Sana'a University Journal of Human Sciences
مجلة جامعة صنعاء للعلوم الإنسانية
Vol. 4 | No. 1 | Page 408 – 424 | 2025
https://journals.su.edu.ye/index.php/jhs
ISSN : 2958-8677

إشكالية الاختزال في علم البيولوجيا في عصر ما بعد الجينوم

The Problem of Reductionism in Biology in the Post-Genomic era

كوكب محمد علي الغراسي
باحثة – قسم الفلسفة – كلية الآداب والعلوم الإنسانية
جامعة صنعاء– اليمن

Kawkab Muhammad Ali AL-Gharasi
Researcher -Department of Philosophy
Faculty of Arts and Humanities
Sana'a University -Yemen

الملخص:

تسعى هذه الورقة البحثية إلى تقديم تفسير فلسفي وعلمي لما يعنيه فلاسفة البيولوجيا وعلماؤها عندما يتحدثون ويجادلون حول الاختزالية وحدودها، وعدم كفاية تفسير سلوك الأنظمة البيولوجية المعقدة، فقد تركزت مناقشات علماء البيولوجيا في الوقت الحاضر على الاختزال التفسيري والمنهجي الجزيئي أي الاختزالية التفسيرية الجزيئية التي تتركز حول ما إذا كان من الممكن اختزال جميع التفسيرات البيولوجية إلى تفسيرات جزئية جينية أو إلى تفسيرات خصائص المستوى الأدنى للنظام.

فقد اتضح أن الأمور أكثر تعقيدًا، فالعلاقة بين الجينات والصفات المظهرية أكثر تعقيدًا مما توحي به الصورة الاختزالية الجزئية، إضافة إلى ذلك، فإن سلوك الأنظمة المعقدة متعددة المستويات لا يمكن دراسته وتفسيره بشكل مثمر وكافٍ باستخدام أساليب التفسيرات الاختزالية الجزئية؛ لأن العوامل ذات المستوى الأعلى أو البيئية لا يمكن تجاهلها أو تبسيطها.

والرأي السائد في علوم البيولوجيا لتجاوز الاختزالية، هو أن وصف سلوكيات الأنظمة البيولوجية المعقدة وتفسيرها يتطلب الجمع بين البيانات الكمية الجزئية والنماذج النظرية المفاهيمية السببية.

الكلمات المفتاحية: الاختزال المعرفي، الاختزالية التفسيرية الجزئية، الظهور، الخصائص الناشئة.

Abstract:

This research paper seeks to provide a philosophical and scientific explanation of what philosophers and biologists mean when they talk and argue about/and about reductionism and its limits, and the inadequacy of explaining the behavior of complex biological systems. Biologists' debates, at present, have focused on partial explanatory and methodological reductionism, that is, molecular explanatory reductionism: whether all biological explanations can be reduced to partial genetic explanations or explanations of lower-level properties of the system.

But, it turns out, things are only more complicated. It has been realized that the relationship between genes and phenotypic traits is much more complex than the partial reductionist picture suggests, and, moreover, that the behavior of complex, multi-level systems cannot be studied and explained fruitfully and adequately using partial reductionist methods of explanations, because higher-level or environmental factors cannot Ignore it or simplify it .

The prevailing opinion in biological sciences to move beyond reductionism is that describing and explaining the behaviors of complex biological systems requires combining partial quantitative data with causal theoretical-conceptual models.

Keywords: cognitive reduction, partial explanatory reductionism, emergence, emergent properties.

المقدمة

تلقي هذا الورقة الضوء على النقاش الفلسفي حول الاختزال، وعلى وجه الخصوص، حدود الاختزال التفسيري الجزيئي في عصر ما بعد الجينوم، من خلال توضيح كيف أن سلوكيات الأنظمة البيولوجية المعقدة تقدم مقاومة للتفسيرات الاختزالية الجزيئية، التي تتمثل في تحليل النظام البيولوجي إلى أجزائه (مكوناته) بمعزل عن سياقة

الأصلي، وإعطاء الأولوية التفسيرية فقط للعوامل الداخلية للنظام، وهنا سنستكشف بعض القضايا النظرية المفاهيمية المتعلقة بالاختزال التفسيري والمنهجي والأنظمة المعقدة أو التعقيد البيولوجي.

من حيث الأساس، تتجاهل الاختزالية التفسيرية الجزيئية حقيقة مفادها أن الأنظمة يمكنها اكتساب (أو إحداث) خصائص ناشئة، تنشأ على مستوى أعلى من النظام؛ إذ إن المشكلة الرئيسة في الاختزالية التفسيرية، تتمثل في أنها تركز على العوامل الداخلية أي عوامل المستوى الأدنى من (النظام)، وتتجاهل العوامل الخارجية أي عوامل المستوى الأعلى الذي يجب تفسير سلوكه، وهي العوامل التي تنتمي إلى السياق أو البيئة للنظام، فالاختزال الجزيئي ينظر إلى المستوى الأدنى الجزيئي الجيني على أنه المستوى الأساسي (الجوهري)، الذي تعتمد علية كل التفسيرات البيولوجية.

ولكن الاختزال يواجه تحدياً صعباً يتمثل في أن الأنظمة المعقدة متعددة المستويات، لديها قدرة على إحداث خصائص جديدة ناشئة (الظهور)، بمعنى أن هناك سلوكيات تظهر لا يمكن التنبؤ بها ولا تفسيرها، من خلال خصائص المكونات الفردية (خصائص المستوى الجزيئي الجيني)، كما أن لبعض الجوانب النظرية المهمة للخصائص الناشئة قوى سببية خاصة بها (عوامل سببية تنازلية من أعلى إلى أسفل)، لا يمكن اختزالها إلى قوى مكونات المستوى الأدنى (عوامل تصاعدية من أسفل إلى أعلى).

لذلك تركز هذه الورقة البحثية على الإجابة عما يأتي:

- ما ماهية الأساليب والتفسيرات الاختزالية الجزيئية؟ وما حدودها في التحقيق في الأنظمة المعقدة وتفسيرها؟

إن الهدف من هذا البحث، هو إظهار بعض التحديات التي تواجهها الاستراتيجية الاختزالية التفسيرية الجزيئية في الممارسة العلمية وشرحها، وقد حُددت في دراسة سلوك الأنظمة المعقدة وتفسيره، بما في ذلك إظهار القضايا النظرية المفاهيمية المتعلقة بخصائص الأنظمة المعقدة، التي تتمتع بديناميكيات هيكلية واسعة، ومجموعة متنوعة من المبادئ والقواعد المحلية البيئية، مما يجعل من الصعب وصفها وتحليلها والتنبؤ بها باستخدام نهج واحد أو مستوى واحد، أي باستخدام أساليب الاختزالية التفسيرية؛ لذلك يكشف البحث أيضًا عن الاستخدام المختلط أو الدمج الديناميكي النظري والبيانات الكمية الجزئية وتجاوز الاختزالية.

لذلك قسم البحث إلى ثلاثة أقسام: القسم الأول يقدم المفهوم العام للاختزالية، والقسم الثاني يوضح بالتفصيل أساليب الاختزالية المعرفية في علم البيولوجيا، وعلى وجه التحديد اختزال النظرية والمشكلات التي تواجهها، وطرق الاختزال التفسيري وسماته، أما القسم الثالث فيتناول بالتحليل حدود الاختزالية التفسيرية والمنهجية والبدائل.

أولًا: المفهوم العام للاختزالية:

تشمل الاختزالية مجموعة من الادعاءات الوجودية والمعرفية والمنهجية حول العلاقات بين المجالات العلمية المختلفة، والسؤال الأساسي للاختزال يتركز حول: أكانت الخصائص أو

المفاهيم أو التفسيرات أو الأساليب في مجال علمي ما، يمكن استنتاجها أو تفسيرها، من خلال الخصائص أو المفاهيم أو التفسيرات أو الأساليب في مجال آخر من مجالات العلوم، أم لا؟ ويرتبط الاختزال بمجموعة من القضايا في فلسفة العلوم، بما في ذلك بنية النظريات العلمية، ومفاهيم التقدم النظري، والعلاقات بين التخصصات العلمية، وطبيعة التفسير، وتنوع المنهجية، فقد أدرك الفلاسفة مبكرًا أن مسألة الاختزال تشمل أنواعاً مختلفة من الأسئلة.

ويمكن وصف الاختزالية التي يرتكز عليها العلم الحديث بصورة أساسية في معانٍ أو في مصطلحات من الافتراضات، وهي:

أ- الاختزالية الأنطولوجية (الاختزال الوجودي): تعرف أنها فكرة مفادها أن كل نظام بيولوجي معين لا يتألف إلا من جزئيات وتفاعلاتها، بمعنى أن كل الأشياء الموجودة في الطبيعة تتشكل من خلال مجموعة محددة من العناصر المادية الفيزيائية، وغير القابلة للتجزئة، وأن الفهم على هذا المستوى الأساسي يكفي لتفسير أي ظاهرة بما في ذلك تلك التي تحدث في المستويات الأعلى وتعد ظواهر ثانوية، ولذلك يتم حل التنوع والتعقيد (الظاهري) للعالم الطبيعي عن طريق اختزال الظواهر إلى هياكل أبسط للمادة، ويمكن الحصول على وصف لتكوين الأنظمة ذات المستوى الأعلى، وكذلك سلوكها وتطورها من خلال القوانين الأساسية التي تتحكم في تجميع هذه العناصر (الجزيئات) (Mazzocchi.F,2011).

وهذا يعني أن كل كائن بيولوجي معين لا يتكون إلا من أشياء فيزيائية كيمائية (الجزيئات، الذرات)، ويمكن بهذا المعنى اختزاله إليها، وتسمى أيضًا الرمزية الفيزيائية (Marise,Kaiser,I.,2011)، وتعد الاختزالية الوجودية (الفيزيائية الرمزية) التي تشير إلى أن الأنظمة البيولوجية ليست سوى أنظمة فيزيائية كيميائية، في فلسفة علوم البيولوجيا، النسخة الضعيفة، ولذا لم يناقشها أحد، وهذا يعني أن الاختزال الوجودي هو الأضعف في الوقت الحاضر بين الفلاسفة وعلماء الأحياء.

ب- الاختزال المعرفي (الاختزالية المعرفية): هو فكرة مفادها أن المعرفة حول مجال علمي واحد يمكن اختزالها إلى مجموعة أخرى من المعرفة العلمية؛ إذ تفترض هذه الاختزالية أن الوحدات المعرفية (المفاهيم والقوانين والنظريات) لمستوى معين من التنظيم، يمكن استنتاجها أو اشتقاقها منطقيًا من الوحدات المعرفية التي تتعلق بمستويات أدنى وأكثر أساسية، وهذا يعني ترتيبًا هرميًا للمجالات العلمية وهو ترتيب يرجع إلى اختلاف مستوياتها في البديهيات، وقوتها التنبئية ودقتها العلمية، مما يمنح الفيزياء أعلى مرتبة (Mazzocchi,F,2011).

بعبارة أخرى: يمكن اشتقاق النظريات أو القوانين من النظريات العلمية السابقة منطقيًا من نظريات علمية أحدث وأوسع نطاقًا، وهذا يفترض أن يُسمح لنا بفهم النظريات أو القوانين ذات الصلة على أنها أكثر أساسية؛ لذا يجب أن تكون ميكانيكا

(نيوتن) قابلة للاشتقاق من النسبية الخاصة والعامة (Minati,G.,2023).

وقد كان هذا هو الحال بالنسبة للفلاسفة الميكانيكيين في القرن السابع عشر، الذين حاولوا وضع نماذج لمجموعة كبيرة من الظواهر الفيزيائية، حيث النماذج المستمدة من النظرية الميكانيكية، وعلى نحو مماثل استمد علماء الفيزياء في القرن التاسع عشر قوانين الغازات الديناميكية الحرارية من ملاحظات الأنماط في السلوك الميكانيكي للغازات التي درسوها، من حيث جزيئاتها المكونة، ولذلك فإن كل مستوى هرمي يكون خاضعًا لقوانين يمكن اختزالها إلى تلك الخاصة بالمستوى الأدنى، وقد اعتقد فلاسفة العلم أن المعرفة العلمية تتقدم عندما تختزل العلوم ذات المستوى الأعلى، مثل: الكيمياء، إلى علوم ذات مستوى أدنى، مثل: الفيزياء.

من المؤكد أن التخصصات العلمية المختلفة مترابطة، وتشترك في المبادئ الأساسية، لكن التخصصات المنفصلة تستمر في الوجود؛ لأن الظواهر تفهم بشكل أفضل على مستوى أو آخر، وفي الواقع يمكن القول في الممارسة العلمية: إن التخصصات، مثل: الفيزياء والبيولوجيا، غير متصلة معرفيًا؛ لأن العلم يفتقر حاليًا إلى نظرية عظيمة تسمح لنا بربط هذه الظواهر المتباينة، مثل: الحالات الميكانيكية الكمومية وأغاني الطيور (Ferric. Fang, 2011).

والواقع أن الثورة في الفيزياء الحديثة التي حلت محل الافتراضات الأساسية للفيزياء الكلاسيكية، أثارت شكوكًا جدية حول: أكان من الممكن تحقيق الاختزال المعرفي على الإطلاق أم لا؟ بالإضافة إلى أن مشكلة اختزال علم الأحياء إلى الفيزياء والكيمياء تبدو الآن وكأنها تنتمي إلى الماضي، كما أن هناك إجماعاً كاملاً على الفيزيائية الاختزالية الوجودية، التي تنص على أن جميع العمليات البيولوجية ليست سوى عمليات فيزيائية كيميائية، وهناك أيضًا إجماع كامل تقريبًا حول ما يتعلق بمناهضة الاختزالية النظرية المعرفية، أي التأكد من أننا لا نستطيع تفسير العمليات البيولوجية بشكل كافٍ عن طريق النظريات والمصطلحات الفيزيائية والكيمائية (Pradea, Tomas, 2018).

جـ- الاختزال المنهجي: هو الاعتقاد بأن أفضل طريقة علمية للتحقق في أي نظام هي على أدنى مستوى ممكن، أي من أجل فهم الكل المعقد من الضروري تقسيمه إلى مكوناته الفردية، والتحقق من هذه المكونات ومعرفة الهياكل والوظائف التي تشارك فيها، وهي ما يتم تجميعها عادة إلى مكونات؛ لمعرفة كيف تعمل معًا في النظام كله (Mazzocchi.F, 2011).

وتتعلق الاختزالية المنهجية بالإمكانية العامة لتفسير الكل (حتى سلوك الأنظمة المعقدة)، من حيث الكيانات الأصغر، من خلال تحليل المكونات الجزئية الأكثر بساطة، دون النظر في الهياكل وتغيراتها والتغيرات المحلية (السياق)، أي تتجاهل السمات البيولوجية ذات الصلة (Minati, G., 2023).

وغالبًا ما يعود الاختزال المنهجي إلى "بيكون" الذي اقترح أوائل القرن السابع عشر أنه يمكن تطبيق القوانين المستمدة من حالات محددة للتوصل إلى تنبؤات عامة، ليقترح "ديكارت" بعد

ذلك بمدة وجيزة أنه يجب على المرء تقسيم كل صعوبة إلى أكبر عدد ممكن من الأجزاء اللازمة لحلها.

وفي الواقع تركزت المناقشات حول الاختزال في فلسفة علم البيولوجيا على الاختزال المعرفي، بوصفه القضية الأكثر إثارة للجدل، بدءًا بالنقاش في المقام الأول حول الاختزال المعرفي وتحديدًا حول النظريات التي تصورها (ناجل، 1961) كمجموعات من القوانين التي تميز الاختزال بطريقة شكلية، أي كعلاقة اشتقاق منطقي، مما يعني تفسير مبادئ الفرع الأول من خلال مفاهيم الفرع الآخر، أي "يتم اختزال إحدى النظريات إلى الأخرى إذا كان من الممكن اشتقاق الأولى منطقيًا من الأخيرة"، والمثال على ذلك هو اختزال الديناميكا الحرارية في الميكانيكا الإحصائية، حيث تصف الديناميكا الحرارية نظامًا فيزيائيًا مغلقًا من حيث خصائصها الكبيرة (أعلى مستوى)، مثل: درجة الحرارة، في حين تصف الميكانيكا الإحصائية النظام نفسه بوصفه تجمعًا لجسيمات مجهرية متحركة (مفاهيم مستوى أدنى)، ولذلك يمكن اشتقاق قوانين الديناميكا الحرارية من الميكانيكا الإحصائية، وذلك بمساعدة (المبادئ الجسرية) التي تربط مفردات النظريتين (عكاشة سمير، 2017: 94).

وتتبع العديد من نماذج اختزال النظرية من حساب الاختزال، الذي يرجع إلى "ناجل" ضمن الإطار الفلسفي للتجربة المنطقية، على أن البيولوجيا لم تكن تتبع مما اقترحته العلوم الفيزيائية من اتجاه اختزالي حتى عام 1953، فقد اكتشف "وطسن وكريك" البنية التركيبية للجين (روزنبرغ أليكس، دانييل 2015: 178)، الذي أدى إلى ظهور مجال علم الأحياء الجزيئي (الوراثة الجزيئية).

لقد تبنت البيولوجيا الجزيئية بصورة أساسية منهجًا اختزاليًا، فكما كان اختزال قوانين الغاز أي اشتقاق قوانين الديناميكا الحرارية من الميكانيكا الإحصائية، فإنه –على نحو مماثل– يمكن اختزال الوراثة المندلية إلى الوراثة الجزيئية.

ثانيًا: أساليب الاختزالية المعرفية في علم البيولوجيا:

إن القضية الحقيقية الآن تتعلق بإمكانية وجود اختزال معرفي (نظري، وتفسيري) داخلي في علم البيولوجيا، وبشكل أكثر دقة، إمكانية اختزال البيولوجيا إلى البيولوجيا الجزيئية أي تحول علم الأحياء –مع ظهور علم الأحياء الجزيئي– إلى علم الأحياء الجزيئي، وطبقًا للاختزاليين فإنه يجب استكمال جميع التفسيرات البيولوجية، وتعديلها وتوضيحها بتفسيرات أكثر جوهرية قادمة من البيولوجيا الجزيئية، وقد تركزت المناقشات في البدء حول هذه الاختزالية، على إمكانية اختزال الوراثة المندلية إلى الوراثة الجزئية (Pradea. Tomas, 2018).

فالمناقشة حول الاختزال في علم الأحياء –في الفلسفة المعاصرة لعلم الأحياء– لم تدر فقط حول: أكان الاختزال النظري ممكنًا أم لا؟ أي اختزال المعرفة في مجال علمي واحد، يتكون أساسًا من النظريات والمفاهيم، إلى مجموعة من المعرفة في مجال آخر، بل إنها دارت حول مفاهيم الاختزال المعرفي التي تعمل في التفكير العلمي الفعلي أو الممارسة البحثية (Love.Alan, C.William, 2018)؛ إذ إن

هناك طريقة أخرى لتحديد الاختزال المعرفي، وهي التوجه نحو التفسيرات الاختزالية الفردية الجزئية (Kaiser. Marie I., 2011).

ويمكن تمييز الأساليب المختلفة للاختزال بين فئتين أساسيتين:

(أ) تؤكد الاختزالية النظرية، بمعنى أنه يمكن استنتاج نظرية واحدة منطقيًا من نظرية أخرى.

(ب) تركز نماذج الاختزال التفسيري على إمكان تفسير السمات ذات المستوى الأعلى من خلال السمات ذات المستوى الأدنى (Love. Alan, C. William, 2018).

1- اختزال النظرية وعلامات الأزمة (مشكلات تواجهها الاختزالية):

تاريخيًا، اكتسبت جدلية الاختزالية في علم البيولوجيا أهمية متزايدة؛ بسبب الاكتشاف التاريخي للبنية الحلزونية المزدوجة للحمض النووي في عام 1953، وبرز السؤال: أكان من الممكن اختزال الوراثة المندلية إلى علم الوراثة الجزيئية أم لا؟ لقد تم تعديل نموذج "ناجل" وتطبيقه في سياق بيولوجي محدد، حيث قام "شافنر" عام 1969 بتطوير نموذج "ناجل" من خلال دمج فكرة مفادها أن ما تستمده نظرية الاختزال بالفعل (ومن ثم تفسيره) هو نسخة مصححة من النظرية المختزلة، وليس النظرية الأصلية، وزعم أن هذا النموذج المنقح يلتقط بشكل أفضل الاختزالات في العلوم الفيزيائية، وادعى أن نموذجه المنقح يمكن استخدامه أيضًا لإظهار كيف تم اختزال نسخة مصححة من علم الوراثة الكلاسيكي إلى نظرية جديدة تسمى علم الوراثة الجزيئي (Weters, Ken, 2015).

ولذلك فإن المفاهيم التي تشير إلى الظواهر في علم الوراثة الكلاسيكي يمكن تفسيرها من خلال التعميمات على المستوى الجزيئي وعلى غرار (نموذج ناجل) عدّ بعض الفلاسفة مقولة الجين بأنها مقطع من الحمض النووي يشفر بروتينًا ما يعني مبدأ جسريًا يربط بين علم الوراثة المندلي والجزيئي (عكاشة سمير 2017: 90).

لقد كانت رواية "شافنر" هي الدافع ونقطة الانطلاق لمعظم المناقشات حول الاختزال في فلسفة البيولوجيا، التي جرت في المقام الأول في سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين، فقد كانت بداية الجدل والاعتراضات حول اختزال النظرية عام 1976، حيث طعن تفسير "هال" في ادعاء "شافنر"، وأشار إلى أن علم الوراثة لا يمثل اختزال "ناجل"؛ لأن المفاهيم الأساسية لعلم الوراثة المندلية الكلاسيكي لا يمكن ربطها بشكل مناسب بالتغيرات المصاغة من حيث الحمض النووي، بمعنى أنه لا يمكن إعادة تعريفها على المستوى الجزيئي من حيث الحمض النووي (Weters, Ken, 2013).

وهذا الاعتراض أو حجة "هال" على عدم القدرة على الاتصال (الربط) طوره فلاسفة آخرون في علم الأحياء، ويفترض هذا الاعتراض فعليًا أن الشرط الشكلي الثاني الذي طرحه "ناجل" وهو شرط القدرة على الاتصال، لا يمكن تلبيته؛ إذ إن أكثر الصياغة صرامة لهذا الاعتراض نجدها في كتابات "روز بنرغ" عام 1985، فقد ذهب إلى أن هناك فجوة مفاهيمية لا يمكن ردمها بين النظريات الكلاسيكية (المندلية) والجزيئية في علم الوراثة؛ حيث إن العلاقات بين مفهوم الجينات في علم

الوراثة الكلاسيكية ومفاهيم علم الوراثة الجزيئي هي علاقات معقدة للغاية من شأنها أن تحبط إلى الأبد، أي محاولة للربط بشكل منهجي بين النظريتين.

وأشار "روزنبرغ" في تحليليه إلى أن الجينات في علم الوراثة الكلاسيكي، يتم تحديدها من خلال تأثيراتها الظاهرية، ولا توجد صلة يمكن التحكم فيها بين مفهوم النمط الظاهري المندلي ومفهوم الجين الجزيئي، ولذلك حجبت أي تفسير منهجي اختزالي لعلم الوراثة الكلاسيكي من حيث النظرية على المستوى الجزيئي؛ إذ يقول "روزنبرغ": "المطلب الثاني يطالب بأن يتم تعريف المفاهيم والمصطلحات والخصائص الخاصة بالنظرية الأضيق عن طريق المصطلحات المتبدية في النظرية الأكثر أساسية المختزل إليها، ليصبح من الواضح إذا أردنا تفسير التفاعلات الكيمائية عن طريق اختزلها إلى نظرية رابطة الإلكترون، فيجب أولًا تعريف العناصر المختلفة من ناحية التركيب الذري لجزيئاتها، وبالمثل إذا أردنا اشتقاق المندلية من ناحية امتدادات الدنا... وفي الواقع مسألة تقديم التعريفات مسألة شاقة للغاية..." (روزنبرغ أليكس، دانييل 2015: 181).

ويتعلق هذا الاعتراض أيضًا بالمتطلب الأول والشرط الشكلي الأول وهو شرط الاشتقاق، فقد برهنت أعمال علماء الأحياء منذ التسعينيات، على أن الجين العامل في علم الوراثة المندلية لا يمكن ربطة أو اشتقاقه من مفهوم جين الوراثة الجزيئية، استنادًا إلى أن بعض مقاطع الحمض النووي تعد جينات مندلية ولكن ليست جينات جزيئية، وإلى أن أحد أسباب ذلك يتمثل في أن الجزء الأكبر من الحمض النووي في جينوم أي نوع لا يشفر بروتينات؛ إذ إن لبعض تسلسلات الحمض النووي غير المشفرة دورًا رئيسًا في تنظيم التغيير الجيني، بمعنى أنها تؤثر في تحديد أي الجينات تنسخ ومتى، وما هي الآلية التي تضمن تمايز الخلايا، ويمكن أن تؤثر الطفرات في الحمض النووي غير المشفر في سمات الكائن الحي بقدر ما تؤثر الطفرات في الجينات الجزيئية، ويعد تسلسل الحمض النووي غير المشفر جينيًا مندليًا إذا كان له تأثير نظامي في النمط الظاهري، وهذا يعني أن تشفير البروتين ليس الطريقة الوحيدة التي يمكن أن يلعب بها تسلسل الحمض النووي دور الجين المندلي (عكاشة سمير، 2017: 90- 91).

كان علماء الوراثة الكلاسيكيون مدركين تمامًا لحقيقة مفادها أن النمط الظاهري ينشأ من تفاعل العديد من الجينات الكلاسيكية، وأنه يمكن أيضًا لجين واحد أن يؤثر في عدة صفات، وقد أصبح الآن هناك تعميم تجريبي قوي مفاده أن المسار الجزيئي قد يكون له تأثيرات مختلفة في سياقات خلوية مختلفة، ويمكن أن يشارك المسار نفسه في وظائف مختلفة في أنواع مختلفة (Love.Alan, and C-William, 2018).

وبناءً عليه فإن ما يتعلق بالوظيفة لا يعتمد الجين البنيوي على تسلسله فحسب، بل أيضًا على سياقه الجيني، وعلى البنية الصبغية التي يندمج فيها، وعلى سياقه السيتوبلازمي والنووي المحدد من الناحية التنموية.

وفي واقع الأمر، أثبت اكتشاف الرابط البديل أن الجينات ليست تمثيلات بسيطة وخطية

للمعلومات، وبدلًا من ذلك فإن امتدادًا معينًا من الحمض النووي المشفر للبروتين يمكن أن يؤدي إلى ظهور العديد من جزئيات البروتين التي تعتمد على شبكة معقدة من الجينات أي العوامل التنظيمية (Mazzocch F., 2011)، وأن الشبكات نفسها تشارك في العديد من العمليات الوظيفية.

وفي الواقع لا يزال مفهوم الجين الكلاسيكي المندلي قائمًا إلى اليوم، على عكس ما تصورته الاختزالية، مما يعني أن علماء الوراثة لا يزالون يتصورون الجينات بهذه الطريقة الكلاسيكية بوصفها وحدات وظيفية في الحمض النووي، يتسبب اختلافاتها في الاختلافات الملحوظة في النمط الظاهري، وتسمى هذه الطريقة في تصور الجينات مفهوم الجين الكلاسيكي، وهو ما يفكر به علماء الوراثة المعاصرون من خلال استحضار المفهوم على المستوى الجزيئي أي مفهوم الجين الجزيئي؛ ذلك أن كلا المفهومين يعملان في علم الوراثة المعاصرة ويستخدمان الكلمة نفسها (الجين) لوصف أشياء مختلفة للغاية، بمعنى أن مفهوم الجين الكلاسيكي ومفهوم الجين الجزيئي يستخدمان في سياقات مختلفة، وفي كل سياق قد يكون المفهوم محدداً بشكل أو بآخر.

إذًا، لقد أكدت الحجج عدم وجود هذا النوع من الاختزال النظري (التاريخي)، وأن المفاهيم التي تظهر في كل من النظرية السابقة، مثل: نظرية الوراثة الكلاسيكية المندلية، والنظريات اللاحقة، مثل: نظرية الوراثة الجزيئية، لها معانٍ مختلفة (Love, C. Alan, C. William, 2018).

لقد فقد النقاش الرئيس حول الاختزال النظري – في علم الوراثة– شدته، فقد طور العديد من الفلاسفة والعلماء إجماعًا متشككًا بشأن إمكانية اختزال النظرية، وقد صاحبه اهتمام متزايد بنماذج الاختزال التفسيري، ففي الآونة الأخيرة تم تطوير حسابات الاختزال التفسيري لمعالجة عدم كفاية الحسابات التي تركز على النظرية، بحيث تم استبدال الاختزال النظري بالاختزال التفسيري أو ما يسمى بالاختزال التفسيري الجزيئي، الذي نتج عن وجهة نظر بيولوجية تتمحور حول الجزئي مقترنة بفكرة الاختزال، فقد تطورت منذ زمن "ديكارت" وصيغت بمصطلحات تجريبية منطقية، وهي تتألف من الاعتقاد بأن جميع التفسيرات في النهاية تتضمن تحديد الجزيئات ذات الصلة وقواعد تفاعلها.

2- طريقة الاختزال التفسيري وسماته:

إن التركيز على النظريات والقضايا الشكلية للاختزال المعرفي –كما ذكرنا سابقًا– لا يلتقط حالات الاختزال المعرفي التي هي في الحقيقة الأكثر أهمية في الممارسة البحثية لعلوم الحياة المعاصرة، فهناك طريقة واعدة بصورة أكبر لتحديد الاختزال المعرفي وهي التوجه نحو التفسيرات الاختزالية الفردية الجزيئية أو الجينية (Kaiser, Marie., 2015: p95)، وهذا يعني التوجه نحو التفسيرات الاختزالية ذات المستوى الأدنى، أي التفسيرات الاختزالية ذات المستوى الأساسي (التفسيرات الجزيئية أو الجينية)، على أن معظم المناقشات حول الاختزالية في فلسفة العلوم البيولوجية تركز على القضايا التفسيرية والمنهجية المركزية.

ولم يعد السؤال الذي يهتم به علماء الأحياء هو قيمة التحقيقات على المستوى الجزيئي والوراثي، بل الاعتقاد بأن العمليات المعقدة يتم اختزالها إلى جزيئات أو جينات معينة، وعلاقات الجينوم والنمط الظاهري التي يتم تفسيرها من حيث المخططات الخطية، ففي المناقشات الأخيرة حول الاختزال التفسيري التوضيحي ناقش العلماء إمكانية شرح الأنظمة البيولوجية الكبيرة (المعقدة)، من خلال المكونات الدقيقة، أي شرح النظام ككل فقط بالإشارة إلى خصائص المكونات ذات المقياس المستوى الأدنى (Batterman, Robert; and Green, Sara, 2017)، في التفسيرات الاختزالية، على أن علاقة الاختزال لا تقام بين تفسيرين مختلفين للظاهرة نفسها، بل بين الشرح (أي الظاهرة المراد تفسيرها) والعوامل ذات الصلة لتفسير واحد معين.

وبشكل أكثر تحديدًا، تقع علاقة التخفيض في التفسيرات الاختزالية بين تمثيل (وصف أو نموذج) للظاهرة (أو سلوك النظام) المراد تفسيره (الشرح) وتمثيل العوامل السببية المشار إليها في التفسير، وهي التي تسمى العوامل التفسيرية ذات الصلة (Kaiser, Marie I., 2015: p.g 98).

هناك ثلاث طرق اختزالية تعد حاسمة في الممارسة الحالية لعلوم الحياة، إضافة إلى أنها (أي طرق التفسيرات الاختزالية) تتمثل في أنه يقوم الاختزاليون بتحليل نظام أكبر ومعقد عن طريق تقسيمه إلى أجزاء، وتحديد الروابط بين الأجزاء، ويفترضون أن الجزيئيات المعزولة وبنيتها لديها قوة تفسيرية كافية لتقديم فهم للنظام بأكمله.

ويمكن عدُّ استراتيجية تحليل النظام إلى أجزائه أو مكوناته الطريقة الاختزالية بامتياز، وتسمى هذه الاستراتيجية بـ(التحليل) الذي يتميز بأنه النظر إلى الأسفل / أو النظر التصاعدي من الأسفل إلى الأعلى، وهذا النوع من التفسير يسمى التفسير الجزئي الكامل (Kaiser, Marie I., 2011).

ويعني ذلك أن التفسيرات الاختزالية هي تفسيرات جزئية كاملة تم تطويرها عن طريق التحليل، وتفسر ظاهرة معينة بشكل حصري من حيث الكيانات (الجزيئات أو الجينات) والتفاعلات بين تلك الكيانات الموجودة على المستوى الأدنى أي مستوى أدنى من ظاهرة، ولما كان اتجاه تفسير الجزء والكل يمتد من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى، فإن علماء البيولوجيا يشيرون إلى أنها تفسيرات من أسفل إلى أعلى (التفسير التصاعدي)، ولذلك فإن مفهوم التفسير الاختزالي (الجزئي الكلي) قد تم تصنيفه بوصفه تفسيرًا جزئيًا أو جينيًا على أنه المستوى الأساسي الذي تعتمد عليه كل التفسيرات البيولوجية.

وبناء على ذلك، تشير التفسيرات الجزيئية والكلية حصريًا إلى عوامل المستوى الأدنى (أي الجينات وتفاعلاتها) فقط من مستوى التفسير، بمعنى آخر أن النهج الاختزالي يستند إلى العوامل الداخلية (الجوهرية) للنظام وليس إلى العوامل الخارجية، التي تنتمي إلى بيئة النظام أو سياقه، وهذا يشير فقط إلى الكيانات (خصائصها وتفاعلاتها) الداخلية للنظام؛ إذ إنها تقع داخل الحدود المكانية

للنظام الذي يتم تفسير سلوكه (Kaiser, Marie l, 2015: 120).

لذلك فإن التفسيرات الاختزالية تحلل الأجزاء البيولوجية بشكل نموذجي بمعزل عن سياقها الأصلي، وتعطي الأولوية التفسيرية فقط للعوامل الداخلية للنظام، فالتفسير الاختزالي هو تفسير سببي، حيث يتم تفسير ميزة ذات مستوى أعلى من خلال تفاعل الأجزاء المكونة (Love, Alan, and C. William, 2018).

ويرى الاختزاليون التفسيريون أن سلوكيات الأنظمة البيولوجية التي تمت دراستها في مجال محدد ومعين يمكن تفسيرها بشكل اختزالي، أي بالإشارة فقط إلى مكوناتها الجزيئية، وأن هذه التفسيرات الاختزالية كافية، مما يعني أن الافتراض الاختزالي الشائع هو أن سلوكيات المستوى الكلي (النظام البيولوجي) يمكن وصفها من أسفل إلى أعلى إذا توافرت تفاصيل كافية حول العمليات ذات المستوى الأدنى.

لقد كانت الاختزالية التفسيرية والمنهجية واضحة بوجه خاص في البيولوجيا الجزيئية، فقد تبنت منهجًا اختزاليًا، يتم على أساس تفسير الأنظمة البيولوجية من خلال الخصائص الفيزيائية والكيمائية لمكوناتها الفردية، وقد كانت الطريقة الاختزالية لتشريح النظم البيولوجية إلى الأجزاء المكونة لها فعالة في شرح الأساس الكيميائي للعديد من العمليات البيولوجية، مع ذلك فقد تم الاعتراف بالمشكلات والقيود المفروضة على هذه الاختزالية التفسيرية والمنهجية، وشهد العقد الماضي رد فعل عنيف ضد الاختزالية في علم الأحياء الجزيئي.

وقد أصبح علماء الأحياء في السنوات الأخيرة ينتقدون بشكل متزايد فكرة إمكانية تفسير النظم البيولوجية بشكل كامل باستخدام الفيزياء والكيمياء، كما يمكن كذلك تفسير بيولوجيا الإنسان أو نموه أو سلوكه بشكل كافٍ على أساس مخطط اختزالية تأخذ في الاعتبار التركيب الكيميائي.

ولذلك أدرك العديد من علماء البيولوجيا بأن معظم التفسيرات الاختزالية لسلوك الأنظمة أو جميعها أو بعضها غير كافية، ولها خصائص ناشئة لا يمكن تفسيرها بالطريقة الاختزالية، وأن هذا النهج الاختزالي قد وصل إلى حدوده القصوى، فالأنظمة البيولوجية معقدة للغاية ولا يمكن تفسيرها بالطريقة الاختزالية.

ثالثًا: حدود الاختزالية التفسيرية والمنهجية والبدائل:

بعد أن وضحنا طرق التفسيرات الاختزالية وسماتها التي تشير إلى تحليل النظام إلى أجزائه، ودراسة الأجزاء بشكل منفصل وبمعزل عن بعضها بعضاً، والتركيز على العوامل الداخلية (عوامل المستوى الأدنى للنظام)، يمكننا أن ننتقل إلى استعراض التحديات التي تواجه هذه الطريقة الاختزالية التفسيرية والمنهجية (حدود تطبيق هذه الطريقة) في علم البيولوجيا، أي في شرح الأنظمة البيولوجية المعقدة وسلوكياتها، التي أصبحت واضحة بشكل متزايد في عصر ما بعد الجينوم.

وفي الوقت الحاضر الذي يسمى عصر ما بعد الجينوم، يؤكد المزيد من علماء البيولوجية أن سلوك الأنظمة المعقدة لا يمكن دراسته وتفسيره فقط على المستوى الأدنى (الجزيئات الفردية) من

النظام، بمعنى أن وصف المستوى الجزيئي الجيني غير كافٍ لتفسير الكائنات الحية وسلوكياتها، أي سلوك المستوى الأعلى للكائنات الحية (Dhar pawan and G. Alessandr, 2010).

وتعد استراتيجيات البحث الاختزالي مهمة، ولكنها ذات قيمة محددة فقط لدراسة سلوك الأنظمة المعقدة والمتكاملة؛ لأنها لا تأخذ في الاعتبار عوامل المستوى الأعلى لبيئة النظام وللنظام بأكمله؛ إذ إنها تركز على العوامل الداخلية (المستوى الأدنى الجيني للنظام) وتتجاهل عوامل المستوى الأعلى أو العوامل البيئية (أو تبسطها)، كذلك التفاعلات بين الأجزاء وتنظيمها المعقد (Kaiser Marie I., 2015: p.g 129).

ويحلل المنهج الميكانيكي (المنهج التصاعدي من أسفل إلى أعلى) النظام البيولوجي إلى مكونات فردية، ويفحص عمل كل مكون بمعزل عن الآخر، ومع ذلك يجب على التفسير الميكانيكي (الاختزالي الجزيئي) أيضًا إعادة تكوين سلوك الآلية (التفسير) معرفيًا بناءً على هذه الوظائف المكونة، لكن هناك أنظمة تتكون من شبكات مترابطة للغاية ومتكاملة وظيفيًا، ولا يسمح تنظيمها المعقد بإعادة تكوين سلوك النظام من الوظائف المكونة التي تمت دراستها بمعزل عن بعضها بعضًا؛ لذا فإن عمل المكونات الفردية (الجزيئات الجينية) يتحول من خلال التأثيرات العديدة للمكونات الأخرى، وتؤدي تفاعلات النظام المعقدة هذه إلى الظهور أو الخصائص الناشئة (Love. Alan, and C. William, 2018)، ويقصد بالظهور هنا الخصائص الناشئة والمتولدة عن طريق التطور عبر الانتخاب الطبيعي في مستويات التنظيم الأعلى الذي يميز الكائنات الحية بشكل فريد.

ومن بين المشكلات والتحديات الرئيسة التي تواجه النهج الاختزالي أن التحليل ودراسة الأجزاء بمعزل عن بعضها يؤدي إلى فهم محدد وتفسير غير كافٍ للنظام المعقد؛ لأنه يفشل في التجميع، أي تجميع الأجزاء مرة أخرى، بمعنى أنه لا يكشف كيف يتم تجميع هذه الأجزاء، وكيف تتفاعل المكونات الفردية ديناميكيًا، أي كيف يتم دمج كل هذه الأشياء في النظام ككل، وهذا يعني أن هذا النهج الاختزالي لا يوفر إلى رؤى محددة حول خصائص الأجزاء التي تظهر في الواقع (Kaisr, Marie I., 2011: p.g27)، فالأنظمة المتكاملة هي التي ينتظم أجزاؤها بطريقة معقدة، بحيث يتم تحديد خصائص الأجزاء وتفاعلاتها بشكل مشترك.

ولذلك فإنه لا يمكن فهم الأنظمة البيولوجية المعقدة على المستوى الجزيئي الجيني، بل ينبغي فهمها على أنها نتيجة للتفاعلات الديناميكية المعقدة لمكونات مختلفة على مستويات مختلفة (البنيوية والوظيفية)، وهذا التعقيد التفاعلي ذو طبيعة لا جينية، أي أنه يشمل شبكات مفتوحة من الجينات والإشارات البيئية، وتظهر هذه الشبكات اللاجينية سلوكيات غير خطية، وتتضمن مسارات متعددة تتفاعل مع الإشارات البيئية، وفي ضوء ذلك هناك حاجة إلى إطار نظري مختلف، يعترف بوجود مستويات أعلى من التنظيم قادرة على التعامل مع اللاخطية، وهنا تسهم نظرية التعقيد في تطوره، من خلال عدد من المفاهيم: الظهور، والسببية التنازلية، إلى

جانب تعدد العوامل السببية (Mazzocchi F., 2011: p. 8).

وهذا يعني أنه لفهم الكائنات الحية وتفسير سلوكياتها ينبغي الذهاب إلى ما هو أبعد من المنظور الآلي (قياسات المستوى الجزيئي)، إلى خصائص المبادئ العضوية والوظيفية والبيئية العليا للتنظيم (المستوى الأعلى) التي تتميز بالعلاقات بين مجتمعات الأنواع وبين بيئتها، وهذا التنوع الوظيفي والبيئي هو ميزة التفرد البيولوجي الرئيسة.

من الواضح اليوم أن خصوصية النشاط البيولوجي المعقد لا تنشأ من خصوصية الجزيئات الفردية المعنية؛ إذ تعمل هذه المكونات في كثير من الأحيان في العديد من العمليات المختلفة، وتنتج الخصوصية البيولوجية من الطريقة التي تنتج بها هذه المكونات، والتفاعلات بين الأجزاء، وكذلك التأثيرات من البيئة، ولذلك تؤدي إلى ظهور ميزات جديدة، مثل: سلوك الشبكة التي تكون غائبة في المكونات المعزولة، وعليه ظهر الظهور أي الخصائص الناشئة (خصائص المستوى الأعلى) التي لا يمكن التنبؤ بها أو استنتاجها من خلال المكونات الفردية (Regenmortel Marc Hv, 2004).

فقد أكد علماء البيولوجيا قدرة الأنظمة المعقدة على إحداث خصائص ناشئة الظهور جديدة لا يمكن التنبؤ بها، أي تفسيرها بشكل اختزالي من حيث خصائص المستوى الجزيئي الجيني؛ إذ لا يمكن فهم سلوك الأنظمة المعقدة أو التنبؤ بها بمجرد تحليل بنية مكوناتها.

لذلك تفرض قضية الظهور، كما ذكرنا سابقًا، حدًا نظريًا على المعرفة المتاحة من المنهجية الاختزالية، وتختلف الخصائص الناشئة، وهي خصائص مبادئ التنظيم الأعلى أي المستوى الأعلى من النظام، عن الخصائص الناتجة التي يمكن التنبؤ بها من معلومات المستوى الأدنى من التنظيم، وهذا يعني أنه لا يمكن تفسير الظواهر التي تحدث على المستوى العضوي بشكل كامل من حيث المعرفة التي تعمل على مستوى الخلايا أو الجزيئات، كما أن الظهور هو الاستحواذ المستمر وغير المتوقع على تماسكات متعددة؛ إذ إنه ينطوي على اكتساب خصائص متعددة من خلال تفاعلات غير مصممة وديناميكيات هيكلية، وتتضمن مثل هذه الديناميكا التباين في البنية بين المكونات المتغيرة، ويمكن ملاحظة ذلك في النظم البيئية التي تظهر سلوكًا متعددًا ومتغيرًا باستمرار، ولذلك يمكن إنشاء الأنظمة المعقدة من خلال الظهور أو التنظيم الذاتي (Minati G., 2023).

إضافة إلى أن لبعض الجوانب المهمة للخصائص الناشئة قوى سببية خاصة بها، لا يمكن اختزالها إلى قوى مكوناتها أي القوى السببية لمكوناتها الأساسية، في حين يدافع الاختزاليون عن فكرة السببية الصاعدة من أسفل إلى أعلى – كما ذكرنا سابقًا– التي تؤدي بها الحالات الجزيئية إلى ظواهر ذات مستوى أعلى، ولذلك فإن الظهور يدافع عن فكرة السببية التنازلية (الهابطة) أي من أعلى إلى أسفل التي تؤثر بها الأنظمة ذات المستوى الأعلى في التكوينات ذات المستوى الأدنى (Regenmortel Marc Hv, 2004)، وتشمل السببية التنازلية وظائف ذات مستوى

أعلى، توجد كنتائج تنشأ مستقلة سببيًا عن وظائف ذات المستوى الأدنى.

وطبقًا لمبادئ الظهور ينقسم العالم الطبيعي إلى تسلسلات هرمية، ولذلك نؤكد أن الأنظمة البيولوجية (النظام الكلي) متعددة المستويات تطورت على مدار الزمن التطوري، وأن كل مستوى يتكون من العديد من الكيانات المتفاعلة، مما يعني أن الكل له تأثير سببي في أجزائه المكونة، في حين أن سلوك الكل أي النظام البيولوجي المعقد ككل مقيد بخصائص مكوناته (السببية التصاعدية)؛ لذا فإن سلوك أجزائه يتأثر إلى حد ما بخصائص النظام العالمي (السببية التنازلية)، فعلى سبيل المثال، يتم التحكم في سلوك الخلية من خلال خصائص الجزيئات الكبيرة وخصائص العضو الذي تنتمي إليه، وهذا جانب حاسم بعد إدراك علماء الأحياء والطب الحيوي حدود النهج الاختزالي على مستويات مختلفة، فهو يوفر فقط رؤى حول سلوك الأجزاء المعزولة ولكن ليس حول ديناميكيات النظام ككل.

بعبارة أخرى ترتبط المستويات الهرمية في النهج الاختزالي بين الكلي والجزئي بمستويين من التنظيم: المستوى الأعلى للظاهرة المراد تفسيرها، والمستوى الأدنى الذي تفسر فيه (تحديد العوامل السببية)، وهما مستويان يرتبطان تحليليًا بطرق ثابتة، وبالتفسير الكلي من خلال المجهري (الجزيئي الجيني) الذي يكون مصدر الأسباب النهائية والضرورية والكافية، وتكمن المشكلة في أن هذا الارتباط لا يعني السببية في البحث الجيني؛ لذا فإن الفهم غير الاختزالي يأخذ مستويات هرمية بين الجزئي والكلي، وتحتوي على ظواهر متعددة التطبيقات للظهور كما هو الحال في الأنظمة البيولوجية والنظم البيئية، ويعد مفهوم الظهور مناسبًا في الحالات التي تحتوي فيها الأنظمة المعقدة (Minati.G 2023).

كما أن للظهور والسببية التنازلية دورًا في التنظيم الذاتي، فقد أشرنا سابقًا إلى أنه يتمثل في عملية الاستحواذ غير المنظم على الخاصية نفسها بمرور الوقت، وهذه العملية هي التي تنشأ فيها الأنماط على المستوى الأعلى للنظام، وبشكل عفوي من تفاعلات محلية غير محددة بين مكونات المستوى الأدنى للنظام، فالأنظمة المعقدة تتطور بشكل غير متوقع في هياكل شبكية متكيفة، بمعنى أن هذه الهياكل قادرة على إنشاء الاستراتيجيات القائمة للتكيف مع الظروف البيئية المتغيرة وتعديلها، وعليه فإن التنظيم الذاتي يحدث على مستويات مختلفة (من التنظيم البيولوجي)، على سبيل المثال، المبادئ العامة في تنظيم الخلية (Mazzocchi F., 2011: 18).

إضافة إلى ذلك، هناك خصوصية إضافية للأنظمة المعقدة (أي من الخصائص الناشئة)، وهي أنها مفتوحة، بمعنى أنها تتبادل المادة والطاقة مع بيئتها، فهي ليست في حالة توازن ديناميكي حراري، ومن الممكن وجود مستويات مختلفة من الانفتاح اعتمادًا على الموقع المكاني، ولذلك فإن الأنظمة البيولوجية عمومًا هي أنظمة مفتوحة، إضافة إلى أنها أنظمة تطورت تحت تأثير ظروف بيئية محددة.

لذلك فإن الأنظمة البيولوجية المعقدة كالأنظمة الجماعية أو البيئية والتكيفية لا تتوافق مع الخطية، ولا يمكن تفسيرها من خلال نهج واحد

أو مستوى واحد أي من خلال النماذج الميكانيكية، فهذه الأنظمة تتمتع بديناميكيات واسعة ومجموعة متنوعة من القواعد المحلية؛ لذا فإن النمذجة من أسفل إلى أعلى ليست مجدية؛ إذ لا يمكن تفسير السلوك السائد في المستوى الأعلى من خلال نماذج المستوى الجزئي (لا يمكن تفسير سلوك الكل من سلوك الأجزاء)، وسلوك النظام هو وظيفية للأنماط العامة لتفاعل المكونات التي تسلط الضوء على ظهور التعقيد من الديناميكيات بدلًا من التكوين، كتفاعل شبكات الجينات والشبكات الاجتماعية التي لا علاقة لها بالمكونات الفردية؛ لذلك أكدت العديد من النتائج أهمية المستويات الأعلى من الدقة والتعميمات الوظيفية (أي التعميمات التي تشير إليها بالنماذج النظرية المفاهيمية السببية).

فقد أكد عدد من علماء البيولوجيا أهمية التفسيرات الوظيفية للبنية أو العملية الخلوية، وأكدوا أيضًا الميزة الانتقائية لهذه السمات خلال التاريخ التطوري؛ إذ تعد التفسيرات الوظيفية أكثر فائدة لفهم الأنظمة البيولوجية المعقدة ذات التفاعلات المتعددة من التفسيرات السببية (الاختزالية)، التي تعطي أهمية غير مبررة لعامل واحد (Regenmortel Marc, 2004).

وهذا يعني أن المفاهيم أو الطبيعة النظرية المتمثلة في مبادئ المستوى الأعلى أو مبادئ الخصائص الناشئة، مناسبة بوجه خاص للتعامل مع التعقيد البيولوجي، وتحديد طبيعة الناشئة غير الخطية المتعددة، كما أن مبادئ أو قوانين (مفاهيم) الظواهر الناشئة لا تظهر على المستوى الأدنى الجزيئي، كما لا يمكن اختزال هذه الظواهر إلى المستوى الأدنى، كما قلنا سابقًا؛ لأنه ليس كافيًا للمستوى الأعلى.

إن الأهمية الفلسفية للتعقيد البيولوجي، الذي عاق وجهة النظر الاختزالية القياسية تتجلى بوضوح في الاتجاهات الحديثة في علم البيولوجيا النظمي (النظمية)، الذي له بالفعل تأثير تحولي في علم البيولوجيا الجزيئية الدقيقة، فقد أدى التركيز على المسارات والشبكات والأنظمة المعقدة إلى ظهور طرق جديدة في الأساليب التفسيرية والمنهجية، وأصبح بالإمكان أن تكون مناهج الأنظمة المعقدة من أعلى إلى أسفل أو التنازلية، بدءًا من البيانات والسعي إلى استنباط المبادئ (المفاهيم) التفسيرية الأساسية، طريقة في التعليلات الجينومية والبروتينية بجانب المناهج من أسفل إلى أعلى (التصاعدي)، بدءًا بالخصائص الجزيئية واستنباط النماذج (Minati G., 2023).

والحقيقة أن فكرة الظهور (مبادئ الخصائص الناشئة) اكتسبت مصداقية في العلوم البيولوجية، وكان هناك ميل عام نحو النظر إلى الأنظمة البيولوجية بطريقة أكثر تكاملًا، وبعيدة كل البعد عن أن تكون موجهة بشكل أحادي، كما يتضح من تطور بيولوجيا الأنظمة نفسها أنها تتكون من تيارين متميزين، يركز أحدهما على التفاعلات الجزيئية الفردية أي النهج من أسفل إلى أعلى، في حين أن الآخر يؤكد مبادئ الأنظمة أي مبادئ التنظيم العليا، ويبدأ النهج الأخير بجمع البيانات ووصف الظواهر، في حين يعتمد الأول على الآلية بشكل أكبر، لكنّ كليهما ينتجان نماذج سلوك النظام ككل، وتعد مناهج علم البيولوجيا النظمي جذابة بوجه خاص لتحليل الأحداث

والظواهر المعقدة للغاية، كما أن نظرية التعقيد أسهمت في تطوير نهج جديد ما بعد اختزالي (تجاوز الاختزالية).

ويدرك اليوم علماء البيولوجيا أهمية دراسة التفاعلات بين الظواهر الجزيئية، من خلال دمج البيانات والنماذج متعددة المستويات، ويمكن القول بشكل آخر إنهم أدركوا أهمية دمج البيانات أو التفسيرات عبر مجالات البيولوجية؛ لذلك فإنه لا يوجد نهج أو نموذج رياضي واحد يمكنه تفسير السلوكيات على جميع المستويات، ولذلك فإن الممارسات العلمية البيولوجية المعاصرة، تعمل على دمج البيانات الكمية (الجزئية) التي تأتي في شكل معلومات إحصائية، والنماذج النظرية السببية الاحتمالية، التي تفسر البيانات التجريبية الإحصائية للآليات البيولوجية في شكل نظرية أو نموذج سببي، ولذلك فإن الممارسات العلمية البيولوجية المعاصرة بهذا الدمج تفسر الطابع متعدد المستويات للآليات (Dhar Pawan, 2010).

الخاتمة:

في النهاية، يمكن القول إن المناقشات حول الاختزالية في علم البيولوجيا أصبحت أكثر إثارة للاهتمام من الناحية الفلسفية؛ نتيجة للاعتراف بالمشهد المفاهيمي المتنوع في هذا المجال المعرفي الذي تم إنتاجه على مدى العقود الماضية، وهو مشهد أكثر بكثير من ذلك الذي تم تصوره عندما كان الاختزال لنظرية "ناجل"، وما يجب أخذه في الاعتبار هنا هو أن هذه الورقة البحثية تشير إلى أنه في عصر ما بعد الجينوم، أصبحت الاختزالية التفسيرية وحدودها قضية ملحة يناقشها عدد من الفلاسفة والعلماء المعاصرين بوضوح، كما تكشف عن الطابع الاختزالي للتفسيرات الجزيئية، ولماذا هي غير كافية لتفسير سلوك الأنظمة المعقدة أو النظام ككل، وقد أسفر عن التحليل لماهية الأساليب والتفسيرات الاختزالية (التفسيرية والمنهجية) في العلوم البيولوجية وأين تكمن حدودها، ثلاث نتائج رئيسة، هي:

1- أن هناك ثلاث طرق اختزالية تُعد حاسمة في الممارسة العلمية البحثية الحالية لعلوم البيولوجيا، كما أنها تظهر أيضًا ثلاث خصائص للتفسيرات الاختزالية الجزيئية هي:

أ- تحليل النظام البيولوجي إلى أجزائه المكونة، فهي تشير فقط إلى المستوى الأدنى من النظام، وتتجاهل المستوى الأعلى (التنظيم المعقد).

ب- التركيز على العوامل الداخلية للنظام، فهي تتجاهل السياق البيئي للنظام.

ت- دراسة أجزاء النظام بشكل مستقل، فهي تستشهد فقط بأجزاء النظام بمعزل عن بعضها بعضًا، ومجرد الجمع بين كل هذه الأجزاء من شأنه أن يؤدي إلى فهم النظام ككل.

2- أن العمل ضمن الطرق الميكانيكية الحيوية (النهج الاختزالي) يواجه مشكلات التفسير والفهم للعلميات أو سلوك الأنظمة البيولوجية المعقدة متعددة المستويات؛ لأن العوامل ذات المستوى الأعلى أو البيئية لا يمكن تجاهلها أو تبسيطها لا سيما عندما يواجه هياكل شديدة التعقيد تتمتع بخصائص ناشئة

(بيئية ووظيفية وتطورية) لا يمكن تفسيرها (اختزالها) بخصائص أو قياسات المستوى الجزيئي الجيني الفردي.

3- أن النظم البيولوجية معقدة للغاية، بحيث لا يمكن وصفها بنموذج واحد؛ لذلك يُظهر هذا التعقيد الحاجة إلى دمج نماذج كمية ونظرية احتمالية، وهذا ما نجده اليوم في الممارسة العلمية البيولوجية المعاصرة التي بينت أن النماذج النظرية للرسم البياني السببي يمكن أن تفسر الطابع البيولوجي ككل؛ حيث إن علم البيولوجيا يعمل ككل أي يعمل على مستويات، ولذلك لا بد من دراسة العلميات البيولوجية من خلال النمذجة متعددة المستويات.

المصادر والمراجع

أولًا: العربية:

[1] روزنبرغ، أليكس ودانييل (2018)، "فلسفة البيولوجيا مدخل معاصر"، ترجمة: ميناسيتي يوسف، المركز القومي للترجمة.

[2] عكاشة، سمير (2023)، "فلسفة علم الأحياء"، ترجمة: عمر ماجد، مؤسسة هنداوي، القاهرة.

ثانيًا: الأجنبية:

[3] Kasier, M.L, and Gebharter, Alexander, (2014), "Causal Graphs and Biological Mechanisms", in Book explanation in the special sciences, M.L, Kaiser, Springer Dutch.

[4] Dhar Pawan, and G. Alessandro (2010), "Laws of biology: Why so few"? systems and syntheric bidogy Journal, vol 4, springer natherlands.

[5] Batterman, Robert and Green, Sara (2017), "Biology Meets Phxsics", Studies History and Philosophy Journal Vol 61, oxford.

[6] Pradeu, Thomas, (2018), "Philosophy of Biology", University oxford.

[7] Love, C. Alan and C. Wimsatt, William, (2018), "Reductionism in Biology", University oxford.

[8] Kaiser, Marie.I, (2015), "Reductive Explanation in the Biological Sciences", Springer cham.

[9] Regemortel, Marc Hv, (2004), "Reductionism and Complexity in molecular biology", Emboreports Journal, Vol, S, Johnwiley.

[10] Minati, Gianfranco, (2023), "Theoretical Reflections on Reductionism and Systemic Research Lssues", Systems Journal, Vol 12, Switzerland.

[11] Kaiser, Marie I, (2011), "The Limits of Reductionism in the Life Sciences", History and Philosophy of the Life Journal, Vol 33/4, Springer USA.

[12] Mazzocch Fulvio, (2011), The limits of reductionism in biology: What alternatives? E-LOGOS Journal, Vol 18, University pragu.

[13] Ferric Fang, (2011), "Reductionistic and Holistic Science", in fection and mmuity Journal, Vol 79, American Society.

[14] Ken, Waters, (2013), "Molecular Genetics", The Stanford Encyclopedia of philosophy, URL: https://plato.stanford.edu/archives/fall2013/genetics/.\.