جامعة المنصورة
كليـة الآداب

أخلاقيات البيولوجيا التخليقية في ظل تطبيقات الحياة الإصطناعية: خلية فينتر نموذجا

إعـــداد
د/ هلال أحمد وجدي عبد الفتاح مُحمد
مُدرس الفلسفة الغربية الحديثة والمعاصرة بقسم الفلسفة
كليه الآداب – جامعة المنصورة

مجـلة كلـية الآداب – جامعـة المنصـورة
العدد الثالث والسبعون – أغسطس ٢٠٢٣

أخلاقيات البيولوجيا التخليقية في ظل تطبيقات الحياة الإصطناعية: خلية فينتر نموذجا

د/ هلال أحمد وجدي عبد الفتاح مُحمد

مُدرس الفلسفة الغربية الحديثة والمعاصرة بقسم الفلسفة

كليه الآداب – جامعة المنصورة

ملخص البحث

يلقي البحث الحالي الضوء على قضية «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» وهي أخلاقيات لا تنفصل بأي حال من الأحوال عن مباحث أخلاقية هامة، مثل، «أخلاقيات العلم»، و«الأخلاق التطبيقية»، و«أخلاقيات الحياة الاصطناعية» و«أخلاقيات الهندسة الوراثية»، و«أخلاقيات البيولوجيا». بيد أن أهمية «أخلاقيات البيلوجيا التخليقية» تنبع من كونها ترتبط كل ما سبق بمستجدات عصرنا الحالي، عصر التداخل التقني في كافة مجالات الحياة، ولا سيما العلوم الطبية والبيولوجية. في سياق متصل، تكمل الأبحاث في مجال «الحياة الاصطناعية» وتطبيقاتها البحث البيولوجي خلال استكشاف مسارات جديدة في السعي نحو فهم الحياة عبر محاكاة الأخيرة اصطناعيا من أجل الوصول إلى تطبيقات هدفها إفادة البشرية. وكانت «خلية فينتر الاصطناعية» مثالاً على ذلك، حيث مثلت نقلة نوعية في مجال بحوث «البيولوجيا التخليقية» و«الحياة الاصطناعية»، بما حملته من إمكانية تركيب «أول خلية اصطناعية» وما يستتبع ذلك من آمال في مجالات عدة مثل اللقاحات وزراعة الأعضاء وما إلى ذلك، وهواجس، في الوقت نفسه، حول إمكانية تطور البحوث في هذا المجال على نحو أوسع وربما أخطر، مما أستدعى الحديث عن «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» ومبادئها ومدى الالتزام بها في مثل تلك البحوث، ولا سيما نموذج الدراسة «خلية فنتر»، علاوة على الجانب الديني وأهميته في هذا الطرح.

Abstract:

The current research sheds light on the issue of "synthetic biology ethics", which is an ethics that is in no way separate from important ethical topics, such as "ethics of science", "applied ethics", "ethics of Artificial Life" and "ethics of genetic engineering". and "bioethics". However, the importance of "synthetic biology ethics" stems from the fact that all of the above is related to the developments of our current era, the era of technical interference in all areas of life, especially medical and biological sciences. In a related context, research in the field of "artificial life" and its applications complement biological research by exploring New paths in the quest to understand life by simulating the latter artificially in order to reach applications aimed at benefiting humanity. The “Synthetic Venter Cell” was an example of this, as it represented a quantum leap in the field of “synthetic biology” and “artificial life” research, with its implications. The possibility of installing the “first artificial cell” and the ensuing hopes in several areas such as organ transplantation, vaccines, etc., and concerns, at the same time, about the possibility of developing research in this field in a broader and perhaps more dangerous manner, which necessitated talk of “synthetic biology ethics.” And its principles and the extent of adherence to it in such research, especially the "Venter Cell" study model, in addition to the religious aspect and its importance in this proposition.

تمهيـــد:

السمة الرئيسة في عصرنا الحالي هي التداخل التقني في جميع مجالات الحياة، بيد أن هذا التدخل عندما شمل علم الأحياء قد أثار العديد من الهواجس وهي الحالة التي وصفها "فرانسيس فوكوياما" Francis Fukuyama (١٩٥٢م-)[*]، في كتابه «مستقبلنا بعد البشري: عواقب ثورة التقنية في الحيوية»، عبر ربطه بين الولع بالتقنية وتداعيات ثورة الأخيرة في مجال البيولوجيا على الأخلاق والمجتمع والطبيعة البشرية، الدافع الأساس لنص "فرانسيس فوكوياما" هنا هو "أن أي تغيير في الطبيعة البشرية، يدفعنا نحو «مرحلة ما بعد البشري من التاريخ»، وبالتبعية سوف يغير ذلك من قيمنا بشكل

---

[*] فيلسوف وعالم اقتصاد سياسي.

حتمي، وبشكل لا رجوع عنه، ذلك أن الوجود اللاحق مستمد من السابق". وهكذا يعتقد "فرانسيس فوكوياما" إن الدفع باتجاه تقنيات علم الأحياء سوف يؤدي إلى انزواء أخلاقياتنا، مثلما تضعف وتتكسر الطبيعة البشرية المشتركة، التي تربط المجتمعات والأفراد مَعًا"[١].

في سياق متصل، تعد «البيولوجيا التخليقية» Synthetic biology مثالاً مباشرة على فكرة التداخل التقني في علم البيولوجيا، حيث تعرف بوصفها العلم الساعي إلى تصميم وبناء بيولوجيا جديدة عبر الاستفادة من التطورات التقنية الهائلة، ولا سيما في مجال «التقنية الحيوية» Biotechnology[٢].

ويستتبع الحديث عن «البيولوجيا التخليقية» الحديث عن «الحياة الاصطناعية» Artificial Life، حيث تعتبر الأخيرة أحد الجوانب التطبيقية لـ«البيولوجيا» بشكل عام، و«التخليقية»، منها، بشكل خاص، ذلك أن البحث البيولوجي هو في أساسه تحليلي، أي يقوم على محاولة تحليل الظواهر غير الواضحة والمستعصية الفهم إلى مكوناتها الأساسية بهدف أدارك ماهيتها. وهو ما تروم إليه تطبيقات «الحياة الاصطناعية» عبر إعادة بناء الظواهر البيولوجية من وحداتها الأولية عبر تداخلات تقنية. وهو ما يعني أن «الحياة الاصطناعية» تكمل البحث البيولوجي خلال سبر أغوار جديدة نحو فهم أسرار «الحياة»[٣].

وتعد، «خلية فينتر الاصطناعية»، مثالا على ذلك، حيث تقوم تقنيات «البيولوجيا التخليقية» بتثبيت ونقل «أحماض نووية تركيبية بسيطة» في الخلايا التي تم التخلص من أحماضها تلك عن طريق الانقسام الخلوي، ثم اختبار مقدرة تلك «الأحماض الاصطناعية» علي العمل في هذه الخلايا، ودفعها لإنتاج خلايا اصطناعية جديدة، تتوافق من حيث الخصائص مع المعلومات الوراثية في الحمض المركب معملياً. حيث تم إنتاج «سينثيا» Synthia[*]، وهو الاسم الذي أطلقه "جون كريج فينتر" John Craig Venter

---

[١] فرانسيس فوكوياما، مستقبلنا بعد البشري: عواقب ثورة التقنية الحيوية، ترجمة إيهاب عبد الرحيم محمد، دراسات مترجمة، العدد ٢٣، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة، طـ ١، ٢٠٠٦م، صـ ١٨، . وأنظر أيضا:
ستيفن بنكو، الأخلاق والتكنولوجيا ومجتمعات ما بعد الإنسانية، ترجمة حسين عبد الغني إبراهيم، مقال في مجلة: الثقافة العالمية، العدد ٢٠٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير – فبراير ٢٠٢٢م، صـ ١٥٩.

[2] Kathryn L. Garner, Principles of synthetic biology: Review Article, Essays in Biochemistry, Portland Press, Oregon, Usa, 2021, P 1. And See Also:
Maria Belén Paredes & Maria Eugenia Sulen, An overview of synthetic biology, revistabionatura, Volumen 5, Número 1, 2020, P 1088.

[3] Moshe Sipper, An Intro duction To, Explorations in Artificial Life (special issue of AI Expert), September, 1995. P. 2.

[*] أنظر في ذلك:
https://en.wikipedia.org/wiki/Mycoplasma_laboratorium
(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)

(١٩٤٦م-)[**] علي خليته الجديدة المخلقة Synthetic Cell، والتي اشتهرت في الأوساط العلمية والإعلامية باسم «خلية فينتر»، وفيها استخدم «الحمض النووي» الخاص بأحد أنواع البكتريا البسيطة المتواجدة بحيوان الماعز (وإن كان سابقاً قد قام باستخدام نوع آخر قريب من ذلك الحمض يوجد في الجهاز التناسلي). وعليه، تم استخدام «حمض نووي» قريب من «نصف الحمض النووي الجديد»، وهو الأكبر على الإطلاق الذي تم تصنيعه في المختبر، ثم القيام بعملية تجميع أجزاءه في خميرة، وبعد الحصول عليه كاملا، تم حقنه في خلايا البكتريا المضيفة.

فإذا كان "نيل ارمسترونج" Neil Armstrong (١٩٣٠-٢٠١٢م) قد وصف وضع قدمه اليسرى على سطح القمر في العام ١٩٦٩م قائلاً: "خطوة صغيرة لإنسان، وثبة عملاقة للبشرية". فهل يمكن أن نقول الأمر نفسه على «خلية فنتر الاصطناعية»، بحيث تكون الأخيرة وثبة عملاقة للبشرية في المستقبل نحو التطور في مجالات عدة مثل: «زراعة الأعضاء» و«الأطراف الاصطناعية».

ولا يغيبن عن البال، ما تحمله تلك المسألة في طياتها من أبعاد عدة، لا تعني «خلية فينتر»، أو «الحياة الاصطناعية»، أو حتى مجال «البيولوجيا التخليقية»، كل منهم على حِدَة، وإنما تعني جميع ما سبق، لا سيما خلال التطورات المتلاحقة في هذا المجال، وما تستدعيه تساؤلات وهواجس بداية من الجانب الأخلاقي، ومرورا بالجانب الإنساني والعلمي وما لهذه العملية من فؤاد وإخطار، وانتهاء بالجانب الديني.

علاوة على ما سبق، الجانب السياسي له حضور مؤثر في هذا المجال، من أجل تنظيمه، وهو ما ذهب إليه "فرانسيس فوكوياما" معتبراً أن التهديد الذي يشكله مستقبلنا في ما بعد الإنسانية، والذي يلوح في الأفق، هو (تسييس النقاش). ذلك إن علماء ورجال الدين ليسوا معدين وظيفياً. وليس لديهم المقدرة على تحديد كيفية تطوير هذه التقنيات واستخدامها وآثارها. وبما أن التقنية الحيوية في وقتنا الحالي تهدد بتقويض فهم الطبيعة البشرية، التي هي تعد بمثابة الركن الرئيس في «الديمقراطية الليبرالية»، فإن الأخيرة

[**] أمريكي الجنسية؛ وهو كيميائي حيوي وعالم وراثة، كما أنه يعد رائداً للتقنيات الحديثة في أبحاث علم الجينات. وقد صنفته «مجلة تايم» الأمريكية من بين الأشخاص المائة الأكثر تأثيرا في العالم خلال الفترة (٢٠٠٧-٢٠٠٨م) حيث استطاع تحديد التسلسل الوراثي لـ«بكتيريا الأنفلونزا المستديمة» Haemophilus Influenzae، وهي البكتيريا المسئولة عن الالتهاب السحائي عند البشر وآلام الأذن، وكان هذا الإنجاز الأول من نوعه، فقد قام بتحليل التسلسل الكامل للحمض النووي الخاص بكائن حي. كما قام بتأسيس معهد «جون كريج فينتر للبيولوجيا التخليقية» (JCVI)، وقام مع زملائه في المعهد بإنتاج أول «خلية اصطناعية تخليقية» كاملة الطول مطابقة لخلية «بكتيريا مايكوبلازما التناسلية» Mycoplasma genitalium، الموجودة في الطبيعة، وبعد مرور سنتين على هذا الإنجاز قام مع زملائه بإنتاج نسخة تخليقية من الخلية الخاص ببكتيريا أخرى مسماة «مايكوبلازما ميكويديز» Mycoplasma mycoides. أنظر في ذلك:
https://www.ibelieveinsci.com/جون-كريج-فنتر-السيرة-الذاتية-وأشهر-أقو/
(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)

ينبغي أن تستجيب، عبر إقرار القوانين، وإنشاء المعاهد السياسية لتنظيم عملية التداخل التقني في المجال البيولوجي[٤].

ولا يغيبن عن البال أن أزمة فيروس كورونا (كوفيد-١٩) الأخيرة، والتي مازلنا نعيش تبعاتها حتى الآن، قد ألقت هي الأخرى الضوء على أهمية الحديث عن «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» لا سيما في ظل الإشاعات المروجة حول إمكانية تخليق بكتريا أو فيروسات اصطناعية مخبريا، قادرة على أن تشكل تهديداً مباشراً لكافة الكائنات الحية ضمن إطار ما بات يعرف بـ«الحروب البيولوجية»، وعلى الرغم من أن هذه الإشاعات لم ترق إلى حيز التأكيد، إلا أنها فتحت المجال نحو الحديث عن «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» وأهمية إيجاد أطر ناظمة لمثل تلك البحوث تجنباً لأي أضرار قد تحدث في المستقبل.

وهكذا، يتناول البحث الحالي الرؤية الفلسفية لـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» في ظل تطبيقات «الحياة الاصطناعية» خلال نموذج «خلية فينتر». ويمكن تحديد تلك الرؤية خلال الإجابة على التساؤل التالي: ما «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» في ظل المستحدثات في مجال علم الأحياء المرتبطة بتطبيقات «الحياة الاصطناعية» خلال نموذجها «خلية فينتر»؟. وعليه، تتحدد أهمية البحث الحالي في كونه محاولة للإجابة عن التساؤلات الفلسفية التالية:

١- ما «البيولوجيا التخليقية»؟

٢- ما «الحياة الاصطناعية»؟

٣- ما المقصود بـ«خلية فينتر»؟

٤- ما المقصود بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»؟، وما الأسس التي قامت عليها؟، وما مبادئها؟

٥- هل ألتزم «جون كريج فينتر» وفريقه بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»؟

٦- ما موقف الدين من «البيولوجيا التخليقية»؟

من هذا المُنطلق، وللإجابة على هذه التساؤلات، كان اختيار الباحث للبحث الحالي بعنوان «**أخلاقيات البيولوجيا التخليقية في ظل تطبيقات الحياة الاصطناعية: خلية فينتر نموذجا**»، حيث يفتقر الباحثون والدارسون بالفعل إلى بحث مُتخصص في هذا المجال. خصوصا لندرة الدراسات العربية حول هذا الموضوع. وكونه في الوقت ذاته من الموضوعات الحيوية المرتبطة بحياتنا المعاصرة.

مع ملاحظة، أن الباحث قد ركز على مضمون البحث الحالي، وعلى نموذج الدراسة، بقدر الإمكان، للبعد عن التشعب في الطرح وللتركيز على المضامين المتمثلة في البحث.

ونظراً لطبيعة الموضوع وأبعاده المُختلفة، فقد آثر الباحث مُعالجته باستخدام «**المنهج التحليلي**»، مع استخدام «**المنهج النقدي المُقارن**»، بجانب استخدام «**المنهج التاريخي**» لتأصيل فكرة أو أُخرى.

---

[٤] ستيفن بنكو، مرجع سابق، صـ ١٥٩.

وعليه، ينقسم البحث الحالي إلى تمهيد وأربعة مباحث وخاتمة مذيلة بقائمة المصادر والمراجع التي أعتمد عليها الباحث:

١- التعريف بـ«البيولوجيا التخليقية».

٢- التعريف بـ«الحياة الاصطناعية».

٣- التعريف بـ«خلية فينتر».

٤- بيان أسس ومبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية».

٥- إيضاح مدى إلتزام "جون كريج فينتر" وفريقه بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية».

٦- بيان موقف الدين من «البيولوجيا التخليقية».

ثم خاتمة البحث، والمصادر والمراجع التي تم الاعتماد عليها.

١: البيولوجيا التخليقية Synthetic Biology[*]:

تقوم «البيولوجيا» Biology[**] على النظر في الكائنات الحية من حيث: تركيبها، ونشوءها، وشكلها، وتكوينها، وتوارث السمات فيها، وتطورها، وتاريخ حياتها، والوظائف العضوية فيها، وانتشارها في الحاضر والأزمنة السابقة، علاوة على علاقتها ببيئتها التي تعيش فيها، وعلاقتها بعضها البعض، وغير ذلك من طرق البحث المتباينة والمتعددة[٥].

والجدير بالإشارة، في هذا المجال، إن مفهوم «بيولوجيا» – بوصفه مصطلحاً لعلوم الحياة – قد ظهر في العام ١٨٠٠م، خلال مؤلفات عالم البيولوجيا الفرنسي "جان باتيست لامارك" Jean Baptiste Lamarck (١٧٤٤-١٨٢٠م)، وعالم الفسيولوجيا الألماني "كارل فريدريش بورداخ" Karl Friedrich Burdach (١٧٧٦-١٨٤٧م)، ولكن لم يكن ثمة في بداية الأمر مجال أبحاث حقيقي يستحق هذا

---

[*] لكلمة Synthetic عدة مرادفات عربية، حيث تترجم: تخليقي، تركيبي، تأليفي، اصطناعي. وهي جميعها تعني المعنى نفسه. بيدا أن كلمة تخليقي من رأي الباحث هي الأقرب إلى الصواب، بالإضافة إلى أن غالبية التناول العربي في هذا المجال يميل أكثر إلى كلمة «تخليقي» (بيولوجيا تخليقية)، ولتوحيد المصطلحات تم الاعتماد في البحث الحالي على كلمة «تخليقي». من أمثلة الدراسات التي اعتمدت المصطلح نفسه، أنظر في ذلك:

مجدي سعيد (تحرير)، البيولوجيا التخليقية: الطريقة المثلى لبناء خَلِيَّة: يحدِّثنا خبراء عن أكبر العقبات التي تعترض طريق البيولوجيا التخليقية من المصطلحات إلى ثغرات المعرفة وكيف يمكن التغلب عليها، مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، العدد ٢٢، السنة الثانية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م، صـ صـ ٤١-٤٣.

[**] «بيوس» Bios كلمة إغريقية ترادف «الحياة» Life، و«لوجوس» Logos كلمة إغريقية أيضاً وترادف «علم» Science أو «معرفة» أو «دراسة». أنظر في ذلك:

حسين السعدي وحسين داوود، أساسيات علم الأحياء، دار اليازوري، بغداد، العراق، ٢٠٠٥م، صـ ٤.

[٥] حسين السعدي وحسين داوود، مرجع سابق، صـ ٤.

المصطلح. غير أن ظهور هذا الأخير كان دالاً على بداية الاهتمام بالكائنات الحية على نحو أكبر من ذلك الاهتمام الذي كان محصوراً في نطاق الدراسات الوصفية والتصنيفية[٦].

ولا يغيبن عن البال، أن «علم بيولوجيا التكوين»، على الرغم من أنه يعود إلى ما قبل الميلاد بحوالي ألف عام، عندما فطن قدماء المصريين إلى عملية تكون الأجنة في الثديات داخل الرحم، والفروج داخل البيضة. بيد أن ذلك غدا ذو قيمة قليلة بعد أن كتب "أرسطو" Aristoteles (٣٨٤ ق.م–٣٢٢ ق.م) أعماله في علم الأجنة المقارن والوصفي، تلك الأعمال التي تحدث فيها عن تشريح الأعضاء التناسلية وبيان وظائفها، وطبيعة الأنوثة والذكورة في الحيوانات، وظاهرتي الولادة والإباضة، وأشكال التزاوج لدى مختلف الحيوانات، وكيفية تكون المني وسماته، وعديدا من الموضوعات الخاصة بعمليتي التكوين والتكاثر، حتى يمكن القول بأنه – بأعماله هذه – قد وضع اللبنة الأولى لـ«علم بيولوجيا التناسل»[٧].

في سياق متصل، تمتد أصول «البيولوجيا التخليقية» إلى فهمنا لـ«بيولوجيا التكوين»، هذا من جانب، وإلى «أسطورة الكائن – الآلة»، أو ما يمكن أن نطلق عليه الآليات التفسيرية للحياة، من جانب آخر. وهو تفسير بيولوجي مستقى خلال تجربتنا مع الآلة، وبأسلوب التحليل السببي، أنه عندما تتسبب بعض الأمور في حدوث أمور أخرى، فَتَقَصِّينَا لمجموعة من الأجزاء – واحدا بعد الآخر – يمكننا من تنظيم معرفة عامة بالكل المتكامل. وقد ظهر لنا أن الديمومة المتواصلة من «الآليات» التفسيرية تبرر ذلك، بجانب الدعم بمزيد من الوعود نحو حياة أفضل للإنسان، وبسيل منهمر من المنجزات التقنية المبهرة في جميع البيانات وتعديل الكائنات الحية[٨].

من هذه الزاوية، تُعرف «البيولوجيا التخليقية» – كما سبق القول – بأنها ذلك العلم الرامي إلى تصميم وبناء بيولوجيا جديدة خلال الاستفادة من التطورات التقنية الهائلة، وبخاصة في مجال «التقنية الحيوية»، وذلك عبر عمل جماعي ومشترك من عدة تخصصات، مثل: علماء البيولوجيا، والكيميائيين، والفيزيائيين، والمهندسين، وعلماء الحاسوب[٩]. كما يطلق عليها في بعض الأحيان؛ «هندسة البيولوجيا» Engineering of Biology، حيث يتم استخدام النظريات الهندسية وتطبيقات الحاسب الآلي في «علم

---

[٦] أرنست ماير، هذا هو علم البيولوجيا: دراسة في علم الحياة والأحياء، ترجمة عفيفي محمود عفيفي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٢٧٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير ٢٠٠٢م، صـ ١٢٥.

[٧] أرنست ماير، مرجع سابق، صـ ١٧١.

[٨] ستيفن إل تالبوت، أسطورة الكائن – الآلة: من الآليات الوراثية إلى الكائنات الحية، مقال في كتاب: تفسيرات وراثية: المعقول واللامعقول، تحرير شيلدون كريمسكي وجيرمي غروبر، ترجمة د. ليلى الموسوي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٤٣٢، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير ٢٠١٦م، صـ ٧٧.

[9] Kathryn L. Garner, Op. Cit., P. 1. And See Also:
Maria Belén Paredes & Maria Eugenia Sulen, Op. Cit., P. 1088.

البيولوجيا» من أجل تطويره وتحقيق أقصى استفادة مُمكنة[١٠]. وهو ما يعني أن المُحرك الرئيس لهذا العلم هو «الحاسب الآلي» الذي يتم الاعتماد عليه لبناء الأطر والنماذج وتوقع العمليات والتفاعلات بين وداخل النظم البيولوجية[١١].

وهنا، تثار إشكالية، حيث لا يستطيع الباحثون، والمستهلكون، وفقهاء القانون، والنُّقَّاد، الاتفاق على ما إذا كانت «البيولوجيا التخليقية» فرعًا مستجداً من فروع الهندسة، أم أنها عبارة عن امتداد لـ«التقنية الحيوية». ويدور الآن الجدل نفسه حول ما إذا كان عالِم «البيولوجيا التخليقية» الأمريكي "جون كرايج فينتر" قد قام بتخليق «حياة صناعية» عبر «البيولوجيا التخليقية»، أم أن هذا المصطلح ليس سوى اسم آخر لـ«الهندسة الوراثية». حيث تزيد عملية عدم الوضوح في الرؤية تلك من تعقيدات المداولات بين العلماء، وتعيق رجال القانون والسياسة، بجانب عرقلتها للجهود الساعية إلى إيجاد التمويل المناسب لأبحاث «البيولوجيا التخليقية»، علاوة على كونها معطلة لمسألة ووضع قواعد محددة وناظمة قد تساهم في ترسيخ الثقة لدى الجمهور[١٢].

والحقيقة، أنه على الرغم من أن جميع تلك التساؤلات ما زالت مطروحة على مائدة العلماء والمشرعين والسياسيين حيث لا توجد ثمة إجابة محددة ومتفق عليها لها، بيد أننا نستطيع الخروج من ذلك المأزق بوصف «البيولوجيا التخليقية»، في كثير من الأحيان، بأنها ذلك المجال الذي يتعاون فيه المهندسون مع علماء الأحياء من أجل بناء دوائر جينية؛ بهدف تحقيق وظائف نافعة[١٣].

فقد بدا لنا أن مجال «البيولوجيا التخليقية» يستفيد على نحو واسع من الفهم العميق لآليات عمل النظم الحيوية. فتلك الأساليب قد وفرت بالفعل نظرة أكثر عمق لطريقة سير العمليات المنظمة في الخلية بسبب كثرة التعبير الوراثي. كما تقوم «البيولوجيا التخليقية» بإثراء علم الأحياء، عبر مساعدته في بيان كيفية قيام منتج حمض نووي ما في أنْ ينشِّط أو يثبِّط آلية التعبير الخاصة به، وبالتالي يسمح للخلايا بالتنقل عبر حالات مستقرة، ولا يزال ثمة الكثير يمكن اكتشافه في هذا المجال[١٤].

ولا يغيبن البال، أن ما منح بحوث «البيولوجيا التخليقية» الزخم المتواتر حاليا، بالإضافة إلى كثير من الأطروحات، هو هوس عالم الأحياء بالآليات على كافة الأصناف – «آليات الإشارة»، و«الآليات

---

(10) Luis Serrano, Synthetic biology: promises and challenges, Molecular Systems Biology, Volume 3, Issue 1, EMBO and Nature Publishing Group, January 2007, P. 1.

(11) Maria Belén Paredes & Maria Eugenia Sulen, Op. Cit., P 1088.

(١٢) ماري ماكسون، الاتفاق على تعريف، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، مرجع سابق، صـ ٤٢.

(١٣) جيمس جيه. كولنز، فل يتدخل علماء الأحياء، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، مرجع سابق، صـ ٤١.

(١٤) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

التنظيمية»، و«الآليات الوراثية»، وبل حتى «الآليات الجزئية للدونة». إن بحثا لعبارة من قبيل: «الآليات الوراثية» قد أنتج قرابة ٢٢٦٠٠ موقع على الباحث العلمي لـ«موقع جوجل» Google Scholar ويبدو أن العدد يرتفع في كل شهر بالمئات. وكذلك في تحليل لبعض المواد التقنية التي جمعت حول موضوع «علم التخلق» Epigenetics، وجد في المتوسط ٧,٥ استخدام لكلمة «آلية» في المقالة المفردة، ويتباين العدد في المقالة الواحدة من ١ إلى ٣٢. علاوة على تزايد هذا الرقم عند إدراج مشتقات الجذر نفسه من قبيل «آلة» و«ميكانيكي» (كما هو الحال في «الآلة الجزئية»)[١٥][*].

مع ملاحظة، أن مصطلح «البيولوجيا التخليقية» كان مرتبطًا دائمًا مع تصميم النظم البيولوجية في ثمانينيات القرن المنصرم. إلى تم استخدامه لأول مرة في وصف البكتيريا التي تمت هندستها وراثيا باستخدام الحمض النووي وذلك في أوائل العقد الأول من القرن الحالي[١٦].

من هذا المنطلق، يمكن القول بأن الهدف الرئيس من «البيولوجيا التخليقية» هو إنشاء وتصميم وإعادة تصميم الأنظمة البيولوجية من أجل فهم العمليات البيولوجية وتحقيق الفائدة المثلى منها عبر إيجاد وظائف متطورة وبديلة لتحسين رفاهية الإنسان[١٧]. بالإضافة إلى ذلك، تسعى «البيولوجيا التخليقية»، – بحسب تعريف «اللجنة الرئاسية الأمريكية لدراسة القضايا الأخلاقية» – لإنشاء أنظمة كيميائية حيوية جديدة، أو كائنات حية جديدة، أو خصائص محسنة للكائنات الحية[١٨].

والجدير بالإشارة، أنه، في الوقت الحالي، يُعَدّ التحدي الأبرز أمام «البيولوجيا التخليقية» هو كيفية توسعها نحو ما هو أبعد من الدراسات التي تهدف إلى كائنات، أو منتجات، أو عمليات منفردة. وما يحصل في الوقت الحالي هو أن تطبيقاتها قد باتت تمتد نحو العمل على «هندسة بكتيرية» والتي تبدأ من

---

[١٥] ستيفن إل تالبوت، مرجع سابق، صـ ٨٣.

[*] بل وصل الأمر إلى السعي إلى دمج «الإنسان» و«الآلة» وهو ما يطلق عليه «الكائن البشري الآلي» Cyborgs، خلال ما يعبر عنه بـ«علم المخلوقات الآلية»، فقد حقق الأخير نجاحات جد كبيرة يمكن أن نوضح منطلقاتها، مثل، «سلاحف الدكتور والتر»، وهي في الحقيقة آليات تتصرف كأنها مخلوقات مكيفة سيكلوجيا، لقد كانت هذه السلاحف بمثابة أنواع مبتكرة من «سلالة نامية» Precoce من «المخلوق الآلي» Robot تمتد من «المدرك» الذي بإمكانه أن يتعلم، إلى أحدث ما أبتكر في مجاله وهو «الجوال» القادر على اكتشاف سطح ما، وأن «يختزن» في ذاكرته «صورة» لمعالمه ولتضاريسه، بل وأن يدلف على الأقل في عمليات معينة قريبة في بعض حدودها من التأمل والخيال. أنظر في ذلك:

سعيد محمد الحفار، البيولوجيا ومصير الإنسان، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٣٨، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، نوفمبر ١٩٨٤م، صـ صـ ١٧٠–١٧١.

[16] Maria Belén Paredes & Maria Eugenia Sulen, Op. Cit., P. 1088.

[17] Ibid., P. 1088.

[18] Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies, , Washington, D.C., U.S.A., December 2010, P. 36.

بناء «الجلوكوز»، وتنتهي بتحويله إلى «مواد كيميائية دقيقة»، أو «وقود حيوي»، مثل «أرتميسينين»، أو «فانيلين». وقد تساعدنا رؤية أكثر رحابة على بناء اقتصاد بيئي (أكثر نظافة وخُضرةً)، تنتج فيه كائنات أكثر مجموعة أكبر من المواد الكيميائية[١٩].

وهكذا، تُعَدّ صناعة الكيماويات في مجال «البيولوجيا التخليقية» أعجوبة في الكفاءة، إذ تقوم على الاستفادة من المواد الخام – مثل النفط – وتحوّلها إلى منتجات عدة، مثل المنتجات الدوائية، والبلاستيك. يحدث ذلك بشكل غير كلي، لأن المواد الأوّلية يمكنها التفاعل عبر عدة تفاعلات على نطاق واسع، وقد تَمّ العمل على تحسين العمليات المشتركة والمحفزات بها على مدى عقود؛ لتغدو على النحو الأفضل[٢٠].

علاوة على ما سبق، يمكن لـ«البيولوجيا التخليقية» أن تفتح المجال لتطوير عدة مجالات بحيث لا تكون قاصرة على مجال الكائنات الحية والخلايا والأحماض النووية وما إلى ذلك فقط، وإنما تمتد إلى مجالات مثل: «الوقود»، و«الغذاء»، و«الأدوية»، و«المنتجات الاستهلاكية»، و«المواد الكيمائية». مثلا، ثمة أبحاث تدور الآن في مجال «البيولوجيا التخليقية» حول الاستخدام واسع النطاق لمصادر «الكربون»، من «سيلولوز الخشب» إلى الفحم. هذا «السحر الحيوي التخليقي» باستطاعته أن يعيد تصميم عديد من العناصر الأساسية للحياة؛ لنستفيد من الوفرة في مصادر المركبات الوسيطة التي كانت في السابق قليلة ونادرة، مثل المركب الأوّليّ لـ«النيلون أديبيت»، الداخل في تركيب المضادات الحيوية[٢١].

كما أن «الهندسة الأيضية» غدت هي الأخرى قادرة بالفعل على إتمام عمليات تركيب تستخدم «الجلوكوز» أو أي مصدر كربوني معروف، بوصفه مصدراً أولياً، لكن الاستزراع المشترك للكائنات المعدلة تركيبيًّا سيجعل من تلك العمليات ذات كفاءة أكبر. وقد تسمح أيضًا تلك المقدرة على هندسة كائنات بناء ضوئي باستخدام الضوء بوصفه مصدراً رئيساً للطاقة، وثاني أكسيد الكربون بوصفه مصدراً رئيساً للكربون[٢٢].

بالإضافة إلى ما سبق، ثمة أبحاث تمت مؤخراً، أثناء «جائحة كورونا»، حول أداة تساعد في اكتشاف أجسام مضادة بجودة دوائية لمجابهة فيروس «كوفيد – ١٩» المستجد. ويتمثل عمل هذه الأداة عبر أخذ عينة من دم شخص متعافٍ من الفيروس، ثم القيم بعملية فصل للخلايا المناعية، ووضعها في «أقلام»

---

[١٩] آندي إلينجتون، سحرة حَيَوِيُّون: أصدقاء للبيئة، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، مرجع سابق، صـ ٤٢.

[٢٠] المرجع نفسه، الموضع نفسه.

[٢١] المرجع نفسه، صـ صـ ٤٢-٤٣.

[٢٢] المرجع نفسه، الموضع نفسه.

منفصلة خاصة بآلة للاحتضان المعملي. تُسمى بـ«الأقلام النانوية»، بها ملاقط بصرية. بعد ذلك، يتم احتضان هذه الخلايا لدفعها لإنتاج الأجسام المضادة[٢٣].

الخطوة التالية، يُذهب إلى اختبار هذه الأجسام المضادة وفحصها لبيان ما إذا كانت لها مقدرة على «التحييد»، أي القضاء على فيروس «كورونا» أو تجميده. وإذا نجحت، يمكن العودة إلى تلك الخلية المحددة التي قامت بإنتاج الجسم المضاد الصحيح الذي قضى على الفيروس، والانتقال إلى سلسلة الحمض النووي الخاص بتلك الخلية المناعية[٢٤].

في الخطوة التالية، يمكن إرسال هذه السلسة من رمز الحمض النووي إلى شركة «تويست بيوساينس» Twist Bioscience Corp في "سان فرانسيسكو" بـ"الولايات المتحدة الامريكية"، حيث يعمل باحثوها على تركيب الحمض النووي الحقيقي ويرسلونه من جديد. ويمكن وضع هذا الحمض النووي في خلية أخرى تُستخدم لصناعة عدد كبير من الأجسام المضادة. والآن، أصبح بالإمكان تخمير تلك الأجسام المضادة لـ«كوفيد – ١٩» عبر جهاز للتخمير، مثلما يحدث تماماً في عملية إعداد النبيذ أو البيرة[٢٥].

وهكذا، يمكن بيان الفارق بين «البيولوجيا التخليقية» و«الهندسة الوراثية» حتى لا يكون ثمة لبس بينهما، فالأخيرة تعرف بكونها العلم الذي يستخدم التقنية للتعامل مع المواد الوراثية للكائنات الحية، سواء أكان ذلك بهدف تحليلها أم تعديلها، ويستفاد منها في مجالات عدة، مثل: التحليل الجنائي (لعينات من مسرح الجريمة)، ونزاعات الأبوة، والتشخيص الطبي، والتعديل الوراثي للنباتات والحيوانات[٢٦]. وهي مجالات جد مختلفة عن مجالات «البيولوجيا التخليقية» السابق ذكرها، التي تعتمد على عملية بناء مسارات غير طبيعية سيكون من الصعوبة بمكان تحقيقها خلال «الهندسة الوراثية»، ذلك أن تلك الدوائر والمسارات ينظر إليها بوصفها نُهجاً جديداً مختلفاً عن «الهندسة الوراثية»[٢٧].

---

[٢٣] جريدة الشرق الأوسط السعودية، «البيولوجيا الصناعية»... آفاق ومخاطر: تطوير تركيبة خلايا مناعية من المتعافين من «كوفيد . ١٩» لحماية الأصحاء من الفيروس، العدد رقم: [١٥١٦١]، الاثنين – ٩ شوال ١٤٤١ هـ – ٠١ يونيو ٢٠٢٠ م.. أنظر في ذلك الرابط التالي:

https://aawsat.com/home/article/2311476/%C2%AB%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D9%88%D9%84%D9%88%D8%AC%D9%8A%D8%A7%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A%D8%A9%C2%BB%D8%A2%D9%81%D8%A7%D9%82%D9%88%D9%85%D8%AE%D8%A7%D8%B7%D8%B1

(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)

[٢٤] المرجع نفسه، الموضع نفسه.

[٢٥] المرجع نفسه، الموضع نفسه.

[26] Desmond S. T. Nicholl, An Introduction to Genetic Engineering: Third Edition, Cambridge University Press, New York, U.S.A, 2008, PP. 3-4.

[٢٧] الاتفاقية المتعلقة بالتنوع البيولوجي، الهيئة الفرعية للمشورة العلمية والتقنية والتكنولوجية، الاجتماع الثامن عشر، الأمم المتحدة، مونتريال، كندا، ٢٣–٢٨ يونيو/حزيران ٢٠١٤م، صـ صـ ٢–٣.

ولا يغيبن عن البال، أن الفلسفة لم تكن ببعيدة عن هذا المجال، فالفلسفة في الأصل هي أم العلوم، و"أرسطو" سبق وكتب في «البيولوجيا» كما سبق ذكره، وحتى وإن كانت العلوم قد استقلت عن ميدان البحث الفلسفي إلا أنها ظلت في حاجة ماسة إلى الأخير، وتعد «البيولوجيا» مثالاً حياً على ذلك، ذلك أن بحثها الرئيس يتمحور حول فهم «ماهية الحياة»، وما إذا كان للأشياء معنى أو غرض يتجاوز العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تتشكل خلالها؟. ولا تستطيع «البيولوجيا» وحدها الإجابة عن تلك التساؤلات، ولا سيما عندما تتعلق بما يمكن تسميته «القلق الإنساني العميق» Deep Human Concern حول مسألة التدخل في الظواهر البيولوجية(٢٨).

من هذه الزاوية، ظهرت «فلسفة البيولوجيا» Philosophy of Biology والتي تهتم بطرح التساؤلات الأخلاقية حول قضايا التدخل التقني في مجال البيولوجيا خلال ما يمكن أن نطلق عليها «أخلاقيات البيولوجيا» biological ethics والتي تمتد نحو مسائل عدة من بينها حماية البيئة، والبحث في التكييفات اللاواعية أو الكامنة في الهياكل الاجتماعية والمؤسسات والسلوك البشري(٢٩).

والخلاصة؛ أن «البيولوجيا التخليقية» هي ذلك المجال الذي يتم فيه الاستفادة من علوم الهندسة والحوسبة بجانب المواد الكيميائية لتصميم وهندسة كائنات حية تعمل على إنتاج عقاقير طبية أو وقود حيوي، وما إلى ذلك. بالإضافة إلى تطلعها نحو بناء نظم وتركيب خلايا تكون لها فائدة جد كبيرة في مجالات مثل: الصحة، وموارد الطاقة المستدامة، علاوة على كونها تحاول أن تتسع خارج مجال الكائنات والخلايا الحية نحو تطوير مجالات الغذاء ومصادر الطاقة وغيرها من الأمور التي تهدف إلى تحقيق حياة أفضل للإنسان، مما يعني أنها تعتبر بمثابة علم من علوم المستقبل الواعدة. وهو ما جعلها في الوقت ذاته مادة خصبة لمجال الدراسات الفلسفية والأخلاقية.

٢: الحياة الاصطناعية Artificial Life:

تعد «الحياة الاصطناعية» علم متعددة التخصصات يهدف في المقام الأول إلى فهم الحياة كما هي (الحياة - كما نعلمها) على الأرض، والحياة كما يمكن أن تكون، أي الحياة الممكنة، خلال جمع ظواهر شبيهة بالحياة اعتماداً على معادلات فيزيائية، ومواد كيميائية، بالإضافة إلى استخدام الأجهزة الإلكترونية، والبرمجيات(٣٠).

وهكذا، تكرس «الحياة الاصطناعية» جهودها لفهم الحياة خلال محاولة تجريد الديناميكية الأساسية للمبادئ الكامنة وراء الظواهر البيولوجية، وإعادة إنشاء هذه الديناميكيات في وسائط مادية أخرى، مثل

(28) Alex Rosenberg & Daniel W. McShea, Philosophy of Biology: A Contemporary Introduction, Routledge, New York, U.S.A, 2008, PP. 1-2.

(29) Ibid., P. 224.

(30) Maciej Komosinski, Artificial Life and Nature-Inspired Algorithms, Lecture script, 2023, P. 4. http://www.cs.put.poznan.pl/mkomosinski/lectures/MK_ArtLife.pdf

أجهزة الحاسوب، مما يعيد صياغة عديد من المفاهيم الفنية والطبيعية، وطمس الحدود التقليدية بين التخصصات، وتقديم رؤى جديدة حول أصل ومبادئ الحياة[٣١].

والجدير بالإشارة، أن أول تصميم لنموذج «حياة اصطناعية» ينسب إلى عالم الحاسوب والرياضيات الأمريكي "فون نيومان" Von Neumann (١٩٠٣-١٩٥٧م)، الذي قام بأول «استنساخ خلوي آلي» Automata من أجل فهم الخصائص الأساسية للأنظمة الحية، وبشكل خاص خاصية «التكاثر الذاتي» Self-Reproduction و«تطور التكيف»[٣٢].

وعليه، تعد «الحياة الاصطناعية» أحد الجوانب التطبيقية لـ«البيولوجيا» بشكل عام، ولا سيما «التخليقية» منها، بشكل خاص، كما سبق القول، ذلك أن البحث البيولوجي هو في الأساس «تحليلي»، أي محاولة تحليل الظواهر المعقدة إلى مكوناتها الأساسية. وهو ما تحاول تطبيقات «الحياة الاصطناعية» الاستفادة منه عن طريق بناء الظواهر من وحداتها الأولية خلال الاعتماد على وسائط مادية، مثل أجهزة «الحاسوب»[٣٣].

من هذا المنطلق، تتركز أهداف «الحياة الاصطناعية» في زيادة فهمنا للطبيعة خلال دراسة الظواهر البيولوجية الموجودة. والعمل على تعزيز رؤيتنا للنماذج الحيوية القابلة للتطبيق والمحاكاة (وهذا يتطلب دراسة معقدة للأنظمة الحيوية) من أجل تحسين أدائها. بجانب تطوير البرمجيات الخاصة بها (مثل البرمجة الوراثية Genetic Programming)[٣٤].

أما بالنسبة للعلاقة بين «الحياة الاصطناعية» و«الذكاء الاصطناعي» ثمة اتجاهان: الأول يسير في رواق التداخل الشديد بينهما، فقد كتب رائد علم «الذكاء الاصطناعي» "آلان تورينج" Alan Turing (١٩١٢-١٩٥٤م) في إحدى رسائله: "إن أقصى غايتي هي التوصل إلى إنتاج نماذج لعمل الدماغ أكثر من التطبيقات العملية للحوسبة". وفي منتصف العام ١٩٤٧م تقدم "آلان تورينج" إلى مديره في المختبر "تشالز داروين"[*] بطلب إجازة لمدة عامل كامل، ووافق بالفعل عليها، ووصف مديره أسباب "آلان تورينج" بأنه: "يريد التفرغ لكي يوسع عمله على الآلة ناحية الجانب البيولوجي على نحو أوسع. ذلك أنه قد خطط

(31) Ibid, P. 4.

(32) Mark A. Bedau, Artificial life: organization, adaptation and complexity from the bottom up, TRENDS in Cognitive Sciences Vol. 7, No. 11, November 2003, P. 505.

(33) Moshe Sipper, Op. Cit., P. 2.

(34) Maciej Komosinski, Op. Cit., P.4.

(*) حفيد "تشارلز داروين" Charles Darwin (١٨٠٩-١٨٨٢م).

لعمل آلي يعادل عمل الأجزاء السفلية من الدماغ، ويريد أن يرى مقدار ما يمكن أن تفعله الآلة بما يعادل الأجزاء العليا، على سبيل المثال، هل يمكن صنع آلة تتعلم من التجارب؟"[٣٥].

والآخر، يرى أن ثمة فارقاً كبيراً وواضحاً بين «الحياة الاصطناعية» و«الذكاء الاصطناعي»، حيث إن الأخير عبارة عن «خوارزميات» تساعد في تسهيل كثير من جوانب الحياة مثل: قراءة المقالات، وعمليات الائتمان، والكثير من الأمور الأخرى. وبسبب سرعتها وكفاءتها، تتخذ تلك «الخوارزميات» القرارات وتنفذ الإجراءات بدلاً من الإنسان في هذه المجالات وكثير غيرها. وعلى الرغم من هذه الإنجازات، ثمة مخاوف ملحة يثيرها «الذكاء الاصطناعي» بشأن «المكننة» و«الأتمتة» للوظائف على نحو متسارع، ولا سيما المعرفية، مثل الصحافة والطب[٣٦].

والحقيقة، أنه إذا كانت البعض يرى أن «الذكاء الاصطناعي» يسعى نحو منح الآلات المقدرة على التفكير، إلا أن الباحثين في هذا المجال يخبروننا بأن سعيهم الأساس منصب نحو تطوير أداء أنظمتهم في المهام العملية بدلاً من السعي باتجاه تقليد البشر[٣٧].

ويسير الباحث مع الرأي الثاني، ذلك أن مجال «الذكاء الاصطناعي» وإن كان يسعى نحو محاكاة عمل الأدمغة البشرية، إلا أنه يستهدف مجالاً محدداً وواضحاً بشكل كبير من مسماه، وهو كيفية قيام الآلات بعمليات تشبه عمل الدماغ البشري مثل استخلاص البيانات، والعمليات المصرفية، والمتاجر الإليكترونية وما إلى ذلك.

٣: خلية فينتر Venter Cell:

مر التفسير البيولوجي لـ«الخلية» بعدة مراحل، حيث تم رصدها لأول مرة بواسطة فيلسوف الطبيعة الإنجليزي "روبرت هوك" Robert Hooke (١٦٣٥-١٧٠٣م) وذلك عبر استخدام مجهر مبكر، ونُشر ذلك، في العام ١٦٦٥م، عبر كتابه «الفحص المجري» "Micrographia". وفي العام ١٦٧٦م، اكتشف الهولندي "أنطوني فان ليفينهوك" van Leeuwenhoek (١٦٣٢-١٧٢٣م) «البكتيريا»، وأشار إليها باسم «الحيوانات الصغيرة» wee animalcules. والملاحظ أنه في الـ ١٥٠ عامًا التالية لهما، تم تأكيد تلك النتائج، لكنها أصبحت أكثر سهولة بفضل شيوع استخدام المجهر المكبر على نطاق واسع[٣٨].

---

[٣٥] سيباستيان سنداي غريف، أول فيلسوف يطرحها: فكرة الذكاء الاصطناعي، ترجمة أحمد إسماعيل عبد الكريم، مقال في مجلة: الثقافة العالمية، العدد ٢١٢، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، نوفمبر – ديسمبر ٢٠٢٢م، صـ ٣٨.

[٣٦] أوشونديه أوشوبا ووليام ويلسر، ذكاء اصطناعي بملامح بشرية: مخاطر التحيز والأخطاء في الذكاء الاصطناعي، مؤسسة راند RAND، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٧م، صـ ١.

[٣٧] سيباستيان سنداي غريف، مرجع سابق، صـ ٤١.

[38] Kathryn L. Garner, Op. Cit, P 4.

بيد أن التطور الأبرز، في هذا المجال، كان في العام ١٨٣٩م، حينما ذهب عالمي الأحياء الألمانيين "جاكوب شلايدن" Jakob Schleiden (١٨٠٤-١٨٨١م) و"ثيودور شوان" Theodor Schwann (١٨١٠-١٨٨٢م) إلى أن جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا حية. وأصبح مفهوما من ذلك الوقت أن الخلية هي التركيب البيولوجي الأساسي للحياة. ولكن من أين تأتي الخلايا؟ كان الاعتقاد السائد في علم الأحياء في ذلك الوقت هو نظرية «الجيل التلقائي» spontaneous generation. حيث يُعتقد أن الحياة يمكن أن تنشأ بشكل عفوي من مادة غير حية – مثل ذباب الفاكهة من الموز، أو الديدان من اللحوم المتعفنة[٣٩].

بعد ذلك، بدأ بعض العلماء يفكرون بطريقة مختلفة، في العام ١٨٥٥م، تحدث عالم الأحياء البولندي "رودولف فيرخوف" Rudolf Virchow (١٨٢١-١٩٠٢م) عما اسماه «القانون الحيوي» Biogenic Law والقائل بأن جميع الخلايا الحية تنشأ من الخلايا الموجودة مُسبقًا. وهنا تحددت «نظرية الخلية» the Cell Theory، والتي لا تزال مقبولة بشكل كبير وعلى نطاق واسع حتى وقتنا الحالي، وتنص على:

(١) جميع الكائنات الحية تتكون من خلية واحدة أو أكثر.

(٢) الخلية هي البنية البيولوجية الأساسية للحياة.

(٣) تنشأ الخلايا من خلايا موجودة مسبقًا.

وهكذا، بعد وضوح «نظرية الخلية» أدرك الباحثون في مجال «البيولوجيا» كيفية نشوء الخلايا الجديدة، وأن الأخيرة تتكون خلال الخلايا القديمة أو الموجودة مسبقاً كما سبق القول، وقد بدا أن احد أشكال هذا التكاثر تكون عبر التضاعف، بمعنى أن كل خلية قديمة تنقسم لتعطى خليتين جديدتين[٤٠].

وفي العام ٢٠٠٥م، بدأ الحديث حول الخلايا يتخذ منحى آخر، تواكبا مع ما سبق الحديث عنه من تطور في فهم الخلية وبنية الكائنات الحية، بجانب الاعتماد على المنجزات في مجالي «البيولوجيا التخليقية» و«الحياة الاصطناعية»، فظهر لنا الحديث حول "جون كريج فينتر" و«خليته الاصطناعية» أو ما يطلق عليها «خلية فينتر» أو «خلية فينتر الاصطناعية» وهي خلية تعتمد على «علم المادة الوراثية التخليقي» (الجينوم التخليقي) Synthetic genomics، والذي يهتم ببناء الفيروسات والبكتيريا والخلايا ذات «المادة الوراثية المخلقة» عبر عمليتين أساسيتين: الأولى، تخليق «مادة وراثية كاملة» أو

(39) Ibid., P. 4.

(٤٠) حسين السعدي وحسين داوود، مرجع سابق، صـ ١٥٧.

«صبغيات» (كروموسومات). والأخرى، تشغيل تلك التخليقات الخاصة لتخليق فيروسات أو خلايا حية[٤١](*).

وقد خلصت عملية إعداد «المادة الوراثية التخليقية» الأولى إلى تخليق عدد من الفيروسات. مما أدى بدوره إلى طفرة كبيرة في المادة الوراثية المضادة لها، وهو ما ساعد على نحو واسع في ظهور تحسينات هائلة على عمليات تركيب وتصنيع «اللقاحات» Vaccine. كما أدت البكتيريا المُخلقة – ذات المادة الوراثية المخلقة – إلى تكوين بكتيريا قليلة الخلايا عبر سلالات معاد ترميزها قادرة على دمج العديد من «الأحماض الأمينية» في البروتينات، مما أدى بدوره أيضاً إلى مزيد من التقدم في هذا المجال عبر تخليق بكتيريا ذات مادة وراثية مخلقة. وتلوح في الأفق تطورات مثيرة في مجال الأحماض النووية سوف تتيح فرص واعدة وغير تقليدية في مجالات: الطب، والأدوية، والزراعة، والصناعة، والبحث العلمي[٤٢].

بمعنى آخر؛ توصل "جون كريج فينتر" وفريقه، إلى تركيب مادة وراثية عبر خلايا بكتيرية (ميكوبلازما ميكويدات Mycoplasma mycoides)، وكانت البداية عبر إنشاء سجلات لهيكلها عبر الحاسب الآلي، ثم بناء نسخة طبق الأصل من «المادة الوراثية» الخاصة بها باستخدام عناصر غير حية مجمعة مخبرياً. وبمجرد اكتمالها، تمت زراعتها في الخلية البكتيرية التي تم مسبقاً إزالة الحمض النووي الخاص بها. حيث كانت البكتيريا المنتجة، والمسماة «سينثيا» Synthia، قادرة على تكرار نفسها بشكل دائم؛ لذلك، كانت بحكم التعريف خلية حية: «على قيد الحياة، وقابليتها للحياة مستمرة»[٤٣].

من هذه الزاوية، يمكن القول، بأن أبحاث "جون كريج فينتر" في هذا المجال تتقاطع مع تطبيقات «الحياة الاصطناعية»، المعتمدة على «البيولوجيا التخليقية»، ذلك أن أحد الأهداف الرئيسة لـ«الحياة الاصطناعية» هو بناء نماذج للحياة، ومن المنطقي أن تكون المساعي الأولى في هذه الأهداف هي بناء أبسط أشكال الحياة الممكنة. حيث تُفهم الحياة على أنها نمط منظم ومتكاثر ذاتي يبني نفسه بطريقة بسيطة وقادرة على التطور[٤٤].

---

(41) J. Craig Venter et al., Synthetic chromosomes, genomes, viruses, and cells, Cell, Vol. 185, Published by Elsevier Inc., July 21, 2022, P. 2708.

(*) المادة الوراثية ليست نوعا من البروتين تدخل بذاتها كوحدة بناء في تكوين مادة الخلية، وإنما هي أشبه «بعقدة» من شريط «الحمض النووي» (دنا/DNA). ويوجد منها الآلاف على كل «صبغي»، ومن مجموع المواد الوراثية في نواة الخلية يتكون «النمط الوراثي» (الجينوتيب Genotybe). أنظر في ذلك:
أرنست ماير، مرجع سابق، صـ صـ ١٨٧–١٨٨.

(42) J. Craig Venter el al., Synthetic chromosomes, genomes, viruses, and cells, Op. Cit, P. 2708.

(43) Matti Hāyry, Synthetic Biology and Ethics: Past, Present, and Future, Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics, Vol 26, Cambridge University Press 2017, P. 196.

(44) Mark A. Bedau et al., Open Problems in Artificial Life, Artificial Life, Vol. 6, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, U.S.A., P. 365.

في الإطار عينه، سعى "جون كريج فينتر" لاكتشاف «كامل المادة الوراثية للجنس البشري»، بحيث تكون جامعة لغالبية الأعراق البشرية (إثنوجرافية)، على سبيل المثال، شملت عملية فك رموز المخزون الوراثي أناساً من عدة أصول مثل: أمريكي من أصل أفريقي، صيني، أسباني، قوقازي، ... إلخ(٤٥). وهو ما جعل أبحاثه تتحابك في هذا المجال – بجانب أهميتها السابق ذكرها – مع ما يمكن أن نسميه «الخيال العلمي» Science Fiction، أو «الافتراض التخميني» Speculative Assumption، حول إمكانية ضبط تسلسل الحمض النووي ورقمنته، ثم نقله للفضاء، وتحديدا لكوكب المريخ، عبر استخدام الحمض النووي لتخزين ونقل المعلومات الوراثية، في محاولة لإيجاد شكل للحياة على كوكب المريخ مثيل للأرض(٤٦).

يتحدث "جون كريج فينتر" عن تلك العملية قائلاً: "ركزت في البداية على جزيئات البروتين التي تتوسط استجاباتنا للأدرينالين، ثم باستخدام «علم البيولوجيا الجزيئية» Molecular Biology تمكنت من الوصول إلى الأدوات التي من شأنها أن تمكنني من أن أقرأ «رمز الحمض النووي» DNA Code الذي يحدد بنية جزيئات البروتين التي كنت أبحث عنها. وبهذه الطريقة، تم إرشادي في النهاية، عبر مفاهيم علم الأحياء، إلى الرموز الوراثية التي تستخدمها الخلايا لتوجيه طريقة البروتينات المصنوعة(٤٧).

ويتابع قائلا: "قد أعطتني اللمحة الأولى عن قانون الحياة الرغبة في رؤية المزيد. أردت أن أنظر إلى الصورة الأكبر: المجموعة الكاملة من المواد الوراثية داخل الكائن الحي، ما نسميه «كامل المادة الوراثية» (الجينوم Genome). وبعد ما يقرب من عقد من العمل تطورت تقنيات جديدة قادتني إلى فك رمز أول مادة وراثية كاملة لنوع حي، وبلغ بي التحدي إلى أقصى حد، أي للوصول إلى تسلسل كامل للمادة الوراثية للبشر. ويا له من تحد كبير إذا نظرنا إليه في سياق كون المرء أول شخص في التاريخ قادر على التحديق بمفرده في كامل التراث الوراثي للبشرية"(٤٨).

من هذا المنطلق، يمكن القول بأن "جون كريج فنتر" كان له السبق في تخليق «أول خلية بكتيرية اصطناعية ذات تكاثر ذاتي» The First Self-Replicating Synthetic Bacterial Cell، وهو ما ذهبت إليه «اللجنة الرئاسية الأمريكية لدراسة القضايا الأخلاقية»(٤٩). وقد كان هذا الرأي الأخير استناداً

(45) J. Craig Venter et al., The Sequence of the Human Genome, Science, Vol. 291, 2001, P. 1306.

(46) Nediljko Budisa, Life at the Speed of Light. From the Double Helix to the Dawn of Digital Life By J. Craig Venter, Angewandte Chemie, 53, September 2014, P. 2.

(47) J. Craig Venter, A life Decoded: My Genome: My Life, Penguin Group, New York, U.S.A., 2007, P 3.

(48) Ibid., P. 3.

(49) Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, Op. Cit, P. 42.

على الفكرة السابق طرحها حيث إن البكتيريا الاصطناعية، والمسماة «سينثيا»، كان لها مقدرة على تكرار نفسها بشكل دائم، أي التكاثر الذاتي، لذلك، كانت بحكم التعريف البيولوجي للخلية: خلية حية[٥٠].

والحقيقة، أننا لا نستطيع غض الطرف عن إنجاز "جون كريج فينتر" وفريقه البحثي في هذا المجال، وربما تكون تلك المسألة بداية لتطورات مفيدة للبشرية في مجال زراعة الأعضاء والأطراف الاصطناعية. بيد أنها في الوقت ذاته، تطرح تساؤلات عدة، فهل تلك الخلية الاصطناعية، بالإضافة إلى السعي لامتلاك «خارطة كاملة للمخزون الوراثي البشري»، يعني أنه سيكون بالإمكان – نظريا – تكوين كائنات أو أعضاء بشرية اصطناعية غير مُستنسخه. أو التلاعب في الصفات الوراثية حسب الأمزجة الشخصية؟. كذلك، ثمة تساؤلات أخرى ملحة حول مدى الالتزام بقواعد «السلامة البيولوجية» في مثل هذه الأبحاث، فقد يتسرب أحد الفيروسات المخلقة خارج المختبرات[*]، سواء أكان ذلك عمداً أم بغير قصد، أو قد تمتد يد الإرهاب البيولوجي نحوها وتسعى لاستخدامها في قتل وترويع الآمنين حول العالم. مما يعني طرح العديد من التساؤلات الأخلاقية والدينية معاً. في الإطار ذاته نتساءل، خلال البحث الحالي، حول مدى التزام "جون كريج فينتر" وفريقه بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» خلال أبحاثهم؟ لا سيما في مجال الخلايا الاصطناعية. لذا كان من الأهمية بمكان بيان «الأسس» و«المبادئ» الخاصة بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية».

٤: أخلاقيات البيولوجيا التخليقية:

٤-١: الأسس:

بداية، يمكن القول، إن «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» تنبع من عدة أسس وأصول، بداية من قسم "أبقراط" Hippocratic (ولد: حوالي ٤٦٠ ق م – توفي: حوالي ٣٧٠ ق م) والذي نص في جزء منه:

---

(50) Matti Hāyry, Op. Cit., P. 196.

(*) المثال على ذلك ما أحاط «فيروس كورونا» من شكوك حول تخليقه مخبرياً، ومن أمثلة الأنباء المتواترة حول هذه الشكوك:

- بعد تغيّر بروتينه الرئيسي.. شكوك "شبه مؤكدة" حول تخليق كورونا مختبرياً.
https://www.alarabiya.net/coronavirus/2022/06/13/%D8%A8%D8%B9%D8%AF-%D8%AA%D8%BA%D9%8A%D9%91%D8%B1-%D8%A8%D8%B1%D9%88%D8%AA%D9%8A%D9%86%D9%87-%D8%A7%D9%84%D8%B1%D8%A6%D9%8A%D8%B3%D9%8A-%D8%B4%D9%83%D9%88%D9%83-%D8%AD%D9%88%D9%84-%D8%AA%D8%AE%D9%84%D9%8A%D9%82-%D9%83%D9%88%D8%B1%D9%88%D9%86%D8%A7-%D9%85%D8%AE%D8%AA%D8%A8%D8%B1%D9%8A%D8%A7%D9%8B

- علماء أستراليون "يُخلّقون" فيروس كورونا في المعمل:
https://www.bbc.com/arabic/science-and-tech-51298735
(تاريخ الولوج : ٦ ديسمبر ٢٠٢٢م)

"أما الأشياء التي تضر بهم وتدني منهم بالجور عليهم فأمنع منها بحسب رأيي"[٥١]. وهو تأكيد لمسألة عدم الإضرار بالإنسان (المريض) بأي شكل من الأشكال. وهو الأمر الذي تطور على يد الطبيب الإنجليزي "توماس بيرسيفال" Thomas Percival (١٧٤٠-١٨٠٤م) الذي وضع «أسس أخلاقيات الطب» the foundation of Medical Ethics خلال حديثه عن «البُعد الاجتماعي» social dimension للصحة العامة، وما يجب على أصحاب المهن الطبية أتباعه تجاه المريض بغض النظر عن أي وضع اجتماعي له[٥٢]. ولعل هذه المنطلقات كان مؤسسة، فيما بعد، لـ«قوانين الصحة العامة» في العالم أجمع لا سيما «قانون الصحة العامة الأمريكي» the Public Health Service Act، وقرارات «الرابطة الطبية العالمية» World Medical Association، وبخاصة «إعلان هلسنكي» Declaration of Helsinki[*]، من أجل الالتزام بكافة التوصيات الخاصة بإجراء التجارب على البشر[٥٣].

في سياق متصل، تتحابك «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» مع عدة محاور أخلاقية، ننظر إليها بوصفها، في الوقت ذاته، أسساً لها، أولها؛ «**أخلاقيات العلم**»، فقد تزايد وعي العلماء والجمهور والسياسيين بأهمية الأخلاق في البحث العلمي، وثمة عدد من التوجهات التي تساهم في هذا الاهتمام المتزايد، من قبيل، نقل وسائل الإعلام لمتابعات عن القضايا الأخلاقية في العلوم، مثل التجارب السرية غير المعلنة على البشر التي قامت بها "حكومة الولايات المتحدة الأمريكية" إبان فترة الحرب الباردة، ومشروع المادة الوراثية البشرية، والهندسة الوراثية، والدراسات حول وجود أصول وراثية للذكاء، بجانب عمليات استنساخ الأجنة الحيوانية والبشرية، والهواجس بشأن الاحتباس الحراري[٥٤].

---

[٥١] جورج شحاته قنواتي، تاريخ الصيدلة والعقاقير: في العهد القديم والعصر الوسيط، أوراق شرقية للطباعة والنشر والتوزيع، ط٢، بيروت، لبنان، ١٩٩٦م، صـ ٨٨.

[52] Sara Patuzzo, Thomas Percival: Discussing the foundation of Medical Ethics, Acta Biomed, Vol. 89, 2018, P. 343.

[*] مجموعة من المبادئ الأخلاقية حول التجارب على البشر، طُورت من قبل الرابطة الطبية العالمية. وهي تعد بمثابة الوثيقة الرئيسة في مجال «أخلاقيات البحث على البشر». كما أنها تعتبر أول محاولة من جانب المجتمع الطبي العالمي لتنظيم البحوث في هذا المجال، علاوة على كونها تشكل الأساس لمعظم الوثائق اللاحقة. تم الإعلان عنها في شهر يونيو من العام ١٩٦٤م في العاصمة الفنلندية هلسنكي، ومنها أخذت اسمها، وخضع منذ ذلك الحين لسبع مراجعات، أحدثها في الجمعية العامة في أكتوبر ٢٠١٣م. أنظر في ذلك:
https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D8%B9%D9%84%D8%A7%D9%86_%D9%87%D9%84%D8%B3%D9%86%D9%83%D9%8A
(تاريخ الولوج : ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

[53] J. Craig Venter, et al., The Sequence of the Human Genome, Op. Cit., P. 1306.

[٥٤] ديفيد بـ. رزنيك، أخلاقيات العلم: مدخل، ترجمة عبد النور عبد المنعم، مراجعة يمنى طريف الخولي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٣١٦، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يونيو ٢٠٠٥م، صـ ١٣.

وتشمل «أخلاقيات العلم»، أمور عدة، حيث تتراوح معايير السلوك الأخلاقي في العلوم، من «صدق وأمانة»، و«حذر ويقظة» لتقليل الأخطاء في البحث، بجانب «الانفتاح» بهدف تطوير المعرفة، و«الحرية» في أن القول أو التحقق في أي مشكلة أو فرضية، و«التقدير» و«عدم الانتحال»، كذلك «المسئولية المجتمعية» وما يستتبعها من تجنب الأضرار بالمجتمع، أي أن العلماء مسئولون عن نتائج أبحاثهم وأن يبلغوا عامة الناس بأية عواقب ومحاذير لهذه الأبحاث. و«الشرعية» ذلك أنه يجب عند إجراء أية بحوث، أن يقوم العلماء بـ«إطاعة القوانين» الخاصة بمجال عملهم. بجانب «الاحترام المتبادل» بحيث يتعامل العلماء مع زملائهم بتقدير واحترام متبادل. وصولاً إلى «احترام الذات» حتى لا ينتهك العلماء كرامة وحقوق الإنسان عند إجراء التجارب عليه، وغيرها من المعايير الأخلاقية المهمة[٥٥].

والمحور الثاني، من هذه الأسس، «**الأخلاقيات التطبيقية**» Applied Ethics، وهي فرع من الفلسفة يهدف إلى استخدام طرق التفكير الفلسفي والنظريات الأخلاقية في معالجة القضايا العملية المهمة، وذلك خلال تخطي المخاوف والمحاذير التي تطرحها الأخلاق النظرية، خلال تقديم تفسير منظم للأحكام الأخلاقية، وعن طريق تجاوز المحاذير التي تطرحها «ما وراء الأخلاق» Meta – Ethics[*] حول طبيعية الصيغ أو العبارات الأخلاقية[٥٦].

ودخل مصطلح «الأخلاق التطبيقية» مجال الاستخدام في أوائل السبعينيات من القرن المنصرم، بوصفه مرادفاً لـ«الأخلاق العملية» Practical Ethics عندما بدأ الفلاسفة والأكاديميون الآخرون في معالجة المسائل الأخلاقية الملحة في المجتمع والبحث في «الأخلاقيات المهنية» Professional Ethics، وبخاصة أخلاقيات الطب والأعمال[٥٧].

ويعني هذا، أن «الأخلاق التطبيقية» أخذت مادة بحثها الرئيسة من المشكلات التي نجابهها في حياتنا اليومية، ومن أهم تلك المشكلات التي نسعى نحو تقديم حلول لها مشكلات من قبيل: الحروب، والإجهاض، والقتل الرحيم، وأحكام الإعدام، والتلوث البيئي، والمجاعات، والفقر، والتلقيح الاصطناعي،

---

[٥٥] المرجع نفسه، صـ صـ ٨٥-١٠٥.

[*] مجال جديد في الأخلاق أسسه مجموعة من الفلاسفة التحليليين. وقد آمنوا بأن مهمتهم يجب أن تنحصر في دراسة الأحكام الأخلاقية بشكل لغوي وتصنيفها؛ لكي يتم استبعاد كل الأحكام الأخلاقية التي لا تتطابق عباراتها مع الواقع. أنظر في ذلك:

مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، الأسس المعرفية للأخلاق البيولوجية ومبادئها: المنفعة العامة أساس الأخلاق البيولوجية، مقال في مجلة: عام الفكر، العدد ١٨٠، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، أكتوبر – ديسمبر ٢٠١٩م، صـ ٢٠٣.

[٥٦] مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ ٢٠٣.

[57] Tom L. Beauchamp, The Nature of Applied Ethics, In: A Companion to Applied Ethics, Edited by: R. G. Frey & Christopher Heath Wellman, Blackwell Publishing, New Jersey, U.S.A., 2003, P. 1.

والاستنساخ،..إلخ؛ فـ«الأخلاق التطبيقية» تمثل مجموعة من القواعد الأخلاقية العملية النوعية التي تسعى إلى تنظيم الممارسة داخل مختلف ميادين العلم والتقنية. ومن ثم فهي تشمل مجموعة واسعة النطاق من مجالات الحياة العامة والخاصة على حد سواء، ومنها على سبيل المثال لا الحصر: الأخلاق الطبية أو الأخلاق البيولوجية، وأخلاقيات الأعمال التجارية، والأخلاق البيئية، وأخلاقيات الرياضة، وأخلاقيات السياسة العامة[٥٨].

وفيما يخص «الأخلاق البيولوجية»، نجد «الأخلاق التطبيقية»، على سبيل المثال، تهتم بالبحث في نتائج الهندسة الوراثية، فقد خططت الأخيرة لمفهوم أخذ المصير وتحويل الذات والتصرف في مآلاتها، ومن ثم أجبرت العلم على الخضوع القسري للمقاربتين الأنطولوجية والاكسيولوجية، لتثير تساؤلاً جوهرياً حول مسار القيم الإنسانية داخل التشكلات النمطية للمفاهيم البشرية في الثقافة العلمية الما بعد حداثية[٥٩].

كما تربط «الأخلاق التطبيقية» بين «الممارسات الطبية» من جانب، و«النزاهة المهنية» The professional integrity من جانب آخر، وما يستتبعهما من تناول لمفاهيم من قبيل: حقوق المرضى، واحترام القانون، و«عدم الإساءة للبشر» abuses of human subjects[٦٠].

أما المحور الثالث، من هذه الأسس، فهو ما يمكن أن نطلق عليها «**أخلاقيات الحياة الاصطناعية**»، ذلك أن الأبحاث في مجال «الحياة الاصطناعية» تثير ثلة من المحاور الأخلاقية المهمة والجدية، والتي يمكن تقسيمها إلى أربع فئات عريضة[٦١]:

١- احترام قدسية المحيط الحيوي The Sanctity of the Biosphere:

بمثال بسيط، نحن جميعا نرى حجم الفوضى التي تسببها فيروسات الحاسب الآلي في الأنظمة الإليكترونية، فماذا لو تخيلنا كمْ سيكون ذلك أسوأ في أنظمة الحياة الاصطناعية التي تتطور بشكل تلقائي؟. ماذا سوف يحدث لو تم تطوير فيروسات اصطناعية تهدد حياة البشر والكائنات الحية؟. بجانب الهواجس التقليدية حول إمكانية تغيير «المحيط الحيوي» Biosphere، بشكل لا رجعة فيه. مما يفرض قيوداً أخلاقية على هذا المجال حول «الأمان الحيوي» وأهمية أن توجه مثل تلك البحوث نحو ما هو نافع للبشرية.

---

[٥٨] مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ صـ ٢٠٣-٢٠٤.

[٥٩] نورة بوحناش، البيواتيقا انفجار أخلاقي داخل العلم، مقال في كتاب: الأخلاقيات التطبيقية: جدل القيم والسياقات داخل العلم، تحرير خديجة زنتلي، كلمة للنشر والتوزيع، أريانه، تونس، ٢٠١٥م، صـ ٣١.

[60] Tom L. Beauchamp, Op. Cit., PP. 4-5.

[61] Mark A. Bedau et al., Open Problems in Artificial Life, Op. Cit., P. 374-375.

٢- احترام قدسية حياة الإنسان The Sanctity of Human Life:

حيث تؤثر تطبيقات «الحياة الاصطناعية" على فهمنا لأمور عدة، مثل، الحياة والموت، مما سيكون له عواقب وخيمة اجتماعيا على الممارسات الثقافية، لا سيما في مجال الدين. وهو ما يجب أن تضعه الأبحاث في ذلك المجال محل اعتبار فلا تنتهك قدسية حياة الإنسان.

٣- المعالجة المسئولة لـ«أشكال الحياة المتولدة حديثًا» The Responsible Treatment of Newly Generated Life Forms:

حيث تظهر إشكالية كيفية النظر والتعامل مع أشكال الحياة المتولدة حديثا، ذلك أن ثمة اتفاقيات ومعاهدات ولوائح تحكم معاملة البشر مع بعضهم البعض، وكذلك حقوق الحيوان والبيئة، ولكن لا يوجد ما يقنن المعاملة الخاصة بـ«أشكال الحياة المتولدة حديثا». وهو ما يتطلب إيجاد نوع من المعالجة المسئولة لها حتى لا تتحول إلى أداة للأضرار أو أن يتم استخدامها بشكل غير مسئول.

٤-تجنب مخاطر استغلال الحياة الاصطناعية the risks of exploitation of artificial life:

حيث ستؤدي الاستخدامات العملية لمنتجات أبحاث الحياة الاصطناعية إلى أحداث تغيرات عدة، على سبيل المثال، من السهل تخيل الاستخدامات العسكرية والتجارية لـ«عمليات التحكم التكيفي التلقائي» automatic adaptive control. بيد أن هذه الاستخدامات قد توجد تضاربًا في المصالح، وكذلك في المسؤوليات، نحو المصادر التي تمول أبحاث الحياة الاصطناعية والأهداف المرجوة منها.

والخلاصة؛ أن القضايا الأخلاقية المتعلقة بأبحاث «الحياة الاصطناعية» تشبه إلى حد ما تلك المتعلقة بالتجارب على الحيوانات، والهندسة الوراثية، والذكاء الاصطناعي. وما ذكر هو بعض التوجيه نحو استكشاف القضايا الأخلاقية في الحياة الاصطناعية، والبحث فيها، ذلك أن إيجاد أشكال جديدة من الحياة والتفاعل معهم بطرق جديدة سيفرض علينا البحث بشكل متزايد حول ما يمكن تسميتها بـ«أخلاقيات مجهولة» Uncharted Ethical[٦٢].

المحور الرابع، «**أخلاقيات الهندسة الوراثية**»، فقد تمكنت الهندسة الوراثية – حتى وقتنا الحالي – من أن تصل إلى فهم التركيب الوراثي للجنس البشري، وهي تسعى لأن تتحكم في المواد الوراثية عن طريق فك رموزها. وقد استطاعت بالفعل من أن تصل إلى بعض الإنجازات البشرية المهمة مثل إنتاج «الأنسولين»، واكتشاف المواد التي تساعد في القضاء على تلوث البحار بالمواد النفطية، وغيرها من

(62) Mark A. Bedau et al., Open Problems in Artificial Life, Op. Cit., P. 375.

الاكتشافات. ولا يغيبن عن البال أهمية الاستعانة بهذا المجال في فهم طبيعة أمراض مثل السرطان، والكشف المبكر عن الأمراض الوراثية، لذلك كل ما توصلت إليه حتى وقتنا الحالي يخدم الإنسانية[٦٣].

بيد أن «الهندسة الوراثية»، تثير أكثر من منظور أخلاقي، مثلاً[٦٤]:

١- منظور العدالة:

بحيث لا يستفيد من منجزات «الهندسة الوراثية» إلا الطبقة الغنية في المجتمع، بسبب ارتفاع تكلفتها، مما سيؤدي ذلك إلى استقطاب شديد في المجتمع[٦٥]. بل ثمة ما هو أبعد من ذلك، في المستقبل القريب، وهي المخاوف التي عبر عنها "فرانسيس فوكوياما"، خلال حديثه، عن سيناريو من المحتمل أن يتحقق، يقوم فيه الأثرياء بفرز الأجنة بشكل دوري قبل الحقن للحصول على أفضل معيار لأطفالهم. وسنكون قادرين بشكل متزايد على الحكم على الخلفية الاجتماعية لشاب ما بالنظر إلى مستوى ذكائه ومظهره الشخصي؛ وإذا كان الشخص لا يرقى إلى توقعات المجتمع، فسيبدأ في إلقاء اللوم على اختيار والديه الوراثي بدلاً من لوم نفسه[٦٦].

٢- المنظور البيئي:

حيث تتهم «الهندسة الوراثية» بأنها «تقتل التنوع على الأرض» kills the variety on Earth. بجانب ما تحمله المحاصيل والحيوانات المعدلة وراثيًا من خطورة على الكائنات الحية والإنسان والبيئة. وهو ما يحتم عليها مرعاه المنظور البيئي في أبحاثها[٦٧].

فمن الممكن، أن يتم إدخال مادة وراثية جديدة في الصِبْغِيّ الخاص بنبات ما يؤكل مما قد يتسبب في أن يحتوي الغذاء المشتق من هذا النبات على مستويات مرتفعة من السموم، أو مستويات متدنية من المغذيات الضرورية. في الوضع الأول قد لا يكون الغذاء من الأمن تناوله، أو قد يحتاج إلى إعداد خاص للتخلص من السمية المرتفعة أو الحد منها، وكلها أمور من الأهمية بمكان التوعية بها. وفي الوضع الآخر قد يتطلب الطعام وضع نشرات وملصقات توعوية بحيث يعرف جمهور المستهلكين أنهم لا يحصلون على المستويات الطبيعية من المغذيات المنتظرة عادة من استهلاك أغذية مشابهة[٦٨].

---

[٦٣] ناهد البقصمي، الهندسة الوراثية والأخلاق، سلسلة عالم المعرفة، العدد ١٧٤، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يونيو ١٩٩٣م، صـ ٢٠٣.

(64) Jagadish M. & Annervaz, Ethics in Genetic Engineering: Seminar Report Problems in Social Ethics, Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, Mumbai, India, P. 5.

(65) Ibid, P. 5.

[٦٦] فرانسيس فوكوياما، صـ ٢٠.

(67) Jagadish M. & Annervaz, Op. Cit., P. 5.

[٦٨] شيلدون كريمسكي، روايات تتشكل تدريجياً حول التفسير الجيني عبر التخصصات العلمية، مقال في كتاب: تفسيرات وراثية: المعقول واللامعقول، مرجع سابق، صـ ١٩.

٣- المنظور الإنساني:

فقد تتحول «الهندسة الوراثية» إلى مجرد أداة للعبث بالحياة الإنسانية عبر التلاعب ببعض السمات، مثل، لون البشر، وشكل الجسم، مما يقتل السمة المميزة للبشر[٦٩]. بل قد تذهب إلى أبعد من ذلك، حيث يبحث في إمكانية نقل المواد الوراثية البشرية إلى الحيوانات، أو حتى النباتات؛ لأهداف بحثية، ولتصنيع منتجات طبية جديدة؛ كما يتم البحث في إضافة مواد وراثية حيوانية إلى أجنة معينة لزيادة مقدرتها على مقاومة المرض أو تحمله[٧٠]. عبر ما يمكن تسميته بـ«التعديل الوراثي» (التعديل الجيني). وبالتالي، تثير «الهندسة الوراثية» أسئلة أخلاقية، بما في ذلك ما إذا كان «التعديل الوراثي» سوف يؤدي إلى المحافظة على هويتنا العددية؟ أم أن هويتنا ستخضع لتغييرات مركزية تبعدنا عن بشريتنا؟ أو بمعنى آخر هل يشكل «التحسين الوراثي» تهديداً لطبيعتنا الإنسانية؟[٧١]

يحاول "ديفيد ديجرازيا" David DeGrazia (١٩٦٢م-)[*] الإجابة على ذلك، حيث يطلب منا تخيل شخص ما خضع لسلسلة من التعديلات الوراثية بهدف التحسين الوراثي – مثل، حصوله على المناعة المكتسبة ضد فيروس نقص المناعة البشرية، ونمو العضلات، وتحسين الذاكرة، والتعلم، والتحسين المعرفي العام، وتقليل الرغبة في النوم، وإبطاء الشيخوخة – أي غدا محصن ضد الإيدز، ويتعلم بسرعة، وذاكرته أفضل ...إلخ. لكنه يؤكد أن مثل هذا التحسن الوراثي لا يهدد الطبيعية البشرية لأنه لا يحتاج إلى تجاوزها، بسبب أن بعض البشر لديهم بالفعل هذه السمات دون أن يتم تعديلهم وراثياً. فقد نجد أن بعض البشر لديهم مناعة بشكل طبيعي ضد فيروس الإيدز، وبعض الأشخاص يعيشون أطول من غيرهم، وتتباطأ كذلك ظهور علامات الشيخوخة لديهم بالمقارنة بنظرائهم، وهكذا، لا تعتبر هذه التحسينات تهديدا للهوية العددية للبشر أو لطبيعتهم[٧٢].

من هذه الزاوية، يذهب "ديفيد ديجرازيا" لوضع معيارين لما يعد تجاوز للطبيعة البشرية، الأول، أن يؤدي التعديل الوراثي بهدف التحسين إلى تغيير كبير منتج أشخاص مختلفين في النوع عنا. الآخر، أن يتخطي التغيير المراد الحدود والمعايير النموذجية لدى البشر[٧٣].

---

(69) Jagadish M. & Annervaz, Op. Cit., P. 5.

(٧٠) فرانسيس فوكوياما، صـ ٢٠.

(٧١) هناء صبري محمد عبد الناصر، الهوية البشرية وأخلاقيات البيولوجيا في فلسفة ديفيد ديجرازيا، مقال في مجلة: وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية (JWADI)، العدد ٣٠، المجلد ٣٠، كلية الآداب، فرع الخرطوم، جامعة القاهرة، القاهرة، مصر، ٢٠٢١م، صـ صـ ٢٧٦-٢٧٧.

(*) فيلسوف أخلاق أمريكي متخصص في أخلاقيات علم الأحياء وأخلاقيات الحيوانات.

(٧٢) هناء صبري محمد عبد الناصر، مرجع سابق، صـ ٢٧٧.

(٧٣) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

أما المحور الخامس، فهو، «**الأخلاقيات البيولوجية**» Bioethics، والأخيرة كلمة ذات أصل يوناني تتكون من مقطعين: الأول «Bios» بمعنى «الحياة» Life، والآخر «Erthike» بمعنى الأخلاق، ويقصد بها عموماً دراسة المسائل الأخلاقية التي تنشأ أثناء ممارسة التخصصات البيولوجية (تهذيب وضبط سلوك البيولوجي)، بما في ذلك مجالات: الطب، والتمريض، والأدوية، والرعاية الصحية، وعلم البيطرة، وغيرها من مجالات علوم الحياة(٧٤).

ويعود الاستخدام الأول لمصطلح «الأخلاق البيولوجية» إلى العام ١٩٧٠م عندما استخدمه لأول مرة الطبيب والباحث "فان رينسيلام بوتر" Van Rensselaer Poter (١٩١١-٢٠٠١م)(*)، في سياق وصف فكرته حول دراسة العلاقة بين المعرفة البيولوجية والقيم الإنسانية. وقد استخدم "فان رينسيلار بوتر" هذا المصطلح للضغط على المواثيق والقواعد الجديدة الجامعة بين منظومة القيم الإنسانية والمعرفة البيولوجية، بهدف إيجاد رابط بناء بين العلوم من جانب، والدراسات الإنسانية من جانب آخر، بجانب المساعدة في بقاء الإنسان وتحسين ودعم العالم المتحضر(٧٥).

والواقع أن "فان رينسيلام بوتر" بهذا الطرح قد أثار، عبر أفكاره العلمية، مسألة المسئولية المجتمعية للعلم، بجانب ممارسة العلماء، وربما هي صنف من المتابعة الأخلاقية لصيرورة العلم وتوجّهاته العملية والتطبيقيّة. في السياق ذاته، نادى "فان رينسيلام بوتر" بأهمية صياغة علم جديد: «علم البقاء» Science Of Survival، وهو علم يسعى نحو إعادة تأسيس العلاقة بين القيم والعلم، على سبيل المثال، لقد فطن "فان رينسيلام بوتر" إلى أن الهواجس التي تثيرها التقنية، بخصوص التدخل في جسم الإنسان، ترجع إلى الهوة العميقة التي تفصل بين التقنية والعلم، وعليه، كان هدف "فان رينسيلام بوتر" هو إعادة الصلة بين الأخلاق والعلم(٧٦).

---

(٧٤) مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ ٢٠٦.

(*) عالم أمريكي في مجال «الكيمياء الحيوية»، كما عمل أستاذا في علم الأورام في معمل «مكاردل» لأبحاث السرطان في جامعة «ويسكونسن ماديسون» لمدة أكثر من خمسين عاما، وفي العام ١٩٧٠م صاغ مصطلح «الأخلاق البيولوجية» لوصف فلسفة جديدة تهدف إلى دمج البيولوجيا والطب والبيئة والقيم الإنسانية معا. كما قدم في الوقت ذاته لـ«مصطلح الأخلاق البيولوجية العالمية» Global Bioethics، وهو دعوة جديدة تهدف إلى تخطي التخصصات الفرعية ودمجها في التخصصات الجديدة التي تخطو نحو معالجة المشكلات العالمية الكلية. من أهم مؤلفاته: «الأخلاق البيولوجية: جسر إلى المستقبل» في العام ١٩٧١م، وكتاب «الأخلاق البيولوجية العالمية» في العام ١٩٨٨م. أنظر في ذلك:

مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ ٢٠٦.

(٧٥) مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ ٢٠٧.

(٧٦) نورة بوحناش، مرجع سابق، صـ ٢٩.

من هذا المنطلق، حظيت مسألة «الأخلاق في العلوم البيولوجية» على اهتمام المجتمع الدولي، وفي مارس من العام ١٩٩٣م أقرت لجنة حقوق الإنسان التابعة للأمم المتحدة قراراً ضغطت فيه على أهمية إيجاد تعاون دولي يهدف إلى ضمان أن تستفيد الإنسانية أجمعها من علوم الحياة، والحيلولة في الوقت ذاته دون استخدامها لأي غاية أخرى سوى خير الإنسانية. وفي أكتوبر من العام ذاته، شكل المؤتمر العام لليونسكو لجنة دولية للأخلاقيات البيولوجية، هدفها التعامل مع أهم الاهتمامات الأخلاقية المثارة، وغدت هذه اللجنة مسئولة عن بيان القيم المشتركة للبشرية التي تعمل على تحقيق التوازن بين التقدم التقني والعلمي من جانب، وحريات وحقوق الإنسان من جانب آخر(٧٧).

وبالنسبة لـ«مجالات الأخلاق البيولوجية» فيمكن القول بأنها لا تعني فقط «أخلاق الرعاية الصحية»؛ بل تمتد أيضاً إلى: «أخلاقيات البحوث في مجالات علوم الحياة»، و«أخلاقيات البيئة» حيث تهتم بمواضيع مثل: التلوث البيئي، وشكل العلاقات المناسبة بين البشر والحيوانات، كما أنها تهتم بعديد من المسائل الأخلاقية والاجتماعية والسياسية، بما في ذلك التبعات السلبية على صحة الإنسان من البطالة والفقر والعنصرية (على أساس الجنس واللون والدين) والجريمة والنزاعات والتعذيب(٧٨).

وبالتطرق إلى «مبادئ الأخلاق البيولوجية"، بداية، فقد عني المؤتمر البرلماني الدولي الثالث والتسعون المنعقد في مدريد (أسبانيا) في الفترة من ٢٧ مارس إلى أول أبريل من العام ١٩٩٥م بالتأكيد على فكرة احترام مجموعة من القيم الاجتماعية والثقافية والدينية التي تستلزمها احترام كرامة البشر، وتتمثل فيما يلي(٧٩):

- عدم انتهاك حرمة جسم الإنسان وعدم المساس بالإرث الوراثي الخاص بالأجناس البشرية.
- حظر أن يكون الجسد البشري وأي أجزاء منه بما في ذلك المواد الوراثية الإنسانية وتنظيمها مجالاً للتجارة أو خاضعة لحقوق الملكية، وتحريم جني أي أرباح مادية يكون مصدرها الجسد الإنساني أو أي من أجزاءه مع وضع الاستثناءات القانونية في هذا المجال محل الاعتبار.
- عدم بيان هوية المتبرع أو المتبرع إليه في حالات القيام بالتبرع بالأعضاء أو نواتج الجسد الإنساني إلا في حالات الاستثناءات التي تذكرها القوانين الأهلية.
- التعهد بالحصول على موافقة واضحة وحرة ممن يخضعون لتجارب طبية بيولوجية مع ذكر كيفية حماية المجموعات المصابة ولا سيما في الدول النامية وغيرهم من الأشخاص المصابين وبخاصة العاجزين من الأطفال وأيضاً المحرومين من حريتهم والمرضى والحالات الحرجة.

---

(٧٧) أحمد فتحي سرور، أخلاقيات العلوم البيولوجية، مقال في مجلة: المجمع العلمي المصري، المجلد ٧٩، ٢٠٠٣م، القاهرة، مصر، صـ صـ ٨-٩.

(٧٨) مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ ٢١٣.

(٧٩) أحمد فتحي سرور، مرجع سابق، صـ صـ ١١-١٢.

-حظر تسجيل الاكتشافات في مجال المواد الوراثية البشرية.

-حق مشاركة الجميع في جني فوائد التقدم العلمي وتطبيقاته من دون تمييز.

وعليه يمكن تحديد «مبادئ الأخلاق البيولوجية» أو «نهج المبادئ الأربعة» في الآتي[٨٠]:

١- مبدأ الاستقلال الذاتي Principle of Autonomy:

وتعني الالتزام باحترام مختلف صور حق تقرير المصير، وحق امتلاك الإنسان لجسده ونفسه، وهذا يفترض بشكل مسبق أن يكون لدى الإنسان المقدرة على الاختيار بين البدائل، ويرتبط هذا باحترام حريته، وحرية اختياره وتفكيره؛ بما يشمل ذلك من حريته في قبول العلاج الطبي أو رفضه، أو المشاركة في التجارب البحثية.

٢- مبدأ الإحسان Principle of Beneficence:

الإحسان هو القيام بما هو خير للغير محبة وفضلا. ويتحابك مع «الأخلاق البيولوجية» في عدة مسائل، مثل، أن يكون الأطباء محسنين ورحماء نحو مرضاهم؛ وأن يضع الباحث أو الطبيب في اعتباره أهمية الموازنة الإيجابية بين المصالح والمخاطر، وأن يقدم المصلحة على المخاطرة؛ ويمتد الإحسان لجميع أعضاء المجتمع، بالبحث عن العلاج للوقاية من الأمراض واستخدام اللقاحات والتطعيمات التي تهدف إلى خير الجميع. وفي حالة القيام بمشاريع بحثية في مجال معين، فإن على الباحثين وجميع منتسبي المؤسسات البحثية الاعتراف بالفوائد والأخطار التي قد تنشأ عن تطوير المعرفة وتحسين الإجراءات العلاجية والطبية والاجتماعية والنفسية الجديدة.

٣- مبدأ عدم الإيذاء Principle of Non-Maleficence:

وهو ما يعني أننا ينبغي أن نعمل بمبدأ عدم إلحاق الأضرار بالآخرين، أو أن نكون سبباً في إلحاق مكروهاً بهم، وهو ما يعني مجموعة من القواعد الأخلاقية من بينها:

-لا تقتل أو تكون سبباً في قتل أحد.

-لا تتسبب في ألم أو معاناة الآخرين.

-لا تتسبب في إصابة الآخرين بالعجز.

٤- مبدأ العدالة Principle of Justice:

العدالة في الأخلاق هي مبدأ أخلاقي يرتبط بتحقيق «التوازن» Blance الصحيح أو الملائم، والتوزيع المنصف بين الأشخاص والجماعات، ويتقاطع هذا المبدأ مع الأخلاق البيولوجية في عدة أمور، مثل، توفير أجهزة ومستلزمات زراعة الأعضاء، والقضاء على التمييز في المشافي وحدات العناية الفائقة، وحصول من لا تشملهم مظلة التأمين الصحي على الرعاية الصحية المناسبة، ومحاولة احتواء الكلفة العلاجية الكبيرة جراء استخدام التقنيات الحديثة مرتفعة الكلفة في مجال الطب. ويظهر مفهوم العدالة

[٨٠] مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، مرجع سابق، صـ صـ ٢١٤-٢٢٢.

بشكل أكبر – في الممارسة التطبيقية، عندما يتم إجراء الأبحاث على الفقراء الذين يتحملون مخاطرها، في مقابل فوائدها التي في الأغلب ما تعود على المرضى الأثرياء الذين يكون باستطاعتهم دفع ثمن وتكاليف العلاج الباهظ والتقنية المتطورة، وهنا يظهر دور مبدأ العدالة بوصفه وسيلة للحد تعرضهم لمزيد من الضرر(*).

خلال العرض السابق، تم البحث عن الأسس المعرفية لـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، وقد بدا لنا أنها ترجع إلى عدة أصول ومنطلقات، وهي بطبيعة الحال لا يمكن الفصل بينها وبين جميع المحاور السابقة. فالباحث في مجال «البيولوجيا التخليقية» هو في الأساس باحث علمي يجب عليه الالتزام في المقام الأول بـ«أخلاقيات العلم»، وبحكم مجال بحثه المتداخل مع «الأخلاقيات التطبيقية»، و«أخلاقيات الحياة الاصطناعية»، و«أخلاقيات الهندسة الوراثية»، و«أخلاقيات البيولوجيا»، فيجب عليه أيضاً أن تكون جميعها حاضرة في ذهنه، وملتزما بها، وصولاً إلى مبادئ أخلاقيات مجال بحثه الرئيس.

٤-٢: مبادئ البيولوجيا التخليقية:

يقول "جاكوب برونوفسكي" Jacob Bronowski (١٩٠٨-١٩٧٤م)(*): "إن أوسع التغيرات في القرن المنصرم – من ناحية مدى التأثير، هو تغيير نظرتنا إلى الطبيعة، ووضع الإنسان بالنسبة لهذه الأخيرة". وعلى الرغم من أن هذا التغير فيما يتعلق بالطبيعة وعلم الأحياء غير واضح بشكل كبير، فإن تنامي المعرفة في مجال علم الأحياء تسببت باستمرار في حدوث تغييرات في شعور الإنسان بذاته، ليس هذا فحسب، بل إنها تسببت في تكييف هذه الذات بهدف إدارة سلوكه. والاهتمامات التي يطرحها التقدم العلمي في مجال علم الأحياء لا تعد شيئاً غير مألوف بخلاف تلك المرتبطة بالإنجازات أو الأحلام. هندسة علم الأحياء (الهندسة البيولوجية) من ناحية، وما هو متعلق بالقيم الإنسانية من ناحية أخرى(٨١).

(*) أثار افتضاح اللجوء لجماعات الضغط للتحكم في نتائج التجارب على الإنسان كثيراً من الحيرة والارتباك. حيث تبين علاج بعض المرضى بشكل وهمي مقابل إخضاع البعض الآخر لعلاج حقيقي للتأكد من سلامة نتائج التجارب. وهي طريقة تفتقر للأخلاق، إذ تقوم على خداع المرضى. فقد اتضح – على سبيل المثال – أن مئات السود الفقراء المرضى بالزهري في ولاية «آلاباما» الأمريكية ظلوا يحقنون بجرعات وهمية عبر أطباء المستشفيات الحكومية العامة، مقابل علاج غيرهم بالمضادات الحيوية المناسبة، وذلك في إطار تجارب انتهت بوفاة اثنين من أصحاب العلاج الوهمي مقابل واحد من أصحاب العلاج الحقيقي. انتهت تلك الفضيحة بإغلاق البرنامج الفيدرالي لعلاج مرض الزهري من المال العام. أنظر في ذلك:

فانس بكارد، أنهم يصنعون البشر، الجزء الثاني، سلسلة الألف كتاب الثاني، العدد ١٦٩، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، مصر، ١٩٩٥م، صـ ٢٠٤.

(*) فيلسوف وعالم أحياء إنجليزي من أصل بولندي.

(٨١) سعيد محمد الحفار، مرجع سابق، صـ ٧.

فالإنسان يتطور نتيجة للثقافة، ويتطور بيولوجي، ويخطو نحو أن يكون حيوانا عاقلا (بشرياً) خلال تطوير المهارات الثقافية التي تميز الإنسان وتجعله حيوانا يضع خططا، وتعتمد خططه تلك على التحليل المنطقي – المعرفة – وتلك الاستراتيجيات العظيمة التي نطلق عليها القيم، والتي يوجه عبرها سلوكه نحو المشاكل غير القابلة للحل، والتي تنتج بسبب الاختلالات بين الرغبات الشخصية واحتياجات المجتمع. فمن أجل منفعة الإنسانية والمجتمع البشري، وقيمه، التي تتأثر على نحو كبير بالهندسة البشرية. يجب علينا جميعاً رفع مستوى الوعي العام بالحاجة الملحة إلى التطبيق المسئول والهادف للعلم البيولوجي(٨٢).

في الإطار عينه، يمكن القول بأن الكثير من علم الأحياء الموجود في الوقت الحالي هو عبارة عن تقنية بدلاً من أن يكون علما بالمعنى العميق. إنه استكشاف لقوى التلاعب الميكانيكي. تعطيل شبكات الإشارات أو إدخال المواد الوراثية المتحورة في الصِبْغِيّات وانتظار لمشاهدة ما إذا كانت التأثيرات غير المتوقعة تفوق تلك المتوقعة أو المطلوبة. بالطبع إن أساليب التجربة والخطأ المتطورة تجلب نوعا من الفهم عندما تُطبَّق مليارات الدولارات والحلَّة الكاملة من التقنية الحديثة، وحتى عندما يتم إساءة استخدام الكائنات الحية والنظر إليها بوصفها آلات(٨٣).

وهذا هو ما عبر عنه "فرانسيس فوكوياما"، في كتابه "مستقبلنا بعد البشري: عواقب ثورة التقنية الحيوية»، كما سبق وذكر خلال البحث الحالي، عندما أشار إلى ما يطلق عليه «الهوس بالتقنية» خلال تناوله لتداعيات «ثورة التقنية الحيوية» على الطبيعة البشرية، والمجتمع، والأخلاق. الحجة الأساسية لنص "فرانسيس فوكوياما" في هذا السياق هي أن أي تغيير في الطبيعة البشرية، حتماً يغير القيم، وبشكل لا عودة عنه، ذلك أن الوجود اللاحق مستمد من السابق(٨٤).

وهكذا يعتقد "فرانسيس فوكوياما" إن التوسع في «تقنيات علم الأحياء» سوف تجعل أخلاقياتنا تضمحل وتنزوي، مثلما تضعف وتتكسر الطبيعة الإنسانية المشتركة، التي تربط الأفراد والمجتمعات معا. وبناء عليه سوف يتمزق النسيج المجتمعي إلى وضع لا يرثى له؛ لأن التغيير في الطبيعة الإنسانية يغير من مفهومنا لحقوق الإنسان، ومن ثم فإن التقنية الحيوية تقوم بأكثر من تهديد لفهمنا الخاص لأنفسنا، كما أنها تهدد طريقة تعاملنا – ومعاملتنا – من قبل الآخرين(٨٥).

في السياق ذاته، يحدد "فرانسيس فوكوياما" ثلاثة جوانب سوف يتم تغييرها، بشكل لا عودة عنه خلال «التقنية الحيوية»:

---

(٨٢) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

(٨٣) ستيفن إل تالبوت، مرجع سابق، صـ ٩٩.

(٨٤) ستيفن بنكو، مرجع سابق، صـ ١٥٩.

(٨٥) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

الأول، هو فهمنا لما يعنيه أن يكون الإنسان إنساناً، فيكتب: "إن التقنية الحيوية سوف تتسبب في حدوث تغييرات في الطبيعة البشرية، ومن ثم تدفعنا إلى مرحلة ما بعد الإنسانية من التاريخ، وهذا مهم.. لأن وجود الطبيعة البشرية، هو مفهوم ذو مغزى، يوفر استمرارية ثابتة على تجربتنا بوصفنا نوعا مميزا". والواضح إن تعريف "فرانسيس فوكوياما" للطبيعة البشرية هو: إنها تتكون من سمات، مثل: الضمير، والعقلانية، والمجتمعية، والوعي، وكلها تتجمع معاً لتشكل إنساناً بشكل متناسق ومتكامل. ويذهب "فرانسيس فوكوياما" إلى أن البشر بحاجة إلى هذه الطبيعة الإنسانية المشتركة، والصفات التي تحددهم بوصفهم أناساً، حتى يستطيعوا المساهمة والمشاركة، وإنجاز حصتهم في التطور، وتطبيق التقنيات التي تهدد المجتمع المدني والسلامة البيولوجية الإنسانية(٨٦).

إن موقف "فرانسيس فوكوياما" هو أن الأخلاق مستقاة من – وللدفاع – هذه السمات الفردية والإنسان الكامل الذي تشكله. حجة "فرانسيس فوكوياما" هي أن أي تغيير في بشريتنا المشتركة يغدو أكثر من مجرد تغييراً في فهمنا لذواتنا، عندما يهدد صنع القرار، وقيمنا الأخلاقية، علاوة على إمكانية المناقشة الأخلاقية(٨٧).

الثاني، ذو علاقة بقيمنا الأخلاقية المشتركة، وعلم الأخلاق، ذلك أنه من الواضح لـ"فرانسيس فوكوياما" أن الإنسانية هي ما تمنحنا شعوراً بالأخلاق، وتعطينا المهارات الاجتماعية للحياة في المجتمع، علاوة على عملها بوصفها أساساً لمناقشات فلسفية أوسع مجالاً حول العدالة والحقوق والأخلاق، يأتي عدم الاستقرار من أي تغيير في طبيعتنا الإنسانية المشتركة، ذلك إن الاختلاف والتباين بيننا سيوجد حتما قيماً جد مختلفة، مما يجعل تفاوض القيم المتنافسة ضرباً من ضروب الاستحالة، أو لا أفق له(٨٨).

في سياق متصل، لا يستطيع العلم في ذاته ترسيخ الغايات المحددة له. فمن الممكن أن يكتشف أدوية لعلاج الأمراض ولقاحات جد نافعة، بيد أنه يستطيع كذلك أن يصنع عوامل معدية؛ وقد يستطيع أن يكتشف أسرار فيزياء أشباه الموصلات بما يفيد البشرية، بيد أنه في الوقت ذاته يستطيع أن يستخدم تلك الفيزياء في صنع قنابل هيدروجينية(٨٩).

وأخيراً، التغييرات، التي جلبتها نزعة ما بعد البشرية على طبيعتنا الإنسانية المشتركة، والأخلاق والقيم، وعلم الأخلاق المتداخل فيها، تنتقل إلى الأفق السياسي، على حد سواء، بوصفها تهديداً وحسماً: "بقدر ما

---

(٨٦) المرجع نفسه، صـ صـ ١٥٩-١٦٠.

(٨٧) المرجع نفسه، صـ ١٦٠.

(٨٨) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

(٨٩) فرنسيس فوكوياما، مرجع سابق، صـ ٢٢٨.

يخبرنا العلم عن الطبيعة الإنسانية، بقدر ما تكون الآثار المترتبة على حقوق الإنسان، ومن ثم على تصميم السياسات والمؤسسات العامة للدفاع عنها وحمايتها[٩٠].

الحل، إذن، الذي يراه "فرانسيس فوكوياما" للتهديد الذي يشكله مستقبلنا الوشيك في توجه ما بعد البشرية، هو الحل السياسي المؤسسي. ذلك إن علماء ورجال الدين لا يملكون الإعداد المهني. ولا يملكون أيضاً السلطة لبيان: كيف ينبغي تطوير هذه التقنيات واستخدامها. وبما أن التقنية الحيوية تهدد بتقويض أداراك وفهم الطبيعة الإنسانية، التي هي الركن الرئيس لـ«الديمقراطية الليبرالية»، فإن الأخيرة ينبغي عليها أن تتفاعل، عن طريق سن القوانين، وإنشاء المعاهد السياسية لتنظيم مسألة التداخل التقني في مجال البيولوجيا[٩١].

وهو ما يعني ضمنياً أهمية تنظيم مجال «التقنية الحيوية»، وبالتبعية «البيولوجيا التخليقية»، داخل الإطار المؤسسي العلمي، والسياسي، والقانوني، وهو الأمر الذي لن يتم دون البحث في «أخلاقيات» تحافظ على طبيعتنا البشرية والتوازن الحيوي، وتكون في الوقت ذاته حاكمة، بقدر المُستطاع، في هذا المجال، لا سيما إن تم تَأَطُّيرَها بالقوانين واللوائح المنظمة.

من هذا المنطلق، يذهب كل من "ماتي هايري" Matti Hāyry (١٩٥٦م–)[*] في دراسته «البيولوجيا التخليقية والأخلاق: الماضي والحاضر والمستقبل»، و"إيمي جوتمان" Amy Gutmann (١٩٤٩م–)[**] في دراستها «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية: المبادئ التوجيهية للتقنيات الناشئة»، إلى الحديث وجود خمسة أطر أو مبادئ أخلاقية من الأهمية بمكان مراعاتها في بحوث «البيولوجيا التخليقية»[٩٢]:

(١) مبدأ المنفعة العامة Public Beneficence:

وهي تعني العمل على تعظيم المنافع العامة وتقليل الضرر العام. ويشمل هذا المبدأ واجب المجتمع وحكومته في تعزيز الأنشطة الفردية والممارسات المؤسسية، بما في ذلك البحوث العلمية والطبية الحيوية، التي تهدف إلى تحسين رفاهية الجميع. وفي حالة التقنيات الناشئة، مثل «البيولوجيا التخليقية»، من الممكن أن يتمثل هذا التحسين في توفير أشكال محسنة أو متاحة على نطاق أوسع من الرعاية الطبية

---

[٩٠] ستيفن بنكو، مرجع سابق، صـ ١٦٠.

[٩١] المرجع نفسه، صـ ١٥٩.

[*] أستاذ الفلسفة بـ"جامعة ألتو" Aalto University، هلسنكي، فلندا.

[**] أستاذ العلوم السياسية بجامعة بنسلفانيا، تولت رئاسة الجامعة كما تولت منصب "سفير الولايات المتحدة الأمريكية بألمانيا".

[92] Matti Hāyry, Op. Cit., PP. 196-197

والصحية، والغذاء، والوقود النظيف (صديق البيئة)، إلى جانب أي وسائل أخرى من شأنها تحسين حياة الناس[٩٣].

والملاحظ، أنه، في الغالب، ما تتواكب الاكتشافات العلمية والتقنية مع زيادة الفرص الاقتصادية، والتي تعود أيضًا على الصالح العام. مما يعني أنه يجب على صانعي السياسات تبني «منظور مجتمعي» عند اتخاذ أي قرار بشأن السعي وراء مزايا معينة للتقنيات الناشئة وموازنتها مع المخاطر المحتملة أو الشكوك الدائرة بشأنها. وعند البحث عن فوائد «البيولوجيا التخليقية» والتقنيات الناشئة المرتبطة بها، تتطلب المنفعة العامة توخي الحذر بشأن الأضرار المتوقعة، والاستعداد لمراجعة السياسات التي تسعى إلى تحقيق الفوائد المحتملة دون الاهتمام الكافي بالمخاطر[٩٤].

وإذا طبقنا ما سبق على موضوع الدراسة الحالية، يمكن القول بأن البحوث في مجال الخلايا الاصطناعية والمواد الوراثية من الأهمية بمكان أن تراعي الصالح العام للمجتمع والمتمثل في تطوير تلك البحوث في مجالات نافعة مثل الأدوية، وزراعة ونقل الأعضاء، وتركيب الأطراف الاصطناعية. وموازنة ذلك مع المخاطر التي قد يشكلها جنوح البعض نحو التلاعب بالمواد الوراثية، أو تخليق فيروسات، أو انتهاك حرمة الجسد الإنساني، لا سيما عند القيام بتجارب على الإنسان تشكل ضرراً على حياته وصحته، ناهيك على أن تكون دون إعلامه بما لهذه التجارب من مخاطر أو أن تكون دون موافقته أو رضاه.

(٢) مبدأ الإدارة المسئولة Responsible stewardship:

وهو نابع مما لدى البشر من مكانة فريدة على هذا الكوكب تجعلهم بمثابة وكلاء مسئولين عن حماية الطبيعة، والحفاظ على كوكب الأرض، وسلامة العالم. وتمتد تلك المسئولية نحو الأجيال البشرية الحالية والمستقبلية، بل ونحو جميع الكائنات الحية والبيئة[٩٥](*).

---

(93) Amy Gutmann, "The Ethics of Synthetic Biology: Guiding Principles for Emerging Technologies," Hastings Center Report, Vol. 41, No. 4, 2011, P. 18.

(94) Ibid, P. 18.

(95) Ibid, P. 18.

(*) من الأهمية بمكان ملاحظ أن ثمة نمطان من الشك يجعلان من الصعوبة ممارسة علما ذا مسئولية اجتماعية. النمط الأول معرفي: إذ يظهر لنا استحالة التنبؤ بنتائج البحوث. وفي الأغلب ما تكون النتائج ذات الدلالة هي تطبيقات تقنية غير متوقعة. النمط الأخر، سياسي أو خلقي عام: فحتى عندما يكون بالإمكان توقع نتائج البحوث، ربما لا يتفق الجمهور بشأن قيمتها المجتمعية. وبخاصة التطورات التقنية والعلمية التي تسبب مناقشات وجدل سياسي وأخلاقي، مثل الأبحاث في مجالات: الطاقة النووية والهندسة الوراثية. أنظر في ذلك:
ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ ٢١٨.

وبطبيعة الحال، ينسحب هذا الأمر على كافة الممارسات العلمية، التي يجب أن تكون مدارة بمسئولية، وهو ما ينطبق بخاصة على بحوث «البيولوجيا التخليقية» لما تثيره من تساؤلات وشكوك حول تغيير الطبيعة الإنسانية والمحيط الحيوي وما إلى ذلك، بحيث يجب أن يراعى فيها «الإدارة المسئولة» بحيث تكون موجهة نحو خير البشرية، وكافة الكائنات الحية، والبيئة، وأن لا تنتهك المحيط الحيوي أو تشكل ضرراً لأجيال المستقبل.

(٣) مبدأ حرية الفكر والمسؤوليةIntellectual freedom and responsibility:

أن حرية الفكر مبدأ ديمقراطي لا يمكن الحياد عنه وبخاصة في مجال البحث العلمي، حيث يعمل على تعزيز الإبداع، ومن ثم التقدم العلمي والتقني. أما المسئولية فتعني أن يكون لدى الباحث شعوراً بـ«المسؤولية الأخلاقية»morally responsible. ويقترن الاثنين معا انطلاقاً من أهمية عدم النأي بأي منهما عن الآخر، ذلك أنه للأسف يمتلئ تاريخ العلم بأمثلة عن حرية الفكر التي تمت ممارستها دون مسؤولية، مما أدى إلى أضرار مروعة للسكان الضعفاء، والبيئة، بل للعلم نفسه. فقد بات واضحاً إن العلماء الذين يتصرفون بشكل غير مسئول يتسببون في إلحاق الضرر بأنفسهم والآخرين، علاوة على مجتمعاتهم ودولهم وعلاقاتهم الدولية(٩٦).

ولا يغيبن عن البال أهمية ما سبق في مجال «البيولوجيا التخليقية» التي يجب أن يتواكب فيها حرية الفكر والبحث مع الشعور بـ«المسؤولية الأخلاقية».

(٤) مبدأ المداولات الديمقراطية Democratic deliberation:

وهو ما يعني أهمية تأكيد مفهوم «القرار التشاركي»، الذي يتضمن نقاشا محترما لجميع وجهات النظر لا سيما المعارضة منها، علاوة على المشاركة الفعالة للمواطنين. وهو ما يعني أن الجميع مدعو إلى العمل من أجل التوصل إلى نقاط اتفاق كلما أمكن ذلك، مع الحفاظ على «الاحترام المتبادل» عندما لا يكون الأمر محل إجماع. وهكذا، يكمن جوهر المناقشات الديمقراطي في التبادل العام المستمر للأفكار، لا سيما فيما يتعلق بالعلوم. مع أهمية أن يُشجع المشاركون على تبني «منظور مجتمعي» يغلب على المصالح الفردية. من الأهمية بمكان أيضا فهم أن تلك القرارات لا تحتاج – ولا ينبغي في كثير من الأحيان – أن تكون ملزمة بشكل دائم(٩٧).

والمعنى، أنه إذا كان ثمة إشكاليات تثيرها «البيولوجيا التخليقية» فمن الأهمية بمكان أن تحظى بمناقشة مجتمعية، وعرض لجميع الآراء، لا سيما من أهل الاختصاص، وبيان الأهداف الإيجابية المرجوة، وما قد يستتبعها من محاذير أو مخاطر. وعن طرق هذا «القدح الذهني» نستطيع أن نصل إلى

(96) Amy Gutmann, Op. Cit., P. 19.

(97) Ibid, PP. 19-20.

نقاط مشتركة تغلب مصلحة الجميع على أن تخضع لمراجعة دورية دون أن تكون ثابتة أو ملزمة بشكل مستمر.

(٥) مبدأ العدالة والإنصاف Justice and Fairness:

يرتبط هذا المبدأ بتوزيع المنافع والأعباء على كافة أعضاء المجتمع دون تمييز. حيث تؤثر التقنيات الناشئة مثل «البيولوجيا التخليقية» على جميع الأشخاص، خيرًا كان أو شرًا. وعليه، فثمة مطالبة بتجنب التوزيع غير العادل للفوائد والأعباء والمخاطر التي تجلبها هذه التقنيات. يمتد هذا المبدأ أيضاً على المستوى الدولي، ليشمل أولئك الذين قد يتأثرون – إيجابًا أو سلبًا – بـ«البيولوجيا التخليقية» وتطبيقاتها(٩٨).

والحقيقة؛ أن أحد المبادئ الأساسية، للعدالة، يشير في هذا المجال، إلى أن المجتمع يجب أن يسعى إلى ضمان تقاسم فوائد وأعباء التقنيات الجديدة قدر الإمكان. ويكون الالتزام بـ«العدالة والإنصاف» هو التزام بضمان مشاركة جميع الأفراد والجماعات في فوائد التقنيات الجديدة، وأن الأعباء التي لا مفر منها للتقدم العلمي والتقني لا تقع بشكل غير عادل على أي فرد أو مجموعة معينة. حيث تعتمد البحوث في مجال الابتكارات التقنية على تمويل من المال العام ومن المساهمة المجتمعية، ولذا فمن الإنصاف أن يجني الجميع دون تمييز عوائد تلك البحوث، وإن كان لا مفر من الأعباء، فيجب أن لا يختص بها فرد أو جماعة معينة(٩٩).

والملاحظ، أن مبدأ «العدل والإنصاف»، في هذا السياق، لا يعني المجتمعات المحلية فحسب، بل يمتد أيضًا إلى المجتمع الدولي بشكل عام. فمن المتوقع أن يكون للتقنيات الناشئة تأثيرات عالمية. لهذا السبب، تتحمل كل دولة مسؤولية توخي الدفاع عن الأنظمة العادلة وتحقيقها لتعزيز توافر المعلومات على أوسع نطاق، وضمان التوزيع الأوسع للتقنيات المفيدة، علاوة على نشر مفاهيم السلامة والأمن البيولوجي(١٠٠).

في الإطار عينه، ذهبت "اينسلي جي نيوسون" Ainsley J. Newson(*)، في دراستها «البيولوجيا التخليقية: الأخلاق والاستثناءات والتوقعات»، إلى تحديد ثلاثة مبادئ رئيسة لـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» باعتبارها مكملة للمبادئ السابق ذكرها، وهي:

---

(98) Ibid, P. 20.

(99) Ibid, P. 20.

(100) Ibid, P. 20.

(*) أستاذ علم الأحياء بـ"جامعة سيدني" University of Sydney، استراليا.

(١) مبدأ السلامة والأمن البيولوجي Biosafety and Biosecurity:

حيث تنتشر المخاوف بشأن السلامة والأمن البيولوجي، لا سيما في مجال «البيولوجيا التخليقية» خلال حديثنا عن «سلامة المحيط الحيوي» Biosafety. ويمكن لمسائل السلامة والأمن البيولوجي أن تكون على النحو التالي: ما مقاييس السلامة المناسبة أخلاقياً لمجال «التخليق البيولوجي»؟، وكيف يجب أن تتوافق تقنيات «البيولوجيا التخليقية» وتطبيقاتها مع المعايير الأخلاقية؟. حيث تشير تدابير «سلامة المحيط الحيوي» إلى أهمية تأكيد ضمان العمل الآمن لا سيما مع العوامل البيولوجية التي يحتمل أن تكون لها خطورة فيما يتعلق بتدابير السلامة، والهدف الرئيس هنا؛ هو الحماية من الأذى. عبر التأكيد على أهمية ضمان أن لا تخلف أبحاث «البيولوجيا التخليقية» آثاراً سلبية على السكان أو البيئة(١٠١).

ثمة سبب آخر للقلق بشأن «سلامة المحيط الحيوي»، عبر قضية تخليق أشكال حياة جديدة قد تكون قادرة على التطور والتغيير، إذا ومتى يتم إطلاقها في البيئة؟. وقد تساعد المداولات الأخلاقية في بيان مقايضات المخاطر المناسبة ومعايير السلوك. وعليه، يعني «الأمن البيولوجي» كل أنواع الحماية الموضوعة لضمان السلامة الحيوية، وإدارة الاستخدامات الشائنة لـ«البيولوجيا التخليقية». على سبيل المثال، مع تخليق الحمض النووي وتسلسلات الفيروسات، أصبح من الممكن إنشاء فيروسات خبيثة باستخدام شظايا الحمض النووي(١٠٢).

وهنا يطرح سؤالاً، ماذا لو حدثت «طفرات وراثية» أثناء إجراء تجربة مخبرية ما، وماذا لو تسرب فيروس من مختبر «بيولوجيا تخليقية»؟، ما حجم الأضرار الحيوية المتوقعة؟، يمكن أن تكون الإجابة مدعمة برؤية «الأمن البيولوجي»، حيث يتم الحديث الآن حول إمكانية تصميم حمض نووي مزدوج الغرض: فيقود المسار المُهَندَس حينما يُقرأ في الاتجاه الصحيح، بينما ينتج عملية مغايرة حينما يُقرأ في الاتجاه الآخر. ولأن الطفرات في مثل هذا الحمض النووي ثنائي الغرض ستخلّ بالعملية الأساسية، فإن الخلية ستنجو فقط طالما ظلت الدائرة المهندَسة تعمل بكفاءة(١٠٣).

ثمة إستراتيجية أخرى مستمَدَّة من الطبيعة، فقبل المهندسون البشريون بوقت طويل، قام الفيروس البكتيري «لامدا» (λ) بالتطور، ليظل في العائل دون كَشْفه لأطول فترة ممكنة. حيث يقوم الفيروس بمراقبة عائله بمهارة عن طريق إنتاج بروتين معين بمستوى منخفض، بحيث لا تتأثر البكتريا تقريباً، وإذا شعر الفيروس بتدهور في صحة العائل، فإنه يقوم بتفعيل برنامج، من شأنه – في النهاية – قتل البكتريا، (وإخراج الفيروسات الجديدة). ويسعى المهندسون في الوقت الحالي لاستخدام استراتيجية مشابهة؛

---

(101) Ainsley J. Newson, "Synthetic Biology: Ethics, Exceptionalism and Expectations", Macquarie Law Journal, Vol 15, 2015,, P. 49.

(102) Ibid., P. 49.

(١٠٣) هربرت ساورو، الاستفادة من التطور، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، مرجع سابق، صـ ٤٣.

للتخلص من الخلايا. إذا كان أداؤها على غير المتوقع لما تمَّت هندستها من أجله. وثمة مساع مشابهة، في حالة هروب أو تسرب أحد الكائنات المهندَسة من المعمل، بحيث يتولى التطورُ التخلص منه. فيمكن هندسة زر لقتل الخلايا المهندَسة، أو حتى تسريع تطورها، بحيث يتم التخلص من الدوائر المهندَسة في حالة غياب الظروف المعملية المناسبة(١٠٤).

ولعل هذا يذكرنا بالجدل الدائر حول «فيروس كورونا» والذي أدعي البعض – وهي معلومة لم يثبت صحتها حتى الآن – أنه تسرب بطريق الخطأ أو «بشكل عرضي» من «معهد مدينة وهان لعلم الفيروسات»، بمدينة وهان الصينية، حيث أجريت أبحاث «فيروس كورونا» على الخفافيش على حد زعم أصحاب هذا الادعاء. حيث تتم الدعوة الآن – كما ذكر آنفاً – إلى إيجاد تقنية بيولوجية تساعد في التخلص من أي فيروسات أو بكتريا يتم تركيبها معمليا في حالة تعرضها لأي ظروف خارجية من أجل تلافي مثل تلك الفرضيات حتى وإن لم تثبت صحتها حتى الآن.

في السياق ذاته، يهتم مبدأ «السلامة والأمن البيولوجي» باتخاذ كافة التدابير اللازمة لمنع استخدام «البيولوجيا التخليقية» في مجالات التسلح خلال ما يطلق عليها «الأسلحة البيولوجية» biological weapon(١٠٥).

وعليه، فمن الأهمية بمكان إيجاد ضوابط وحدود Limits لـ«استخدامات البيولوجيا التخليقية»، تحافظ على «السلامة والأمن البيولوجي»، وإلا فسوف نجد أنفسنا ننزلق نحو «الانتقاء الطبيعي» Natural selection عبر التخلص من من هم «أدنى وراثيا» genetically inferior، ناهيك عن مخاطر «الإجهاد البيئي» environmental stress، والزيادة في «معدلات الطفرات» mutation rates، مما يضر بالبيئة وبكافة الكائنات الحية(١٠٦).

(٢) مبدأ تقاسم المنافع Benefit Sharing:

حيث تشمل الجوانب الأخلاقية وفقًا لمبدأ «تقاسم المنافع» في «البيولوجيا التخليقية»، أسئلة، من قبيل: ما إذا كان تسجيل براءات الاختراع للمواد الوراثية المخلقة اصطناعيًا أمرًا مناسبًا؟. على سبيل المثال، حصل «معهد جون كريج فينتر»، الذي أنتج أول مادة وراثية اصطناعية مصغرة، على براءة اختراع للحد الأدنى من تسلسل المادة الوراثية. بإتباع نهج مختلف تمامًا، وهو BioBricks، واعتمدت المؤسسة نموذجًا مفتوح المصدر يمكن لأي شخص الإطلاع عليه تحقيقاً لمبدأ «تقاسم المنافع». بيد أن

---

(١٠٤) المرجع نفسه. الموضع نفسه.

(105) Michele S. Garfinkel, et al., "Synthetic Biology,", in From Birth to Death and Bench to Clinic: The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns, ed. Mary Crowley, New, York, U.S.A., 2008, P. 163.

(106) Leonard R. Brand & L. James Gibson, An Interventionist Theory Of Natural Selection And Biological Change Within Limits, Origins, Vol. 20, No. 2, 1993, P. 60

الإشكالية نفسها ما زالت مثارة حول دور براءات الاختراع في التأثير على الأسعار وتوفر منتجات «البيولوجيا التخليقية». فعلى سبيل المثال، يمكن أن يكون للتطبيقات الطبية والمعالجة الحيوية لـ«البيولوجيا التخليقية» أهمية كبرى في البلدان النامية، لا سيما في ظل انخفاض الموارد وكثرة الاحتياجات. وهنا تظهر الحاجة إلى أهمية الضغط على مبدأ «تقاسم المنافع» وإتاحة تلك المنتجات والتطبيقات للجميع(١٠٧).

(٣) مبدأ الالتزام بالأخلاقيات المهنية والنزاهة في البيولوجيا التخليقية Professional Ethics and Integrity in Synthetic Biology:

وهو ما يعني مسؤولية الباحثين الأخلاقية وأهمية تمتعهم بالنزاهة تقديرا لحساسية مجال عملهم البحثي، والآثار المترتبة على عملهم، مع أهمية مراقبة تلك المعايير عبر ما يمكن إن نطلق عليها «شبكة وقاية» web of prevention مجتمعية وحكومية لمراقبة الأداء في مجال «البيولوجيا التخليقية» ومدى الالتزام بمعايير السلوك الأخلاقي والنزاهة(١٠٨).

وهكذا، يتوصل الباحث إلى أن ثمة رافدان لمبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»: الأول، رافد العدالة والإنصاف بما يعنيه من الحرص على تأكيد المنفعة العامة وتقاسم المنافع، بحيث لا يستفيد من فؤاد تلك البحوث فئة بعينها، وتختص فئة أخرى بآثارها السلبية. والرافد الآخر خاص بمبادئ الإدارة المسئولة والسلامة والأمن البيولوجي، بجانب حرية الفكرة المقترنة بالمسئولية، والمداولات الديمقراطية، وصولاً إلى مبدأ الالتزام بالأخلاقيات المهنية والنزاهة، وهي في جميعها مبادئ تخص مسألة السلامة البيولوجية والوقاية العامة بهدف دق ناقوس الخطر حول أي تهديدات قد تشكلها الممارسات المخبرية في هذا المجال والتي قد تتحول إلى تهديدات لكافة الكائنات الحية والبيئة على حد سواء. مع ملاحظة أنه بسبب حداثة هذا المجال البحثي فإن الطرح مفتوح نحو مزيد من الدراسات الأخلاقية مما يعني أن تلك المبادئ من الممكن إضافة إليها المزيد مستقبلاً بحيث لا تقتصر على ما اشتمل عليه البحث الحالي فقط.

٤-٣: مدى التزام "جون كريج فينتر" وفريقه بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»:

خلال العرض السابق، لمبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، نستطيع الآن التساؤل حول مدى التزام "جون كريج فينتر" وفريقه خلال أبحاثهم الخاصة بتصنيع أول خلية اصطناعية، بجانب أبحاثهم الخاصة بالمادة الوراثية، بتلك الأخلاقيات، بشكل خاص، وبالأخلاقيات العلمية والمهنية المؤسسة لها في هذا المجال بشكل عام.

(107) Ibid., P. 50.

(108) Ibid., P. 52.

بداية، ثمة تقرير صادر عن "معهد جون كريج فينتر" بعنوان: "أول خلية بكتيرية اصطناعية ذاتية التكرار: صحيفة وقائع: الآثار الأخلاقية والمجتمعية / مناقشات السياسات حول أبحاث الجينوم الاصطناعي في JCVI". تم التأكيد خلاله على أن خطة البحث الخاصة بالمعهد، من أجل تخليق «أول خلية اصطناعية» First Synthetic Cell قد خضعت لمراجعة أخلاقية شاملة من قبل لجنة مستقلة مكونة من مجموعة من الخبراء في «جامعة بنسلفانيا» University of Pennsylvania. والتي انتهت إلى أنه لا توجد ثمة أسباب أخلاقية قوية من شأنها أن تمنع الفريق من مواصلة البحث في هذا المجال. كما تمت الأبحاث تحت إشراف «وزارة الطاقة الأمريكية» (DOE)، و«مكتب البيت الأبيض لسياسات العلوم والتقنية» (OSTP)، والمعاهد الوطنية الصحية بالولايات المتحدة الأمريكية، بالإضافة إلى ممثلين عن «وزارة الأمن الداخلي»، من أجل تدارك أي تداعيات محتملة لنتائج البحث[١٠٩](*).

---

(109) J. Craig Venter Institute, First Self-Replicating Synthetic Bacterial Cell: Fact Sheet: Ethical and Societal Implications/Policy Discussions about Synthetic Genomics Research at JCVI, Medical Center Drive, Rockville & Science Center Drive, San Diego, U.S.A., PP. 1-2.

(*) نشرت جريدة البيان الإماراتية، في عددها الصادر يوم ٢٧ يونيو ٢٠٠٠م، خبرا بعنوان: "انطلاق ثورة الجينات البشرية، كلينتون وبلير يحذران من إساءة استخدام أهم إنجازا طبيا". وتحدث الخبر حول حول اقتراح "جون كريج فينتر" إقامة مجلس عالمي لصياغة معايير أخلاقية عالمية غير متداولة في الوقت الحالي من أجل اعتمادها في مجال الأبحاث الوراثية وتطبيقات خارطة المخزون الوراثي الإنساني. ليعد بمثابة هيئة استشارية مكونة من قرابة الستين عالما وفيلسوفا. وأن تفويض هؤلاء العلماء يجب أن يمتد لمدة سنتين يقومون خلالها بتوجيه النصح إلى قيادات عالمي السياسة والأعمال. وأن تكون تلك الهيئة تحت إشراف الأمم المتحدة بحيث تكون من ضمن مهامها اطلاع الجمهور على الآثار المترتبة على التقدم التقني والعلمي ومناقشة الحلول. ذلك أنه بمجرد حيازتنا للشكل الكامل للمخزون الوراثي الإنساني سيكون بإمكاننا بشكل نظري تكوين «كائن إنساني جديد»، وهو ما يبرر ضرورة تنظيم الأبحاث الوراثية. في السياق ذاته، أعلن "جون كريج فينتر" أن فك رموز المخزون الوراثي لخمسة أشخاص من لون وأصل مختلف، اظهر أن مصطلح العرق لا أصول وراثيا له. وأوضح "جون كريج فينتر" خلال احتفالية الرئيس الأمريكي الأسبق "بيل كلينتون" Bill Clinton (١٩٤٦م–) في البيت الأبيض، "لقد قمنا بدراسة المخزون الوراثي لرجلين وثلاث نساء من عدة أعراق: أسيوي، واسباني، وأفريقي – أمريكي (اسود)، وقوقازي (أبيض). وقال: "لقد قمنا بذلك ليس لاستبعاد احد بل تقديراً لتنوع واختلاف الأمة الأمريكية، وبهدف بيان أن فكرة العرق ليس ثمة أساس علمي أو وراثي لها". وختم "جون كريج فينتر" بالقول انه: "من المستحيل بمكان تحديد وبيان الأصل العرقي لأي إنسان من من شملتهم الدراسة اعتماداً على مخزونهم الوراثي. أنظر في ذلك:

https://www.albayan.ae/last-page/2000-06-27-1.1068820

(تاريخ الولوج : ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

ويمكن تحليل مدى التزام "جون كريج فينتر" وفريقه خلال النقاط التالية:

١ – النزاهة والشفافية:

في التقرير السابق ذكره، الصادر عن صادر عن "معهد جون كريج فينتر"، تم الإفصاح عن تمويل «مؤسسة ألفريد بـ. سلون»Alfred P. Sloan Foundation[*] للمعهد، وهي مؤسسة تهتم كثيراً بـ«القضايا الأخلاقية في مجال البيولوجيا التخليقية» Ethical Issues in Synthetic Biology. وتم الإعلان عن ذلك عبر مؤتمر صحفي استضافته «وزارة الطاقة الأمريكية» بحضور وزير الطاقة في حينها "سبنسر أبراهام" Spencer Abraham (١٩٥٢م–)[**](١١٠).

وهو ما يتوافق مع مع مبدأ من مبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» الخاص بالالتزام بـ«الأخلاقيات المهنية والنزاهة».

٢ – المنفعة العامة:

سبق ذكر أن عملية إعداد «المادة الوراثية التخليقية» الأولى قد أسفرت عن تخليق عدد من الفيروسات. مما ساهم بدوره في التعرف على المادة الوراثية المضادة لها، وهو ما ساعد بشكل جد نافع في ظهور تطورات كبيرة على عمليات تركيب وتصنيع «اللقاحات»(١١١).

وهي عملية استفادت منها – بل وما زالت تستفيد – البشرية لأنه كلما تعرفنا أكثر على المواد الوراثية للفيروسات والبكتريا الخطرة على صحة الإنسان والكائنات الحية، كلما ما تعرفنا في الوقت ذاته على سبيل الواقية منها باللقاحات والمضادات الحيوية المناسبة.

٣– السلامة والأمن البيولوجي:

في التقرير السابق ذكره، تم التأكيد على أن أبحاث المركز تمت باستخدام «فيروس غير مُمْرِض» Non-Pathogenic Virus من أجل تخليق «المادة الوراثية» Synthetic Genome. كما تم أخذ جميع الضمانات الممكنة لمنع وقوع أي من هذه التجارب تحت يد «الإرهاب البيولوجي» Bioterrorism(١١٢).

---

[*] مؤسسة أمريكية غير ربحية. تم تأسيسها في العام ١٩٣٤م من قبل "ألفريد بـ. سلون"، الرئيس والمدير التنفيذي لشركة "جنرال موتورز" General Motors آنذاك. تقدم مؤسسة سلون منحًا ودعما للأبحاث، لا سيما المتعلقة بمجالات: العلوم والتقنية والاقتصاد. أنظر في ذلك:

https://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_P._Sloan_Foundation

(تاريخ الولوج : ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

[**] تولي وزارة الطاقة الأمريكية في الفترة (٢٠٠١–٢٠٠٥م).

(110) J. Craig Venter Institute, Op. Cit., PP. 1,3.

(111) J. Craig Venter el al., Synthetic chromosomes, genomes, viruses, and cells, Op. Cit, P. 2708.

(112) Ibid., P. 1.

وهو ما يعني الالتزام بمبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» حول «السلامة والأمن البيولوجي» و«الإدارة المسئولة» و«حرية الفكر والمسئولية».

٤- البحث العلمي على البشر:

من المعروف أن التجارب الطبية جد ضرورية للبحث العلمي، ونظراً للمخاطر التي قد يتعرض لها الإنسان أثناء خضوعه لتلك التجارب يجب احترام كرامته الإنسانية. ويتطلب ذلك احترام حقه في الحياة وفي سلامة الجسم، وفي ضرورة اشتراط موافقته الحرة والمسبقة، مع إحاطته علما بكافة المخاطر التي قد يتعرض لها(١١٣).

في السياق ذاته، ثمة صعوبات كثيرة، تنشأ خلال تطبيق مبدأ الموافقة عن علم مسبق، أو الرضاء الحر المسبق. فكثيرا ما يفتقر الخاضعون لتلك التجارب إلى التعليم، أو المقدرة على الحكم لإعطاء موافقة مكتملة فعلاً عن علم مسبق بكافة العواقب. وحتى أصحاب الحظ من التعليم الكافي قد لا يدركون كثيراً من المعلومات المقدمة إليهم، علاوة على أن الباحثين أنفسهم قد يفتقرون إلى المعرفة الكاملة بتجاربهم وعواقبها. وطالما كان مطلب الموافقة عن رضاء وعلم مسبق مطلبا ضرورياً، فيمكن لخطوط إرشاد الباحثين الأكثر واقعية أن تجعلهم أقدر على الحصول على موافقة مواتية، وملاءمة. فالإنسان يمكن أن يمنح موافقة عن علم مناسب عندنا تتوافر لديه معلومات كافية لاتخاذ قرار سليم ومسئول(١١٤).

والحقيقة، أن "جون كريج فينتر" قد بين بخصوص أبحاثه حول «تسلسل المادة الوراثية البشرية» مدى التزامه بهذا السياق خلال بحثه عن «متطوعين»، وضع لهم ثلة من الشروط، تضمن التأكيد التام على الموافقة عن علم مسبق، مع الفهم الجيد لموضوع البحث، لذا فقد أكد على أهمية توافر معايير معينة في المتطوعين، مثل: «الفضول العلمي» Scientific Curiosity، و«الثقة بالنفس»، و«الهدوء»، وصولاً إلى «الرغبة الشخصية» في أن يمتلك المتطوع «تسلسل المادة الوراثية» الخاصة به، علاوة على أن يتفهم ويقبل فكرة إمكانية رؤية «البرمجة الوراثية» الخاصة به Personal Genetic Programming متاحة على «الشبكة البينية»، خاصة وأن معظم الناس يخشون ذلك اعتقادا منهم أن هذا من شأنه كشف «أسرارهم البيولوجية» Biological Secrets(١١٥). وهو ما يعني أن المسألة متداخلة مع «حقوق الخصوصية».

٥- احترام حقوق الخصوصية The Privacy Rights:

حيث تمت مراعاة إعداد «نظام ترميز أبجدي رقمي»alphanumeric coding system للمتطوعين، بحيث لا تتم معرفة أي بيانات شخصية عنهم، خصوصا أنه في سبيل إعداد نسخة من «كامل المادة

---

(١١٣) أحمد فتحي سرور، مرجع سابق، صـ ١٨.

(١١٤) ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ صـ ١٩٦-١٩٧.

(115) J. Craig Venter, A life Decoded: My Genome: My Life, Op. Cit., P. 281.

الوراثية للجنس البشري» كان ثمة حاجة أن يكون مركبًا مشتقًا من عدة متبرعين ذوي خلفيات عرقية متنوعة، كما سبق ذكره، حيث تم سؤال المتبرعين – على أساس طوعي – لمعرفة أصولهم العرقية، على سبيل المثال: أمريكي من أصل أفريقي، صيني، أسباني، قوقازي، ..إلخ. وعليه، فقد تم تسجيل ثلاثة عناصر أساسية من المعلومات خاصة بالمتبرعين عبر تسجيل كل متبرع بشكل سري مع رمز للعينة المتبرع بها، بجانب العمر، والجنس، والأصل العرقي المحدد، من أجل احترام كافة «حقوق الخصوصية» و«السرية» Confidentiality[١١٦].

مع ملاحظة، أن هذا الحق لا يتعارض مع «الشفافية» السابق ذكرها، ذلك أن قبول المتبرع برؤية «البرمجة الوراثية» الخاصة به متاحة على «الشبكة البينية»، لن يغدو بمثابة كشف لـ«أسراره البيولوجية»، وهو ما يثير قلق البعض، كما سبق القول، لأنه لن يكون مقرونا بـ«البيانات الشخصية».

٦- المشروعية:

من الأهمية بمكان أن يطيع العلماء، عند القيام بأبحاثهم، القوانين واللوائح المختصة بنطاق عملهم. ذلك أن الجميع، لا سيما العلماء، لديهم التزامات خلقية عامة بأن يطيعوا القانون. بالإضافة إلى ذلك، قد يلحق بالعلم خسارة فادحة عندما يخالف العلماء القانون: من الممكن أن يتم القبض على العلماء، أو مصادرة ما بحوزتهم من أدوات، أو حجب التمويل، ناهيك عن تآكل التأييد الشعبي، وما إلى هذا[١١٧].

وواقع الحال يشهد بأن "جون كريج فينتر" قد أكد على مسألة إطاعته هو وفريقه خلال أبحاثهم للقانون والاتفاقيات الدولية، عبر تأكيده على التزامهم التام بسياسات وقوانين "الولايات المتحدة الأمريكية"، بخاصة «قانون الصحة العامة»، وكذلك، كافة قرارات وتوصيات «الرابطة الطبية العالمية»، ولا سيما «إعلان هلسنكي»، من أجل الالتزام بكافة التوصيات الخاصة بإجراء التجارب على البشر. بالإضافة إلى عقد مراجعة مؤسسية دورية مع «مجلس الاستعراض المؤسساتي الأمريكي» (IRB)[*]، الذي ساهم بشكل

---

(116) J. Craig Venter et al., The Sequence of the Human Genome, Science, Op. Cit., P. 1306.

(١١٧) ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ ١٠١.

(*) مجلس الاستعراض المؤسساتي Institutional Review Board، ويدعى أحياناً «لجنة الأخلاقيات المستقلة»، أو «مجلس الاستعراض الأخلاقي»، أو «مجلس أخلاقيات البحوث»، هو لجنة تهتم بأخلاقيات الأبحاث عن طريق مراجعة الأساليب والوسائل المستخدمة في بحثٍ ما، بهدف ضمان كون تلك الأبحاث أخلاقية. وتُنشأ تلك للموافقة (أو الرفض) على أبحاث الطب الحيوي والأبحاث السلوكية التي تشمل البشر، ومراجعتها ومراقبتها. حيث يقوم المجلس بتحليل نسبة الأضرار إلى المنافع من أجل الموافقة على البحث أو رفضه. وهكذا يمكن القول بأن الهدف من «مجلس الاستعراض المؤسساتي» هو ضمان اتخاذ كافة الخطوات السليمة والمناسبة لحماية صحة وحقوق الخاضعين للدراسة البحثية. أنظر في ذلك:
https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AC%D9%84%D8%B3_%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D8%A7%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A4%D8%B3%D8%B3%D8%A7%D8%AA%D9%8A

كبير في إعداد البروتوكول الخاص بموافقة المتبرعين «المُسبقة والمُستنيرة» informed consent process[١١٨].

٧- العلم ووسائل الإعلام والجمهور:

من الأمور الجلية أن وسائل الإعلام والعلم ليس إحداهما بغريب عن الآخر. لأن كليهما لهما الهدف نفسه؛ جمع المعلومات، والضغط على قيمة الموضوعية والدقة، علاوة على تحمل أعباء المسئوليات المجتمعية الهائلة. وليس من غير المألوف أبدا أن يبحث العلماء عن تغطية وسائل الإعلام لانجازاتهم خلال إذاعة الأخبار، أو المؤتمرات الصحافية[١١٩]. من هذه الزاوية، دعم "جون كريج فينتر" وفريقه الاهتمامات المجتمعية المرتبطة بتطوير «المادة الوراثية المخلقة» synthetic genomics خلال إعلام المجتمع العلمي بكافة التطورات البحثية، وكذلك تثقيف صناع السياسة والصحفيين حتى يتمكنوا من المشاركة في مناقشات مستنيرة حول هذا الموضوع، بجانب تنظيم المحاضرات للمهتمين، والحديث إلى سائل الإعلام بكافة أطيافها، وتنظيم لقاءات مع أعضاء المجلس النيابي (الكونجرس). مع ملاحظة أن "جون كريج فينتر" وفريقه قد عملوا على تقديم هذه المحاضرات «بشكل روتيني» ومستمر لكافة أطياف المجتمع من: جمهور عادي، وأعضاء مجالس نيابية، وطلاب الجامعات والمدارس، وكافة المنظمات الأخرى[١٢٠].

والحقيقة أن ثمة أسباباً عدة تدفع العلماء إلى البحث عن هذه التغطية الإعلامية. مثل، إن العلماء قد يرون هذه الإنجازات حدثا عمليا مهما، فيريدون أن يطلع الجمهور عليه بأسرع وسيلة ممكنة. بجانب المسئولية المجتمعية التي تتطلب من العلماء أن يبادروا بإبلاغ المعلومات المهمة للجمهور تواً. بالإضافة إلى ذلك قد يرغب العلماء في التأثير على العامة بنتائج أبحاثهم بهدف زيادة الدعم المادي والشعبي للعلم بإطار عام، أو لجهود علمية في إطار خاص[١٢١].

وهكذا يرى الباحث أنه يمكن فهم ما قام به "جون كريج فينتر" وفريقه في هذا السياق تحت أكثر من زاوية، الأولى، «علمية» خلال إطلاع المجتمع العلمي بكافة التطورات البحثية التي تم إجراؤها خلالهم. والثانية، «تثقيفية» من أجل القيام بمناقشة هادفة وموضوعية حول تلك الأبحاث بناء على فهم وإدراك مسبق. والثالثة «توعوية» بهدف إطلاع العامة من كافة الاتجاهات بهذه الأبحاث بهدف إيجاد قبول وتفهم ودعم اجتماعي ومادي (من قبل دافعي الضرائب) لها من جهة، ودرء كافة الشكوك أو الإشاعات المروجة

(تاريخ الولوج : ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

[118] J. Craig Venter et al., The Sequence of the Human Genome, Op. Cit., P. 1306.

[١١٩] ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ صـ ١٦٨-١٦٩.

[120] J. Craig Venter Institute, First Self-Replicating Synthetic Bacterial Cell, Op. Cit., P. 1-2.

[١٢١] ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ صـ ١٦٩-١٧٠.

حولها من جهة أخرى. وهي أمور في مجملها تتوافق مع مبدأ من مبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» وهو المبدأ الخاص بـ«المداولات الديمقراطية».

٨- إدارة البيانات:

إن التساؤلات حول إدارة المعطيات أو البيانات أو في العلم لها تأثير جد مباشر حول مسألة «الانفتاحية»، فلكي نتشارك في البيانات من الأهمية بمكان ادخارها وجعلها سهلة الوصول للآخرين. ويمكن الاحتفاظ بالبيانات عبر أشكال متعددة، أما في بحث، أو أقراص حاسب آلي، أو شرائط التسجيل، أو شرائط الفيديو، أو الشرائط المصغرة (الميكروفيلم) ...إلخ. ولكي نضمن وصولها إلى الآخرين يجب أن تنظم بشكل جيد: أن المكتبة العامة سوف يكون نفعها ضئيلاً في حالة لو أن أحدا ليس باستطاعته أن يقرأ أو يجد ما يريده من محتوياتها[١٢٢].

والحقيقة أن ثمة أسباباً عدة تجعل من الأهمية بمكان أن نحتفظ بالبيانات: مثل: إن العلماء في أمس الحاجة لها بهدف فحص عملهم. بجانب أنها تمكن المراجعين أو النقاد من أن يتحققوا من البحث أو يفحصونه بدقة. بالإضافة إلى أن المعطيات أو البيانات دليل يؤكد أن البحث قد تم كما هو موصوف فعلاً [١٢٣]

تطبيقا لما سبق، عندها حصل "معهد جون كريج فينتر"، على أول «مادة وراثية اصطناعية مصغرة» ، كما سبق ذكره، قام المعهد بتسجيل «براءة اختراع التسلسل من الحد الأدنى من المادة الوراثية»، وتم اعتماد نموذج «مفتوح المصدر» يمكن لأي شخص الإطلاع عليه أو تحميله لتحقيق مبدأ «تبادل المنافع»[١٢٤].

ومع ذلك، بخصوص فكرة تسجيل براءة اختراع، ثمة كثير من المداولات حول «ما يمكن أن يغدو ملكية» تذهب فيما وراء السؤال عن كيفية إسهام ملكية شيء ما في إعاقة التقدم العلمي (أو أهداف مجتمعية أخرى). كثير يعارضون فكرة الملكية لبعض الأشياء على أسس غير نفعية. مثلاً، أقيمت الحجج ضد براءة اختراع أشكال الحياة باعتبار الأخيرة شيء مقدس، أو أنها بصورة ما لها قدسيتها في الإطار الخلقي العام، ومن ثم ينبغي ألا نعتبرها ملكية. وثمة من يجادل بأن منح براءة الحمض النووي البشري (الرمز الوراثي للإنسان) أو خطوط الخلايا إنما يعني النظر إلى الإنسان على أنه ملكية، مما يهدد الكرامة الإنسانية، أو يمكن أن يتسبب في استغلال البسطاء من العامة[١٢٥].

---

[١٢٢] المرجع نفسه، صـ صـ ١٣٩-١٤٠.

[١٢٣] المرجع نفسه، الموضع نفسه.

[124] Ainsley J. Newson, Op. Cit., P. 50.

[١٢٥] ديفيد بـ. رزنيك، مرجع سابق، صـ ١٦٨.

هكذا نجد أن المداولات والمناقشات حول الملكية الفكرية في هذا الإطار تثير أمورا تتعلق بكرامة وحقوق الإنسان، وطبيعة الأخير، والعدالة الاجتماعية. ولأن هذه الموضوعات تتخطى المنظور النفعي، فإن المقاربات النفعية للملكية الفكرية لا يمكن أن تحسم كافة التساؤلات المهمة بخصوص ما يمكن أن نتناوله باعتباره ملكية[١٢٦].

من هذه الزاوية، يمكن للباحث القول بأن "جون كريج فينتر" وفريقه خلال أبحاث حول تخليق «أول خلية اصطناعية»، و«المادة الوراثية»، قد حرصوا من جانب على الالتزام بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، بشكل خاص، وبالأخلاقيات العلمية والمهنية المؤسسة لها في هذا المجال بشكل عام. خلال التأكيد على مبادئ من قبيل: «السلامة الالتزام بالأخلاقيات المهنية والنزاهة»، و«الأمن البيولوجي»، و«الإدارة المسئولة»، و«حرية الفكر والمسئولية».

من جانب آخر، ثمة مبادئ خاصة بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» لم يتم الحديث عنها مثل «العدالة والإنصاف»، و«تقاسم المنافع» بحيث نعلم مدى استفادة الجميع من تلك الأبحاث وبخاصة في البلدان النامية. علاوة على أن ثمة تساؤلات تحيط بمسألة «الملكية الفكرية» وإضافة العلامات المائية وما إلى ذلك، ورفضها في مثل تلك البحوث، مما يضعها محل اتهام وشكوك من قبل البعض.

٥: موقف الدين من البيولوجيا التخليقية:

من الأمور الجلية أن الأبحاث في مجال «البيولوجيا التخليقية» قد باتت تثير إشكاليات دينية، حول مسألة التخليق أو التركيب. وهي إشكاليات قديمة الطرح دائما ما تتواكب حول المسائل المشابهة مثل مسائل الاستنساخ، والهندسة الوراثية التي تسعى إلى إنتاج أبقار وخنازير فائقة، ودواجن منخفضة الدسم، وحيوانات تنتج بدورها فيتامينات ومحفزات (هرمونات) بشرية، أو مركبات طبيبة أخرى مهمة. وهو ما يثير التساؤلات حول النتائج الاجتماعية والبيولوجية لهذه البحوث؟ وتمتد نحو موقف الدين منها.

عندما أعلن "جون كريج فينتر" عن الخلية «سينثيا»، سئل "هاملتون سميث" Hamilton Smith (١٩٣١م-)[*] – بوصفه مدير الأبحاث في معهد "جون كريج فنتر" – عما إذا كان الفريق يسعى إلى ما يمكن أن يطلق عليه تجاوز – «الخلق»، أجاب: "نحن لا نروج لفكرة أن العلماء يسعون إلى ذلك"[١٢٧]. ذلك أن عملية «تصميم وخلق الحياة» design and create life هي قدرة تُنسب إلى الله وحده، في

---

[١٢٦] المرجع نفسه، الموضع نفسه

[*] عالم أحياء دقيقة أمريكي، فاز بـ«جائزة نوبل» في العام ١٩٧٨م.

[127] Patrick Heavey, Synthetic Biology Ethics: A Deontologica Assessment, Bioethics, Volume 27, Number 8, 2013, P. 446.

مقابل أن عملية «تعديل الهياكل الحية» و«التوليف بينها» عبر «البيولوجيا التخليقية» هي عبارة عن عملية «تخليقية اصطناعية»(١٢٨).

أما بالنسبة لنظرة الدين في هذا المجال، يثار السؤال التالي، ما الذي يمكن أن يحدث لو تمكنت هذه العلوم من أن تصل إلى تغيير البشر بشكل جذري – وهو ما يطمح إليه بعض العلماء – بحيث يتم التغيير في تركيبهم البيولوجي أو طبائعهم؟ والواقع إن هذا التساؤل لابد وأن يحدث تغييرات في التناول التقليدي في مجال الشرع والقانون، وهو ما يطرح بالتبعية تساؤلات حول ما الذي يستطيع رجال الدين تقديمه في هذا المجال؟، ولا سيما بسبب حداثته، وهو ما يعني أهمية أن يستوعب الدين المستحدثات في مجالي الطب والبيولوجيا(١٢٩).

من هذا المنطلق، نتساءل، في البحث الحالي، حول موقف الأديان السماوية بصفة عامة، والدين الإسلامي الحنيف بصفة خاصة، من بحوث «الحياة الاصطناعية» و«البيولوجيا التخليقية» خصوصا بعد إنشاء «أول خلية اصطناعية» وما تابعها من أحلام بما هو أكبر؟

وللإجابة على هذه التساؤلات يجب أن نعرف في البداية أن لهذا المجال جانبين مثله مثل كافة العلوم الأخرى: جانب إيجابي وآخر على العكس سلبياً. أما الجانب الإيجابي فهو الأهداف والغايات النبيلة التي يهدف إليها هذا العلم من قبيل السعي نحو خلاص الإنسانية من عللها الوراثية عبر تغيير الرموز الوراثية، بجانب العمل على البحث في أنواع العلاج المختلفة لأمراض مستعصية من قبيل السرطان، وغيرها من البحوث في مجال الغذاء، والزراعة، والصناعة(١٣٠).

أما الجانب السلبي فهو التطبيقات التي قد يحلم بعض العلماء بالوصول إليها، مثل تغيير الطبيعة الإنسانية عبر تغيير التراكيب الوراثية، مما قد يضيع السمات التي تتشكل الإنسانية خلالها، ويلغي في الوقت ذاته إرادة الإنسان وحريته. كذلك قد يحاول البعض المزج بين الأجناس المتباينة من حيوانات ونباتات بهدف استخدامهم لأهداف عدة، كأن يتم المزج بين النبات والإنسان من أجل تخليق كائن يحيى على البناء الضوئي، أو ما يمكن أن نطلق عليه «الإنسان الأخضر» وغيرها من المحاولات العبثية التي قد تمس البشر بشكل مباشر أو غير مباشر. فما هو موقف الشرع من هذين الجانبين؟(١٣١)

بداية، يذهب الشرع إلى الإباحة من ناحية إذا كان المأمول من هذا العلاج إنقاذ الإنسانية من علل وراثية، حيث يندرج هذا في التصرفات المباحة إن لم يكن على سبيل الوجوب فعلى وجه الإباحة أو الندب، لأنه من صنف المأمور به في نصوص الشريعة التي تدعوا إلى السعي نحو العلاج ودرء المفسدة

---

(128) Allen Buchanan, Op. Cit., P. 4.

(١٢٩) ناهد البقصمي، مرجع سابق، صـ ١٨١.

(١٣٠) المرجع نفسه، صـ ١٨١.

(١٣١) المرجع نفسه، صـ صـ ١٨١-١٨٢

وإزالة الضرر، مع تأكيدها على أهمية تحصيل النافع والحرص عليه. وهذا يدخل فيما أحله الله –عز وجل – بقول تعالى:[١٣٢]

(وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ)[*]

في سياق متصل، ينظر كثير من فقهاء الإسلام إلى البحث في مسألة المادة الوراثية للبشر وقراءتها بوصفها جزءاً من تعرف الإنسان على نفسه ومعرفة سنن الله في خلقه؛ وإذا كان هذا الأمر فيه نوعاً من التعرف على بعض العلل الوراثية وبيان احتمالية الإصابة بها من عدمه، فهو إضافة جد قيّمة للعلوم الطبية والصحية في مسعاها الرئيس نحو التداوي من الأمراض المختلفة أو الوقاية منها مما يلج في باب الفروض الكفائية؛ أي إنّ الرؤية هنا هي رؤية تقنية محايدة، وإنّ موقف الشريعة فيها يكون وفقاً لنمط الاستخدام الذي يشمل: الهندسة الوراثية، والعلاج الوراثي، ولذلك دائماً ما تتكرر كلمات مثل إجراء واستخدام لتعبّر عن تلك النظرة العملية التقنية[١٣٣].

وبهذا صدرت توصية المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية في ندوتها المنعقدة بهذا الشأن والتي جاء فيها: (إن مشروع قراءة الهندسة الإنسانية، وهو رسم خريطة المواد الوراثية الكاملة للإنسان، هو جزء من تعرف الإنسان على نفسه، واستكشافه سنة الله في خلقه)[١٣٤].

في الإطار ذاته، ينظر إلى مسألة أخذ مادة وراثية سليمة من إنسان غير مصاب بالمرض، ثم القيام باستنساخها معملياً؛ بهدف إنتاج كميات منها، وبعد ذلك يتم نقلها بواسطة ناقل ملائم إلى خلايا الإنسان المريض بالإباحة. وبه قال جمهور الباحثين، فقد صدرت بذلك التوصية من الندوات العلمية، والمجامع الفقهية. وجه الدلالة في ذلك: إن الأمراض الوراثية تدخل ضمن جملة الأمراض، والنقل الوراثي فيه علاج من هذه الأمراض خلال إزالة أسبابها، فيدخل في عموم العلاج المباح شرعًا. وقيدوا الإباحة بالشروط التالية[١٣٥]:

- أن لا يتسبب في ضرر يفوق الضرر الأصلي.
- تحقق الغاية من هذا النقل، بتقليل آثار المرض أو الشفاء التام منه.
- أن يقرر هذا العلاج لهذا المرض، بحيث يكون من الصعوبة بمكان إيجاد بديل آخر.

---

[١٣٢] المرجع نفسه، صـ ١٨٢

[*] سورة الجاثية: آية ١٣.

[١٣٣] معتز الخطيب، الحدود الأخلاقية للتدخل الجيني :النقاش الفلسفي والفقهي حول أخلاقيات التقنية الوراثية، مقال بمجلة: تبين: للدراسات الفلسفية والنظريات النقدية، المجلد السابع، العدد ٢٧، المركز العربي للأبحاث ودارسات السياسات، الدوحة، قطر، شتاء ٢٠١٩م، صـ ٥٠.

[١٣٤] عدنان بن عوض رشيد الرشيدي، أحكام الهندسة الإنسانية: دراسة فقهية مقارنة، مقال بمجلة: كلية الدراسات الإسلامية للبنين، العدد ٣٥، الجزء ٤، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر، ٢٠١٨م، صـ ٢٤٥٢.

[١٣٥] المرجع نفسه، مرجع سابق، صـ صـ ٢٤٦٤-٢٤٦٥.

- حصول الموافقة المعتبرة شرعًا بين المنقول إليه والمنقول منه.

أما بالنسبة لموقف الأديان السماوية، غير الإسلام، فالملاحظ أن ثمة حجتان لاهوتيتان في هذا السياق، الأولى، ترى يرى أن «الحجة اللاهوتية» The theological argument في هذا المجال تنبع من حقيقة مفادها أن الحياة مقدسة ويجب ألا يغيرها البشر بأي شكل من الأشكال، وهذه الحجة يمكن الرد عليها دينياً أيضاً، ذلك أن معظم اللاهوتيين أنفسهم يتفقون على أن الله يعبر عن نفسه في كل وجه من أوجه الخليقة. وبالتالي يمكن اعتبار ذلك تعبيراً عن الإرادة الإلهية الحرة التي مكنت الإنسان من ذلك(١٣٦).

أما حجة اللاهوتية الأخرى، فهي نابعة من فكرة أن هذا يعد تغير في طبيعة الأساسية للكائن الحي بطريقة لن تحدث أبدًا بشكل طبيعي، وبالتالي من غير الأخلاقي القيام بذلك. هذه الحجة أيضاً يمكن الرد عليها خلال تعريف التقنية، حيث تعرف الأخيرة، بأنها تغيير الطبيعة من أجل تحسين المعيشة. وهو ما قبلناه جميعا خلال كافة منجزات التقنية، والحالة هنا مثلها مثل التقنية، قائمة على الإبداع البشري من أجل تغيير فحوى النظام الطبيعي بهدف تحسين المعيشة، ولا يوجد سبب يجعلها ليست متوافقة مع الدين أو غير أخلاقية(١٣٧).

في المقابل، نتساءل حول حكم الشرع في الجانب السلبي؟، وهو محاولة تبديل فطرة الإنسان وتغيير الخلقة والعبث بتركيبه الوراثي بحيث يمكن تسخيره والسيطرة عليه من أجل تحقيق أهداف شريرة؟ إن هذا كله مخالف لفطرة الله التي فطر الناس عليها وللسنن الإلهية، إذ يقول الله – جل جلاله – إن أي سعي إلى تغيير خلق الله ما هو إلا طاعة لما يأمرنا به الشيطان أن يدعوا إلا شيطانا:

(وَلَأُضِلَّنَّهُمْ وَلَأُمَنِّيَنَّهُمْ وَلَآمُرَنَّهُمْ فَلَيُبَتِّكُنَّ آذَانَ الْأَنْعَامِ وَلَآمُرَنَّهُمْ فَلَيُغَيِّرُنَّ خَلْقَ اللَّهِ ۚ وَمَن يَتَّخِذِ الشَّيْطَانَ وَلِيًّا مِّن دُونِ اللَّهِ فَقَدْ خَسِرَ خُسْرَانًا مُّبِينًا)(*)

ولذلك رفضها الفقهاء على أساس أنها محاولات لتغيير فطرة الله التي فطرنا عليها. إذ إن الله حرم كل ما يغير فطرة الإنسان الحقة(١٣٨).

في السياق نفسه، ينظر لمسألة العلاج الوراثي بالخلايا، أو تغيير الخلقة بغرض التحسين عن طريق العلاج الوراثي، أنه قد يترتب على هذه العملية جملة من الأضرار، منها(١٣٩):

---

(136) Jagadish M. & Anne Rvaz, Op. Cit., P. 3.

(137) Ibid, P. 3.

(*) سورة النساء: آية ١١٩.

(١٣٨) ناهد البقمصي، مرجع سابق، صـ صـ ١٨٢-١٨٣.

(١٣٩) عدنان بن عوض رشيد الرشيدي، مرجع سابق، صـ ٢٤٦٠.

- عدم قيام المادة الوراثية المنقولة المنقول بوظيفتها، بجانب التخوف من أن تتفاعل مع المواد الوراثية الأخرى، مما يتسبب في الإصابة بأمراض أخرى غير معروفة، ولا يستدل لها على علاج.
- احتمالية أن تتسبب المادة الوراثية المنقولة في نمو خلايا سرطانية لاحقاً.
- حداثة هذا الصنف من العلاج، وعدم جلاء معالمه، مما يجعله مفتقداً للإخصائيين الحاذقين في هذا المجال، ومما يجعل في الوقت ذاته عملية ضبط هذا العلاج بالضوابط العلمية المناسبة عملية جد صعبة، ولهذا ترتفع نسبة المخاطرة.

وعليه، فإن القواعد الفقهية التي بينتها الشريعة الإسلامية تقرر المنع من هذا الإجراء كما ذهب الفقهاء: "إنه إذا اجتمع للمضطَّر مُحرَّمَان كل منهما لا يُباح دون الضرورة، وجب تقديم أقلهما ضررًا وأخفهما مفسدة؛ لأن الزيادة التي لا ضرورة إليها لا تباح". وقالوا أيضًا: "الأصل إن من ابتلي ببليتين – وهما متساويتان – يأخذ بأيتهما شاء، وإذا اختلفتا، يختار أيسرهما لأن مباشرة الحرام لا تباح إلا لضرورة ولا ضرورة في حق الزيادة". وربما عبروا عن القاعدة بلفظ: "إذا تعارض مفسدتان رُوعي أعظمهما ضررًا بارتكاب أخفهما"(١٤٠).

علاوة على ذلك، فالتعديل الوراثي مفتاح لمنع الإصابة بالأمراض الوراثية المُضنية، فهو يعطي الأمل للملايين في أرجاء العالم، إلا أن هذه التقنية تمُهد الطريق نحو «تصميم» أبنائنا في المستقبل وتعزيز موادهم الوراثية وانتقاء صفات مرغوبة من قبيل مستوى الذكاء، ولون العيون، وطول القامة. وبسبب ذلك، تم القيام بعديد التراكيب الوراثية التي سعى في بنائها علماء الهندسة البيولوجية، كما تمكنوا كذلك من تصويب عديد من الأخطاء في بعض التراكيب الوراثية بتجميع تراكيب من الحمض النووي طويلة وخالية بشكل نسبي من الخطأ. وقد سارت الأبحاث والمعامل البحثية خُطوات جد متسارعة نحو العلاج الوراثي عن طريق إصلاح هذه المواد الوراثية، أو استئصال المسبب للمرض منها وتغييرها بأخرى سليمة(١٤١).

ومن الأهمية بمكان أن نعلم أنه إذا كان لهذا التعديل الوراثي فوائد وإيجابيات تصب في صالح البشرية فإن ثمة مثالب وأخطار تمس البشرية أيضاً، كما ينبغي أن نعلم أنه لا يمكن التلاعب بالمواد الوراثية من أجل الحصول على خلق آخر فهذا من الأمور المستحيلة عقلا مصداقًا لقوله تعالى:

---

(١٤٠) المرجع نفسه، الموضع نفسه.

(١٤١) سمية عبد العاطي محمد، التلاعب بالجينات الوراثية: دراسة فقهية مقارنة، مقال بمجلة: البحوث الفقهية والقانونية، العدد ٣٩، كلية الشريعة والقانون، جامعة الأزهر، دمنهور، مصر، أكتوبر ٢٠٢٢م-١٤٤٤هـ، صـ ٢٢٥١.

(لا تَبْدِيلَ لِخَلْقِ اللهِ)(*)

وذلك يعني أن ثمة قانون علوي إلهي يحكم الكون والطبيعة، عليه فلن يستطيع أحد – مهما وصل من تطور وتقدم في درجات العلم – أن يتمكن من تبديل هذا القانون بقانون آخر على وجه الإطلاق، فهو سبحانه الذي ضرب مثلاً ما بعوضة فما فوقها، فهل بإمكان علماء المواد الوراثية و«التخليق» أن يتحدوا هذا المثل ويأتوا بعكسه، لا إطلاقا(١٤٢).

والخلاصة، يمكن القول أنه لا توجد دراسات دينية – إسلامية تحديدا – حول موقف الدين من هذا المجال، «البيولوجيا التخليقية»، وما قام به الباحث، به في البحث الحالي، هو محاولة لتقريب المفاهيم خلال الدراسات السابقة والقريبة لمجال البحث، حول قراءة المادة الوراثية وتعديلها والعلاج بها لما بينهم وبين موضوع الدراسة من عوامل مشتركة وقريبة.

وكما هو الحال في أي موضوع من هذه المواضيع الشائكة والجديدة، ثمة جانبين، إيجابي مباح؛ يتعلق بما لهذا المجال من فؤاد ومنافع للإنسان بوصفه نوعا من التداوي المشروع. أو ما يحمله من خير للبشرية في مجالات مثل الأدوية، والغذاء، وتوفير الطاقة، والحد من الملوثات. وسلبي محرم؛ عندما تتحول إلى وسيلة للإضرار بالإنسان والبيئة، أو عندما تجنح إلى البحث في تغيير فطرة الله في خلقه. وسوف تكون عندئذ تلك البحوث قد وصلت إلى طريق مسدود، وحكمت على نفسها بالجمود، مصداقاً لقوله تعالى في كتابه الحكيم:

(يَا أَيُّهَا النَّاسُ ضُرِبَ مَثَلٌ فَاسْتَمِعُوا لَهُ ۚ إِنَّ الَّذِينَ تَدْعُونَ مِن دُونِ اللَّهِ لَن يَخْلُقُوا ذُبَابًا وَلَوِ اجْتَمَعُوا لَهُ ۖ وَإِن يَسْلُبْهُمُ الذُّبَابُ شَيْئًا لَّا يَسْتَنقِذُوهُ مِنْهُ ۚ ضَعُفَ الطَّالِبُ وَالْمَطْلُوبُ)(*)

الخاتمـة:

تأسيسا على ما سبق، فقد توصلت الدراسة إلى عدة نتائج من أهمها:

١- تؤكد الدراسة، أن «البيولوجيا التخليقية» هي علم يتضافر فيه جهود علماء من عدة تخصصات مختلفة ومتباينة، وهم علماء: البيولوجيا، والهندسة، والكيمياء، والفيزياء، والحاسب الآلي. من أجل تحقيق هدف واضح ومحدد، ألا وهو تطوير عملية التركيب المخبري للمواد الوراثية نحو التدخل في تصميمها بالحاسب الآلي عبر مسارات غير طبيعية.

٢- تؤكد الدراسة، أن «البيولوجيا التخليقية» تمتد نحو محاولة إفادة البشرية بمنجزات حيوية تخليقية، من قبيل: مبيدات آفات لا تضر البيئة، ووقود حيوي، وما إلى ذلك. وثمة مساع، في الوقت

(*) سورة الروم: آية ٣٠.

(١٤٢) سمية عبد العاطي محمد، مرجع سابق، صـ ٢٢٥٢.

(*) سورة الحج: آية ٧٣.

الحالي، نحو إمكانية تركيب أدوية بشكل فردي تبعاً للمادة الوراثية لكل شخص، أو السعي لإعادة تخليق خلايا بعض الكائنات المنقرضة في العصور السابقة.

٣- تؤكد الدراسة، أن «البيولوجيا التخليقية» تعد بمثابة ثورة في علم البيولوجيا، ذلك أنها تمثل ترجمة لتاريخ التطور في العلم والتقنية، من تعقب الظواهر والتأويل، إلى التدخل والسيطرة، وصولاً إلى التركيب والتصميم والابتكار.

٤- تؤكد الدراسة، أن تطبيقات «الحياة الاصطناعية» تعد بمثابة «التطبيق العملي» لبحوث «البيولوجيا التخليقية»، خلال محاولة محاكاة الظواهر البيولوجية بشكل تقني عبر تقديم تطبيقات تقوم بالمزج بين الأنماط الحياتية الطبيعية والأنظمة الاصطناعية لتقديم صنف من «الحياة الاصطناعية».

٥- تؤكد الدراسة، أن أبحاث "جون كريج فينتر" وفريقه، كان لها السبق، وفق ما ذهبت إليه «اللجنة الرئاسية الأمريكية لدراسة القضايا الأخلاقية»، في تخليق «أول خلية بكتيرية اصطناعية ذاتية التكاثر». أو ما يطلق عليها باختصار «خلية فينتر». كما يحسب لها، أيضاً، «فك رموز المادة الوراثية» للإنسان، مما مكنها من «قراءة كامل تسلسل المادة الوراثية» للأخير. وقد تم الاستفادة من تلك الأبحاث في مجالات عدة، منها، تطوير اللقاحات المضادة لبعض الفيروسات، والطب الحيوي، والأدوية، بالإضافة إلى مساع للاستفادة منها في مجالات تشخيص الأمراض ومعرفة مسبباتها الوراثية، علاوة على تقديم رؤى جديدة لفهم عمليات التكيف لدى الكائنات الحية بما فيها الإنسان، وهو ما ساهم بدوره في تطور علم البيولوجيا.

٦- تؤكد الدراسة، أن أبحاث "جون كريج فينتر" حول تخليق «أول خلية بكتيرية اصطناعية ذاتية التكاثر» تتحابك مع تطبيقات «الحياة الاصطناعية»، المعتمدة على «البيولوجيا التخليقية»، ذلك أن أحد المساعي الرئيسة لـ«الحياة الاصطناعية» هو تصميم نماذج اصطناعية للحياة، ولا مَنْدُوحة أن تكون أول هذه المساعي هي بناء أبسط أشكال الحياة الممكنة. حيث تُفهم الأخيرة على أنها نمط تنظيمي متكاثر ذاتيًا يبني نفسه بطريقة بسيطة وقادرة على التطور.

٧- تؤكد الدراسة، أن «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» تنبع من عدة أسس وأصول، ابتدأ من قسم "أبقراط" في القرن الخامس قبل الميلاد، وصولاً إلى «أسس أخلاقيات الطب» التي وضعها "توماس بيرسيفال" في القرن الثامن عشر الميلادي. علاوة على محاور أخلاقية مهمة، لا تنفصل عنها بأي حال من الأحوال، وتشكل في الوقت ذاته أسساً لها، بداية من «أخلاقيات العلم»، ومروراً بـ«الأخلاق التطبيقية»، و«أخلاقيات الحياة الاصطناعية»، و«أخلاقيات الهندسة الوراثية»، وانتهاءً بـ«أخلاقيات البيولوجيا».

٨- تؤكد الدراسة، أن التطورات المتلاحقة في مجال تطبيقات «الحياة الاصطناعية» قد أتاحت فرصاً واعدة لتحسين حياة الإنسان لا سيما في مجالات الأطراف الاصطناعية ذات الوظائف المتقدمة، والكراسي المتحركة الذكية، بيد أنه في الوقت ذاته يخشى الكثير من أن يؤثر هذا الزحف التقني الاصطناعي على سلامة المحيط الحيوي أو الإنسان، أو أن تصعب السيطرة على الكائنات المتولدة اصطناعياً مستقبلاً، ناهيك عن إمكانية استغلال هذه التطبيقات في الحروب والنزاعات. من هذا المنطلق ظهر الحديث عن «أخلاقيات الحياة الاصطناعية»، وهي تشمل مجموعة من المحاور الأخلاقية المهمة، والتي يمكن تقسيمها إلى «أربع فئات عريضة»، تبدأ من: «احترام قدسية المحيط الحيوي»، مرورا بـ«احترام قدسية حياة الإنسان»، بالإضافة إلى مسألة «المعالجة المسئولة لأشكال الحياة المتولدة حديثا»، وانتهاءً بـ«تجنب مخاطر استغلال الحياة الاصطناعية».

٩- ذهبت الدراسة، إلى أن «أخلاقيات الهندسة الوراثية»، تهدف إلى مراعاة «ثلاثة مناظير أخلاقية» خلال بحوث «الهندسة الوراثية»: «منظور العدالة»، و«منظور البيئة»، و«المنظور الإنساني».

١٠- أكدت الدراسة على وجود أربعة مبادئ لـ«الأخلاق البيولوجية»، هي: «مبدأ استقلال الذات»، و«مبدأ الإحسان»، و«مبدأ عدم الإيذاء»، و«مبدأ العدالة».

١١- تؤكد الدراسة، أن البحوث في «البيولوجيا التخليقية» بحاجة ماسة إلى أخلاقيات تؤطرها، فمع الآفاق اللانهائية التي تفتحها مثل تلك البحوث أمام مزيد من التخليقات والتركيبات في الخلايا والمواد الوراثية، فإنها تطرح في الوقت ذاته تخوفات مباشرة من تأثيرها على الإنسان، وتحولها من أداة مساعدة تحقق نفع طبياً أو بيئياً، إلى بديل محتمل، أو أن تشكل ضرراً على الإنسان والبيئة وسلامة المحيط الحيوي. فقد أشاعت أزمة فيروس كورونا الأخيرة الرعب من إمكانية تخليق فيروسات، أو أن يتسرب فيروس ما، سواء أكان ذلك بقصد أم سوء قصد، من أحد مختبرات البيولوجيا التخليقية ويدخل العالم في جائحة مهلكة، بجانب التخوفات المشروعة من أن لا يجني ثمار منجزات بحوث «البيولوجيا التخليقية»، لا سيما في مجال الطب، سوى الفئة القليلة القادرة على دفع ثمن تكلفتها الباهظة. وهو ما استدعى الحديث عن ثلة من الأطر أو المبادئ الأخلاقية التي من الأهمية بمكان مراعاتها في بحوث «البيولوجيا التخليقية»، وهي ما باتت تعرف بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، وتتمثل في مبادئ: «المنفعة العامة»، و«تقاسم المنافع»، و«الإدارة المسئولة»، و«حرية الفكر المقترنة بالمسئولية"، و«المداولات الديمقراطية»، و«السلامة والأمن البيولوجي»، و«العدل والإنصاف»، و«الالتزام بالأخلاقيات المهنية والنزاهة».

١٢- تؤكد الدراسة أن المبادئ الأخلاقية المذكورة، هي مبادئ «عامة» و«نسبية». «عامة» من ناحية أنها يجب أن يلتزم بها كافة المشاركين في مجال «البيولوجيا التخليقية» على اختلاف

تخصصاتهم. و«نسبية» من ناحية أنها بسبب حداثة مجالها، وكثرة المستجدات البحثية فيه، وما به من تطورات متسارعة، تكون دائماً عرضة للإضافة والتعديل والتطوير بشكل متلاحق.

١٣- خلصت الدراسة؛ إلى أن "جون كريج فينتر" وفريقه خلال أبحاثهم حول تخليق «أول خلية اصطناعية»، و«المادة الوراثية» المرتبط بها، قد حرصوا، من جانب، على الالتزام بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، بشكل خاص، وبالأخلاقيات العلمية والمهنية المؤسسة لها في هذا المجال بشكل عام. عبر الالتزام بأخلاقيات من قبيل: «النزاهة والشفافية»، و«المنفعة العامة»، و«السلامة والأمن البيولوجي»، و« أخلاقيات البحث العلمي على البشر»، و«حقوق الخصوصية»، و«المشروعية»، و«الانفتاح على ووسائل الإعلام والجمهور»، و«إدارة البيانات». ومن جانب آخر، ثمة تساؤلات ملحة تحيط بتلك الأبحاث حول مسألة «الملكية الفكرية» ورفضها في مثل تلك البحوث، بجانب الهواجس التي ما زالت مرتبطة بها وبتطويرها على الإنسان والبيئة.

١٤- تؤكد الدراسة، أن جائحة «فيروس كورونا» الأخيرة، قد ألقت الضوء على أهمية الالتزام بمبادئ «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» لدرء أي عواقب تخل بالسلامة العامة والأمن البيولوجي. فقد أثبت نموذج الدراسة: «خلية فينتر» إمكانية تخليق فيروسات بالفعل. وحتى وإن كانت الإشاعات المتواترة حول تخليق «فيروس كورونا»، أو تسربه من أحد مختبرات «البيولوجيا التخليقية»، لم ترق إلى حيز التأكيد، إلا أنها فتحت الباب واسعاً نحو الحديث عن أهمية الالتزام بـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية» وتفعيلها خلال سن قوانين وإيجاد أطر ناظمة لمثل تلك البحوث.

١٥- أكدت الدراسة، على أنه لا توجد دراسات دينية – إسلامية تحديداً – حول موقف الدين من «البيولوجيا التخليقية»، وما تم تناوله في البحث الحالي ما هو إلا مقاربات خلال الدراسات السابقة والقريبة لمجال البحث، حول «الهندسة الإنسانية» لما بينهم وبين موضوع البحث من عوامل مشتركة وقريبة. وكما هو الحال في كثير من المواضيع الفقهية المشابهة، ثمة جانبان، الأول، يذهب إلى إباحة مثل تلك البحوث لما تتضمنه من فؤاد ومنافع للإنسان بوصفها نفعاً أو شكلاً من أشكال العلاج المشروع. والآخر، يحرمها في حالة خطورتها على الإنسان والبيئة، أو الجنوح إلى البحث في تغيير فطرة الله التي فطرنا عليها. إذ إن الله حرم كل ما يمكن أن يؤثر في طبيعة الإنسان الأصلية وفي الإضرار بكافة الكائنات الحية والبيئة.

١٦- تدعوا الدراسة، إلى مراجعة مؤسسية دولية، ويا حَبَّذا لَوْ كانت تحت إشراف «هيئة الأمم المتحدة»، بهدف مراجعة قواعد منح وتسجيل براءات الاختراع في مجال المواد الوراثية المستخلصة من الطبيعة سواء أكانت إنسانية، أم من كائنات أخرى. وحصرها في مجالات محددة مثل الأدوية المعتمدة عليها، باعتبار أن المواد الوراثية الطبيعية تعد بمثابة إرث مشترك، وهبة من الخالق – عز وجل – لا يجوز بأي حال من الأحول اعتبارها ملكية لعالم أو جهة بحثية ما.

١٧- تدعوا الدراسة، إلى الانفتاح في مجال الدراسات الفقهية نحو مجال «البيولوجيا التخليقية»، لبيان موقف الدين منها بشكل واضح ومحدد. ذلك أن كافة الدراسات الدينية التي تتناول مجال المواد الوراثية تركز اهتمامها على موقف الدين من قضايا «الهندسة الوراثية» ولا تتطرق إلى المنجزات الأخرى في مجال البيولوجيا.

١٨- تقترح الدراسة، إقامة دورات متخصصة، ذات اعتماد دولي، حول «أخلاقيات البيولوجيا التخليقية»، لا سيما للعاملين والمهتمين بالقضايا والإشكالات البحثية المرتبطة بهذا المجال.

١٩- توصي الدراسة، بأهمية تبني كافة المنظمات الدولية، والمراكز البحثية، تطبيق نهج ملزم ودقيق ومحدد لـ«أخلاقيات البيولوجيا التخليقية». وأن يكون شرطاً مهماً للعمل في هذا المجال نيل إجازات تخصصية معتمدة.

المصادر والمراجع:

م:١: المصادر:

1- J. Craig Venter, A life Decoded: My Genome: My Life, Penguin Group, New York, U.S.A., 2007.
2- ----------, et al., Synthetic chromosomes, genomes, viruses, and cells, Cell 185, Published by Elsevier Inc., July 21, 2022, PP. 2708-2724.
3- ----------, et al., The Sequence of the Human Genome, Science, Vol. 291, 2001, PP. 1304-1351.
4- J. Craig Venter Institute, First Self-Replicating Synthetic Bacterial Cell: Fact Sheet: Ethical and Societal Implications/Policy Discussions about Synthetic Genomics Research at JCVI, Medical Center Drive, Rockville & Science Center Drive, San Diego, U.S.A.

م:٢: المراجع:

م ٢ : ١: مراجع باللغات الأجنبية:

5- Ainsley J. Newson, "Synthetic Biology: Ethics, Exceptionalism and Expectations", Macquarie Law Journal, Vol. 15, 2015, PP. 45-58.
6- Alex Rosenberg & Daniel W. McShea, Philosophy of Biology: A Contemporary Introduction, Routledge, New York, U.S.A, 2008.
7- Allen Buchanan, The Ethics of Synthetic Biology: Suggestions for a Comprehensive Approach, 2010, PP. 1-8.
8- Amy Gutmann, "The Ethics of Synthetic Biology: Guiding Principles for Emerging Technologies," Hastings Center Report, Vol. 41, No. 4, 2011, PP. 17-22.
9- Desmond S. T. Nicholl, An Introduction to Genetic Engineering: Third Edition, Cambridge University Press, New York, U.S.A, 2008.
10- Jagadish M. & Anne Rvaz, Ethics in Genetic Engineering: Seminar Report Problems in Social Ethics, Department of Computer Science and Engineering, Indian Institute of Technology, Bombay, Mumbai, India, PP. 1-8.
11- Kathryn L. Garner, Principles of synthetic biology: Review Article, Essays in Biochemistry, Portland Press, Oregon, U.S.A, 2021.
12- Leonard R. Brand & L. James Gibson, An Interventionist Theory Of Natural Selection And Biological Change Within Limits, Origins, Vol. 20, No. 2, 1993, PP. 60-82.

13- Luis Serrano, Synthetic biology: promises and challenges, Molecular Systems Biology, Volume 3, Issue 1, EMBO and Nature Publishing Group, January 2007, PP. 1-5.
14- Maciej Komosinski, Artificial Life and Nature-Inspired Algorithms, Lecture script, 2023.
http://www.cs.put.poznan.pl/mkomosinski/lectures/MK_ArtLife.pdf
15- Maria Belén Paredes & Maria Eugenia Sulen, An overview of synthetic biology, Revista Bionatura, Volumen 5,Número 1, 2020, PP. 1088-1092.
16- Mark A. Bedau, Artificial life: organization, adaptation and complexity from the bottom up, TRENDS in Cognitive Sciences Vol.7 No.11 November 2003, PP. 505-512.
17- ----------, el al., Open Problems in Artificial Life, Artificial Life, Vol. 6, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, U.S.A., PP. 363-376.
18- Matti Hāyry, Synthetic Biology and Ethics: Past, Present, and Future, Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics, Vol. 26, Cambridge University Press 2017, PP. 186-205
19- Michele S. Garfinkel, et al., "Synthetic Biology,", in From Birth to Death and Bench to Clinic: The Hastings Center Bioethics Briefing Book for Journalists, Policymakers, and Campaigns, ed. Mary Crowley, New, York, U.S.A., 2008, PP. 163-168.
20- Moshe Sipper, An Intro duction To Articial Life, Explorations in Articial Life (special issue of AI Expert), Miller Freeman, September, 1995. PP. 4-8.
21- Nediljko Budisa, Life at the Speed of Light. From the Double Helix to the Dawn of Digital Life By J. Craig Venter, Angewandte Chemie, 53, September 2014, PP. 2-3.
22- Patrick Heavey, Synthetic Biology Ethics: A Deontologica Assessment, Bioethics, Volume 27, Number 8, 2013, PP. 442–452.
23- Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, New Directions: The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies, , Government Printing Office, Washington, D.C., U.S.A., December 2010.
24- R. G. Frey & Christopher Heath Wellman (Editors), A Companion to Applied Ethics, Blackwell Publishing, New Jersey, U.S.A, 2003.
25- Sara Patuzzo el al., Thomas Percival: Discussing the foundation of Medical Ethics, Acta Biomed, Vol. 89, 2018, PP. 343-348

م:٢:٢: المراجع العربية:

☐م:٢:٢:١ دراسات:

٢٦- أحمد فتحي سرور، أخلاقيات العلوم البيولوجية، مقال في مجلة: المجمع العلمي المصري، المجلد ٧٩، القاهرة، مصر، ٢٠٠٣م. صـ صـ ١-٢٠.
٢٧- حسين السعدي وحسين داوود، أساسيات علم الأحياء، دار اليازوري، بغداد، العراق، ٢٠٠٥م.
٢٨- جورج شحاته قنواتي، تاريخ الصيدلة والعقاقير: في العهد القديم والعصر الوسيط، أوراق شرقية للطباعة والنشر والتوزيع، طـ٢، بيروت، لبنان، ١٩٩٦م.
٢٩- خديجة زنتلي (تحرير)، الأخلاقيات التطبيقية: جدل القيم والسياقات داخل العلم، كلمة للنشر والتوزيع، أريانه، تونس، ٢٠١٥م.
٣٠- سعيد محمد الحفار، البيولوجيا ومصير الإنسان، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٣٨، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، نوفمبر ١٩٨٤م.

٣١- سمية عبد العاطي محمد، التلاعب بالجينات الوراثية: دراسة فقهية مقارنة، مقال في مجلة: البحوث الفقهية والقانونية، العدد ٣٩، كلية الشريعة والقانون، جامعة الأزهر، دمنهور، مصر، أكتوبر ٢٠٢٢م-١٤٤٤هـ، صـ صـ ٢٢٣١-٢٣٢٦.

٣٢- عدنان بن عوض رشيد الرشيدي، أحكام الهندسة الإنسانية: دراسة فقهية مقارنة، مقال بمجلة: كلية الدراسات الإسلامية للبنين، العدد ٣٥، الجزء ٤، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر، ٢٠١٨م، صـ صـ ٢٤٣٧-٢٤٨٠.

٣٣- مصطفى عبد الرؤف راشد أحمد، الأسس المعرفية للأخلاق البيولوجية ومبادئها: المنفعة العامة أساس الأخلاق البيولوجية، مقال في مجلة: عالم الفكر، العدد ١٨٠، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، أكتوبر – ديسمبر ٢٠١٩م، صـ صـ ٢٠١-٢٤٢.

٣٤- معتز الخطيب، الحدود الأخلاقية للتدخل الجيني :النقاش الفلسفي والفقهي حول أخلاقيات التقنية الوراثية، مقال في مجلة: تبين: للدراسات الفلسفية والنظريات النقدية، المجلد السابع، العدد ٢٧، المركز العربي للأبحاث ودارسات السياسات، الدوحة، قطر، شتاء ٢٠١٩م، صـ صـ ٤٣-٧١.

٣٥- ناهد البقصمي، الهندسة الوراثية والأخلاق، سلسلة عالم المعرفة، العدد ١٧٤، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يونيو ١٩٩٣م.

٣٦- هناء صبري محمد عبد الناصر، الهوية البشرية وأخلاقيات البيولوجيا في فلسفة ديفيد ديجرازيا، مقال في مجلة: وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية (JWADI)، المجلد ٣٠، العدد ٣٠، كلية الآداب، فرع الخرطوم، جامعة القاهرة، القاهرة، مصر، ٢٠٢١م، صـ ٢٥٥-٢٨٦.

م: ٢ : ٢ : ٢ ترجمات:

٣٧- أرنست ماير، هذا هو علم البيولوجيا: دراسة في علم الحياة والأحياء، ترجمة عفيفي محمود عفيفي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٢٧٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير ٢٠٠٢م.

٣٨- آندي إلينجتون، سحرة حَيَوِيُّون: أصدقاء للبيئة، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، تحرير مجدي سعيد، العدد ٢٢، السنة الثانية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م، صـ صـ ٤٢-٤٣.

٣٩- أوشونديه أوشوبا ووليام ويلسر، ذكاء اصطناعي بملامح بشرية: مخاطر التحيز والأخطاء في الذكاء الاصطناعي، مؤسسة راند RAND، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية، ٢٠٠٧م.

٤٠- جيمس جيه. كولنز، فل يتدخل علماء الأحياء، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، تحرير مجدي سعيد، العدد ٢٢، السنة الثانية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م، صـ صـ ٤١-٤٢.

٤١- ديفيد بـ. رزنيك، أخلاقيات العلم: مدخل، ترجمة عبد النور عبد المنعم، مراجعة يمنى طريف الخولي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٣١٦، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يونيو ٢٠٠٥م.

٤٢- ستيفن بنكو، الأخلاق والتكنولوجيا ومجتمعات ما بعد الإنسانية، ترجمة حسين عبد الغني إبراهيم، مقال في مجلة: الثقافة العالمية، العدد ٢٠٧، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير – فبراير ٢٠٢٢م، صـ صـ ١٥٤-١٧٥.

٤٣- سيباستيان سنداي غريف، أول فيلسوف يطرحها: فكرة الذكاء الاصطناعي، ترجمة أحمد إسماعيل عبد الكريم، مقال في مجلة: الثقافة العالمية، العدد ٢١٢، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، نوفمبر – ديسمبر ٢٠٢٢م، صـ صـ ٣٤-٤٣.

٤٤- شيلدون كريمسكي وجيرمي غروبر (محرران)، تفسيرات وراثية: المعقول واللامعقول، ترجمة د. ليلى الموسوي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٤٣٢، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، الكويت، يناير ٢٠١٦م.

٤٥- فانس بكارد، أنهم يصنعون البشر، الجزء الثاني، سلسلة الألف كتاب الثاني، العدد ١٦٩، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، مصر، ١٩٩٥م.

٤٦- فرانسيس فوكوياما، مستقبلنا بعد البشري: عواقب ثورة التقنية الحيوية، ترجمة إيهاب عبد الرحيم محمد، دراسات مترجمة، العدد ٢٣، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، ط١، أبوظبي، الإمارات العربية المتحدة، ٢٠٠٦م.

٤٧- ماري ماكسون، الاتفاق على تعريف، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، تحرير مجدي سعيد، السنة العدد ٢٢، السنة الثانية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م، صـ ٤٢.

٤٨- مجدي سعيد (تحرير)، البيولوجيا التخليقية: الطريقة المثلى لبناء خَلِيَّة: يحدِّثنا خبراء عن أكبر العقبات التي تعترض طريق البيولوجيا التخليقية من المصطلحات إلى ثغرات المعرفة وكيف يمكن التغلب عليها، مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، السنة الثانية، العدد ٢٢، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م.

٤٩- هربرت ساورو، الاستفادة من التطور، مقال في مجلة نيتشر Nature: الدورية الشهرية العالمية للعلوم، الطبيعة العربية، السنة الثانية، العدد ٢٢، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، المملكة العربية السعودية، يوليو ٢٠١٤م. صـ ٤٣.

م٣: تقارير واتفاقيات:

٥٠- الاتفاقية المتعلقة بالتنوع البيولوجي، الهيئة الفرعية للمشورة العلمية والتقنية والتكنولوجية، الاجتماع الثامن عشر، هيئة الأمم المتحدة، مونتريال، كندا، ٢٣-٢٨ يونيو/حزيران ٢٠١٤م.

م٤: مواقع على الشبكة البينية:

51- https://aawsat.com/home/article/2311476/%C2%AB%D8%A7%D9%84%D8%A8%D9%8A%D9%88%D9%84%D9%88%D8%AC%D9%8A%D8%A7%D8%A7%D9%84%D8%B5%D9%86%D8%A7%D8%B9%D9%8A%D8%A9%C2%BB%D8%A2%D9%81%D8%A7%D9%82%D9%88%D9%85%D8%AE%D8%A7%D8%B7%D8%B1

(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)

52- https://www.albayan.ae/last-page/2000-06-27-1.1068820

(تاريخ الولوج: ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

53- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A5%D8%B9%D9%84%D8%A7%D9%86_%D9%87%D9%84%D8%B3%D9%86%D9%83%D9%8A

(تاريخ الولوج: ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

54- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%AC%D9%84%D8%B3_%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%B9%D8%B1%D8%A7%D8%B6_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%A4%D8%B3%D8%B3%D8%A7%D8%AA%D9%8A

(تاريخ الولوج: ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

55- https://en.wikipedia.org/wiki/Alfred_P._Sloan_Foundation

(تاريخ الولوج: ٥ ديسمبر ٢٠٢٢م)

56- https://en.wikipedia.org/wiki/Mycoplasma_laboratorium

(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)

57- https://www.ibelieveinsci.com/جون-كريج-فنتر-السيرة-الذاتية-وأشهر-أقو/

(تاريخ الولوج: ١ ديسمبر ٢٠٢٢م)