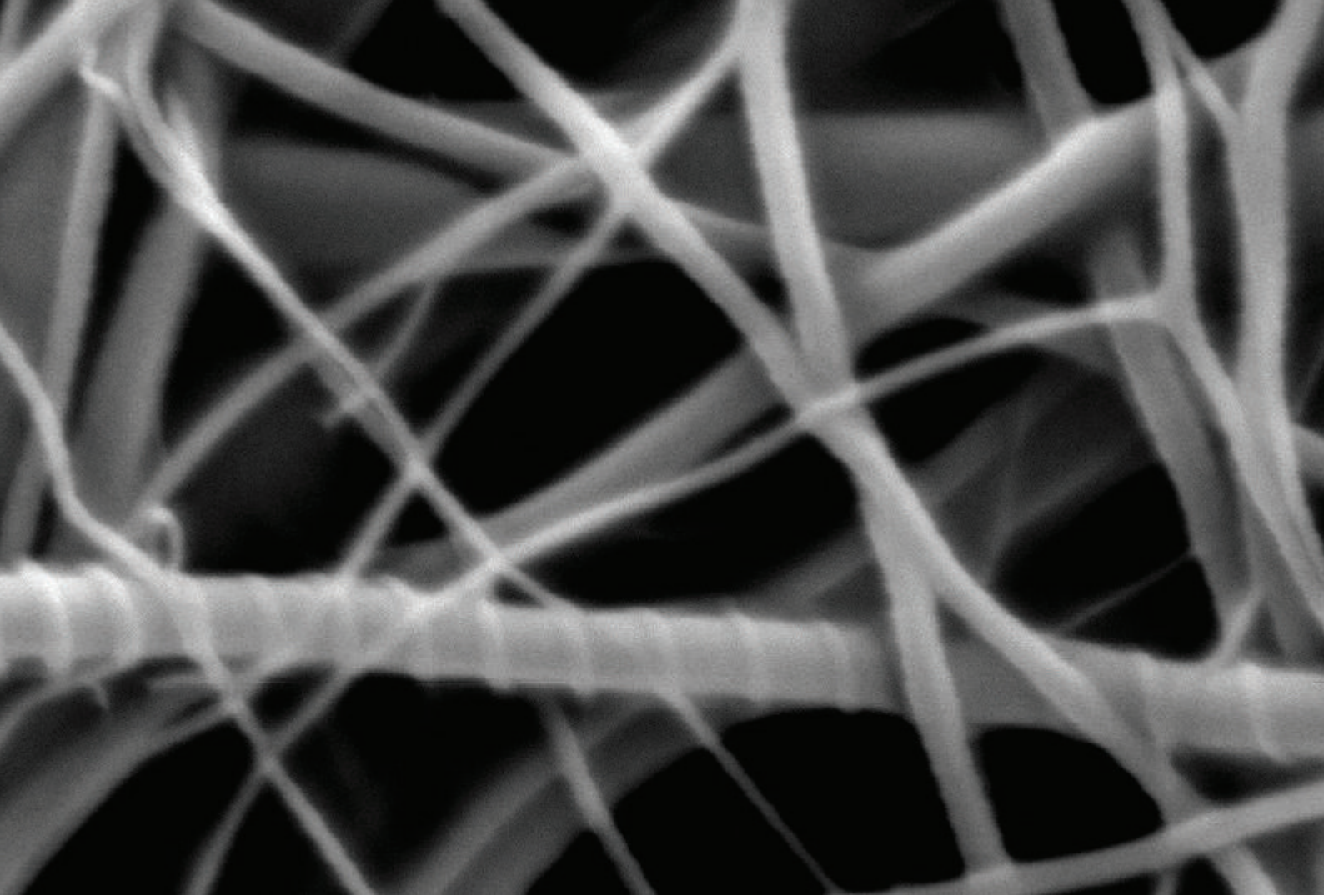




ملخص تحليلي لمؤسسة طابة | رقم ٦ | نوفمبر ٢٠٠٨

الأبعاد الأخلاقية للتكنولوجيا النانومترية

موسى فيربر

المحتويات

الملخص التنفيذي
التحليل

الدين والبحث في التكنولوجيا النانومترية
مجالات الاهتمام

الختام

مجالات لمزيد من البحث والدراسة



مؤسسة طابة
Tabah Foundation
www.tabahfoundation.org

ملخص تحليلي لمؤسسة طابة، رقم ٦، نوفمبر ٢٠٠٨

الأبعاد الأخلاقية للتكنولوجيا النانومترية

© حقوق الطبع مؤسسة طابة، ٢٠٠٨

ص.ب. ١٠٧٤٤٢

أبو ظبي، الإمارات العربية المتحدة

هاتف: +٩٧١-٢-٥٥٨-٤٥٨٨

فاكس: +٩٧١-٢-٥٥٨-٨٦٨١

www.tabahfoundation.org

جميع الحقوق محفوظة. يمنع إعادة إنتاج أو توزيع أي جزء من هذا الكتاب بأي وسيلة دون موافقة خطية صريحة من مؤسسة طابة، إلا في حالات الاقتباس المختصر مع الاستشهاد الدقيق والكامل في المقالات النقدية أو المراجعات.

صورة الغلاف: كوناو مخرجي، «حلزون الألياف النانومترية المركبة من ثاني أكسيد التيتانيوم»، ٢٧ / ٢ / ٢٠٠٨، بوساطة فليكر، ترخيص (عزو العموميات الخلاقة) (Creative Commons Attribution).

الشكر والتقدير: أنا ممتنّ للأخوين أمين الله عبد الرؤوف ومحمد سامر الست اللذين ساهما في تحرير النص العربي المترجم من الأصل الإنكليزي بفائق الدقة؛ كما أتقدم بخالص شكري وتقديري للدكتور م.س.م. سيف الله والدكتور محمود المصري والشيخ محمد سلطان على ملاحظاتهم القيمة.

الهدف من الملخصات التحليلية هو رفد الجهات التي نتعامل معها من كبار العلماء وقادة الرأي بالمعلومات التي تتعلق بالسياق السابق للأحداث والنقاشات المعاصرة والتحليلات النقدية بشأنها. ويعدّ الملخص التحليلي مدخلاً موجزاً إلى مفهوم أو موضوع ذي صلة بالثقافة والتحويلات الاجتماعية في المجتمع العالمي. كما تصبو السلسلة إلى توفير معلومات مهمة للعلماء وقادة الرأي بما يعينهم على صياغة تصور واضح حول ما يسمّى بـ "الفضاء العام المشترك" (Shared Public Space) في سبيل تكوين خطاب منبثق عن وعي وبصيرة، وبعد ذلك التوسط من أجل التصدي للتحديات التي تواجه العالم الإسلامي اليوم.

الأبعاد الأخلاقية للتكنولوجيا النانومترية

الموضوع: التكنولوجيا النانومترية، أبعادها، وفوائدها، ومضارها المحتملة، والدعوة إلى تأمل أخلاقي متعلق من الوسط الشرعي.

الأهمية: تعد التكنولوجيا النانومترية من أسرع التكنولوجيات تطوراً، وهي قد تصبح القوة ذات التأثير الأكثر على التكنولوجيا منذ ظهور شبكة الإنترنت، وعليه فيجب أن يتعامل التأمل الأخلاقي مع الفوائد والمضار المحتملة، بالإضافة إلى تقويم الأهداف التي سستخدم هذه التكنولوجيات من أجلها.

ملخص تنفيذي: تنطوي التكنولوجيا النانومترية (التي تعرف أيضاً في الأدبيات العلمية العربية بالتكنولوجيا النانوية أو الممنمات أو المتناهيات في الصغر) على مجموعة من المجالات، بحيث تُستكشف من خلالها المادة مجهرياً، وتُعالج على مقياس حجم غاية في الصغر، وهو جزء من المليار من المتر، وعلى هذا المستوى فإن المادة تظهر مظاهر وخصائص يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات الجديدة. هذا وقد شقت التكنولوجيا النانومترية طريقها إلى العديد من المنتجات الاستهلاكية، مثل الأقمشة غير القابلة للاتساخ، والكريمات المضادة لأشعة الشمس، وحتى الشرائح الكمبيوترية.

ولكن للأسف فليس هناك إطار معرفي شامل للمخاطر الصحية والبيئية الإضافية لمواد هذا الحد من الصغر، وقد أدت هذه الاهتمامات بهذه المخاطر -بالإضافة إلى سبل استخدام التكنولوجيا النانومترية وتأثير ذلك على المجتمع - إلى الدفع بالعديد من المبادرات لمناقشة عامة حول البعد الأخلاقي للتكنولوجيا النانومترية، وعليه فإن العلماء المسلمين وقادة الرأي العام يتوجب عليهم الاستجابة لتلك التدايعات.

وهذا الملخص يهدف إلى أن يكون مدخلاً إلى هذه التكنولوجيا وأبعادها الأخلاقية، وهو بذلك يقدم مخططاً للمسائل العقدية والفقهية والأخلاقية التي قد ينبغي على العلماء المسلمين وقادة الرأي العام أن يُعَنُوا بها، وإطاراً حاكماً لمحاولة إيجاد الحلول لها.

تُعنى التكنولوجيا النانومترية بدراسة المادة الفيزيائية والتصرف فيها على مستوى النانومترات المتناهية في الصغر. والنانومتر الواحد هو جزء من مليار من المتر، ولأجل تقريب الفكرة فإن قطر شعرة الإنسان

يبلغ ١٠٠,٠٠٠ نانومتر، والذرة والجزيئات والفيروسات يتراوح حجمها ما بين ١ و ١٠٠ نانومتر تقريباً، وليس بإمكان العين المجردة أن تميز الأجسام التي حجمها أقل من ١٠,٠٠٠ نانومتر.

وعلى الرغم من أن العلماء تمكنوا للمرة الأولى من مشاهدة المادة وفق المقياس النانومتري في ١٩١٤، إلا أنهم لم يتوصلوا إلى طور المعالجة المباشرة لذرات مستقلة حتى ١٩٨٦. وقد وُفّق العلماء من خلال الأبحاث على المستوى النانومتري إلى اكتشاف أن عدداً من الظواهر الفيزيائية - وكذا خواص فيزيائية عديدة - تصبح أكثر بروزاً كلما ازداد الحجم صغراً. فالذهب على سبيل المثال حامل على المقياس الاعتيادي، ولونه أصفر يميل إلى البرتقالي، بينما على المستوى النانومتري فإنه يعمل محفزاً كيميائياً ولونه أحمر.

وهناك عاملان مفضيان إلى اختلاف سلوك المادة على المستوى النانومتري خلافاً للمستويات الأخرى. العامل الأول: هو زيادة المساحة المسطحة للمادة على المستوى النانومتري، والتي تؤدي بدورها إلى جعل المادة أكثر تفاعلية على هذا المستوى منها على مستوى الجزيئات ذات الحجم الأكبر. أما العامل الثاني: فهو أن التأثيرات الكمية تبدأ في الطغيان على غيرها عندما يتصاغر الحجم إلى المستوى النانومتري، والأمر الذي يؤثر بدوره على السلوك البصري والكهربائي والمغناطيسي والميكانيكي للمواد^(١).

إن التكنولوجيا النانومترية ليست مجرد حلقة جديدة في تكنولوجيا بناء النماذج المصغرة، فالمادة على مستوى النانومتر يمكنها إظهار خصائص مختلفة إذا ما قورنت بمثيلاتها على مستوى الماكرومتر، الأمر الذي يمهد لتطبيقات مختلفة^(٢).

التعريف: يوجد تعريفات مختلفة للتكنولوجيا النانومترية، ففي المبادرة الوطنية للتكنولوجيا النانومترية في الولايات المتحدة الأمريكية تعرف بأنها: «عملية تطوير الأبحاث والتكنولوجيا على مستوى الذرات والجزيئات والجزيئات الضخمة، بمقياس يتراوح طوله بين ١ و ١٠٠ نانومتر، وذلك للتوصل إلى فهم أساسي على المستوى النانومتري، ولاستحداث واستخدام تكوينات وأجهزة ونظم تتسم بخواص ووظائف جديدة؛ نتيجة لأحجامها الصغيرة أو المتوسطة»^(٣). هذا، وتميز بعض التعريفات بين العلوم النانومترية والتكنولوجيا النانومترية؛ محددة العلوم النانومترية بأنها دراسة الجزيئات ذات المستوى النانومتري والتصرف فيها، والتكنولوجيا النانومترية بأنها تصميم التكوينات والأجهزة والأنظمة على المستوى النانومتري وتحديد خصائصها وإنتاجها^(٤).

التاريخ: أهم معالم تاريخ التكنولوجيا النانومترية:

١٩١٤ استخدم ريتشارد أدلوف زيموندي مجهرًا عالي الكفاءة لدراسة الذهب الغرواني ومواد أخرى، وهو يعد أول من استخدم النانومتر مقياساً لحجم الجزيئات.

١ Dowling et al., "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties," The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, 29 (2004), p 7.

٢ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية» (باريس: اليونسكو، ٢٠٠٦)، ص ٥.

٣ المرجع نفسه.

٤ المرجع نفسه.

١٩٥٩ ريتشارد فينمان يلقي محاضرة تحت عنوان «ثمة متسع رحب في القاع»، وطرح فيها فكرة المعالجة المباشرة للذرات باعتبارها مسلكاً أكثر فاعلية للكيمياء الاصطناعية^(٥).

١٩٧٤ نوريو تانجوتشي يضع مصطلح «التكنولوجيا النانومترية».

١٩٨٢ جريد بينينج وهنريك روهر يخترعان المجهر النفقي الماسح الحديث، الذي أتاح رؤية الذرات منفردة للمرة الأولى.

١٩٨٤ ريتشارد سمالي وروبرت كورل وهارولد كروتويكتشفون جزيء الكربون ٦٠ الكروي الشكل (والمعروف أيضاً بـ«كرات باكي»). وكربون ٦٠ هو جزيء مكون من ٦٠ ذرة كربون يبلغ قطرها نانومتراً واحداً، وتُرتَّب بطريقة ٢٠ شكلاً مسدس الزوايا و ١٢ شكلاً خماس الزوايا. ومن المتوقع أن يكون لها تطبيقات في عمليات التشحيم، ومواصلات لتلقيم العقاقير والدوائر الإلكترونية.

١٩٨٦ جريد بينينج يشترك في اختراع المجهر النفقي الماسح الحديث، الذي مكّن الباحثين من التعامل مع الذرات منفردة.

١٩٨٩ دونالد إيجلر، وهو باحث من وكالة IBM، يقوم باستخدام المجهر النفقي الماسح لترتيب عدة ذرات من غاز الزينون في حيز فراغ؛ ليكتب أحرف «IBM».

١٩٩١ س. إيجيما يكتشف هيئة جديدة أطلق عليه الأنايب النانومترية للكربون، التي تعد أقوى المواد التي اكتُشفت حتى الآن وأكثرها مرونة.

التسعينات اكتشاف الجزيئات النانومترية شبه الموصلة (أو «النقطة الكمية») وإجراء أبحاث حولها، ومن شأن هذه الجزيئات أن بإمكانها امتصاص أطوال موجية ضوئية أو إطلاقها، وقد توجد بالفعل تطبيقات لهذه التكنولوجيا في التصاوير الطبية، والخلايا الشمسية، وتعقب الجزيئات الحيوية.

في حين أن القدرة على رؤية الذرات المنفردة ومعالجتها المباشرة أمر حديث العهد، إلا أن الباحثين قد وجدوا أن هناك عديداً من الأدوات اليدوية الأثرية التي يبلغ عمرها مئات السنين استفادت من خصائص المادة على المستوى النانومتري. فإن الزجاج المعشق في أوروبا في العصور الوسطى على سبيل المثال كان يستخدم فيه جزيئات نانومترية من ذهب، وكانت بدورها تعمل على سحق الملوثات المحملة هوائياً^(٦)، كما أن الفولاذ المستخدم في صناعة السيوف في القرن السابع عشر في دمشق يحوي أنابيب نانومترية كربونية، وأسلاكاً نانومترية من كربيد الحديد، وربما يعد الفضل لها في الخصائص الميكانيكية الفائقة للسيوف الفولاذية الدمشقية^(٧).

٥ Richard P. Feynman, "Plenty of Room At the Bottom," <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html> (accessed 6 November, 2008).

٦ Kenneth Chang, "Tiny is Beautiful: Translating 'Nano' Into Practical," *New York Times*, <http://www.nytimes.com/2005/02/22/science/22nano.html> (accessed 6 November, 2008), and nanotechwire.com, "Air-Purifying Church Windows Early Nanotechnology," <http://nanotechwire.com/news.asp?nid=6517&ntid=122&pg=1> (accessed 6 November, 2008).

٧ M. Reibold et al., "Materials: Carbon Nanotubes in an Ancient Damascus Sabre," *nature*, 444, no. 7117 (2006): 286-286.

التطبيقات: هناك مسلكان أساسيان لاستخدامات التكنولوجيا النانومترية، فوفقاً لطريقة البناء «من أسفل إلى أعلى»، فإن المادة والآلات تُخلَق من عناصر (جزيئات وذرات) أصغر، ومن ثم تجمع هذه الأخيرة نفسها وفقاً لنموذج متصاعد للتحكم على المستوى الذري، أما وفقاً لطريقة البناء «من أعلى إلى أسفل»، فيكون تنازلياً، وتصغير نطاق التعامل مع المادة إلى خواصها على المستوى النانومتري. ومثال ذلك ما يقوم به أي نحات حينما يستخرج بإزميله فإن الرقائق الصخرية من الكتلة الأولى؛ لتضاءل بين يديه إلى جسم التمثال المنشود، وحتى الآن كان جُلّ الاهتمام متوجهاً إلى نهج طريقة البناء «من أعلى إلى أسفل»؛ إذ إن طريقة البناء «من أسفل إلى أعلى» لم ترتقِ إلى مستوى التطبيق العملي بعد.

وفيهما يلي قائمة بالمجالات التي تستخدم فيها تطبيقات التكنولوجيا النانومترية، أو تلك التي لم تزل في المراحل التطويرية:

- الطب: الفضة النانومترية يتم استخدامها حالياً عاملاً مضاداً للميكروبات في علاج الجروح، كما أن التطبيقات التي في مرحلة التطوير تشمل أساليب جديدة لاستكشاف ومعالجة السرطان وفحص العدوى والأمراض وتوزيع الأدوية.
- التحكم بجودة الهواء: تُجرى العديد من الأبحاث لرفع فاعلية أساليب التقليل من التلوث الهوائي، وجعلها أكثر اقتصادية، بالإضافة إلى وسائل التحكم في التلوث الجوي والانبعاثات، وسبل مكافحة التلوث الحالي.
- الإدارة المائية: التكنولوجيا النانومترية هي قيد التطوير الآن لإزالة النفايات من المياه، ولتحلية المياه بإزالة الأملاح والمعادن منها، وإخراج الفيروسات منها.
- الطاقة: سبق أن استُخدمت التكنولوجيا النانومترية قبل الآن لتقليل تكاليف خلايا الوقود والخلايا الشمسية، وكذا رفع مستوى كفاءتها، ففي مرحلة التطوير الآن بطاريات تستلزم وقتاً أقصر للشحن، ويمكن إبقاؤها مخزنة لعشرات السنين كما أن الأبحاث جارية لرفع كفاءة استخدام وإنتاجه الوقود الأحفوري، بالإضافة إلى العثور على موارد بديلة للطاقة.
- الإلكترونيات: وسبق أن استُخدمت التكنولوجيا النانومترية قبل الآن في عمليات تقليل حجم الأدوات الإلكترونية ووزنها، وتقليل استهلاكها للطاقة وتكلفتها.
- الفضاء: المواد ذات الصلابة العالية والوزن الأخف ستجعل رحلات الفضاء واستكشافه أكثر عملية، كما أن هناك نقاشات دائمة حول أنابيب الكربون النانومترية؛ وذلك لاستحداث مصعد إلى الفضاء الخارجي يسمح بتقليل تكلفة في هذا الصدد إرسال الحمولات إلى المدار الأرضي.
- الغذاء: تُستخدم التكنولوجيا النانومترية حالياً في تغليف الأطعمة؛ وذلك بهدف التأكد من كونها طازجة وسليمة، وتشمل مجالات البحث مواد تغليف بإمكانها تعقب البكتيريا، ووسائل مستحدثة في تناول الفيتامينات والأطعمة ذات الألوان والمذاقات الاختيارية.

• المنتجات الاستهلاكية: توصلت التكنولوجيا النانومترية إلى إنتاج أقمشة مضادة للاتساخ والبقع والمياه، بالإضافة إلى القضاء على البكتيريا التي تسبب الروائح الكريهة، وهي ذات كفاءة عالية في عزل الهواء، كما تستخدم التكنولوجيا النانومترية في المنتجات الرياضية لتقديم مضارب التنس والبيسبول التي توفر تحكماً أفضل، وكرات تنس ذات تسريب أقل، مما يقي على شكلها المثالي طوال عمرها الافتراضي ويجعلها ترتد بكفاءة لمدة أطول. أما فيما يخص منتجات التنظيف فهناك الطلاءات التي تجعل سطوح المناضد والزجاج أسهل تنظيفاً وأكثر طرداً للماء، وهناك أيضاً الصابون ذو القدرة العالية على التنظيف، ناهيك عن كونه أكثر أمناً في حماية البيئة، والمنظفات ذات العوامل المضادة للبكتيريا، والعديد من مستحضرات التجميل، ومنتجات العناية بالجلد.

• أجهزة الاستشعار الكيميائية: بوسع المواد النانومترية استشعار كميات غاية في الضآلة من الغازات الكيميائية، وتحديد قدرتها فائقة، وهو ما يُستخدم في التطبيقات الصحية والسلامة والمراقبة البيئية والأمن.

• الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة: تسمح هذه التقنيات للأدوات الإلكترونية والميكانيكية أن تُصنع على شريحة سيليكون واحدة، وهي التقنية الجاري استخدامها في آلات استشعار الضغط وفوهات الحبر النافثة.

وستتمكن كل من الدول المتقدمة والنامية من المشاركة في أبحاث التكنولوجيا النانومترية والانتفاع من تطبيقاتها، مع أن موارد كل دولة واهتماماتها ستحدد مدى مشاركتها وفي أي من المجالات.

وسبق أن اهتمت عديد من الدول الشرق الأوسطية بهذه التكنولوجيا قبل الآن، فإيران ما زالت في هذا المضمار منذ عام ٢٠٠١، وافتتحت «المبادرة النانومترية الإيرانية» في ٢٠٠٣^(٨)، وأخرجت للضوء أول منتج نانومتري في العام نفسه، وقد كان المؤتمر الدولي للتكنولوجيا النانومترية الحيوية^(٩) الذي أقيم في مدينة العين بداية من تاريخ ١٨ ديسمبر ٢٠٠٦^(١٠) واستغرق أربعة أيام، الأولى في المؤتمرات المتعلقة بهذه العلوم النانومترية في الشرق الأوسط، وقد عُقد مؤتمر ثان بعد ذلك في نوفمبر من عام ٢٠٠٨. هذا وقد أنشأت كل من المملكة العربية السعودية ومصر في الآونة الأخيرة مراكز أبحاث بالمشاركة مع شركة IBM^(١١).

وقد شقت التكنولوجيا النانومترية طريقها إلى العديد من المواد الاستهلاكية، فوفق لائحة حصر المنتجات الاستهلاكية للتكنولوجيا النانومترية الصادرة عن «مشروع التكنولوجيات النانومترية الناشئة» فهناك ٨٠٧ منتجات من ٤٢٠ شركة في ٢١ دولة^(١٢)، و٥٠٢ منها منتجات صحية ولياقة بدنية (مثل مستحضرات العناية الشخصية والتجميل)، و٤٢٦ من المنتجات نشأت في الولايات المتحدة الأمريكية. وتتصدر الفضة النانومترية

٨ Iranian Nanotechnology Initiative, "The Iranian Nanotechnology Initiative Council," http://www.nano.ir/en/pages.php?Pages_Id=36 (accessed 17 November, 2008).

٩ النانومترية الحيوية أو النانوية الحيوية هي التقاء علم الأحياء أو البيولوجيا مع العلم النانومتري.

١٠ AME Info, "International Conference on Bio-Nanotechnology Opens in Al Ain," AME Info, <http://www.ameinfo.com/102302.html> (accessed 17 November, 2008) and Justin Smith, "Sheikh Nahyan opens International Conference on Bio-Nanotechnology," <http://bi-me.com/main.php?c=3&cg=3&t=1&id=27479>.

١١ Wagdy Sawahel, "Saudi Arabia Boosts Nanotech Research," <http://www.scidev.net/en/news/saudi-arabia-boosts-nanotech-research.html> (accessed 17 November, 2008) and Wagdy Sawahel, "Egypt to Host First Northern African Nanotech Centre," <http://www.scidev.net/en/news/egypt-to-host-first-northern-african-nanotech-cent.html> (accessed 17 November, 2008).

١٢ The Project on Emerging Technologies, "Nanotechnology Consumer Products Inventory," <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/> (accessed 17 November, 2008).

القائمة بوصفها أكثر مادة تدخل ضمن تلك المنتجات^(١٣)، والفضة تُصنّف على أنها مادة خطيرة بيئياً؛ وذلك لسمّيتها، وعلى ذلك لم يُستدلّ بعد على المخاطر الإضافية التي تسببها الفضة النانومترية^(١٤).

المخاوف: على الرغم من توافر حالة من الحماسة تجاه التكنولوجيا النانومترية، إلا أن العديد من المخاوف لم تزل موجودة، وهي تشمل التالي:

- اللامساواة فيما يخص الحصول على أبحاث التكنولوجيا النانومترية في داخل الدول وفيما بينها أيضاً، مما يؤدي إلى تشكيل ما يمكن تسميته بـ«الفجوة النانومترية»^(١٥)، ناهيك عن أنواع تلك الأبحاث واتجاهاتها^(١٦).
- السُّمِّيَّة والتأثير السيئ على البشر والبيئة^(١٧).
- تحديد من سيحصل ثمار هذه التقنية، ومن يعاني من مخاطرها^(١٨) وهذه القضية ذاتها باعثة للقلق، خاصة في هذا العصر الذي تُنتج فيه المنتجات في موضع، وتستخدم في آخر، ثم يُتخلص منها في موضع آخر.
- تسخير التكنولوجيا النانومترية في صناعة الأسلحة^(١٩).
- قد تتذرع بعض الحكومات القومية بخطر الإرهاب فارضة السرية على الأبحاث، أو ترفض النتائج العلمية لتلك الأبحاث إذا وجدت أنها على النقيض من أهدافها السياسية^(٢٠).
- عمليات تجميع المعلومات، وآثار ذلك على الحريات المدنية^(٢١). فأجهزة الرصد ستتمكن من مراقبة العديد من الظواهر على نطاق أوسع، وفي ذات الوقت سيصعب تعقبها، كما أن هناك مخاوف من إساءة استخدامها في عمليات الاستهداف الجيني أو التجسس.
- التوصيف المناسب لمنتجات التكنولوجيا النانومترية (على ملصق التعريف بالمنتج)، وتوعية المستهلك بقضايا

١٣ The Project on Emerging Technologies, "Nanotechnology Consumer Products Inventory," <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/> (accessed 6 November, 2008).

١٤ Samuel N. Luoma, "Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems Or New Challenges?," Project on Emerging Nanotechnologies, http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf.

١٥ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٣، ٢٠؛ Opportunities and Uncertainties," pp 52-53.

١٦ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٣، ٢٠.

١٧ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٣، ٢٠؛ Opportunities and Uncertainties," pp 35-50.

١٨ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٣، ٢٠؛ Opportunities and Uncertainties," p 52.

١٩ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٣، ٢٠؛ Opportunities and Uncertainties," pp 55-56.

٢٠ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ١٧، ١٩.

٢١ Dowling et al., "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties," pp 53-54.

هذه التكنولوجيا، وفرض الامتثال لضوابط منتجات التكنولوجيا النانومترية^(٢٢).

• حقوق الملكية الفكرية^(٢٣).

• ازدياد المراقبة العامة للأبحاث العلمية ونتائجها^(٢٤).

• التطوير البشري^(٢٥) وأحد الأشكال المتطرفة ههنا هو ما بعد البشرية، الذي يدعو إلى استخدام التكنولوجيا لتحرير البشرية من قيودها البيولوجية، جاعلة إياها أكثر قوة وذكاء وصحة وذات حياة أبدية^(٢٦) بل إن أنصار هذه الحركة الفكرية يتصورون ظهور كائن ما بعد الإنسان، أو الإنسان المعدل، يفوق الإنسان الحالي قوة وقدرة، إلى الحد الذي يقتضي تصنيفه نوعاً جديداً كلياً^(٢٧).

• كيف ستمتزج التكنولوجيات النانومترية مع التطورات الأخرى (ما يسمى بـ«الاندماج»)^(٢٨).

وبالنظر إلى القضايا التقنية ذات النطاق الضيق (مثل السلامة والسُّمية والتأثير البيئي) فيمكن التعامل معها من خلال تحليل المخاطر، والتجريب العلمي، وإصدار اللوائح. أما القضايا السياسية والأخلاقية ذات النطاق الأوسع (مثل حقوق الملكية الفكرية، والسرية ومشروعية النتائج العلمية، واحتمال وجود فجوة علمية قائمة على التمويل، والتداعيات القانونية لحقوق الملكية الفكرية) فيُعدّ التعامل معها أكثر صعوبة.

التكنولوجيا النانومترية والأهداف الإنمائية للألفية للأمم المتحدة: حتى يتسنى التعامل مع قضايا التنمية المستدامة في الدول النامية، شكلت لجنة مكونة من ٨٥ خبيراً لتحديد وترتيب التكنولوجيات النانومترية العشرة التي ستجلب نفعاً أكثر لتلك الدول، وقد انتهت اللجنة إلى التالي: تخزين الطاقة وإنتاجها وتحويلها، وزيادة الإنتاجية الزراعية، ومعالجة المياه وتطهيرها^(٢٩) وتشخيص الأمراض والكشف عنها، وأنظمة تلقيح العقاقير، وتصنيع الأغذية وتخزينها، ومكافحة تلوث الهواء وتطهيره، والإنشاء، والمراقبة الصحية، واكتشاف ناقلات الأمراض^(٣٠) والآفات ومكافحتها^(٣١).

هذا وقورنت تلك النتائج بالأهداف الإنمائية للألفية للأمم المتحدة؛ لتحديد مدى سيورة هذه التكنولوجيات

٢٢ اليونسكو: «أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية»، ص ٢٠.

٢٣ المرجع نفسه، ص ١٧-١٩، ٢٠.

٢٤ المرجع نفسه.

٢٥ Dowling et al., "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties," p 54.

٢٦ Francis Fukuyama, "Transhumanism: The World's Most Dangerous Ideas," *Foreign Policy*, September/October (2004).

٢٧ انظر 18 See "The Transhumanist FAQ: A General Introduction," <http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf> (accessed 18 November, 2008), §1.2.

٢٨ Dowling et al., "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties," pp 54-55.

٢٩ المقصود بالمعالجة ههنا معالجة أمر ما، وبالأخص محاولة التصدي لتدمير البيئة أو وقفه.

٣٠ ناقلات الأمراض هي كائنات حية، عادة ما تكون حشرة لادغة أو دقيقة، تنشر الأمراض والطفيليات من حيوان أو نبات إلى آخر.

٣١ اليونسكو: "أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية"، ص ١٤، و UN Millenium Project, "UN Millenium Project Goals," <http://www.unmillenniumproject.org/goals/index.htm> (accessed 18 November, 2008).

تجاه تحقيق الأهداف المنشودة. وهذه الأهداف مجموعها ثمانية تهدف الأمم المتحدة إلى تحقيقها بحلول عام ٢٠١٥، وهي:

١. القضاء على الفقر المدقع والجوع.
٢. تحقيق تعميم التعليم الابتدائي.
٣. تعزيز المساواة بين الجنسين وتمكين المرأة.
٤. تخفيض معدل وفيات الأطفال.
٥. تحسين صحة الأم.
٦. مكافحة فيروس نقص المناعة البشرية، الإيدز والملاريا، والأمراض الأخرى.
٧. كفاءة الاستدامة البيئية.
٨. إقامة شراكة عالمية من أجل التنمية.^(٣٢)

نتائج هذه المقارنة مقدمة في الجدول أدناه.

الترتبة	تطبيقات التكنولوجيا النانومترية	الأهداف المحققة من الأهداف الإنمائية للألفية
١	تخزين الطاقة وإنتاجها وتحويلها	٧
٢	زيادة الإنتاجية الزراعية	١ و ٤ و ٥ و ٧
٣	معالجة المياه وتطهيرها	١ و ٤ و ٥ و ٧
٤	تشخيص الأمراض والكشف عنها	٤ و ٥ و ٦
٥	أنظمة تلقيم العقاقير	٤ و ٥ و ٦
٦	تصنيع الأغذية وتخزينها	١ و ٤ و ٥
٧	مكافحة تلوث الهواء وتطهيره	٤ و ٥ و ٧
٨	الإنشاء	٧
٩	المراقبة الصحية	٤ و ٥ و ٦
١٠	اكتشاف ناقلات الأمراض والآفات ومكافحتها	٤ و ٥ و ٦

البعد الأخلاقي: أجريت محاولات عديدة لتقويم التأثيرات المجتمعية للتكنولوجيا النانومترية، وتشترك فيما بينها مع كون الأخلاقيات موضوعاً مشتركاً، والمحاولة الكبرى الأولى في هذا المضمار قامت بها المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة الأمريكية، وذلك ضمن ورشة عمل أقيمت لمدة يومين في سبتمبر من العام ٢٠٠٠، تلتها أخرى في عام ٢٠٠٣، وأعقب كلا منها تقرير صادر عنها^(٣٣).

٣٢ Fabio Salamanca-Buentello et al., "Nanotechnology and the Developing World," *PLoS Medicine*, 2, no. 5 (2005): pp 383–87.

٣٣ انظر Mihail C. Roco, and William Sims Bainbridge, eds. *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, NSET Workshop Report (2001), and Mihail C. Roco, and William Sims Bainbridge, eds. *Nanotechnology: Societal Implications – Maximizing Benefit for Humanity*, National Nanotechnology Initiative Workshop (2003).

وفي يونيو من العام ٢٠٠٣، انتدبت الحكومة البريطانية الجمعية الملكية والأكاديمية الوطنية للعلوم بالملكة المتحدة والجمعية الملكية للهندسة والجمعية الوطنية للهندسة بالملكة المتحدة، للقيام بدراسة مستقلة حول التكنولوجيا النانومترية، وقد قامت جميعها بنشر نتائجها في ٢٩ يوليو عام ٢٠٠٤ في تقرير من ١٢٧ صفحة^(٣٤).

وبينما تركز التقارير المذكورة أعلاه على نطاق واسع من الموضوعات، فإن اليونسكو قد ركزت إلى حد بعيد على الجانب الأخلاقي من منظور عالمي، فقد طرح ذلك موضوعاً للمناقشة ضمن الدورة العادية الثالثة للجنة العالمية لأخلاقيات المعارف والتكنولوجيا (كومست^(٣٥)) في ديسمبر ٢٠٠٣، وعندما تجدد الحديث عن الموضوع ضمن فعاليات الدورة الرابعة في الرابع من مارس ٢٠٠٥، جرى تشكيل لجنة مختصة من مجموعة خبراء لاستكشاف قضايا التكنولوجيا النانومترية، وقد قدمت هذه المجموعة مخططاً لوثيقة رسم سياسة في دورة غير عادية أقيمت في يونيو ٢٠٠٦، بالإضافة إلى إجراء مزيد من المشاورات في نوفمبر ٢٠٠٦، وقد أخذت هذه التوصيات في الاعتبار في الدورة العادية الخامسة في ديسمبر ٢٠٠٦، التي نتج عنها إصدار «توصيات اللجنة العالمية لأخلاقيات المعارف العلمية والتكنولوجية (كومست)»، الذي تنص مقدمته على:

أن التكنولوجيات النانومترية يمكن استخدامها لتحسين حياة الميسورين، كما يمكن استخدامها في الاستجابة لما يشغل العالم النامي... ومن وجهة النظر العالمية ينبغي أن ينصبَّ التأمل الأخلاقي في هذا المجال على المنافع والأضرار المحتملة للتكنولوجيات النانومترية، ولكن الأهم من ذلك هو تقييم الأغراض التي ستستخدم فيها هذه التكنولوجيات، وطرحها للنقاش العام، لا سيما وأنه أصبح اليوم بالإمكان تسخير العلم لتلبية احتياجات الجنس البشري الأكثر إلحاحاً^(٣٦).

تحدد الوثيقة ثلاث فئات من أصحاب المصلحة المشتركة المعنيين باستكشاف البعد الأخلاقي والنشاطات الدولية: الفلاسفة وأخصائي الأخلاقيات، والعلماء، وصانعي السياسات^(٣٧)، كما تلخص المراحل والمجهودات التي جرى القيام بها حتى حينه، وهي تحديد البعد الأخلاقي (٢٠٠٥)، واختبار مدى صلة التحركات الدولية المحتملة (٢٠٠٦)، وتحسين الجدوى السياسية للتحركات المحتملة (حالياً ومستقبلاً)^(٣٨).

كما تعين الوثيقة بعض خصائص التكنولوجيا النانومترية التي تبعث بعض الهواجس الأخلاقية مثل:

- حجمها الشديد الضآلة يصعب التحكم فيها وتعتب آثارها.

٣٤ انظر Dowling et al., "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties."

٣٥ كومست هو الاسم المعرب من الإنجليزية للحروف الأولى للجنة العالمية لأخلاقيات المعارف العلمية والتكنولوجية، وهو «هيئة استشارية ومنتدى فكري يتكون من ١٨ خبيراً مستقلاً. واللجنة مكلفة بصياغة المبادئ الأخلاقية التي قد تقدم معايير لصناع القرار متجاوزة العامل المادي». (انظر <<http://portal.unesco.org/shs/en/>> COMEST, "COMEST: UNESCO: SHS," (accessed 18 November, 2008).> ev.php-URL_ID=6193&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

٣٦ اليونسكو، «التكنولوجيات النانومترية والأخلاق: السياسات والإستراتيجيات» (باريس: اليونسكو، ٢٠٠٧)، ص ٣.

٣٧ المرجع نفسه.

٣٨ المرجع نفسه.

• حدثت عهدها النسبية، وسرعة نمط تطويرها يخلق صعوبات في تحديد التأثيرات المحتملة وصياغة استجابات، وخاصة التأثيرات البعيدة المدى.

• يحتمل أن تُطبّق هذه التكنولوجيا في تطوير الأسلحة بما يتعارض مع حقوق الإنسان.

• وكذلك فإنّ المخاطر المحتملة للتكنولوجيا النانومترية تعدّ مخاطر حتى على البلدان والمجتمعات التي ليس لها أدنى مشاركة في هذه التكنولوجيا سواء بالبحث العلمي أو الإنتاج أو الاستهلاك.

• احتمال تعميق هوة اللامساواة بين البلدان النامية والبلدان المتطورة («الفجوة النانومترية»)^(٣٩).

وقد شددت الوثيقة على الحاجة إلى نشر التوعية والمناقشات العامة حول التكنولوجيا النانومترية، مقترحةً عدة مواضيع، منها: مخاطر التكنولوجيا النانومترية وفوائدها، والتأثير البيئي والقضايا الصحية، وتقويم المخاطر الصحية والأخلاقية، والطب النانومتري، وحرمة الحياة الخاصة ومبدأ السرية، والملكية الفكرية^(٤٠).

كما ركزت الوثيقة على الحاجة إلى التعليم والتثقيف في مجال الأخلاقيات للعلماء والمهندسين:

لا بد من التزام عام وإستراتيجيات تعليمية في مجال التكنولوجيات النانومترية، فثمة إقرار عام بضرورة توفير تعليم أخلاقي ملائم للعلميين والمهندسين، ويرجع ذلك إلى الحاجة الأخلاقية إلى الاشتراك بين التخصصات، وإلى رؤية شاملة للعلوم والآثار المترتبة عليها بالنسبة للمجتمع بأوسع معانيه. وبالتالي فإن الطابع الجامع للتخصصات النانومترية يعزز الحاجة إلى تدريس الأخلاقيات صراحة للعلميين والمهندسين العاملين في مجالها.... وقد تختلف المواقف إزاء تعليم أخلاقيات التكنولوجيا النانومترية باختلاف الخلفية الثقافية. فينبغي دعم التعليم الرامي إلى تشجيع التفكير النقدي بقدر الإمكان.^(٤١)

وفيهما يخص النقطة الأخيرة، تُعلّق الوثيقة قائلةً:

إن هناك حاجةً إلى إجراء بحوث في العلوم الاجتماعية عن تصور مختلف الثقافات للتكنولوجيا النانومترية وتعريفها لها ووقوعها على المشكلات الناجمة عنها وبالتالي عن كيفية استنباطها للقضايا الأخلاقية المرتبطة بهذه التكنولوجيات، وينبغي في هذا الصدد التشجيع على إيجاد أساليب تجديدية لتحديد إشكاليات وأوليات سياسات البحوث في التكنولوجيات النانومترية، وابتكار أساليب تجديدية لإجراء هذه البحوث.^(٤٢)

٣٩ المرجع نفسه، ص ٥.

٤٠ المرجع نفسه، ص ٨-٩.

٤١ المرجع نفسه، ص ١٠.

٤٢ المرجع نفسه، ص ١٢.

كما تحذر الوثيقة من أن التكنولوجيا النانومترية ستحل محل العديد من التكنولوجيات الراهنة:

إن البلدان التي يمكن أن تستعوض عن مواردها الوطنية بمواد مصنوعة بالهندسة النانومترية ينبغي أن تسعى بالأحرى إلى استخدام مواردها على النحو الأمثل، وتوجيه البحوث النانوتكنولوجية نحو تحقيق غايات محددة^(٤٣).

الدين وأبحاث التكنولوجيا النانومترية

في مقالة نشرت في يناير من العام ٢٠٠٨ في دورية *nature nanotechnology* أعرب مؤلفها كريس تومي عن قلقه إزاء قلة الاهتمام الذي أبداه الكتاب الدينيون حول التدايعات الدينية للتكنولوجيا النانومترية، فعلى الرغم من توافر الكتابات حول الأبعاد الأخلاقية للتكنولوجيا النانومترية، إلا أن أكثريتها صادرة من أصوات علمانية، ومن مؤلفين لا يملكون مؤهلات نظامية في الأخلاقيات، ومن ناحية أخرى فإن الأدبيات الدينية حول التكنولوجيا النانومترية حتى الآن يمكن حصرها في فئات ثلاث:

١. الكتاب الدينيون الذين يعرضون التكنولوجيا النانومترية، ويتأملون القضايا المرتبطة بها في مفردات وتعبيرات عامة جداً، مما يجعل هذه الكتابات تثقيفية الطابع، وليست دينية، وينتهي بها المطاف إلى التماثل مع نظيراتها العلمانية.

٢. كتاب مذهب «ما بعد البشرية»، مثل ويليام سيمس بينبريدج (وهو أحد محرري المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة) وريموند كرزويل، الذين يتبنون بأن التكنولوجيا النانومترية ستأخذ بأيدينا، وتقلدنا من الأمراض والشيخوخة والموت والعديد من المشكلات الأخرى، بل تقوم بتعديل الجنس البشري. ونجد تومي يكتب عن كُون بينبريدج بأنه «يتكلم بصوت علماني، إلا أن كتاباته تُعدّ نوعاً من الأدبيات الدينية، أي: حملة صليبية ضد الديانات التقليدية، مساوية في جوهرها دعوةً إلى ديانة جديدة تقدم حياة أبدية، ومقصداً أعلى»^(٤٤)، ونجد أيضاً روزالين بيرن من جامعة فيرجينيا تعرض كيف «يستخدم مذهب «ما بعد البشرية» المصطلحات والمفاهيم الدينية للبعث، وتعدي القوالب البيولوجية، واستنساخ الأرواح، بالإضافة إلى ملامح أخرى شائعة للفكر الديني»^(٤٥).

٣. عدد قليل من الكتاب المنفعلين تجاه التكنولوجيا النانومترية الذين يعتنقون قيماً ومعتقدات تعود إلى الديانة المسيحية بشكل واضح وصريح، فهذا هو تومي ينوّه قائلاً:

كان هناك تخمين بأن المسيحيين المحافظين ربما ينفعلون سلبياً تجاه التكنولوجيا النانومترية، بما يماثل أسلوب معارضتهم لأبحاث الخلايا الجذعية، والتي يساوونها بالإجهاض، وحسب ما أستطيع استقراءه، فباستبعاد بعض الاستثناءات، فإن

٤٣ المرجع نفسه، ص ١٣.

٤٤ Chris Toumey, "Atom and Eve," *nature nanotechnology* 3 (2008), p 2.

٤٥ Rosalyn Berne, "Recognizing Religious Mythology in Visions of New Technology," *IEEE Technology and Society Magazine*, 22, no. 1

(2003): 34-39, via Chris Toumey, "Atom and Eve," p 3.

التكنولوجيا النانومترية لم تُفَضَّ إلى نفخ أبواق التحذير عند المسيحيين المحافظين، ولكن على الرغم من ذلك، فإن بعض التكنولوجيات النانومترية تُرى على أنها ضرب من «التدعيم»، وشأنها في ذلك شأن العقاقير المنشطة مثل الإسترويد التي يستخدمها اللاعبون الرياضيون، الأمر الذي يُعد على النقيض من المثل المسيحية «كالتجسد» (وهو الاعتقاد بأنه على المسيحيين الشعور بالارتياح حيال أجسادهم غير الكاملة، وأن الموت الجسدي ليس أمراً يستدعي محاولة الهروب منه).^(٤٦)

أما فيما يخص «بعض الاستثناءات» المذكورة أعلاه، فإن عدداً من الكتاب المسيحيين أظهر كراهة واشمئزازاً من قيم ما بعد البشرية، وهؤلاء الكتاب بدورهم يستجيبون لما يعتبرونه مناهج لأخلاقية لتسخير التكنولوجيا النانومترية، وليست التكنولوجيا لأخلاقية في حد ذاتها.

و يشير تومي إلى أن كتاب كلا الفريقين: أصحاب الدين وأصحاب مذهب ما بعد البشرية يعرفون منهاجهم استناداً إلى الاحتمالات البعيدة التحقيق الطويلة المدى لتعديل كل من الحياة والجسد البشريين، بدلاً من التركيز على التطورات القصيرة المدى وذات النطاق الأوسع من ذلك، كما أنه يُختَم مقالته متسائلاً هل بإمكان الكتاب الدينيين أن «يتعاملوا مع محاسن تغيرات المستقبل القريب ومساوئها، ولو بنفس مقدار التعامل مع مثيلاتها على المدى البعيد؟» وهو هنا يشير إلى أنه «إذا كان الكتاب الدينيون يفكرون حول التكنولوجيا النانومترية من ناحية عمليات التعديل وإدامة الحياة فقط، فهم بذلك يوقعون أنفسهم في فخ يجعلهم دائمي العدوانية تجاه تكنولوجيا واسعة المدى»^(٤٧).

بعد شهر من إصدار مقال تومي طرح دايترام شفيل، وهو بروفيسور من جامعة ويسكانسون-ماديسون، نتائج استطلاع رأي حول نسبة الأفراد الذين يوافقون على كون التكنولوجيا النانومترية أخلاقية الطابع، وقد انتهى شفيل إلى أن هناك فارقاً جلياً بين الأمريكيين والأوروبيين من الدول التي تؤدي دوراً مهماً في أبحاث التكنولوجيا النانومترية. وتجدر الإشارة إلى أن جميع الذين استجابوا للاستطلاع كانوا على معرفة بالتكنولوجيا النانومترية، ومن ضمن هؤلاء الذين شملهم الاستطلاع يوجد ٢٩, ٥٪ من الأمريكيين يعتبرون التكنولوجيا النانومترية أخلاقية الطابع، وهو يتناقض بشدة مع ٥٤, ١٪ من نظرائهم في المملكة المتحدة، و ٦٢, ٧٪ في ألمانيا، و ٧٢, ١٪ في فرنسا. وعندما سُئل شفيل عن السبب وراء الهوة بين الأمريكيين والأوروبيين أجاب بأن السبب هو الدين:

إن الولايات المتحدة هي إحدى الدول التي يؤدي فيها الدين دوراً فعالاً في حياة الأفراد، وأهمية الدين في هذه البلدان - وهي تظهر بجلاء مرة بعد مرة في مجموعات البيانات - موازية تماماً للفوارق المشاهدة في المواقف الأخلاقية، والدول الأوروبية لديها بالفعل منظور أكثر علمانية^(٤٨).

بالإضافة إلى ذلك يُبين الكاتب أن الأمريكيين قد يخلطون التكنولوجيا النانومترية والتكنولوجيا الحيوية وأبحاث الخلايا الجذعية معاً، ويرى الباحثون وكأنهم «يلعبون دور الإله» بخلق مادة غير موجودة في الطبيعة.

٤٦ Chris Toumey, "Atom and Eve," p 3.

٤٧ المرجع نفسه.

٤٨ Terry Devitt, "Study: Religion Colors Americans' Views of Nanotechnology," <http://www.news.wisc.edu/14773> (accessed 16 November, 2008).

يمكن للمرء أن يتساءل حول إذا ما كان القراء الأمريكيون المتجاوبون مع شفيل يقرؤون الكتابات المؤلفين المسيحيين المتدينين من الفئة الثالثة التي قدمها تومي.

مساحات مقترحة للتفكير

ونظراً لطبيعة التكنولوجيا النانومترية الجامعة للتخصصات الدراسية وتطبيقاتها ذات النطاق الواسع، فمن المفيد أن تركز أولاً على القضايا العامة ذات الصلة بالعمل مع هذه المادة على المقياس النانومتري، وبعد ذلك تركز على قضايا متعلقة بمجالات معينة للتطبيق.

١ - **قضايا عامة:** تعتمد التكنولوجيا النانومترية على عدد من المجالات التي لا تقتصر بذاتها على دراسة المادة على المستوى النانومتري، نحو الفيزياء دون الذرية والبيولوجيا الخلوية؛ فمن المهم لنا أن نقتصر على المسائل المتعلقة بدراسة المادة ومعالجتها على المستوى النانومتري، ومن ثم نترك الأمور التي مقياسها أصغر أو أكبر من ذلك للحقول الخاصة بدراساتها.

هناك عدة مسائل خاصة بالتكنولوجيا النانومترية معروضة من أجل أن يمعن النظر فيها المسلمون والفقهاء وعلماء الشريعة، واضعين في البال أن الباحثين المسلمين الذين يعملون في هذا المجال يطرحون في الأصل بعضاً من هذه التساؤلات نفسها، وهي:

- ما مكانة التكنولوجيا النانومترية في موقف الشريعة، وما رأي الدين في المنظور الكمي وغير الحتمي للكون؟
- ما الحكم الشرعي لمعالجة المادة على المستوى النانومتري، وبالأخص عند تجميعها إلى تركيبات جديدة لا يوجد مثلها في الطبيعة لولا ذلك^(٤٩)؟
- كيف ينطبق ما تجيزه الشريعة من تسخير المخلوقات وما تحظره من تغيير خلق الله على التكنولوجيا النانومترية^(٥٠)؟
- وبالنظر إلى المخاطر الصحية والبيئية المحتملة - ناهيك عن الخوف من أن التكنولوجيا النانومترية سوف تُسخر في صناعة الأسلحة، وخاصة في ضوء خصوصيتها، وقدراتها الزائدة، وصعوبة تتبعها - إلى أي مدى يمكن تطبيق «سد الذرائع» في هذه المسألة^(٥١)؟ وكيف نقوم ذلك في ضوء المنافع المحتملة؟

٤٩ الحكم التكليفي عند الأصوليين هو: خطاب الله تعالى المتعلق بفعل المكلف طلباً للفعل وجوباً أو ندباً أو حرمة أو كراهة أو خلاف الأولى أو تخيراً بين الفعل وتركه. انظر «غاية الوصول في شرح لب الأصول» لتركيا الأنصاري، ص ٥.

٥٠ إجازة التسخير تفهم من قوله تعالى: ﴿اللَّهُ الَّذِي سَخَّرَ لَكُمُ الْبَحْرَ لَتَجْرِيَ الْفُلُكُ فِيهِ بِأَمْرِهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ﴾ وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعاً مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ﴾ (الجنات ١٢-١٣).

كما أن التحذير من تغيير مخلوقات الله يفهم من الآي التي يصف الله سبحانه وتعالى فيها الشيطان بقوله: ﴿وَقَالَ لَا تَخْذَنَّ مِنْ عِبَادِكَ نَصِيباً مَّفْرُوضاً * وَلَا ضَلَالَةً وَلَا مَنِئْتَهُمْ وَلَا مَرْتَبَهُمْ فَلْيَبْشُرْ أَذَانَ الْأَنْعَامِ وَلَا مَرْتَبَهُمْ فَلْيَغْيِرْ خَلْقَ اللَّهِ وَمَنْ يَتَّخِذِ الشَّيْطَانَ وَلِيّاً مِّنْ دُونِ اللَّهِ فَقَدْ خَسِرَ خُسْرَاناً مُّبِيناً﴾ (النساء ١١٨-١١٩).

٥١ «سد الذرائع» يعني منع الوسائل المفضية إلى الفساد، وهو أحد أصول الفقه. (انظر محمد أبو زهرة، «أصول الفقه» ص ٢٧٨-٨٢).

٢ - **مجالات تطبيق معينة:** بينما تقتصر التطبيقات الحالية للتكنولوجيا النانومترية على المواد الجهادية إلا أن التقنيين يتصورون استخدامها على البشر والكائنات الحية الأخرى، وتثير تلك التطبيقات على البشر والكائنات الحية الأخرى العديد من القضايا الملفتة للنظر فيما يخص الحياة ذاتها ومعنى البشرية. ومن الضرورة بمكان عند التعامل مع هذه القضايا تذكر أن التطبيقات الحيوية ليست إلا مجموعة صغيرة من التطبيقات النانومترية المحتملة.

- من الممكن القيام بتشكيل ذرات بتركيبات جديدة لم يسبق وجودها في عالم المخلوقات، نحو ما يسمى بـ«أشباه البلورات»؛ فهل هذا جائز؟
- هل ينطبق على المستنسخات النانومترية الأحكام نفسها التي تنطبق على المواد الطبيعية ومن ثم هل ينطبق على الحرير المستنسخ بالنانومتر مثلاً حكم الحرير الطبيعي نفسه، وهل يُباح للرجال استخدامه؟
- هل ينطبق على الجزيئات النانومترية للمواد الطبيعية الأحكام نفسها التي تنطبق على المادة غير النانومترية؟ ولنضرب مثلاً ههنا: الذهب المكوّن من الجزيئات النانومترية يتخذ لونا مختلفاً، فهل يجوز للرجال وللنساء استخدامه؟
- يمكن استخدام التكنولوجيا النانومترية لابتكار أجهزة إحساس ومراقبة أصغر حجماً وأكثر غزواً وأصعب تعقّباً، فهل للأفراد عندئذ حق الخصوصية وإلى أي حد؟
- على عاتق من تقع مسؤولية الوفيات والإصابات والأضرار البيئية الناجمة عن التكنولوجيا النانومترية؟ إذ إنّ التناهي في صغر حجم المواد النانومترية يجعل تعقبها وتتبعها من الصعوبة بمكان.
- هل يجوز التسلح بهذه التكنولوجيا؟ وإن كان جائزاً، فما ضوابط هذه الأسلحة، وما أصناف الأسلحة غير المسموح بها؟
- هل يجوز تطوير أسلحة دمار شامل نانومترية بنيت باستخدامها للدفع فقط؟
- هل للمسلمين أن يدعموا مقاطعة التسلح بهذه التكنولوجيا؟ وإذا ما أيد العلماء تلك المقاطعة، فهل سيكون ذلك عندئذ أمراً مُلزماً؟
- هل يجوز القيام بنسخ الخلايا أو الأنسجة الحية - أي: تكرير صورة طبق الأصل - بتخليقها ذرة ذرة؟
- وليست هذه العملية مماثلة لتقنية الاستنساخ (cloning)؛ حيث إنّ النسخة النانومترية تُجمّع ذرة ذرة، بينما يستفاد في عملية الاستنساخ من الوسائل العادية لتكاثر الخلايا.
- هل ينطبق على الخلية المنسوخة حكم الخلية الأصلية نفسه؟ فمثلاً هل يُعد الدم المنسوخ نجساً شرعاً؟

- ما الحياة؟ هل يمكن خلقها أو التسبب في خلقها، وهل هي مجرد محصلة ذرات مجمعة بطريقة ما؟
 - هل من الممكن خلق صورة طبق الأصل من كائن حي بالكامل ذرة ذرة؟ وهل ستكون النسخة حية؟ وهل هذا جائز؟
 - هل من الممكن خلق كائن حي جديد لم يسبق وجوده في عالم المخلوقات، نحو: العنقاء أو الغول أو أي مخلوق خرافي آخر؟
 - يثير كاتب غير مسلم عدة قضايا في مؤلفاته حول الخيال العلمي:
- تقوم مدرسة دينية في القاهرة بالنظر في قضايا التكنولوجيا النانومترية: إذا ما استخدمت آلات الاستنساخ لتحضير شريحة من لحم الخنزير المقدد وصولاً إلى المستوى الجزيئي ولكن دون أن تكون في الأصل جزءاً من خنزير على الإطلاق، فكيف ينبغي التعامل مع ذلك؟ (وإذا ما نُسخ عقل مؤمن إلى ذاكرة جهاز كمبيوتر عن طريق مسح وتحفيز كل مشابكه الدماغية، فهل هذا الكمبيوتر الآن فرد مسلم، وإن لم يكن فليمن، وإن كان فماذا له وماذا عليه؟) (٥٢)
- إن هذا التساؤل ذو نظرة ثاقبة؛ لكونه يبعث على دراسة حقيقة علل الأحكام الفقهية المتعلقة بالخنزير، وتُضفي بعداً شرعياً على الأمر، ويمكن أن تضاف تساؤلات مماثلة فيما يخص الأنسجة الكلبيية، وخلق نسخ من الخنازير والكلاب طبقاً للأصل، والأحكام الشرعية المختلفة المتعلقة بكل صنف من هذه المخلوقات.
 - هل يجوز نسخ الأنسجة والأعضاء البشرية (مثل القلب أو المخ) باستخدام التكنولوجيا النانومترية، ذرة ذرة، وما تداعيات ذلك؟
 - هل يجوز نسخ الأعضاء والأنسجة البشرية للأغراض غير الطبية، مثل خلق خلايا الدماغ لاستحداث جهاز كمبيوتر، وما تداعيات ذلك أيضاً؟
 - ما موقف الشريعة من إمكانية نسخ الإنسان، وما معنى كون الإنسان إنساناً وهل تحظى النسخة بنفس المكانة الشرعية والحرمة التي يحظى بها الأصل، وهل يتصور نفخ روح فيها؟
 - إلى أي مدى يجوز استخدام مادة جهادية أو أنسجة حيوانية أو بشرية علاجاً طبياً في حق بني آدم؟ هل يجوز أن يستعاض عن عضو طبيعي ببديل آخر قائم على التكنولوجيا النانومترية ومزود بكفاءة أكثر، كالفقرات والعظام الأكثر متانة والأقل عرضة للتهالك؟
 - إلى أي مدى يجوز استخدام مادة جهادية أو أنسجة حيوانية أو بشرية لغرض التحسين الاختياري في حق بني آدم،

مثلاً لخلق عضلات أقوى أو أعين تستطيع أن تبصر الموجات ضمن نطاق الأشعة تحت الحمراء؟

• إلى أي مدى يجوز استخدام التكنولوجيا النانومترية لتعديل الكائن البشري أو لتحسينه، وهل يجوز استخدامها في اكتشاف عيوب شخص ما وإصلاحها (مثل: العيوب الخلقية والسرطان وشيخوخة الخلايا)، وفي عمل تحسينات تدوم وتتعدى الأجيال عبر الوراثة؟ وهل عيوب أفراد البشر ضرورية - نوعاً ما - لهويتنا أو استمرارنا كجنس بشري؟

• إلى أي مدى يجوز للبشرية أن تسعى إلى تجاوز عيوبها وقيودها الجسدية؟

• إلى أي مدى يجوز اكتشاف وتعديل السلوك الذي تحقق أنه بسبب التأثير الوراثي؟

• هل المعلومات الوراثية خصوصية، وهل بالمقدور من لديه ميل جيني لوراثته مرض معين مثلاً أن يتوقع إبقاء الأمر سراً، أم يُعد هذا أمراً متعلقاً بالصحة العامة؟

إن ما يعدّ ممكن الوقوع حالياً من المسائل المذكورة باستخدام التكنولوجيا النانومترية قلة قليلة، ولكن هذا الحقل يسير في الاتجاهات المذكورة، وهذه هي الأسئلة التي بدأت تُطرح بالفعل، علاوة على ذلك أن ما يجعل هذه القضايا ذات صلة هو أن الكثير منها إما وقع بالفعل أو أوشك على الوقوع باستخدام تكنولوجيا أخرى.

وعلى الرغم من أن المسائل العقدية تقع خارج نطاق هذا الملخص غير أنه من الممكن طرح إطار مبدئي يعالج بعض القضايا الفقهية والأخلاقية.

إن القرآن والسنة لا يحويان نصوصاً خاصة بالتكنولوجيا النانومترية بوصفها حقلاً علمياً، وبما أن العلماء يقرّون بإباحة البحث والعمل في الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا وعلم الجينات والحقول الأخرى التي تشتمل في طياتها على التكنولوجيا النانومترية، فإنه يترتب على ذلك أن التكنولوجيا النانومترية - بوصفها حقلاً علمياً - أيضاً مباحة، ولكن في الوقت ذاته لا يكفي مجرد إعطاء الجواز الديني لمجال علمي أو حتى الإشارة إلى أساس أو مستند محتمل لها من ضمن النصوص الشرعية، دونما توفير توجيهات تحكم كيفية مضي الأبحاث قدماً، وكيفية تطبيقها، وفي أي المجالات يُحظر استخدامها - لو حظرت. فبدون توجيهات دينية ما الذي يُفرّق بين المنظور الإسلامي للعلوم من جهة وغيره كالمنظور العلماني من جهة أخرى؟

قد يستعان بالقواعد الفقهية لتقديم إجابات مبدئية لبعض هذه المسائل الفقهية والأخلاقية، ووعلى الرغم أن القضية مسكوت عنها في الشريعة - أي: لم يرد أي نص بشأنها - إلا أن التكنولوجيا النانومترية - باعتبارها حقلاً نظرياً وتطبيقياً - هو جائز شرعاً؛ عملاً بالقاعدة أن الأصل في الأشياء الإباحة حتى يدل دليل على التحريم^(٥٣).

٥٣ هذه القاعدة حسب القول الراجح؛ إذ قال الله تعالى: ﴿هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعاً﴾ (البقرة ٢: ٢٩). انظر قاعدة «الأصل في الأشياء الإباحة» كتاب الأشباه والنظائر للسيوطي، وانظر أيضاً في كتاب زكريا الأنصاري: غاية الوصول في شرح لب الأصول، ص ١٥٢، ٦.

لا يزال هناك حاجة إلى النظر في مجالات البحث والتطبيق المستقلة باعتبار كل حالة على حدة، وقد يوجد في الكتب الفقهية التراثية أدلة وأحكام تتعلق ببعض هذه الحالات، ولكن معظم هذه الحالات ستكون من قبيل الوقائع المتجددة فعلى العلماء أن يقوموا وفقاً لمقاصد الشريعة والقواعد الفقهية، وفي الحالات التي يمكن فيها استخدام التكنولوجيا النانومترية وسيلةً لأفعال جائزة أو غير جائزة، فإن التكنولوجيا في ذاتها ستظل جائزة طالما كان من المتاح تجنب تلك الاستخدامات غير الجائزة^(٥٤)، ولكن في الحالات التي لا تنفك هذه التكنولوجيا عن الأعمال غير الجائزة فإنها تصير غير جائزة، وذلك اتباعاً للقاعدة التي تقضي بأنه «إذا اجتمع الحلال والحرام يغلب الحرام على الحلال»^(٥٥).

ولا يمكن تجاهل المخاطر التي تحيم على البيئة والبشر، ويمكن توضيح ذلك بتوسعة هذه القاعدة لتشمل الحالات التي لا تنفك المنافع فيها عن المضار (وهذا لأن إضرار الشخص نفسه أو غيره حرام في حد ذاته، ولا سيما مع أن إلحاق الضرر بالآخرين يستدعي العقوبة) ويؤكد هذا القاعدة الفقهية: «درء المفسدات أولى من جلب المنافع»، كما أن هذه القاعدة تُلقي الضوء على ما يمكن أن يكون سياسة قائمة على أسس شرعية حول كيفية مضي التكنولوجيا النانومترية قدماً.

وللأسف فليس هناك بيانات حاسمة حول حقيقة تلك المخاطر، ولذا فإنه ينبغي للعلماء تقويم مدى تطبيق «سد الذرائع».

وبسبب ديناميكية الفكر القائم على الشريعة، فإن علماء المسلمين يحتلون موقعاً متميزاً لتقديم بديل ديني لما قدّمه المسيحيون المحافظون الأمريكيون المتشددون فضلاً عن وضع سياسات تجعل الدين يتبنى النشاط العلمي بدلاً من خنقه، وقد يرغب علماء المسلمين في التفكير في أجوبة على قضايا شرعية متعلقة بالتكنولوجيا النانومترية والتحضير لها؛ حتى يتسنى للمسلمين - وغيرهم - الاعتماد على إجاباتهم بدلاً من الشعور بالحاجة إلى التوجه إلى مصادر أخرى.

وقد أعرب بعض غير المسلمين عن اهتمامهم بأراء علماء المسلمين حول التكنولوجيات النانومترية، فقد عبرت لجنة الكومست عن الحاجة إلى ممثلين من جميع الثقافات والأديان للمشاركة في استكشاف أبعاد الأخلاقيات والسياسات لتلك التكنولوجيا، ويكفي هنا أدنى مسح للأدبيات المتوفرة للاستدلال على أنه لا يزال يُنتظر ردّ له قيمة من قبل علماء المسلمين بشأن القضايا المتعلقة بالتكنولوجيات النانومترية.

ملخص

إن هناك حاجة بالغة إلى استكشاف المظاهر العقدية والشرعية والأخلاقية والطبية للتكنولوجيا النانومترية وتطبيقاتها، وقد سبق أن دارت العديد من المناقشات حول هذه المواضيع، وعلى علماء المسلمين وواضعي السياسات أن يمثلوا الإسلام والمجتمع المسلم في هذه النقاشات.

٥٤ يستشهد فضيلة المفتي الشيخ علي جمعة مفتي الديار المصرية في فتاويه بـ«الحرمة إذا لم تتعين حلت» مراراً وتكراراً، فهي كقاعدة فقهية لما تدوّن.

٥٥ ودليل القاعدة قوله ﷺ «دع ما يريبك إلى ما لا يريبك». انظر جلال الدين السيوطي، الأشباه والنظائر، ص ١١٧.

مساحات للبحث

- كيف تتماشى الأهداف الإنمائية الألفية للأمم المتحدة مع الأهداف العامة للشريعة؟ وهل يجب على الدول المسلمة الغنية اعتبار تلك الأهداف أولوياتٍ للأمة الإسلامية حول العالم، أو حتى اعتبارها مصرفاً من مصارف الزكاة؟
- على الرغم من توقيع اتفاقية بازل للتحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود في عام ١٩٨٩، استجابةً لقيام سفن محملة بالنفايات السامة للتخلص من حمولتها بعيداً على شواطئ الدول الفقيرة الغافلة عن ذلك، فإنها لم تحقق أي شيء ذي قيمة في إحجام الدول المتقدمة عن التخلص من كوابيسها البيئية عن طريق «التعهد الخارجي»، فمنطقة ألانج الهندية هي أكثر مناطق العالم اجتذاباً لسفن النفايات، وتعد أفريقيا وآسيا من المناطق المفضلة لنفايات ما بعد الاستهلاك، خاصة البلاستيك وأجهزة الكمبيوتر، وهذه كلها كوارث بيئية قائمة بالفعل.
- ما الضوابط لإطلاق سياسات للتكنولوجيات التي تُسخر في أساليب غير مباحة، أو التي تؤثر سلباً على المجتمع؟ هناك حاجة إلى تشكيلي سياسات تسمح للأفراد بالانتفاع من هذه التكنولوجيات، مع حماية الأفراد الآخرين في الوقت نفسه. لقد أضيفت الكاميرات إلى الهواتف الخلوية في اليابان في عام ٢٠٠٠، مما أعطى مستخدميها فرصة اقتناص الصور في لمح البصر وفي أي مكان وبإخفاء شبه كامل للهوية، وبحلول عام ٢٠٠٢ كان أعلى رقم للتظلمات من نصيب حالات اختلاس الصور للملابس القصيرة للنساء من زوايا فاضحة، وقد تضخمت المشكلة حتى وصلت إلى حد أن تقرر قانونياً من صانعي تلك الهواتف إصدارها لتصدر صوتاً إلزامياً عند التقاط صورة، كما أن هناك قوانين في اليابان تقيد استخدام كاميرا الهاتف الخلوي في الأماكن التي يتوقع الناس وجود خصوصية فيها، كما تم اقتراح قوانين مماثلة في الولايات المتحدة.
- يجب أن يُعطى اهتمام حقيقة أن المجتمعات العلمانية والسلطات المصاحبة لها تتخذ الدور القيادي في عملية وضع سياسات أخلاقية عملية، بينما المجتمعات الدينية صامتة بشكل صريح.
- فيما يخص العضلات المرتبطة بالدين والتكنولوجيا، فغالباً ما تتبنى جماهير المسلمين نهج التفكير المسيحي بسبب غياب المنظور البديل والأصيل، وهذا ليس حلاً دائماً؛ لأن الاستجابات المسيحية قليلاً ما تتطابق مع الطريقة التي يشكل بها الفكر الشرعي أطر التعامل مع القضايا وتوصيف الحلول لها؟
- هل العلم والتكنولوجيا محايدان أخلاقياً، أو خاليان من الأحكام الأخلاقية؟ وهل تسمح الشريعة للأبحاث تطوير تكنولوجيا تُستخدم فقط لأغراض محرمة؟
- لا تزال آراء علماء التراث الإسلامي حول التكنولوجيا إلى حد بعيد غير معروفة في الغرب.

قائمة المراجع

أولاً: المصادر العربية

- الأنصاري، زكريا. «غاية الوصول في شرح لب الأصول».
- السيوطي، جمال الدين. «الأشباه والنظائر».
- اليونسكو. أخلاقيات وسياسات التكنولوجيا النانومترية باريس: اليونسكو، ٢٠٠٦.
- اليونسكو. التكنولوجيات النانومترية والأخلاق السياسات والإستراتيجيات، مقترحات السياسات من الكومست. باريس: اليونسكو، ٢٠٠٧.
- الأهداف الإنمائية للألفية للأمم المتحدة. <http://www.un.org/arabic/millenniumgoals/> (تم الإطلاع عليه بتاريخ ١٨ نوفمبر ٢٠٠٨)

ثانياً: المصادر الأجنبية

- Berne, Rosalyn. "Recognizing Religious Mythology in Visions of New Technology," *IEEE Technology and Society Magazine*, 22, no. 1 (2003): 34–39.
- Chang, Kenneth. 2005. "Tiny is Beautiful: Translating 'Nano' Into Practical." <http://www.nytimes.com/2005/02/22/science/22nano.html> (accessed 6 November, 2008).
- COMEST. COMEST: UNESCO SHS. <http://portal.unesco.org/shs/en/ev.php-URL_ID=6193&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html> (accessed 18 November, 2008).
- Devitt, Terry. 2008. "Study: Religion Colors Americans' Views of Nanotechnology." <http://www.news.wisc.edu/14773> (accessed 16 November, 2008).
- Scheufele, Dietram A., Elizabeth A. Corley, Tsung-jen Shih, Kajsia E. Dalrymple, and Shirley S. Ho. "Religious Beliefs and Public Attitudes Toward Nanotechnology in Europe and the United States." December (2008).
- Dowling, A, Clift, R, Grobert, N, Hutton, D, Oliver, R, O'Neill, O, Pethica, J, Pidgeon, N, Porritt, J, and Ryan, J. "Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties." The Royal Society and the Royal Academy of Engineering, 29 (2004).
- Feynman, Richard P. "Plenty of Room At the Bottom." 1959. <http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html> (accessed 6 November, 2008).

- Fukuyama, Francis. "Transhumanism: The World's Most Dangerous Ideas." *Foreign Policy*, September/October (2004).
- Info, AME. 2006. *International Conference on Bio-Nanotechnology Opens in Al Ain*. <http://www.ameinfo.com/102302.html> (accessed 17 November, 2008).
- Iranian Nanotechnology Initiative. 2007. http://www.nano.ir/en/pages.php?Pages_Id=36 (accessed 17 November, 2008).
- Kamali, Mohammad Hashim. *Principles of Islamic Jurisprudence*. 3rd ed. Cambridge: The Islamic Texts Society, 2003.
- Luoma, Samuel N. *Silver Nanotechnologies and the Environment: Old Problems Or New Challenges?* http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/7036/nano_pen_15_final.pdf
- Nanotechnology. NSET Workshop Report. 2001.
- The Project on Emerging Technologies. *Analysis of Consumer Products*. http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/ (accessed 6 November, 2008).
- Reibold, M., Paufler, P., Levin, A. A., Kochmann, W., Patzke, N., and Meyer, D. C. "Materials: Carbon Nanotubes in an Ancient Damascus Sabre." *nature*, 444, no. 7117 (2006): 286-286.
- Roco, Mihail C., and William Sims Bainbridge, (eds.) *Nanotechnology: Societal Implications – Maximizing Benefit for Humanity*. National Nanotechnology Initiative Workshop. 2003.
- Salamanca-Buentello, Fabio, Persad, Deepa L., Court, Erin B., Martin, Douglas K., Daar, Abdallah S., and Singer, Peter A. "Nanotechnology and the Developing World." *PLoS Medicine*, 2, no. 5 (2005): 383-87.
- Stross, Charles. "Halo." In *Accelerando*, Ace, 2006.
- Toumey, Chris. "Atom and Eve," *nature nanotechnology*, 3 (2008): 2-3.
- Technologies, The Project on Emerging. *Nanotechnology Consumer Products Inventory*. <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/> (accessed 6 November, 2008).
- The Transhumanist FAQ: A General Introduction*. 2001. <http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf> (accessed 18 November, 2008).
- UN Millenium Project. *UN Millenium Project Goals*. <http://www.unmillenniumproject.org/goals/index.htm> (accessed 18 November, 2008).
- UNESCO. *The Ethics and Politics of Nanotechnology*. Paris: UNESCO, 2006.
- UNESCO. *Nanotechnologies and Ethics: Policies and Actions. COMEST Policy Recommendations*. Paris: UNESCO, 2007.
- Sawahel, Wagdy. 2008. "Egypt to Host First Northern African Nanotech Centre." <http://www.scidev.net/en/news/egypt-to-host-first-northern-african-nanotech-cent.html> (accessed 17 November, 2008).
- Sawahel, Wagdy. 2008. "Saudi Arabia Boosts Nanotech Research." <http://www.scidev.net/en/news/saudi-arabia-boosts-nanotech-research.html> (accessed 17 November, 2008).
- nanotechwire.com. 2008. "Air-Purifying Church Windows Early Nanotechnology." <http://nanotechwire.com/news.asp?nid=6517&ntid=122&pg=1> (accessed 6 November, 2008).

