المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

برنامج الاستشراف الاستراتيجي
Strategic Foresight Program

آلات وراثية

كيف يمكن للبيولوجيا التركيبية أن تغير عالمنا؟

تأليف: صفاء مطعيش

يناير 2025

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

برنامج الاستشراف الاستراتيجي
Strategic Foresight Program

آلات وراثية

كيف يمكن للبيولوجيا التركيبية أن تغير عالمنا؟

صفاء مطعيش

مستشارة متخصصة في التخطيط الاستراتيجي ونظم التفكير في دوائر الاستشراف والدراسات المستقبلية في إيطاليا والمغرب. عملت مطعيش في التعريف بالفكر المستقبلي ومحو الأمية المستقبلية، وتجمع بين خلفية في البيولوجيا والتأهيل النفسي. كما تستخدم خبرتها في مساعدة المنظمات في التعامل مع اللايقين واستباق التحولات وبناء استراتيجيات نحو المستقبل.

• الآراء الواردة في الإصدار تعبر عن كُتابها، ولا تعبر بالضرورة عن مركز المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة.

سيناريو: تخيل مدينة جديدة

لقد حقق دمج الأنظمة البيولوجية المنتجة صناعياً نجاحاً باهراً إلى درجة بات من الصعب الآن تخيل بيئتنا من دونها

عند التجول في المدينة، يصبح وجود هذه الابتكارات واضحاً بشكل جلي للعيان: فنجد الكائنات الحية الدقيقة المضمنة في جدران المباني تعمل على تنقية الهواء ومراقبة جودته بشكل فعال، بينما تضيء النباتات الحيوية الشوارع ليلاً

لقد شهد قطاع الرعاية الصحية تحولاً كبيراً، حيث باتت كل مدينة تضم الآن منطقة رعاية صحية خاصة بها، ويتم التركيز بشكل أساسي على الاستشفاء. تطورت المستشفيات التقليدية لتصبح مراكز للابتكار، حيث تتقاطع البيولوجيا التركيبية مع التقنيات الطبية المتطورة لمكافحة الأمراض وإطالة العمر. لقد أحدث التبني الواسع النطاق للأجسام العضوية -وهي نسخ طبق الأصل مصغرة من الأعضاء البشرية- ثورة في فهم الأمراض وعلاجها، ويسهم في ذلك الذكاء الاصطناعي الذي يوفر محاكاة دقيقة، بالإضافة إلى أجهزة الاستشعار الحيوية القابلة للارتداء، والتي تتيح حلول رعاية صحية مخصصة لكل فرد. أصبحت الوقاية والتحليل التنبؤي الركيزة الجديدة للرعاية الصحية، مع التركيز على تكامل العناصر الغذائية الشخصية بناءً على الاحتياجات الفردية

كما يشهد مجال إنتاج واستهلاك الغذاء تحولاً جذرياً كذلك: فلم يعد الاعتماد على الإنتاج التقليدي ضرورة ملحة؛ إذ إن معظم احتياجاتنا الغذائية تُلبى من خلال إنتاج يتم في مفاعلات حيوية منتشرة في كل حي. هذه المفاعلات تنتج الغذاء الضروري مع تقليل ملحوظ للنفايات. كما طرأ تحول أيضاً على خصائص هذه المنتجات الغذائية الجديدة. فهي تتميز بجودة عالية جداً، بالإضافة إلى كونها مصنعة بطريقة تضمن سلامة المستهلكين عن طريق الحد من الأمراض المزمنة المرتبطة بالغذاء. بناءً على ذلك، لم تعد هناك حاجة إلى المتاجر الضخمة التي كانت تعرض كميات هائلة من المنتجات المختلفة. والآن أصبحت أماكن التجمع قائمة على الأنشطة والاهتمامات المشتركة بين الناس

النتيجة الأخرى لهذا التغيير هي إعادة تخصيص المناطق الزراعية ومناطق الثروة الحيوانية السابقة إلى محميات طبيعية مخصصة للحفاظ على التنوع البيولوجي، مع لوائح صارمة تحظر إدخال الكائنات المحورة وراثياً. وتتولى إدارة هذه المحميات كيانات المراقبة والمجموعات الخاصة التي تراقب الآثار الأخلاقية والبيئية للتطورات التكنولوجية المتسارعة

لقد تكيف النظام التعليمي أيضاً لإعطاء الأولوية للمهارات الاجتماعية وتلبية المصالح الفردية، والاستفادة من التقدم التكنولوجي لفصل الربح عن قيد الوقت. يتمتع كل فرد بفرصة تحقيق الدخل من خلال تقديم الخدمات للمجتمع: في هذا المشهد؛ المعرفة ليست مجرد سلعة ولكنها حافز للتغيير

لقد شهد المجتمع نفسه عملية إعادة هيكلة كبيرة؛ إذ اختفت الطبقة الوسطى وانقسم السكان الآن إلى فئتين: الأولى، ذوو الموارد المحدودة، والثانية هي النخبة فاحشة الثراء التي تقود الابتكار والتي تستخدم مواردها، من بين أمور أخرى، للخضوع لعمليات جراحة جينية تتيح لها التكيف مع أنشطة مثل استكشاف الفضاء. ومع ذلك، تظل شريحة من السكان مرتبطة بالعالم ما قبل الاصطناعي، حيث تدير سوقاً سوداء تقدم المنتجات الجينية غير المعدلة وتسعى جاهدة للحفاظ على نمط حياة خالٍ من تدخلات البيولوجيا التركيبية

حالة المجال

إن السيناريو الذي قرأته للتو تدور أحداثه في مستقبل قد لا يكون بعيداً. يرتكز هذا السيناريو على افتراضات مفادها أن مجال البيولوجيا التركيبية قد تم تنظيمه عالمياً وأن الحكومات والشعوب قبلت حل البيولوجيا التركيبية باعتباره الحل الوحيد الممكن مع الأخذ في الاعتبار أن استراتيجيات التخفيف الأخرى ليست فعالة في إعادة إرساء التوازن البيئي (يشمل ذلك البيئة والوقود وإمدادات الغذاء والقطاع الصحي وما إلى ذلك). ويفترض ذلك السيناريو أيضاً أن الوصول إلى السلع المنتجة صناعياً مفتوح للجميع، وأن هذه التكنولوجيا مفتوحة المصدر؛ ومن ثم يمكن لأي شخص المساهمة في تطويرها وإضفاء الطابع الديمقراطي عليها.

في فضاء الاستكشاف العلمي الشاسع، يقف مجال البيولوجيا التركيبية في طليعة الابتكار، ويعد بإعادة تشكيل نسيج وجودنا ذاته. تُعرف البيولوجيا التركيبية بأنها هندسة النظم البيولوجية لخلق وظائف وقدرات جديدة، وتمثل تقاطعاً بين علم الأحياء والهندسة والعلوم الحاسوبية.

ما هي البيولوجيا التركيبية؟

في جوهرها، تسخر البيولوجيا التركيبية مبادئ الهندسة الوراثية، والبيولوجيا الجزئية، وعلم أنظمة الأحياء والعديد من التخصصات الأخرى لتصميم وبناء وتحسين النظم البيولوجية بالوظائف المطلوبة. وذلك من خلال إعادة برمجة الشفرة الوراثية للكائنات الحية، حيث يمكن للعلماء هندسة مسارات أيضية جديدة، وتعديل الوظائف الخلوية الحالية وتصميم أنظمة بيولوجية جديدة[1].

تركز البيولوجيا التركيبية بشكل رئيسي على الشفرة الوراثية المشفرة داخل جزيء الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين (DNA). يُعد الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين بمثابة المخطط الأساسي للحياة، فهو يشفّر التعليمات اللازمة لنمو وتطور واستمرار جميع الكائنات الحية. داخل الحمض، البنية المعقدة للحمض النووي تكمن الجينات التي تحوي على شفرة لمختلف الوظائف البيولوجية. وتُعد هذه الجينات اللبنات الأساسية للحياة؛ إذ تحدد كيفية بناء البروتينات الضرورية لأداء الوظائف الحيوية المختلفة.

في عالم البيولوجيا التركيبية، يؤدي الحمض النووي دوراً رئيسياً باعتباره الشفرة الرقمية القابلة للتلاعب والبرمجة لتحقيق نتائج محددة. تماماً مثلما يكتب مهندسو البرمجيات التعليمات لتطوير برامج الكمبيوتر، يستخدم علماء البيولوجيا التركيبية تسلسل الحمض النووي كلغة برمجة لتصميم البرامج الخلوية[2].

في الأنظمة البيولوجية، تُترجم التعليمات المشفرة في الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين إلى جزيئات أخرى تسمى الحمض النووي الريبوزي الرسول (mRNA) من خلال عملية تعرف باسم النسخ. بعد ذلك، تتم ترجمة الحمض النووي الريبوزي الرسول بدوره إلى بروتينات من خلال عملية أخرى.

تؤدي البروتينات، وهي المنتجات النهائية للتعبير الجيني، أدواراً متعددة لا غنى عنها داخل الجسم؛ فهي ضرورية لإصلاح وبناء الأنسجة، وتحفيز التفاعلات الأيضية، والحفاظ على درجة الحموضة وتوازن سوائل الجسم، وتعزيز صحة المناعة. بالإضافة إلى ذلك، تعمل البروتينات كناقلات للرسائل، وتوفر الدعم البنيوي، وتسهل نقل وتخزين العناصر الغذائية.

في جوهر الأمر، يُعد تخليق البروتينات من الحمض النووي (DNA) حجر الزاوية للوظيفة البيولوجية، حيث يسهم كل حمض أميني في سلسلة البروتين في تشكيل بنيته ووظيفته الفريدة. باستغلال قوة التلاعب بالحمض النووي، يمتلك علماء البيولوجيا التركيبية القدرة على إحداث ثورة في صناعات مختلفة، بدءاً من الرعاية الصحية إلى الزراعة، وذلك من خلال تصميم برامج خلوية مصممة خصيصاً لتلبية احتياجات محددة.

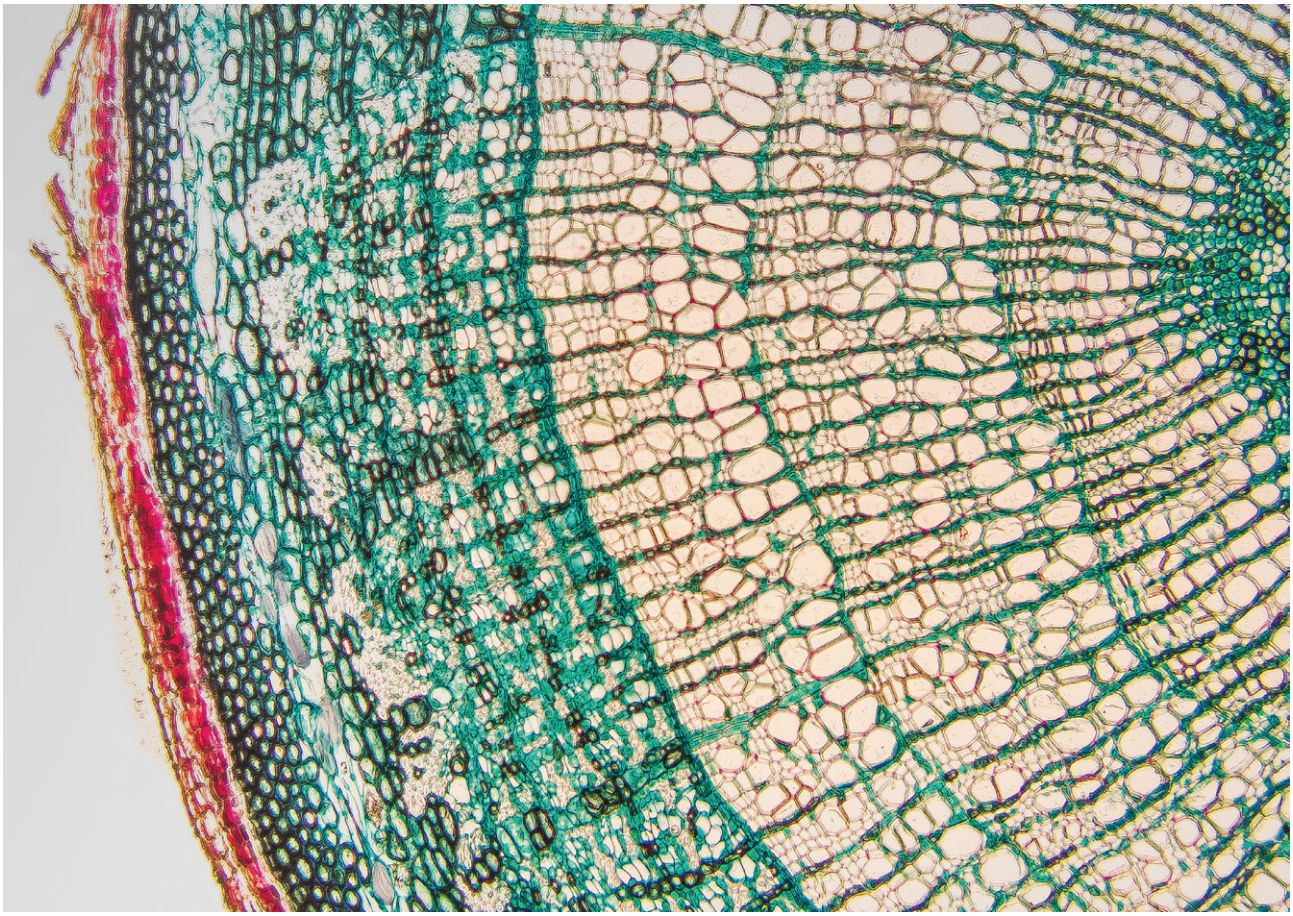
يُعد العالم ستيفان لودوك، أول من استخدم مصطلح البيولوجيا التركيبية في منشور له يعود إلى عام 1919، حيث ذكر: "تتبع جميع العلوم الطبيعية مسار تطور متشابه. حيث تبدأ بملاحظة وتصنيف الأشياء والظواهر، ثم تفكيكها لتحديد الآلية الفيزيائية وراء حدوثها؛ ومن ثم تتحول إلى علوم تحليلية. فعندما تُعرف آلية الظاهرة، يصبح من الممكن إعادة إنتاج هذه الظاهرة من خلال توجيه القوى الفيزيائية، وعندها يتحول العلم تركيبياً"[3].

يبرز تعريف ستيفان لودوك للبيولوجيا التركيبية عام 1910 جانبين مهمين غالباً ما يغيبان عن التيار السائد. الأول، أن العلم قد وصل إلى مرحلته التطورية التالية؛ إذ بات يهدف إلى خلق أشكال حياة اصطناعية انطلاقاً من الملاحظات والتحليلات التي أجريت في القرون السابقة؛ ومن ثم الانتقال من نهج سلبي إلى نهج نشط في تعديل التوازنات الطبيعية، وهو ما أضفى عليه انضباطاً هندسياً[4]. والثاني هو إعادة النظر في معنى مصطلح "اصطناعي"، فوفقاً للتصور الشائع، يرتبط هذا المصطلح بخلق كائنات حية غريبة تماماً عن الطبيعة. لكن الحقيقة تختلف؛ إذ إن المقصود بالبيولوجيا التركيبية هو استخدام معرفتنا بالأنظمة الموجودة بالفعل في الطبيعة، ثم التلاعب بها للحصول على أنظمة جديدة مبنية على نفس المبادئ الأساسية[5].

كيف تطورت البيولوجيا التركيبية؟

في عام 1973، نجح العلماء في بناء أول بلازميد بكتيري اصطناعي في المختبر) شريط دائري صغير من الحمض النووي (DNA) يوجد في بعض أنواع البكتيريا)، وتتميز هذه البلازميدات بأنها وظيفية بيولوجياً أيضاً[6]. انطلاقاً من هذا الإنجاز، قطع المتخصصون شوطاً كبيراً. ففي عام 2010، نجحوا في تخليق جينوم بكتيريا الميكوبلازما ميكويدس؛ بهدف الحصول على خلايا بخصائص ومعدل تكاثر محكومين[7]، كما تمكنوا في عام 2011 من إنشاء أول جينوم حقيقي النواة اصطناعي جزئياً، وذلك باستخدام جينوم ينتمي إلى الخميرة[8]. مهدت هذه الابتكارات وغيرها الطريق لإنجاز مذهل في عام 2020؛ إذ تمكن العلماء من إنتاج أول كائن متعدد الخلايا مصمم بالكامل بواسطة الكمبيوتر: الزينوبوت[9].

لابتكار الزينوبوت، استخدم العلماء الخلايا الجذعية المستخلصة من الضفدع الإفريقي ذو المخلب، وأعادوا تنظيمها باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي. تتميز هذه الكائنات بأنها صغيرة جداً في الحجم، كما أنها قابلة للانحلال البيولوجي الطبيعي كونها مصنوعة من مواد حيوية. بالإضافة إلى ذلك، يمكّن وجود خلايا عضلة القلب (وهي خلايا تعمل بمثابة "محركات صغيرة") الزينوبوت من الحركة من خلال الانقباضات والانبساطات.



في عام 2021، نُشر مقال علمي يلقي الضوء على قدرة هذه الكائنات على التكاثر حركياً، وهو شكل إدامة بدائي للغاية لم يسبق له مثيل في أي كائن حي. يمكن استخدام هذه الميزة الفريدة في تطبيقات مختلفة[10]. على سبيل المثال، يمكن استخدام هذا النوع من الكائنات الدقيقة في عمليات توصيل الدواء

داخل جسم الإنسان، أو في المعالجة البيئية.

تتعدى التطبيقات التحولية الأخرى للبيولوجيا التركيبية مجال الصحة لتطال أيضاً كيفية إنتاجنا للغذاء، وما نستهلكه، ومصادر المواد الخام والأدوية. فقد تم بالفعل تسويق بعض المنتجات المصنعة باستخدام تقنيات تتراوح بين المواد الكيميائية التي تنتجها الخلايا أو الإنزيمات المعدلة وصولاً إلى المنتجات التي تمثل الخلايا المعدلة نفسها. تشمل هذه المنتجات عقار مرض السكري، وغشاءً رقيقاً للأجهزة الإلكترونية، وسماداً حيوياً نيتروجينياً للذرة، ولحوماً مصنعة مختبرياً، وأكثر من ذلك[11]. وبالمثل، يمكن دمج تقنيات البيولوجيا التركيبية في الأجهزة القابلة للارتداء؛ مما قد يفتح الباب أمام إمكانات أوسع للمراقبة غير الجراحية للظروف الفسيولوجية وتطور الأمراض والتعرض للمواد الضارة أو مسببات الأمراض[12].

تحتل الأجسام العضوية موقعاً مهماً جداً ضمن تطبيقات البيولوجيا التركيبية في مجال الرعاية الصحية. وهي عبارة عن نماذج ثلاثية الأبعاد يتم إنشاؤها في المختبر، ومشتقة من خلايا أعضاء حقيقية، تحاكي وظائف وخصائص تلك الأعضاء الأصلية. ويمكن الاستفادة من هذه الأجسام العضوية في إجراء الأبحاث وتطوير الأدوية، أو لإنشاء أنسجة بديلة لعلاج الأعضاء التالفة[13].

لا تقتصر تطبيقات البيولوجيا التركيبية على مجالات الصحة والغذاء والمواد الخام فحسب؛ بل تمتد لتقدم إجابات رائدة لمواجهة التحديات البيئية الملحة مثل تغير المناخ وتدهور البيئة. فيمكن الاستفادة من الكائنات الدقيقة المعدلة هندسياً في تحليل الملوثات وعزل الكربون وإعادة تأهيل النظم البيئية الحساسة. كما توفر الوقود الحيوي المتجدد، المستمد من مصادر مثل الطحالب والكتلة الحيوية، كبدائل مستدامة للوقود الأحفوري التقليدي؛ مما يسهم في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة ومعالجة مخاوف تغير المناخ.

قضايا الحقل المحورية

كما هو واضح، هذه أنظمة جديدة لا يزال من غير المعروف ما هي عواقب تفاعلها مع أنظمة أخرى، طبيعية كانت أم اصطناعية.

تُشكل النظم البيئية التي تكوّن عالمنا كيانات معقدة، لا يزال علماء البيئة يجهلون بعض خصائصها تماماً. وحده الوقت كفيل بإرشادنا إلى كيفية تكامل هذه الكائنات الجديدة مع باقي الكائنات الحية.

من المهم أن نأخذ في الاعتبار أن فهمنا لمعظم الجينومات غير مكتمل، وأن وظيفة العديد من جينات ترميز البروتين لا تزال غير معروفة. ويزيد هذا من التعقيد الذي يتفاقم بسبب عدم التوافق التشريعي بين الحكومات: فالأطر التنظيمية غير كافية لإدارة هذه الابتكارات.

إضافة إلى ذلك، يواجه مجال البيولوجيا التركيبية تحديات إضافية مرتبطة بالمشهد المعقد للترابط العالمي، من حيث النزاعات الجيوسياسية المتعلقة بالوصول إلى موارد البيولوجيا التركيبية وحقوق الملكية الفكرية والمخاوف بشأن تهديدات الأمن البيولوجي. إن خطر استغلال البيولوجيا التركيبية لأغراض شائنة مثل الإرهاب البيولوجي أو الحرب البيولوجية يؤكد الحاجة الماسة إلى آليات حوكمة قوية وتعاون دولي لمعالجة هذه القضايا بفعالية.

على الرغم من الافتقار لتوافق كامل بين الحكومات بشأن تنظيم البيولوجيا التركيبية؛ فإن هناك جهوداً متنامية للتنسيق داخل الأوساط العلمية. إن المخاوف من سوء إدارة المواد البيولوجية الخطرة دفع المجتمع العلمي إلى اتخاذ خطوات لإنشاء إطار سياسات يحكم عمليات تخليق الأحماض النووية[14].

إلى جانب الجهود المبذولة لتنظيم مجال البيولوجيا التركيبية، ثمة مساعٍ أخرى تعمل على تعزيزه وتسهيل ممارساته. ومن أهم هذه المساعي إنشاء معيار بيانات (SBOL). وهو بمثابة صيغة موحدة لتمثيل تصاميم البيولوجيا التركيبية، ويهدف إلى تحسين كفاءة تبادل البيانات واستنساخ الأبحاث في هذا المجال. وقد تم تطوير معيار (SBOL) بشكل تعاوني من قبل مجتمع البيولوجيا التركيبية؛ ليوفر إطار عمل قياسي مفتوح المصدر للمشاركة الإلكترونية للمعلومات المتعلقة بالجوانب الهيكلية والوظيفية للتصاميم البيولوجية.

كان لفريق العمل الذي يقف وراء تطوير معيار (SBOL) هدفان رئيسان: أولاً، ضمان عملية تطوير مفتوحة وشاملة، تسمح لمختلف الجهات المعنية بالمساهمة ومنع هيمنة أي كيان أو شركة بعينها. وثانياً، السعي الدائم لصقل وتحسين معيار التصميم بمرور الوقت، بما يتماشى مع التطورات المتلاحقة في مجال أبحاث وابتكارات البيولوجيا التركيبية[15].

إن عالمنا اليوم مليء بالاتجاهات الضخمة والتهديدات الوجودية التي تطال النظم البيئية والتنوع البيولوجي. وفي خضم هذه التحديات، تبرز البيولوجيا التركيبية كبارقة أمل، حيث تقدم حلولاً مبتكرة للتخفيف من حدة التدهور البيئي، وتعزيز الأمن الغذائي، ودعم التنمية المستدامة، وغير ذلك الكثير.

لا يمكن أن ينبثق التغيير الجذري عن نفس العقلية التي خلقت الظروف التي نسعى لتعديلها. إن معظم الاستراتيجيات التي تم تنفيذها للتخفيف من عواقب التطور المتسارع للمجتمع البشري في القرون الأخيرة؛ تُعد بمثابة حلول عازلة، لا تعالج الأسباب الجذرية للمشكلات؛ بل تركز على أعراضها. ويعود ذلك لأسباب عديدة. تؤكد التطورات المحرزة في مجال البيولوجيا التركيبية، إلى جانب الاستثمارات الضخمة التي تضخها الشركات متعددة الجنسيات والدول الكبرى، أن الاندماج الواسع النطاق لتطبيقات هذه التقنية في حياتنا اليومية ليس مسألة إمكانية؛ بل مسألة توقيت. وعلى غرار أي ثورة أخرى؛ سيجد الناس دائماً طرقاً للتكيف مع التغيير.

*** ترجمة: محمد عوض**

المصادر:

1- Deplazes A. Piecing together a puzzle. An exposition of synthetic biology. EMBO Rep. 2009 May;10(5):428-32. doi:10.1038/embor.2009.76. PMID: 19415076; PMCID: PMC2680885

2- Garner KL. Principles of synthetic biology. Essays Biochem. 2021 Nov 2;65(5):791-811. doi: 10.1042/EBC20200059. PMID:34693448; PMCID: PMC8578974

3- StÈphane Le Duc, ThÈorie physico-chimique de la vie et gÈnÈrations spontanÈes. 1910, A. Poinat.

4- Heinemann M, Panke S (2009) Synthetic biology: putting engineering into bioengineering. In: FU P, Panke S (eds) Systems biology and synthetic biology. Wiley, New York, pp 387–409.

5- Carlos G. Acevedo-Rocha (2016) Chapter: The Synthetic Nature of Biology from the book: Ambivalences of Creating Life. Springer Link, pp 9-53.

6- Cohen SN, Chang AC, Boyer HW, Helling RB. Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro. Proc Natl Acad Sci U S A. 1973 Nov;70(11):3240-4. doi: 10.1073/pnas.70.11.3240. PMID: 4594039; PMCID: PMC427208

7- Daniel G. Gibson et al.Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome.Science329,52-56(2010).DOI:10.1126/science.1190719

8- Dymond, J., Richardson, S., Coombes, C. et al. Synthetic chromosome arms function in yeast and generate phenotypic diversity by design. Nature 477, 471–476 (2011). https://doi.org/10.1038/nature10403

9- Kriegman S, Blackiston D, Levin M, Bongard J A scalable pipeline for designing reconfigurable organisms. Pnas 2020 Jan 13; 117 (4) 1853-1859. https://doi.org/10.1073/pnas.1910837117

10- Kriegman S, Blackiston D, Levin M, Bongard J. Kinematic self-replication in reconfigurable organisms. Proc Natl Acad Sci US A. 2021 Dec 7;118(49): e2112672118. doi: 10.1073/pnas.2112672118. PMID: 34845026; PMCID: PMC8670470.

11- Voigt, C.A. Synthetic biology 2020–2030: six commercially-available products that are changing our world. Nat Commun 11, 6379 (2020). https://doi.org/10.1038/s41467-020-20122-2

12- Nguyen, P.Q., Soenksen, L.R., Donghia, N.M. et al. Wearable materials with embedded synthetic biology sensors for biomolecule detection. Nat Biotechnol 39, 1366–1374 (2021). https://doi.org/10.1038/s41587-021-00950-3

13- Hofer M, Lutolf MP. Engineering organoids. Nat Rev Mater. 2021;6(5):402-420. doi: 10.1038/s41578-021-00279-y. Epub 2021 Feb 19. PMID: 33623712; PMCID: PMC7893133

14- B¸gl, H., Danner, J., Molinari, R. et al. DNA synthesis and biological security. Nat Biotechnol 25, 627–629 (2007). https://doi.org/10.1038/nbt0607-627

15- https://sbolstandard.org/

16- Dator, J. (1995). What futures studies is, and is not. Hawaii Research Center for Futures Studies. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-17387-6_1

17- مثلث المستقبلات هو أداة للتخطيط للمستقبل بالتركيز على ثلاثة أبعاد؛ وهي: استحضار المستقبل (الصور)، ودافع الحاضر (الدوافع)، وثقل الماضي (العوائق).

المستقبل
للأبحاث والدراسات المتقدمة

عن المركز

مركز تفكير Think Tank مستقل، أنشئ عام 2014، في أبوظبي، بدولة الإمارات العربية المتحدة، للمساهمة في تعميق الحوار العام، ومساندة صنع القرار، ودعم البحث العلمي، فيما يتعلق باتجاهات المستقبل، التي أصبحت تمثل إشكالية حقيقية بالمنطقة، في ظل حالة عدم الاستقرار، وعدم القدرة على التنبؤ خلال المرحلة الحالية، من خلال رصد وتحليل وتقدير "المستجدات" المتعلقة بالتحولات السياسية والاتجاهات الأمنية، والتوجهات الاقتصادية والتطورات التكنولوجية، والتفاعلات المجتمعية والثقافية، المؤثرة على مستقبل منطقة الخليج، وفي نطاق الشرق الأوسط عموماً.

برنامج الاستشراف الاستراتيجي

أطلق المستقبل للأبحاث والدراسات المتقدمة البرنامج في فبراير 2023 في إطار سعيه لتعميق الحوار العام، ومساندة عملية صنع القرار، ودعم البحث العلمي في الاتجاهات التي تشكل مستقبل العالم ومساراته المختلفة. يسعى البرنامج إلى بناء نماذج فكرية وبحثية لاستشراف مستقبل منطقة الشرق الأوسط والعالم العربي في ظل التحولات العالمية التي أصبحت تتسم بمزيد من التعقد واللا يقين، وتعزيز الأدوات البحثية لدى الباحثين والمحللين المعنيين باستكشاف الفرص والتحديات التي يحملها المستقبل العالمي. ولتحقيق هذه الغاية، يقوم البرنامج بالتعاون مع عدد من الباحثين والخبراء والمعاهد البحثية المختصة في الاستشراف الاستراتيجي عبر العالم.

المدير التنفيذي: حسام إبراهيم

رئيس برنامج الاستشراف الاستراتيجي: محمد العربي

الإخراج الفني: عبدالله خميس

التدقيق اللغوي: محمذن الغوث

ص.ب. 111414 أبوظبي - إ.ع.م.
هاتف: 24444513 971+
فاكس: 24444732 971+
بريد إلكتروني: info@futureuae.com
www.futureuae.com