكية على ٥٠٠٠٠ عجلة تروس ، فقد كان من الصعب فى هذا الوقت تنفيذها . ولذلك حاول «بابيج» تبسيط هذه الآلة وصمم حاسبا آخر أسماه «ماكينة الفروق - رقم ٢» (Difference Engine No.2) بحيث تشتمل ذاكرتها على كلمات مكونة من ٣١ رقما عشريا فقط بدلا

من ٥٠ ، ولكنه لم يستطع أيضا إستكمال بناء هذه «الماكينة» خصوصا وأن الحكومة البريطانية فى ذلك الوقت لم تساهم فى دعم هذا المجهود . وقد ساعدت «بابيج» فى وضع أسس البرمجة «أدا كنج» (Ada King) (١٨١٥ - ١٨٥٢) وكانت أيضا «كونتيسة لفليس» (Countess of Lovelace) وابنة الشاعر الإنجليزى «لورد بيرون» (Lord Byron) . وقد تم إطلاق اسمها على إحدى لغات البرمجة والتى تسمى (ADA) تخليدا لذكراها كأول مبرمجة حاسبات فى العالم . وتجدر الإشارة إلى أن متحف العلوم البريطانى قام فى عام ١٩٨٥ بإعادة بناء «ماكينة الفروق رقم ٢» التى كان «بابيج» يحلم ببنائها .

٢-٣ الحاسبات والحرب العالمية الثانية

(١) الحاسبات الكهروميكانيكية

فى عام ١٩٤١ قام المهندس الألمانى «كونراد زوس» (Konrad Zuse) بتصميم وبناء حاسب كهروميكانيكى يعتمد على «النظام الثنائى» (Binary System) ويمكن برمجته للقيام بحل المسائل الرياضية المختلفة وأسماه (Z3) ، واستخدم الشرائط الورقية المثقبة لإدخال البيانات . وفى عام ١٩٤٣ ابتدأ فى تصميم وبناء نموذج معدل أسماه (Z4) ولكن غارات الحلفاء على برلين دمرت معظم هذه النماذج . وفى تلك الفترة نفسها تقريبا قام «هوارد أيكن» (Howard Aiken) (١٩٠٠ - ١٩٧٣) بجامعة «هارفارد» بالولايات المتحدة الأمريكية بتصميم وبناء حاسب كهروميكانيكى بالتعاون مع شركة (IBM) وأسماه «مارك - ١» (Mark I)، وقد ابتدأ العمل فى تنفيذه عام ١٩٣٩ وانتهى فى عام ١٩٤٤ . وقد كانت عملية الجمع الواحدة تستغرق ٦ ثوانٍ وعملية القسمة تستغرق ١٢ ثانية .

(٢) الحاسبات الإلكترونية

فى خلال الحرب العالمية الثانية استخدم الألمان إحدى ماكينات التشفير التى سميت (Enigma) ومعناها «المحيرة» نظرا لتعقيدها ، وكان من الصعب «كسر» هذه الشفرة (Code Breaking) . وقد كانت لها نماذج مختلفة ، كان أصعبها ما يسمى بشفرة (Enigma) البحرية ، والتى استخدمت فى الاتصال بالغواصات الألمانية فى المحيط الأطلنطى ، والتى ألحقت كثيرا من الدمار لقوافل الإمدادات التى تأتى من أمريكا إلى إنجلترا عبر الأطلنطى . وقد لعب العالم الإنجليزى «ألان تورنج» (Alan Turing) دورا بارزا فى كسر هذه الشفرة (ولم يتم حتى الآن الإفراج عن الوثائق الخاصة بذلك ، على الرغم من مرور أكثر من خمسين عاما على انتهاء الحرب) . وقد تم بناء أحد الحاسبات للمساعدة فى هذه المهمة وسمى «العملاق» (Colossas) واستخدم فى بنائه ٢٥٠٠ من الصمامات الإلكترونية وتم إدخال

بياناته عن طريق الشرائط الورقية المثقبة ، وقد ابتدأ أول حاسب من هذا النوع فى العمل عام ١٩٤٣ [Kahn, 1998] . وفى نهاية الحرب كانت هناك عشرة حاسبات تعمل فى (Bletchley Park) بمقر عمليات كسر الشفرة للحلفاء وقد تم تدمير ثمانية منها بعد إنتهاء الحرب ، وتم الإبقاء على اثنين فقط . وفى ٦ يونيو ١٩٩٦ وهو الذكرى الثانية والخمسين لهجوم الحلفاء على «نورماندى» فى فرنسا تم إعادة تشغيل أحد هذه الحاسبات ، والذى كان العمل قد بدأ فى إعادة بنائه فى نوفمبر عام ١٩٩٣ [IEEE COMPUTER, 1996] . ويمكن الحصول على معلومات أخرى عن هذا الموضوع من خلال الموقع التالى المتاح على شبكة الإنترنت.

(http: //www. cranfield. ac. uk/CCC/ BPark/colossus)

كما قامت الولايات المتحدة الأمريكية بكسر الشفرة اليابانية المعروفة باسم «الأرجوانية» (Purple) وكانت أحد الأسباب الرئيسية فى انتصارها فى معركة «ميدواى» (Midway) البحرية الشهيرة فى المحيط الهادى [Prados, 1995] ولم يتم أيضا نشر التفاصيل الكاملة للطرق التى استخدمت فى ذلك حتى الآن .

٢-٤ تطور أجيال الحاسبات

تطورت الحاسبات بسرعة كبيرة منذ أن تم تسويق الحاسب (UNIVAC I) تجاريا فى عام ١٩٥١ . لقد كان الوقت اللازم لإجراء عملية جمع واحدة بالنسبة لهذا الحاسب ١٢٠ مايكروثانية (١ على مليون من الثانية) . وفى عام ١٩٧٧ وصل هذا الزمن بالنسبة للحاسب الشخصى (Apple II) إلى ١٠ مايكروثانية فقط، وفى العام نفسه كان هذا الزمن بالنسبة للحاسب العملاق (Supercomputer) المسمى (Cray I) ١٠ نانو ثانية (١ على بليون من الثانية) ، وفى عام ١٩٩٨ كان هذا الزمن بالنسبة للحاسب الشخصى (Pentium II) ٥ نانوثانية [Kurzweil, 1999] بالطبع هناك معايير أخرى لمقارنة أداء الحاسبات ، بالإضافة إلى سرعة تنفيذ العمليات الحسابية ، ولكن ذلك يعتبر مؤشرا على التقدم الكبير الذى حدث فى مجال تطوير الحاسبات .

وعلى الرغم من الزيادة الكبيرة فى سرعة الحاسبات إلا أنه توجد حتى الآن تطبيقات تحتاج إلى المزيد . فعلى سبيل المثال توجد مشروعات للوصول إلى سرعة تنفيذ للعمليات الحسابية تعادل ١ «بيتا عملية فى الثانية» (Peta FLOPs) أى ١٠٠٠ ترليون عملية فى الثانية (١ ترليون = ١٠٠٠ بليون) . وأحد هذه المشروعات تقوم بتنفيذه شركة IBM ويسمى «الجين الأزرق» (Blue Gene) وسيستخدم أساسا فى محاكاة عمليات «طىّ» البروتينات» (Protein Folding) وستستغرق محاكاة عملية طىّ واحدة عاما كاملا ، إذا استمر الحاسب فى حالة تشغيل متصلة . وقد بدأ العمل فى هذا المشروع عام ٢٠٠٠ وسيستغرق بناؤه خمسة أعوام حيث

يتم تشغيله عام ٢٠٠٥ . وتجدر الإشارة إلى أن هذه العملية تستغرق فى جسم الإنسان أقل من ثانية واحدة [Clark, 2000] .

إن التطور فى مجال الحاسبات لا يتم فى معزل عن التطورات فى المجالات الأخرى ، ويشتمل الجدول (٢-١) على تاريخ بعض الإنجازات فى مجال الحاسبات والشبكات والاتصالات والإلكترونيات والبث الإذاعى والتليفزيونى وعلم المنظومات والسيبرنية والفيزياء والرياضيات [Haykin, 1994, 2] [Kurzweil, 1999] [Haykin, 1994,1] وكلها مجالات تتكامل مع بعضها لتكوين منظومة علمية معرفية متكاملة .

جدول (٢-١) : بعض الانجازات المهمة فى مجال الحاسبات والاتصالات والإلكترونيات والرياضيات والفيزياء وعلم المنظومات.

التاريخ	الإنجاز
حوالى ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد	ظهور الأعداد فى مصر القديمة [Ifrah, 2000, p. 182] والمعداد (Abacus) فى الصين .
حوالى ١٩٩١ - ١٧٨٦ قبل الميلاد	العمليات الحسابية فى مصر القديمة (من خلال بردية «رايند» (Rhind Papyrus) المحفوظة فى المتحف البريطانى وبعض البرديات الأخرى المحفوظة فى متحف موسكو ومتحف نيويورك [Robins, 1997] .
حوالى ٦٠ قبل الميلاد	«يوليوس قيصر» يستخدم أحد أنظمة التشفير للأغراض العسكرية .
٧٨٣ - ٨٥٠	محمد بن موسى «الخوارزمى» أحد علماء الرياضيات فى عصر الخليفة العباسى «المأمون» وأبرز علماء «بيت الحكمة» فى بغداد يؤلف كتاب «الجبر والمقابلة» ، وكذلك كتاب «حساب الجمع والتفريق بحساب الهند» والذى اشتمل على عرض للطريقة العشرية المعروفة وإضافة «الصفر» للأرقام العشرة. وقد أطلق الآن إسم «خوارزم» (Algorithm) على مجموعة العمليات الحسابية الخاصة بحل مسألة معينة ، والتى تمثل جزءا من أهم فروع علم الحاسبات، وهو «نظرية الخوارزمات» (Theory of Algorithms) تكريما لهذا العالم الكبير [Ifrah, 2000, p. 531] [طوقان ، ص ١٥٤] .
١٤١٢	العالم المصرى «القلقشندى» يؤلف كتابا فى «تحليل الشفرات» ، (Cryptoanalysis) وهو أقدم المخطوطات فى هذا المجال [Stallings, 1995, p. 108] .
١٦٤٢	«بليز پاسكال» (Blaise Pascal) يخترع آلة لجمع وطرح الأعداد .
١٦٩٤	«جوتفريد ليبنتر» (Gottfried Leibniz) يضيف عمليات الضرب والقسمة .
١٨٠٥	«جوزيف جاكار» (Joseph Jacquard) يبتكر طريقة للنسج الأوتوماتيكى يتم فيها التحكم فى شكل المنسوجات عن طريق مجموعة من البطاقات المثقبة .
١٨٣٢	«تشارلز بابيج» (Charles Babbage) يقدم تصميما لحاسب ميكانيكى أسماه «الآلة التحليلية» (Analytical Engine) .
١٨٣٧	«صامويل مورس» (Samuel Morse) يخترع التلغراف .

التاريخ	الإنجاز
١٨٤٧	«جورج بول» (George Boole) يقترح الأسس الرياضية للمنطق الرمزى (Symbolic Logic) والتى أصبحت أساسا لتصميم الدوائر المنطقية للحاسبات .
١٨٦٤	«جيمس كلارك ماكسويل» (James Clerk Maxwell) يقدم النظرية الكهرومغناطيسية للضوء ، ويتنبأ بوجود موجات الراديو .
١٨٧٥	«ألكسندر جراهام بل» (Alexander Graham Bell) يخترع التليفون .
١٨٨٧	«هينريتش هرتز» (Heinrich Hertz) يقوم بتوليد موجات الراديو فى المعمل .
١٨٩٠	«هيرمان هوليرث» (Herman Hollerih) يخترع آلة كهروميكانيكية للبطاقات المثقبة (اعتمادا على أفكار «بابيج» و«چاكار») تستخدم فى حسابات التعداد العام بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨٩٠ ، وفى عام ١٨٩٦ أنشأ شركة لإنتاج هذه الآلات أصبحت فيما بعد شركة IBM فى عام ١٩٢٤ .
١٩٠٠	«ماكس بلانك» (Max Planck) (١٨٥٨ – ١٩٤٧) يقدم أساس نظرية الكم (حصل على جائزة نوبل فى الطبيعة عام ١٩١٩) .
١٩٠١	«جوجليلمو ماركونى» (Guglielmo Marconi) (١٨٤٧ – ١٩٣٧) يستقبل فى كندا رسالة أرسلت باللاسلكى من إنجلترا عبر الأطلنطى لمسافة ١٧٠٠ ميل (حصل على جائزة نوبل فى الطبيعة عام ١٩٠٩) .
١٩٠٤	«جون فلمنج» (John Fleming) يخترع «الصمام الثنائى» (Diode) .
١٩٠٥	«ألبرت أينشتين» (Albert Einstein) (١٨٧٩ – ١٩٥٥) يضع أساس النظرية النسبية الخاصة (حصل على جائزة نوبل فى الطبيعة عام ١٩٢١) .
١٩٠٦	«لى دى فورست» (Lee de Forest) يخترع الصمام الثلاثى (Triode) .
١٩١٣	الاتصالات التليفونية عبر القارات .
١٩١٣	«برتراند رسل» (Bertrand Russel) (١٨٧٢–١٩٧٠) و «ألفرد نورث هوايتهيد» (Alfred North Whitehead) (١٨٦١ – ١٩٤٧) ينشران كتاب «أصول الرياضيات» (Principia Mathematica) فى ثلاثة مجلدات عن الأسس المنطقية للرياضيات . (حصل «برتراند رسل» على جائزة نوبل فى الأدب عام ١٩٥٠) .
١٩١٥	«ألبرت أينشتين» يقدم النظرية النسبية العامة .
١٩١٨	«إدوين أرمسترونج» (Edwin Armstrong) يخترع جهاز الراديو .
١٩٢٥	بداية تجارب التليفزيون على يد «جون بيرد» (John Baird) (١٨٨٨ – ١٩٤٦) .
١٩٣١	«كورت جوديل» (Kurt Gödel) (١٩٠٦ – ١٩٧٨) يقدم نظرية «عدم الاكتمال» (Incompleteness Theorem) .
١٩٣٧	«ألان تورنج» (Alan Turing) (١٩١٢ – ١٩٥٤) يقدم نموذجا نظريا للحاسب سمى فيما بعد «آلة تورنج» (Turing Machine) .

التاريخ	الإنجاز
١٩٣٧	«أليك ريفز» (Alec Reeves) يقدم نظام «تضمين تكويد النبضات» (Pulse Code Modulation) (PCM) لاستخدامه فى التكويد الرقمى للإشارات الصوتية .
١٩٣٩	البث التليفزيونى من خلال هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) .
١٩٤٠	أول حاسب إلكترونى غير مبرمج يتم بناؤه بواسطة كل من «جون أتاناسوف» (John Atanasoff) و«كليفورد بيرى» (Clifford Berry) .
١٩٤٠	بناء حاسب كهروميكانيكى سمى (Robinson) لكسر الشفرات الألمانية خلال الحرب العالمية الثانية .
١٩٤٣	بناء حاسب إلكترونى سمى (Colossus) لكسر الشفرات الألمانية ، وعلى الأخص شفرة (Enigma) البحرية .
١٩٤٣	«وارين ماكلك» (Warren McCullock) و«والتر بتس» (Walter Pitts) يقدمان نموذجا للشبكات العصبية (Neural Networks) .
١٩٤٥	«جون فون نويمان» (John Von Neumann) (١٩٠٣ – ١٩٥٧) ينشر مقالة تشرح فكرة تخزين البرامج بالإضافة للبيانات فى ذاكرة الحاسبات ، ولذلك تسمى الحاسبات الحالية «آلة فون نويمان» .
١٩٤٦	أول حاسب إلكترونى «مبرمج من الخارج» يتم بناؤه فى جامعة بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية بواسطة «جون موكلى» (John Mauchly) و«جون إيكرت» (John Eckert) وكان وزنه حوالى ٣٠ طنًا .
١٩٤٨	«كلود شانون» (Claud Shannon) (١٩١٦ – ٠) يقدم الأسس النظرية للاتصالات .
١٩٤٨	اختراع الترانزستور بواسطة «وليام شوكلى» (William Shockly) (١٩١٠ – ١٩٨٩) و«والتر بريتين» (Walter Brattain) (١٩٠٢ – ١٩٨٧) و«جون باردين» (John Bardeen) (١٩٠٨ – ٠) .
١٩٤٨	«نوربرت وينر» (Norbert Wiener) (١٨٩٤ – ١٩٦٤) ينشر كتابه عن «السيبرنية» (Cybernetics) .
١٩٤٨	«دينيس جيبور» (Dennis Gabor) (١٩٠٠ – ١٩٧٩) يقدم فكرة «التصوير الهولوجرافى» (Holography) وقد حصل على جائزة نوبل فى الطبيعة عام ١٩٧١ .
١٩٤٩	بناء أول حاسب إلكترونى يتم فيه تخزين البرامج ، بالإضافة إلى البيانات بواسطة «موريس ولكس» (Maurice Wilkes) فى جامعة «كامبردج» بإنجلترا وحاسب آخر فى جامعة «مانشستر» بواسطة «وليامز» (Williams) و«كلبورن» (Kilburn) .
١٩٥٠	إنتاج أول حاسب يسوق تجاريا باسم (UNIVAC) .
١٩٥٠	«آلان تورنج» ينشر فى مقالته عن «الآلات الحاسبة والذكاء» الاختبار الذى سمى «اختبار تورنج» (Turing Test) لتحديد ذكاء الآلة .

التاريخ	الإنجاز
١٩٥٥	«چون فون نويمان» يصف «الأوتوماتا» ذات التكاثر الذاتى (Self-Reproducing Automata) .
١٩٥٦	«روس أشبى» (Ross Ashbby) ينشر كتابه «مقدمة السيبرنية» ويقدم فيه «قانون التنوع اللازم» (Law of Requisite Variety) .
١٩٥٦	استخدام تعبير «الذكاء الاصطناعى» (Artificial Intelligence) .
١٩٥٦	«چون باكوس» (John Backus) يقدم لغة (FORTRAN) أول لغة برمجة للأغراض العلمية .
١٩٥٧	إطلاق القمر الصناعى الروسى «سبوتنيك - ١» (Sputnik-1) .
١٩٥٧	«ناعوم تشومسكى» (Noam Chomsky) يصدر كتاب «البنية النحوية» (Syntactic Structures) لمناقشة النماذج الحسابية لفهم اللغات الطبيعية .
١٩٥٨	إنتاج أول دائرة متكاملة بواسطة «روبرت نويس» (Robert Noyce) و«چاك كِلْبى» (Jack Kilby) الذى حصل على جائزة نوبل فى الطبيعة عام ٢٠٠٠ .
١٩٥٨	تطوير لغة (LISP) للذكاء الإصطناعى بواسطة «جون مكارثى» (John McCarthy) .
١٩٥٨	«آلان نيويل» (Alan Newell) و«هيربرت سيمون» (Herbert Simon) يتنبأن بأن الحاسب سيصير بطل العالم للشطرنج خلال ١٠ سنوات (لم يتم تحقيق ذلك إلا فى عام ١٩٩٧) .
١٩٥٩	«جريس هوبر» (Grace Hopper) تقدم لغة (COBOL) أول لغة برمجة للأغراض التجارية .
١٩٦٠	بناء أول جهاز ليزر بواسطة «مايمان» Maiman بناءً على الأسس النظرية التى وضعها «تاونس» (Townes) (الذى حصل على جائزة نوبل عام ١٩٦٤) و«شاولو» (Schawlow) (الذى حصل على جائزة نوبل عام ١٩٨١) فى عام ١٩٥٨ .
١٩٦٠	إطلاق قمر الاتصالات «إيكو - ١» (Echo-1) بنجاح .
١٩٦٢	إطلاق قمر الاتصالات «تلستار» (Telstar) واستخدامه فى نقل البرامج التليفزيونية والإذاعية بين الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا .
١٩٦٧	«تيودور نلسون» (Theodor Nelson) ينشر فكرة «النص الزائد» (Hypertext) .
١٩٦٨	البدء فى تمويل مشروع شبكة «أربانت» (ARPANET) .
١٩٦٨	«أيڤان سذرلاند» (Ivan Sutherland) ينشر مقالته عن «وحدة العرض المثبت على الرأس ثلاثية الأبعاد» (3-D Head Mounted Display) [Vince, 1995] .
١٩٧١	تشغيل شبكة «أربانت» والتى تطورت بعد ذلك إلى الشبكة العالمية (الإنترنت) [Hafner, 1996] .

التاريخ	الإنجاز
١٩٧١	إنتاج أول معالج دقيق (Microprocessor) لشركة «إنتل» (Intel) ويحتوى على ٢٣٠٠ ترانزستور بواسطة كل من «تيدهوف» (Ted Hoff) و«ستان ميزور» (Stan Mazor) و«فيدريكو فاجن» (Federico Fagin) [Gwennap, 1996] .
١٩٧٥	الإعلان عن النظام القياسى لتشفير البيانات (Data Encryption Standard) (DES) وإقراره فى عام ١٩٧٧ .
١٩٧٧	«بنوا ماندلبروت» (Benoit Mandelbrot) ينشر كتابه عن «هندسة الكسريات للطبيعة» (Fractal Geometry of Nature) .
١٩٧٨	نشر الخوارزم الخاص بنظام التشفير (RSA) (Rivest, Shamir, Adleman) «ريفست – شامير – أدلمان» الذى يستخدم فكرة المفتاح العلنى (Public Key) للتشفير .
١٩٨٠	«جروسبرج» (Grossberg) ينشر إحدى النظريات المهمة فى مجال الشبكات العصبية خاصة بالتنظيم الذاتى (Self-Organization) .
١٩٨٢	«هوبفيلد» (Hopfield) يستخدم فكرة دوال الطاقة Energy Functions لصياغة طريقة جديدة لفهم الحسابات التى تتم بالنسبة لبعض أنواع الشبكات العصبية وتسمى الآن «شبكة هوبفيلد» [Haykin, 1994,1] .
١٩٨٣	ظهور الأقراص المدمجة Compact Discs .
١٩٨٣	ظهور وحدة العرض المثبتة على الرأس (Head Mounted Display) .
١٩٨٧	ظهور «قفاز البيانات» (Data Glove) التفاعلى .
١٩٨٨	تشغيل منظومة كابل الألياف الضوئية بين الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا بسعة ٤٠٠٠٠ مكالمة تليفونية فى الوقت نفسه ، بالإضافة إلى القدرة على نقل إشارات الفيديو والبيانات الرقمية .
١٩٨٨	فيروس الإنترنت يتسبب فى تعطيل ٦٠٠٠ حاسب فى الولايات المتحدة الأمريكية .
١٩٨٩	«جارون لانيير» (Jaron Lanier) يصيغ تعبير «الحقيقة الظاهرية» (Virtual Reality) .
١٩٩٠	تطوير برمجيات الشبكة العنكبوتية العالمية (WWW) (World Wide Web) بواسطة معمل طبيعة الطاقة العالية فى جنيف بسويسرا .
١٩٩٧	الحاسب «الأزرق العميق» (Deep Blue) الذى أنتجته شركة IBM يهزم بطل العالم فى الشطرنج «جارى كاسباروف» (Gary Kasparov) .
١٩٩٧	إقامة كأس العالم الأول للروبوتات (Robocup) فى اليابان خلال المؤتمر العالمى المشترك للذكاء الاصطناعى .
٢٠٠٠	البدء فى بناء حاسب يسمى «الجين الأزرق» (Blue Gene) ويتوقع أن يتم الانتهاء منه فى عام ٢٠٠٥ لاستخدامه فى التطبيقات البيولوجية ، وستكون سرعته حوالى ١ بيتا عملية فى الثانية (١ بيتا = ١٠٠٠ ترليون) .

٢-٥ التطور المستقبلى لنظم الحاسبات وتكنولوجيا المعلومات

إن التطور المستقبلى لنظم الحاسبات وتكنولوجيا المعلومات يتوقف بطبيعة الحال على البحوث العلمية والتكنولوجية التى تتم فى الوقت الحالى ، وعلى نطاق واسع فى عديد من دول العالم . ولكن إنتشار تطبيقات هذه النظم وتأثيرها على مستقبل الإنسان يتوقف على عوامل كثيرة أخرى إجتماعية وثقافية واقتصادية وسياسية وغيرها. كما أن التطور المستقبلى يتأثر بطبيعة الحال بالخبرات المختلفة التى تم اكتسابها فى الماضى . لذلك يجب النظر إلى الماضى بصورة ديناميكية حيث إن الدورس المستفادة من خبرات الماضى تتطور باستمرار ولذلك يمكن إعمال آليات التبصر (Foresight) [Slaughter, 1995] [Slaughter, 1999] والتى تنظر إلى النظرة المستقبلية والخبرات السابقة كجزأ لا يتجزئ من الحاضر . وبذلك يمكننا أن ننسج الحاضر من الماضى والمستقبل معا ولذلك يسمى الحاضر الممتد .

وهناك دراسات متعددة تتناول النظرة المستقبلية بوجه عام ، وفى المجالات المختلفة شاملة نظم الحاسبات وتكنولوجيا المعلومات ، كل منها تركز على فترة زمنية محددة. فبعض الدراسات تركز على الفترة الزمنية حتى عام ٢٠١٥ [Peterson, 1994] وبعضها تركز على الفترة الزمنية حتى عام ٢٠٢٥ [Coates, 1997] أو حتى عام ٢٠٦٢ [Halal, 1997] ، وذلك بالنسبة للتطور العلمى والتكنولوچى بوجه عام . وهناك دراسات أخرى تركز على مجال الحاسبات فقط وحتى عام ٢٠٤٧ على سبيل المثال [Denning, 1997] أو فى مجال الهندسة خلال القرن القادم [Foulke, 2000] أو مجال الاتصالات [Saracco, 2000] . كما أن هناك دراسات تركز على عرض وجهات نظر مختلفة بالنسبة لموضوع معين ، مثل تأثير «الآلات الذكية» على البشرية ، فإحدى وجهات النظر ترى أن هذه الآلات ستكون فى خدمة البشرية والأخرى ترى فى ذلك خطرا عليها [Cozic, 1996] . وفى هذا الإطار هناك دراسات تقول أن الذكاء الاصطناعى سيتفوق على الذكاء البشرى بعد حوالى ٥٠ عاما من الآن [Kurzweil, 1999] [Paul, 1996] (يوجد عرض لهذا الكتاب فى إطار مطبوعات المكتبة الأكاديمية [غنيمى ، ٢٠٠٠]) ، وستكون «الروبوتات» مزودة بهذه الحاسبات [Moravec, 1999] ولكن هناك دراسات تتحفظ على ذلك وتقول إن الحاسبات ونظم الذكاء الاصطناعى لا يمكن أن تتفوق على العقل البشرى لأن ذلك يتطلب تطويرا جذريا لها [Penrose, 1997] [Penrose, 1995] . وهناك بعض الدراسات تركز على مجال محدد مثل الحاسبات الكمّية [Deutsch, 1997] (Quantun Computer) أو التكنولوجيا النانومترية وكيفية تأثيرها على الحاسبات والمجالات الأخرى [Drexler, 1991] أو دراسة الأشكال المتطورة من الحاسبات بوجه عام ، سواء كانت كمّية أو بيولوچية أو غيرها [Kaku, 1997] .

ونظرا لهذا التشعب الكبير فى الدراسات والآراء المتعددة سيتم تلخيص ودمج بعض الإنجازات المتوقعة ، خلال القرن الحادى والعشرين فى الجدول (٢-٢) .

ويجب أن نلاحظ أن البحوث المختلفة قد بدأت فى المجالات الواردة فى الجدول ، ولكن التواريخ المحددة تمثل بداية انتشار التطبيقات فى المجالات المختلفة وقبولها من جانب الأفراد والمؤسسات .

جدول (٢-٢) : بعض الانجازات المهمة فى مجال نظم الحاسبات وتكنولوجيا المعلومات المتوقعة في القرن الحادى والعشرين .

التاريخ	الإنجاز
٢٠٠١ – ٢٠٠٥	التقارب والاندماج بين الحاسبات والتليفزيون والتليفون والراديو . انتشار التجارة الإلكترونية والبنوك الإلكترونية . انتشار الطرق اللاسلكية لربط الحاسبات بالشبكات . انتشار مؤتمرات الفيديو .
٢٠٠٦ – ٢٠١٠	استخدام نظم التعلم عن بعد والعمل عن بعد ونظم التعاون الجماعى باستخدام الحاسبات . إنتشار نظم الخبرة فى معظم المجالات وزيادة إستخدام الوسطاء الأذكياء فى الشبكات . تطور نظم التعرف على الكلام .
٢٠١١ – ٢٠١٥	ظهور نظم الترجمة بمساعدة الحاسبات وانتشار النشر الإلكترونى باللغات المختلفة على الإنترنت . تطوير نظم الإنتاج المتكاملة باستخدام شبكات الحاسبات . وصول نظم تعلم الآلة (Machine Learning) إلى مستوى التطبيقات العملية ظهور الحاسبات الضوئية . انتشار نظم الحقيقة الظاهرية . استخدام الورق الإلكترونى . امتداد الإنترنت إلى الفضاء الخارجى [Fouke, 2000, p. 28] .
٢٠١٦ – ٢٠٢٠	نظم عرض الحقيقة الظاهرية ثلاثية الأبعاد . التعامل مع الحاسبات عن طريق الكلام المسموع . الترجمة الآلية للكلام المسموع ودمجها فى أجهزة التليفونات . تطبيقات التوصيل الفائق (Superconductivity) . نصف البضائع تقريبا أصبحت تباع إلكترونيا .
٢٠٢١ – ٢٠٥٠	زيادة ذكاء الحاسبات وتخطيهم اختبار «تورنج» للذكاء . ظهور الشذرات الحيوية والحاسبات الحيوية . ظهور تطبيقات التكنولوجيا النانومترية والمواد الذكية وذاتية التجميع .
٢٠٥١ – ٢١٠٠	الحاسبات الكمية . ذكاء الروبوتات والحاسبات يصل إلى مستوى الذكاء البشرى وقد يتفوق عليه .