

## التكنولوجيا المتناهية الصغر: ما ذا تعني؟

### المقدمة:

يبدأ رالف ميركل مقاله المدهشة المنشورة في الشهر الأول الماضي من العام الحالي في مجلة معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات الأمريكي (IEEE) عن التكنولوجيا المتناهية الصغر (Nano-technology) بقوله ان تلك التكنولوجيا ستجعلنا نتمتع بصحة أكثر وسنكون بثناء أكبر لكنه يشك عن كوننا سنصبح أكثر حكمة بها. ففي بضع عشرات من السنين ستتمكننا التكنولوجيا المتناهية الصغر ببسر وبكلفة غير عالية الثمن من ترتيب الذرات والجزيئات بالطرق التي تسمح بها قوانين الفيزياء. وسوف تسمح لنا بصناعة حاسبات عملاقة بالإمكانات (Super Computer) لكنها في نفس الوقت صغيرة بحيث يستطيع رأس دبوس حملها. وسوف تسمح أيضا لنا على سبيل المثال بصناعة آليات روبوتية مجهرية اقل حجما من الخلية البيولوجية وسنكون هذه الروبوتات قادرة في القضاء على السرطان والعدوى وعلى فتح الأوعية الدموية مما يعلق في داخلها. وقد تصل معطياتها الى حل مشكلة الشيخوخة أيضا. وسوف ينظر الناس عند ذلك باستغراب الى أيامنا هذه، وسنكون نظرهم لنا معادلة الى نظرتنا لعهود القرون الوسطى أيام كانت التكنولوجيا بدائية وكان أغلب الناس يعيشون فقراء ويموتون عن عمر مبكر.

والى جانب الحواسيب التي ستكون عالية القدرة والإمكانية بنسبة بلايين المرات بالمقارنة مع حواسيب هذه الأيام ومع الإمكانيات الطبية الجديدة ستتوفر إمكانية علاج حالات تعتبر في الوقت الحاضر ميؤوس من علاجها. وسيتمكن التغلب على مشاكل بيئية ناتجة في الوقت الحاضر ومرافقة لعمليات تصنيعية. فبالتحكم بالعمليات الجزيئية (Molecular Operations) ومقدار ما يحتاج منها لكل عملية معينة يكون بالإمكان تجنب ما لا ضرورة له في أي عملية تصنيعية وبالتالي لن يكون هناك مخلفات ونفايات تصنيعية تؤذي البيئة وتدمر نقاءها كما يحصل في الوقت الحاضر. وحينما تحدث عن ذلك واحد من رواد هذا النمط من التكنولوجيا هو أيرك دركسل في ثمانينات القرن الماضي، كانت الاستجابة لتنبؤاته مملوءة بالشك في أحسن الأحوال. وقد تكلم العديد من العلماء عن تنبؤاته تلك عن كونها مستحيلة. الا ان قوانين العلم لا تبالي بأماننا أو بمخاوفنا. وقد كانت التحليلات العلمية اللاحقة لتنبؤات أيرك دركسل انها ستأخذ وقتا للتحقق الا انها ليست مستحيلة وان تجنبها غير ممكن أيضا.

ان التقدم العالمي للتكنولوجيا قد أعطى دقة أعلى وعمليات تصنيع أكثر رخصا كما جعل بالإمكان وبشكل لم يسبق عهده توفير مواد إنتاجية جديدة غير موجودة من قبل. ان هذا التقدم في الدقة وتدني الكلفة واضح للجميع في الصناعات الحاسوبية ومادياتها الملموسة (Hardware) على وجه الخصوص. فسرعة الحواسيب ازدادت بشكل متسارع (Exponential) وفي نفس الوقت ترافق ذلك بتدني الكلفة وتصاغر الحجم الى أجزاء مايكرونية المدى (Submicron range) والميكرون هو جزء المليون في المتر. وعند الى ما يتجه اليه هذا التقدم يمكننا القول اننا مقدمون على حاسبات جزيئية (Molecular Computers) تكون مفاتيحها المجهرية الداخلية متشكلة من بلايين الجزيئات. واذا كان بالإمكان بناء حاسبات جزيئية أو مجهرية أن صح التعبير، فلما ذا لا يكون من الامكان التكلم عن تكنولوجيا عالية الدقة أيضا تصنع وسائلها بنفس الطريقة التي تصنع منها تلك الحاسبات المجهرية. لقد مضى أكثر من عشرين سنة حتى الآن لتتقبل هذه النظرة، وان تخصيص رئيس الولايات المتحدة (عام ٢٠٠٠) لخمسائة مليون دولار من أجل البدء بمشروع للتكنولوجيا المتناهية الصغر يخبرنا اننا قد أصبحنا عند انعطافة مهمة في التاريخ.

### جوانب النفع وجوانب الأذى:

يعتقد بعض الناس ان التكنولوجيا المتناهية الصغر ستخلق جوانب مقلقة جديدة. ويجب إدراك ان أي تقنية مهمة وقوية التأثير ستخلق جوانب نافعة وستخلق جوانب مؤذية أيضا. وعند أخذ اعتبار الجوانب المفيدة التي أشير لها في مقدمة المقال فأنا على اقتراب من مرحلة تماثل ما حصل مع الثورة الصناعية الأولى من تشكيلات جديدة ان لم تكن أعظم. وسوف يكون السؤال كيف سنتمكن من التعامل مع تلك التغيرات وما هي السياسة الواجب اتباعها في تطوير واستخدام التكنولوجيا المتناهية الصغر؟

لقد ناقش ايرك دركسل تلك الجوانب بشكل مستفيض في كتابه المنشور عام ١٩٨٦ والمعنون تحت مسمى مكائن التوليد (Engines of Creation) وفي مقالة منشورة عام ١٩٨٨ ناقش أيضا الاهتمامات والأخطار المصاحبة لذلك. وقد قدم بل جوي رئيس علماء في شركة سن المشهورة في تصنيع الإلكترونيات (Sun Microsystems Inc.) حلا للتغلب على مشكلات التكنولوجيا المتناهية الصغر باقتراحه ترك كل البحث والتطوير اللازم لهذه التقنية لتجنب مشاكلها القادمة.

الا ان اقتراح بل جوي يعاني من مشاكل عديدة. فالطلب من الباحثين ترك بحوث التكنولوجيا المتناهية الصغر والطلب من الشركات تجنب بناء مشاريع تزدهر مع تلك التكنولوجيا رغم الربح الممكن جنيها في تطبيقها والمجد الممكن صنعه والفوائد الإستراتيجية ذات الطابع الوطني، منها أمر غير مقبول وسيدفع المهتمين للعمل بشكل غير علني يصعب ضبطه ومراقبته وفي نفس الوقت فأن ذلك الحضر سيحرم كل من قد يستفيد من المنافع التي تقدمها التكنولوجيا المتناهية الصغر.

وعند القناعة باستحالة تطبيق حظر العمل في مجال هذا النوع من التكنولوجيا، يكون السؤال كيف يمكن العمل في الاستفادة من فوائد تلك التكنولوجيا وتجنب أخطارها المؤذية؟ ان مفاتيح الاهتمام الخطرة تقع في بعدين: الأول في الاستخدام المتعمد الأذى والثاني بما ينتج عرضا كحادث. ان الاستخدام المتعمد الأذى هو إساءة الاستخدام للتكنولوجيا هذه من قبل مجموعات صغيرة أو أناس يتعمدون إلحاق الأذى، ويمكن منع ذلك بجعل التكنولوجيا نفسها قابلة على منع ذلك التعمد المؤذي بتزويد وسائلها بقابلية التعرف على الفعل المؤذي ثم منعه أو مهاجمته في بدايات شروعه بواسطة أنظمة للحماية الموزعة التي تراقب وتتعرف على أي بناء ضار أو هجوم مؤذي. كما ان العدد والأدوات التي تديرها حوسبات مجهرية ستمكن الجنس البشري من صناعة نسخ مطورة بشكل غير مسبوق قادرة على التصدي لأخطار كتلك. ان نسخ أو إعادة تصنيع لتلك الأنظمة قد يلغي الحاجة الى إنتاج كميات هائلة من الأسلحة التي نحتاجها الآن. فالأموال المصروفة في إنتاج كميات تسليحية ضخمة يمكن توظيفها بالواقع في برامج تطوير بحثية تساعد على تفهم الأخطار والظروف المساعدة لها.

والى جانب الاستخدام المتعمد الأذى فأن الاهتمام أو الخطر الآخر هو في تزويد تلك التكنولوجيا بقابلية التكرار أو النسخ الذاتي وحينها قد تسيء الأجهزة المجهرية تلك هذه القابلية في إنتاج مجهريات أخرى وأخرى. واذ تقدم التكنولوجيا المتناهية الصغر استخدام التكرار أو النسخ الذاتي لإنقاص الكلفة حتى حدودها الدنيا فانها لا تقدم استنساخ أنظمة حية (مع العلم ان الأنظمة الحية مدهشة في التأقلم والتكيف في بيئات مغايرة ومعقدة الطبيعة). ان التكنولوجيا المتناهية الصغر تقدم عوضا عن ذلك استنساخ أو تكرار تصنيع نسخ مماثلة لما نراه في مصانع الوقت الحاضر. وذلك يعني ان أذرع الروبوتات المناولة المألوفة لنا ستتصاغر الى حجوم مجهرية قابلة على النقاط وتجميع أجزاء مجهرية أخرى بأسلوب مماثل لما يجري في المصانع الحالية.

لسوء الحظ أن انطباعنا عن تكرار واستنساخ المنظومات قد يقودنا إلى مفاهيم مظلمة لسببين: السبب الأول أن أغلبنا معتاد حين يكون الكلام عن التكرار والاستنساخ أن يتذكر أو يدرك أن الاستنساخ والتكرار ممكن فقط في المنظومات البيولوجية الحية. فنعتقد بشكل تلقائي أن استنساخ أنظمة التكنولوجيا المتناهية الصغر سيكون مماثلاً لذلك، وهو أمر غير حقيقي بالمرّة. فالآلات تحمل القليل من التماثل مع الأنظمة البيولوجية الحية. والأنظمة المجهريّة المصنعة ستكون أيضاً غير مماثلة للأنظمة الحية بنفس تلك الدرجة. وكمثال للفرق بين الاستنساخ البيولوجي الحي والتناسخ أو التكرار الذي سيحدث في تلك الآلات يمكن إدراكه في ما يحدث في التكنولوجيا المعاصرة عند الحديث عن ما يجري في شركة زيفكس الواقعة في ريشاردسن بولاية تكساس. ففي زيفكس يجري تصنيع أنظمة بحجم المايكرون وأجزاء المايكرون (Submicron) باستخدام تكنولوجيا الأنظمة المايكروكهروميكانيكية (Microelectromechanical Systems) أو قل أنها أذرع مناولة مجهرية (Micron Robots) تستطيع التقاط أجزاء وقطع مجهرية بمساعدة تكنولوجيا الطبع المحدد أو المثبت مسبقاً (Lithographic Technology) نحو تجميع أذرع مجهرية أخرى لها الإمكانية في تكرار العمل الذي تنجزه الأذرع التي صنعتها. وهكذا نفهم مغزى التكرار أو التناسخ الذاتي في تلك الآلات بتصنيع جهاز واحد يتولى بعد ذلك تصنيع أشباه له. وهكذا يستمر التكرار والتناسخ.

وبينما يكون تكرار الاستنساخ قابلاً للزيادة والتسارع (Exponentially) حتى حدود يفرضها النظام المصنوع الأب، يكون من الواجب إدراك أن عملية تجميع الأبناء والأحفاد تتطلب أمور عديدة منها على سبيل المثال لا الحصر أجزاء جاهزة تحدد الطبعة المطلوبة، كما تتطلب طاقة تجهز من مصدر خارج المنظومة وإشارات تصدر من الحاسبات المتحكمّة بالعملية لتنسيق عمليات التجميع المعقدة وحركاتها الناتجة بعد ذلك. إن العوز أو النقص في أي من تلك المصادر يقطع عملية إنتاج التكرار والتناسخ. وهذا أمر ندركه في العديد من مصانعنا المستخدمة لأغراض إنتاجية في الوقت الحاضر.

### مبادئ التطوير وأهدافه:

لتجنب أي مجازفة ممكنة (أو غامضة) قد تنتج من المنظومات التي ستصنع مستقبلاً قام معهد المستقبلات الواقع في بالو ألتو بولاية كاليفورنيا الذي لا يستهدف التربح من دراساته وأعماله

بكتابة مسودة تقرير لاعلام المنشغلين والمهتمين بتطوير منظومات التكنولوجيا المتناهية الصغر المجهرية عن كيفية تطوير منتجاتهم بشكل آمن. والتقرير يحدد أهداف ذات صبغة معقولة ومقبولة كأن تكون الأجهزة الناسخة غير قادرة على التناسخ في بيئة طبيعية غير منضبطة أو متحكم بها بشكل تام، وأن تكون تلك الأجهزة الناسخة معتمدة بشكل تام على مصدر طاقة خارجي غير متوفر بشكل طبيعي، وان تستخدم تلك الأجهزة برمجيات مشفرة قابلة على اكتشاف الخطأ او التلاعب في تلك البرمجيات لمنع التغيير في تراكيبها "الجينية"، الخ.

ان الاستناد على أكثر من عشر سنوات في المناقشات والتأمل في تجليات متعددة تمكننا من القول ان النسخة الأولى من تلك الأهداف قد بنيت على ورشة عمل عقدت في مونتري بكاليفورنيا في الشهر الثاني من عام ١٩٩٩. ولقد تمت مراجعة تلك الأهداف في مؤتمرات لاحقين عن المستقبلات. ولأن فهمنا عن التطور في هذه التكنولوجيا سيتشكل، فأن الأهداف سوف تتشكل أيضا وسوف تستمر في الطرح عن كيف يمكن لنا التأكد في تطوير تكنولوجيا آمنة.

إن الدافع للتكنولوجيا المتناهية الصغر أو المجهرية لتحسين ظروف الحياة الإنسانية يتصاعد وسوف نقلل من دورنا في خدمة أجيال المستقبل إذا لم نأخذ زمام المسؤولية في تطوير هذا النوع من التكنولوجيا.

**Nanotechnology: What Will It Mean?**  
**By Ralph C. Merkle, Zyvex Corp.**  
**Published in: IEEE Spectrum January 2001**