المبحث الثاني

أخطار تقنية النانو

تقنية النانو مثلها مثل أي تقنية أخرى لها جانب إيجابي و جانب سلبي، فبالرغم من فوائدها العظيمة فإن لها بعض الأخطار. ويمكن إجمال أخطار تطبيقات تقنية النانو بشكلٍ واسعٍ إلى أربعة أقسام رئيسة:

أولًا: قضايا صحية (الأخطار على صحة الإنسان):

تتمثل التأثيرات الصحية لتقنية النانو في تلك الآثار المحتملة للمواد والأجهزة النانوية على صحة الإنسان. وبما أن تقنية النانو هي مجال مستحدث، فقد أسفر ذلك عن قيام جدلٍ واسعٍ حول المدى الذي يمكن عنده الاستفادة أو التعرض للأخطار الخاصة بتقنية النانو على صحة الإنسان. ويمكن تقسيم التأثيرات الصحية لتقنية النانو إلى: قدرة الاختراعات النانوية على أن يكون لها تأثيراتها الطبية في علاج الأمراض، وكذلك الأخطار الصحية المحتملة عند التعرض للمواد النانوية.

وترجع الأخطار المحتملة لتقنية النانو على صحة الإنسان من دقة حجم المواد النانوية التي سوف يتعامل معها الفرد، ونحن نعلم مدى صغر هذه المواد، حيث إن بعضها لديه القدرة على النفاذ إلى جسم الإنسان بكل سهولة، خلال مسامات الجلد، وتستطيع الانتشار داخل الجسم بصورة أكبر و أسرع من أي مادة أخرى، بدون أن يشعر الإنسان أو يبدي أي مقاومة، وهو ما يحمل معه الأخطار الكبيرة على صحة الفرد[1]، فالجسيمات العالقة في الهواء والناتجة من الدهانات أو البخاخات أو الغبار يمكن أن يتم استنشاقها، ومن ثم تنفذ إلى الجسم.

وعلى الرغم من أن الآثار السلبية المحتملة للمنتوجات المصنعة بهذه التقنية الواعدة على صحة الإنسان ما زالت مجهولة إلى حد كبير، وبرغم جميع إجراءات السلامة التي يتم اتباعها، فإن المئات منها قد غمر الأسواق بالفعل في جميع المجالات من الملابس إلى الطب إلى عجائن تنظيف وتبييض الأسنان إلى الطرق السريعة ومواد المحافظة على الحيوية والجمال والرشاقة..إلخ، ولا تزال الأبحاث والتجارب وعمليات الإنتاج تجري على قدم وساق لإنتاج المزيد منها، ويمكن القول:

(1) Royal Society and Royal Academy of Engeneering, Nanoscience and Technologies: Opportunities and Uncertainties, , London, 2004.

إن الإنسان يتناول الكثير من هذه المواد مع غذائه وشرابه؛ فهي تنفذ إلى الجسم عبر مسام الجلد من خلال مساحيق التجميل والزيوت والكريمات، وخاصة الأنواع المستخدمة للحماية من الأشعة فوق البنفسجية والمضادة للتجاعيد، إلى جانب عدد من مواد تنظيف الأسنان، خاصة الأنواع المستخدمة للتبييض، التي تثير الشكوك حول إمكانية إحداثها لخدوش باللثة، وتقلل من سمك الأسنان، فضلًا عن المياه التي يغسل، أو يشطف بها أحواض السباحة، وتمثل الجروح والندوب والتشققات والثنايات الجلدية أكثر المواضع لنفاذ المواد الخطرة للجسم.

ويتفق العلماء على أن جسيمات النانو وبسبب صغر حجمها لها القدرة على الدخول في جسم الإنسان، فلك أن تتخيل أن جسيم بحجم 300 نانومتر يستطيع بكل سهولة الدخول في خلايا جسم الإنسان[1]، والأخطر من ذلك أن جسيمًا بحجم 70 نانومتر يستطيع الدخول في نواة الخلية، مما يعني أن هذه الجسيمات قادرة على الدخول بسهولة إلى جسم الإنسان، مما يعني الاحتمال الكبير لحدوث التفاعل بينها وبين خلايا الجسم، مما قد يؤدي لتغير خصائصها أو تسميمها[2].

(1) انظر ملاحق البحث.

(2) (http://www.saudicnt.org/indexphp?tool=artcls&do=read&id=37

وهذه المخاوف لها ما يبررها، فقد أظهرت بعض الدراسات التي أجريت على الحيوانات في المختبر هذه الآثار السلبية، لجسيمات النانو، حيث وجد أن هذه الجسيمات وعند دخولها الجسم تتجمع في الدماغ وخلايا الدم والأعصاب، وهذا بالطبع يعني خطورة بالغة جدًّا، مما يعني أن جسيمات النانو يمكن أن تصنف على أنها مواد تدميرية لجسم الإنسان[1].

وقد ظهرت بعض العلوم الخاصة بدراسة سمية المواد النانوية، ويسمي بـ(علم السموم النانوي)، وهذا العلم[2] يعد فرعًا من فروع علم الأحياء النانوي، وهو يعني بدراسة سمية المواد النانوية بسبب تأثيرات الحجم الكمي والمساحة السطحية الكبيرة، وعلى الرغم من أن بعض المواد تكون خاملة مثل الذهب، فإنها تصبح نشطة للغاية في الأبعاد النانومترية[3]. وقد ظهرت بعض الدراسات العلمية الحديثة التي أشارت إلى أن بعض المواد النانوية لها تأثير مباشر على القلب والأوعية الدموية

(1) المرجع السابق نفسه.

(2) Magrez, Arnaud; et al. (2006). «Cellular Toxicity of Carbon–Based Nanomaterials». Nano Letters 6 (6): 1121–1125. doi:10.1021/nl060162e. PMID 16771565.

(3) http://www.saudicnt.org/indexphp?tool=artcls&do=read&id=37

في الفئران[1]. وهناك بعض الدراسات الطبية التي وجدت روابط بين الجسيمات النانوية وبعض الآثار الصحية، مثل زيادة حالات الربو، وأمراض القلب، والالتهاب الشعبي المزمن، وحتى حالات الوفاة المبكرة[2].

ورغم أنه لم ترصد بعد حالة تسمم واحدة بالمواد المهندسة بتقنية النانو، فإن هناك قلقًا متزايدًا بين الباحثين إزاء المواد السامة التي تحملها الجزيئات المتناهية، وقدرتها على اختراق جدران الخلايا وسريانها مع الدورة الدموية ونفاذها إلى الأغشية الدماغية، والتي تحمي المخ من التأثر بالمواد الكيميائية الضارة التي تجري في الدم.

ويتزايد القلق أكثر لدى الدراسات ذات الصلة بعلوم السموم، وإزاء الطرق التي يمكن لهذه المواد أن تدخل جسم الإنسان، خاصة أن الطريق الأكثر احتمالًا وخطورة هو استنشاق الإنسان لها مع الهواء، ونفاذها عبر الجهاز التنفسي لتستقر بكل جزء من رئتيه مخلفة تأثيرات أكثر خطورة من جزيئات الكربون، فضلاً عن أنه من الثابت أن التعرض لجسيمات المواد

(1) http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=washingtonstory&sid=aBt.yLf.YfOo

(2) 4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical ,Legal and Social Aspects of Nanotechnology, june 2004. P.50

الخطرة لفترات طويلة (بحجمها العادي أو النانومتري) يزيد من احتمالية التعرض للإصابة بسرطان الرئة وأمراض القلب بدرجة كبيرة.

ولم يتم إجراء أي دراسات وبائية حول الأخطار الصحية للمواد النانوية المصنعة. وقد بدأ قياس تركيزاتها في أماكن العمل، لكنه ليس واضحًا بعد ما إذا كانت النماذج الحالية لبروفيلات التركيزات المحلية والزمانية تنطبق في حالة الجسيمات النانوية الجديدة. ولا توجد[3] – خلاف اتفاقية بين عدد قليل من المعاهد الأوروبية للسلامة المهنية– أي معايير دولية بخصوص طرق قياس الجسيمات النانوية، وتقدير مدى التعرض لها. وقد أنشأت المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO) لجنة معنية بالتكنولوجيات النانوية[4]، بغية وضع معايير تقوم على المعارف العلمية في مجالات الصحة والسلامة والبيئة. وإلى أن تتوفر المعايير في هذا الميدان، فإن عمليات تبادل الخبرات بين مهندسي القياس والعلماء ستتسم بأهمية خاصة.

وتنطبق الإستراتيجيات المعروفة للإقلال من التعرض في مكان العمل على التعامل مع المواد النانوية. حيث يتم تقييم

---

(3) المرجع السابق نفسه.

(4) ISO Technical Committee (TC) 229 Nanotechnologies

تدابير الحماية الملائمة وتعريفها من جانب أخصائيي الصحة المهنية كجزء من عملية تقييم الأخطار في كل أرجاء الشركات ذات الصلة. وينطبق في بعض البلدان مبدأ ضرورة اعتبار المواد الجديدة، التي لا تُعرف خصائصها مصدر خطر محتمل. ويتعين اتخاذ تدابير الحماية التنظيمية أولًا بأول، وأن تدعمها تدابير الحماية التقنية واستبدال المستحضرات التي تشكل منها المساحيق.

ويعد الإسبستوس (**شكل 44**) من أهم الأمثلة التي ظهرت أخطارها الصحية على الفرد، فخطورته تنبع من أن أليافه متناهية الصغر، وحين تصل إلى الجسم البشري يصعب طردها من داخله، وهو ما يجعله سببًا في الإصابة بالعديد من أنواع السرطانات، واستنشاق هذه الألياف يمكن أن يؤدي إلى الأسبستوسايس Apestososis، وهو مرض يصيب الرئة، يؤدي تدريجيًّا إلى منع التنفس[1].

والارتباط بين خطر الأسبستوسايس والمواد النانوية أمر واضح، فإن التأثيرات الصحية الممكنة اتضح أنها تأثيرات مزمنة وليست حادة، ولا تبدأ بالظهور إلا بعد أعوام من التعرض

(1) Toby Shelly, Nanotechnology: New Promises, New Danger, Zed Books, London and New York, 2006

لها، وعندما تظهر تلك الأعراض، فإنه يمكن التكهن بالخسارة الكبيرة المتراكمة، فيما يتعلق بالأضرار الصحية، وهو ما جعل شركات التأمين العالمية مثل شركة Swiss Re تقدم دراسة تقوم على فحص دقيق لكل الجسيمات النانوية بدلًا من تركيز البحوث الطبية الحالي على الأنابيب النانوية[1].

وأظهرت دراسة جامعة أكسفورد أن نانو جزيئات ثاني أكسيد التيتانيوم الموجود في المراهم المضادة للشمس أصابت الحمض النووي DNA للجلد بالضرر. كما أظهرت دراسة من مركز جونسون للفضاء والتابع لناسا أن أنابيب الكربون النانوية تعد أكثر ضررًا من غبار الكوارتز الذي يسبب السيليكوسيس، وهو مرض مميت يحصل في أماكن العمل.

وأوضح سيتون انتوني من معهد طب في ادنبره (اسكتلندا) في دراسة نشرها أخيرًا: أن أنابيب الكربون النانومترية التي تعد بثورة تكنولوجية غير مسبوقة، قد تكون ضارة وقاتلة للكائنات الحية، بما فيها الإنسان لذا يجب التعامل مع هذا العلم بحرص شديد، وقد طالب باستبعاد الأغذية والزراعة من هذا التطور التكنولوجي، حفاظًا على البشر. فمن المعلوم أنه إذا ما تم

(1) Nanotechnology: Small matter, Many Unknowns,Swiss Re, Zurich, 204, p. 42

امتصاص الجزيئات النانوية عبر جذور النباتات والأشجار أو عبر الهواء، فإنها ستصل حتمًا إلى الإنسان والحيوان عن طريق الغذاء. وهنا تكمن الخطورة، وخاصةً إذا احتوت هذه الجزيئات خلال مراحل تصنيعها على مواد ضارة[1].

كما تبين آخر التطورات التي طرأت على تكنولوجيا النانو أنه تم تطوير جوارب تحتوي على جزيئات الفضة (نانو سيلفر) تمنع رائحة القدمين، لكن تبين أن لها عواقب وخيمة على جسم الإنسان. فهذه الجزيئات بكتيرية، وهي قادرة على قتل البكتيريا النافعة المهمة في تحطيم المواد العضوية في النفايات ومحطات المعالجة أو المزارع.

وهنا يمكننا أن نخلص إلى أربعة جوانب مخيفة تتعلق بتقنية النانو، وهي:

1. الجسيمات النانوية العالقة يمكن أن تمنع عمل الرئتين، وذلك من خلال تهييجها، ويكون التأثير أشد كلما صغر حجم الجسيمات؛ لأن مساحة السطح تكون أكبر.
2. المادة النانوية قد تكون نوعًا من أنواع السموم المعروفة، وتجد طريقها للجسم حتى من خلال وسائل الحماية

(1) تكنولوجيا النانو.. العواقب المحتملة وشدة العواقب: محمد هاشم البشير، المرجع السابق.

التقليدية، مثل كمامات الوجه؛ نظرًا لصغر حجم تلك الجسيمات.

3. تمتلك بعض الجسيمات النانوية تأثيرًا محفزًا يمكنها أن تولد جذورًا حرة (Free radicals)، وهذه الجذور الحرة عادة ما تولد الأورام السرطانية في الجسم.

4. يمكن لهذه المادة أن تكون ذات خصائص ضارة عند مستويات النانو، بحيث لا تظهر هذه الخصائص عند مستويات أكبر، وقد تم اكتشاف ذلك من خلال البحوث التي تجري على جسيمات التلوث الهوائي[1].

ثانيًا: قضايا بيئية (أخطار على البيئة):

يعد تلوث تقنيات الصغائر مصطلحًا عامًا وشاملًا لكل النفايات الناجمة عن استخدام أجهزة التقنية المصغرة، أو خلال عملية تصنيع مواد تقنيات الصغائر. وقد تعد تلك النفايات على درجةٍ عاليةٍ من الخطورة، ذلك بسبب حجمها. حيث تستطيع أن تطير في الهواء، وقد تخترق بسهولةٍ الخلايا الحيوانية والنباتية مسببةً بذلك تأثيراتٍ مجهولةٍ لكلٍ منهما. كما أن معظم جزئيات الصغائر التي صنعها الإنسان غير مرئيةٍ

(1) Toby Shelly, Nanotechnology: New Promises, New Danger, Zed Books, London and New York, 2006

في الطبيعة، ومن ثم قد لا تمتلك الكائنات الحية وسائلًا ملائمةً للتعامل مع تلك النفايات المصغرة[1].

إن التوسع المتوقع في إنتاج المواد النانوية بدون ضابط سوف يثير جملة من الأسئلة البيئية، ومدى تأثير تلك المواد على البيئة من حولنا، وعلى الإنسان الذي يعيش في تلك البيئة، وعلى غذائه الذي يتناوله؟ وحتى الآن لا تتوفر الكثير من المعلومات حول مصير الجسيمات النانوية بعد تغلغلها في البيئة وتحولها من صورة إلى أخرى، ولا أحد يعرف مقدار سميتها أم أنها غير سامة، وهل تكون هذه السمية في خلال أشهر أم سنوات؟ لذا فإن المنتجات النانوية يمكن أن تكون ملوثات حيوية بيئية غير قابلة للتحلل[2].

أشارت بعض الدراسات إلى تأثير مواد النانو على البيئة، وإمكانية التصاقها بالسلسلة الغذائية، وبذلك أصبح من اللازم دراسة ماهية مواد النانو وتأثيراتها البيئية المختلفة. ورصدت بعض التقارير الأوروبية بعضًا من الأضرار التي سوف تلحق

(1) Gyorgy Scrinis. «Nanotechnology and the Environment: The Nano–Atomic reconstruction of Nature»

(2) 4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical,Legal and Social Aspects of Nanotechnology, june 2004. P.50

بالموارد الطبيعية والمقومات البيئية للأرض والهواء والماء، وتخلص إلى أن البيئة كلها مهددة من التوسع في انتشار تقنية النانو[1]. وهناك بعض المخاوف التي أفصح عنها الباحثون حول الجسيمات النانوية لثاني أكسيد التيتانيوم، التي يبدو أنها تقضي على البكتيريا، ومدى تأثيرها على بيئة التربة.

كما حذر العلماء من عدم القدرة على التعرف على تأثير الألوان الداكنة التي تحملها الجسيمات النانوية العالقة بالماء والهواء ومدى صلاحيتهما للاستخدام، وأثرها على التمثيل الضوئي للنبات، وأبدوا مزيدًا من الخوف حول تزايد الأخطار الصحية المحتملة لذلك، وأثاروا العديد من التساؤلات عن سرعة رد فعل جزيئات المواد المختلفة عندما تصغر إلى الحجم النانومتري، وهناك عدد من المنتجات الغذائية التي غزت الأسواق، التي أثبتت الأبحاث أنها تحتوي على مواد نانوية، وذلك وفقًا لما ذكرته مجموعة إي تي سي[2]. وكذلك التلوث الناجم عن الارتفاع الكبير لمعدلات الامتصاص لتلك الجسيمات، حيث تسلك العناصر المصغرة للحجم النانومتري، نظرًا إلى صغر

(1) Nanotechnology: Small matter, Many Unknowns,Swiss Re, Zurich, 2004, p. 42

(2) Down on the Farm: The impact of Nanoscale Technologies on Food & Agriculture, ETC Group, Ottawa, November, 2004

حجمها الشديد ومساحتها الكبيرة، مسلكًا مغايرًا للمعهود عنها في حجمها الطبيعي. وتناولت معظم البحوث الجسيمات الأكبر حجمًا، وخرجوا بنتائج تؤكد على الحاجة إلى اتباع نهج علمي لرصد ومعالجة درجة السمية العالية للملوثات، فهناك حاجة ماسة إلى تحديد تكوين جسيمات المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والزئبق والزرنيخ في الهواء، كما أن التكنولوجيات التقليدية كثيرًا ما تكون غير كافية لخفض تركيزات تلك العناصر السامة في مياه الصرف إلى مستويات مقبولة.

ولعل أهم أخطار تقنية النانو على البيئة في شكلين: أحدهما، التراكم البيولوجي[1]. الذي ينشأ من تراكم مواد النانو غير المرغوب فيها.والآخر، في صغر حجمها، حيث سيصعب كشفها وتنظيفها وإزالتها من البيئة[2].

وعلى الجانب الآخر، قد يمكن الاستفادة من بعض تطبيقات النانو المتاحة في المستقبل لخدمة الأغراض البيئية. حيث تستند أحد فئات أساليب الترشيح على استخدام الأغشية ذات أحجام الثقوب الملائمة، مما يسمح بحجز السائل خلف

(1) 4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical,Legal and Social Aspects of Nanotechnology, june 2004. P.50

(2) SCENIHR (اللجنة العلمية المعنية بالأخطار الصحية الناشئة والمكتشفة حديثًا) تقرير عن أخطار التكنولوجيات متناهية الصغر، 19 كانون الثاني/ يناير 2009م.

ذلك الغشاء. ومن ثم تعد الأغشية نانوية المسام مناسبةً لعملية الترشيح الميكانيكية التي تتسم بأنها ذات مسام أصغر من 10 نانومتر، (قد يتكون من أنابيب نانويةٍ). ويستخدم الترشيح النانوي بشكلٍ رئيس بهدف إزالة الأيونات أو فصل السوائل المختلفة. وتوفر الجسيمات النانوية المغناطيسية طريقةً فعالةً ومعتمدةً في إزالة ملوثات المعادن الثقيلة من المياه المستعملة عن طريق الاستفادة من أساليب الفصل المغناطيسية. ويزيد استخدام الجسيمات النانوية من فعالية القدرة على امتصاص الملوثات بالإضافة إلى أنها عمليةٌ ليست بالمكلفة بالمقارنة مع طرق الترسيب والترشيح التقليدية. هذا بالإضافة إلى أنه قد يكون لتقنية النانو تأثير عظيم على عملية إنتاج الطاقة النظيفة.

وما زالت الأبحاث جارية بهدف استخدام المواد النانوية لأغراضٍ تشتمل على خلايا شمسية أكثر كفاءةٍ بالإضافة إلى خلايا وقود عملية وبطاريات صديقة للبيئة.

ثالثًا: قضايا اجتماعية (الآثار الاجتماعية لتقنية النانو):

وبعيدًا عن الأخطار المصاحبة للجيل الأول من تقنية النانو، التي تؤثر على كلٍّ من الصحة البشرية والبيئة المحيطة، توجد مجموعة أوسع من التأثيرات الاجتماعية، والتي تفرض المزيد من التحديات الاجتماعية عريضة المدى. حيث اقترح علماء

الاجتماع أن يجب فهم القضايا الاجتماعية المصاحبة لتقنية الصغائر وتقييمها بشكلٍ ليس بالبسيط؛ حيث لا يُنظر إليها على أنها مجموعة من التأثيرات أو الأخطار الجارية فقط[1].

قد توفر تقنيات الصغائر حلولًا جديدةً للملايين من المقيمين بالدول النامية، الذين يفتقرون الوصول إلى الخدمات الرئيسة، ومنها المياه الآمنة، موارد الطاقة الثابتة، الرعاية الصحية، وفرص التعليم. وقد أقرت الأمم المتحدة الأهداف الإنمائية للألفية لمواجهة تلك المتطلبات. وقد لاحظت فرقة الأمم المتحدة المعنية بالعلوم والتكنولوجيا والابتكار: أن بعضًا من مزايا تقنية الصغائر تتضمن الإنتاج بالاعتماد على قوة العمل القليلة والأرض والصيانة والإنتاجية العليا والتكلفة المنخفضة والمتطلبات المتواضعة من المواد والطاقة.

تشتمل الفرص المتوقعة لتقنيات الصغائر في المساعدة على مواجهة أولويات التنمية العالمية الحرجة على أنظمة تنقية المياه المحسنة، أنظمة الطاقة، الطب والأدوية، إنتاج الأغذية وكذلك التغذية، هذا بالإضافة إلى تكنولوجيا المعلومات

(1) Kearnes, Matthew (2006). «From Bio to Nano: Learning Lessons from the UK Agricultural Biotechnology Controversy». Science as Culture 15 (4): 291–307. Routledge. doi:10.1080/09505430601022619. Retrieved on 2007–10–19.

والاتصالات. كما نلاحظ أن تقنية الصغائر قد تم دمجها بالفعل في المنتجات والسلع المتوافرة بالسوق. إلا أن المزيد من تقنيات الصغائر ما زالت في طور البحث، في حين أن بعضها الآخر ما زالت سوى مجرد أفكارٍ تحتاج إلى سنين وعقودٍ ليتم تطويرها وتنميتها.

وعلى الرغم من أن التقنية الجديدة سوف تمنح مستخدميها سبل التقدم والازدهار، إلا أنها سوف تعيق آخرين، وتجعلهم في مؤخرة الركب، وتشكل نوعًا جديدًا من الطبقية. وبرغم أن التقنية سوف تساعد في تخفيف بعض المعاناة مثل نقص الغذاء وسوء التغذية في الدول النامية، إلا أنها سوف تشكل في الوقت نفسه طبقية اقتصادية داخل الدول المتقدمة، وبينها وبين الدول النامية[1].

وثمة عدد من التقارير[2] تدعو إلى التزام جانب الحذر في استحداث وتسويق المواد متناهية الصغر المصنعة؛ وتبحث

(1) (Philip Anton; Richard Silbirglitt and James Schneider, The Global Technology Revolution, RAND National Defence Research institute, Santa Monica, 2001, P.xvii

(2) The Royal Society and the Royal Academy of Engineering: Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncerntainties; 2004, page 8.

لجان الأخلاقيات مفهوم الحذر هذا، وقضايا أخرى أيضًا اعتبرت ذات أولوية مثل: الاتفاق على الأخطار المقبولة أو غير المقبولة اجتماعيًّا[1]، وتطبيق التكنولوجيا متناهية الصغر والتكنولوجيات الأخرى «للنهوض بالإنسان»، وتوزيع المنافع على الصعيدين الاجتماعي والعالمي، والتكاليف والأخطار، وقضايا الملكية أو براءات الاختراع، والأخطار المتصلة بصحة وسلامة العمال، والبيئة والمجتمع، والإشراف التنظيمي، ومشاركة المجتمع في اتخاذ القرارات.

ينص مطبوع[2] صادر عن اليونسكو عام 2006 على أنه «... يتعين تعريف وتحليل القضايا الأخلاقية المتصلة بالتكنولوجيا النانوية كي تمكن توعية الجمهور عمومًا، والمجموعات المتخصصة وصانعي القرارات بالآثار التي تنطوي عليها التكنولوجيا الجديدة. وبالنظر إلى سرعة تطور التكنولوجيا النانوية، فإن الأمر يتطلب اتباع منهج استباقي إزاء

(1) Kearnes, Matthew; Grove–White, Robin& Macnaghten, Philet al.(2006),»From Bio to Nano: Learning Lessons from the UK Agricultural Biotechnology Controversy»,Science as Culture, Science as Culture(Routledge)15(4): 291–307, December 2006, DOI:10.1080/09505430601022619.

(2) The Ethics and Politics of Nanotechnology (UNESCO, 2006) http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951e.pdf.

القضايا الأخلاقية هذه...» ومن وجهة نظر اليونسكو، فإنه حتى لو كانت الدول منهمكة في إجراء البحوث بصورة نشطة في مجال التكنولوجيا النانوية، فيتعين مع ذلك أن يكون لها حصة في تعريف النواتج المطروحة ومسار البحوث الفعلي، وفقًا لمعايير الإنصاف والعدالة والمساواة «... ويهتم مواطنو كل دولة في هذه المرحلة المبكرة بفهم ما ستصير إليه التكنولوجيا النانوية وما يمكن أن تكون».

ويعرض مطبوع اليونسكو عددًا من القضايا الأخلاقية التي ستواجه المجتمع الدولي في المستقبل القريب. ويفيد التقرير أنه بالنظر إلى إضفاء الصبغة التجارية على استخدام المواد النانوية وعمليات الإنتاج على النطاق النانوي يمكن أن يثير ذلك قضايا أخلاقية وسياسية جديدة، ويحيي قضايا قديمة. ويقول التقرير أيضًا: إنه «لدى اختصاصيي التكنولوجيا النانوية وعيًا مفرطًا لضرورة دراسة كل من الاستعمالات الممكنة، والأضرار المحتملة قبل وقت طويل من تسويقها. ويعد هذا الإدراك والتوجه التحفظي نحو البحوث المشتركة أمرًا جديدًا». ويلاحظ أن الإطار المؤسسي والتنظيمي لمعالجة هواجس كل المصالح المتنافسة بوضع معايير وممارسات دولية فضلى واعتمادها لم يتطور بصورة جيدة بعد.

ويقول التقرير: إن سهولة الاتصالات وإتاحة المعلومات للخبراء في معظم البلدان تدل على أن التكنولوجيا النانوية ستكون مشروعًا علميًّا دوليًّا يتعين النهوض به، وأن فجوة المعارف القائمة بين البلدان قد تبدو مختلفة عما كانت عليه في الماضي بوجود احتمال أن تكون أكبر الفجوات ضمن الدول وليس بينها. ومما يتصل بذلك طرح التساؤلات عن كيفية تحقيق بحوث التكنولوجيا النانوية المنافع لأشد الناس فقرًا أمر يتعين تشجيعه، والمثال على ذلك الاضطلاع ببحوث عن التطبيقات التي يمكن أن تتناول الأهداف الإنمائية للألفية.

وثمة مسألة ذات صلة بما سبق ألا وهي إلى أي مدى ستستفيد جميع الدول على قدم المساواة من المعارف العلمية الجديدة- عن التكنولوجيا النانوية والبحوث المبتكرة بوجه أعم. ويتحدث التقرير عن الآثار التي قد تترتب على قضايا حقوق الملكية الفكرية وعائداتها، والتدقيق من قبل الرأي العام والمساءلة عن البحوث، واستخدام المعلومات العلمية في سياق جهود مكافحة الإرهاب كلها قد تؤثر على نوع هذا العلم وجودته. وقد يسفر قصور البنية الأساسية اللازمة لإدارة البحوث العلمية الجيدة عن عجز البلدان النامية عن الحصول على أكثر المعارف والممارسات العلمية معوّلية.

ومن المحتمل في غياب التشريعات الدولية التي تقنن امتلاك هذه التقنية وتطويرها أن تصبح متاحة للجميع، ومن الممكن في المستقبل أن تكون متاحة حتى لأفراد وجماعات، فامتلاك المعرفة يمكن من تصنيع المواد متناهية الصغر في مختبرات سرية صغيرة يصعب أو يستحيل كشفها، وحتى في صالات الطعام أو غرف النوم.

يرى المراقبون أنه لا سبيل إلى منع انتشار هذه التقنية إلا بعقد اجتماعي جديد، وقد يقتضي الأمر مراقبة الجميع على الدوام، والتعرف على كل صغيرة وكبيرة، فتنتهك بذلك حقوق الإنسان وتتهتك الأستار. إنه من الممكن توظيف تقنية النانو في مجال التجسس على الأشخاص، بل من الممكن أن تزرع في أدمغتهم أجهزة متناهية الصغر تقرأ أفكار الناس وتبعث بها لمركز المعلومات، ويتم هناك تحليلها ثم التعاطي معها. وقد تزود هذه الأجهزة بقدرات تمكنها من شل قدرات حتى من يفكر خلافًا لما يهواها من يملك التقنية.

رابعًا: «غراي غو»: الأخطار المصاحبة للرؤية المتوقعة لتقنية النانو الجزيئية:

تكنولوجيا النانو الجزيئية هي مجال فرعي تأملي ضمن دراسة تقنية النانو مع الوضع في الاعتبار هندسة المجمعات

الجزيئية، وهي الآلات التي تعيد تنظيم المادة على الصعيد الجزيئي أو الذري. وعندما يتعلق الأمر بأخطار التصنيع الجزيئي، فغالبًا ما يتم الاستشهاد بأسوأ سيناريو وقع، والمتمثل في «غراي غو»[1]، والذي هو عبارة عن مادة افتراضية تحول فيها سطح الأرض بواسطة التكرار الذاتي للنانوبوت فوضوية التشغيل. وقد قام فريتاس[2] بتحليل ذلك التصور،حيث ظهر سيناريو مختلف يدعى «غرين غو» مع حلول تقنية النانو الحيوية.

(1) يشير مصطلح غراي غو، الذي يكتب باللغة الإنجليزية إما (بالإنجليزية: Grey goo) أو (بالإنجليزية: gray goo) إلى ذلك السيناريو الافتراضي عن نهاية العالم، والذي فيه تستهلك الروبوتات ذاتية التكرار، والتي لا يمكن السيطرة عليها محل كل صور المادة على الكرة الأرضية، في حين تقوم في الوقت ذاته بإنشاء المزيد منها (روبوتات مثيلة)، حيث يطلق على ذلك السيناريو إيكوفاجي أو (بالإنجليزية: ecophagy)، والذي يُعَبِر عن «أكل البيئة واستهلاكها»).انظر: http: / /ar.wikipedia.org

(2) Freitas Jr. Robert A. (2000–04–00). Some Limits to Global Ecophagy by Biovorous Nanoreplicators, with Public Policy Recommendations. Retrieved 2009–12–28.