

“如何可能”与“实际如何”：生态学模型解释的实在性分析

“How Possibly” and “How Actually”: Realistic Analysis of Ecological Model Explanation

江学如 / JIANG Xueru

(北京邮电大学马克思主义学院, 北京, 100876)
(School of Marxism, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing, 100876)

摘要:科学解释一直以来都是科学哲学中的重要论题。在生态学研究, 由于生态学对象的复杂性、进化性、开放性和历史性等特征, 生态学缺乏经典的亨普尔解释模型所诉诸的普遍定律, 人们常常借助于理想化的数学模型来解释复杂的目标系统。区分科学模型的代表精度和动态精度两种精度标准, 发现生态学模型解释遵循历时性的动态模式, 从最初的简单性模型不断地自我完善, 最终实现从“如何可能”到“实际如何”的解释机制。生态学系统中复杂的行为是由内部原因和外部原因等多重因素共同作用所涌现出来的动态属性。单一的模型不可能实现完全真实的解释, 走向多元主义的模型解释是可能的, 也是必要的。

关键词:生态学 模型解释 实在性 多元主义

Abstract: Scientific explanation has always been one of the important topics of philosophy of science. In ecological research, due to the complexity, evolution, openness and historicity of ecological objects, ecology lacks the universal laws appealed by the classical Hempel interpretation model. People often use idealized mathematical models to explain complex target systems. Distinguishing between the two accuracy standards of the representation accuracy and the dynamic accuracy of the scientific model, it is found that the interpretation of the ecological model follows a diachronic dynamic pattern, continuously improves itself from the initial simplicity model, and finally realizes the interpretation mechanism from “how possible explain” to “how actually explain”. The complex behavior in the ecological system is a dynamic property emerging from multiple factors such as internal and external reasons. It is impossible for a single model to achieve a completely true explanation, and it is possible and necessary to move towards a pluralistic model explanation.

Key Words: Ecology; Model explanation; Realism; Pluralism

中图分类号: N031; Q14 文献标识码: A DOI: 10.15994/j.1000-0763.2024.10.004

在科学研究中, 当人们无法直接研究并控制自然界中的复杂现象时常诉诸于各种科学模型。例如物理学中波尔的原子模型、分子生物学中DNA双螺旋结构模型、种群生态学中的捕食者-被捕食者动态模型、经济学中基于自主体模型以及化学分子中的物理球棍模型等

等。建模无疑是科学实践中一项极为重要的操作活动和认识方法, 以至于我们难以想象如果没有对模型的广泛应用, 现代科学世界将会是怎样的。

不同于传统科学, 生态学主要是研究自然界中的生物有机体与其生存环境之间的相互关

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“生态学范式争论的哲学研究”(项目编号: 16ZDA112)。

收稿日期: 2023年10月16日

作者简介: 江学如(1990-)男, 湖北大冶人, 北京邮电大学马克思主义学院讲师, 研究方向为生态学哲学。Email: 489554617@qq.com

系和作用，其研究对象具有很大的复杂异质性、进化性、开放性和历史性等特征。生态学中的理想化建模是对目标系统的一种“刻意地”歪曲表征，其中包含了一些尽管有用但依旧是错误的假说，而在一些反实在论者看来，通过这种数学方法、演绎推理的方式进行建模的活动，并不能“忠实地”反映或契合纷繁复杂的生态学世界，“有缺陷的”模型无法进行真实的解释活动。真的是这样吗？生态学数学模型解释的实在性如何？文章将对此进行哲学分析。

一、传统的科学解释观及模型解释的兴起

科学解释一直以来都是科学哲学研究的重要课题。一种解释通常由两个部分所构成，包括解释项(explanans)和被解释项(explanandum)。所谓解释项，即进行或完成解释活动的事项。而被解释项，则是将要被解释的现象或者事件。

1. 传统的科学解释观

在传统观念看来，解释是回答一个为何问题(why-question)或者如何问题(how-question)。例如，解释一个现象，要么通过自然规律和初始条件推导出被解释的现象，正如亨普尔(C. Hempel)的覆盖律解释模型，要么是寻求现象背后的因果链，进行相应的因果机制解释。而无论我们是依据何种解释进路，这里似乎都共同蕴含着如下观念：要想进行真正的解释(genuine explanation)，解释项必须为真。

亨普尔1965年提出，一个东西要想被视为科学解释，那么其中的一个必要条件就是它(至少在某种意义上)为真。^[1]当代的因果解释理论尽管存在各种形式，同样也接受了这一看似天经地义的理念，如果一个理论或者模型要解释某个现象或者规则，那么这个理论或者模型必须为真。有理由说，在某些因果解释中解释项似乎的确为真。诸如当我们提出“为什么是E而不是E*”这种为何问题(why questions)时，回答说“因为C引起了E”，那么，这种解释要想成立，C就必须真的已经引起了E。我们不可能解释某个没有发生的原因所引起的结果。

正如卡特莱特(N. Cartwright)所列举的例子：

我新种的柠檬树病了，它的叶子变黄且落了。我最后解释说，水聚集在花盆底部，水是树病的原因。我在花盆底部凿了一个洞，盆中的水都流出来了。这就是原因。在我凿洞之前，我也可以给出这个解释，并且给出这个解释就是陈述所假定的原因即是水。不过，这个作为解释的水必须为真。^[2]

在传统的科学解释观看来，一种解释如果解释项越详细、越完备的话，那么相应的解释力就越强。一个尽可能全面地把握了被解释项所有相关细节的解释无疑是一个最好的解释。不过，随着科学哲学由一般性的科学哲学过渡到具体的科学哲学，尤其是科学实践哲学后，人们在审视具体的科学案例时，注意到了很多过去学界所忽视的细节，这些“新”的发现或者认知给传统的科学解释观带来了巨大的挑战和变革。

具体而言，人们开始发现：其一，科学家试图解释的很多现象往往比我们通常想象的要复杂得多。这一点在生态学中尤甚。生态学系统从种群、群落到生态系统等不同的组织尺度都具有极大的因果异质性、进化性以及各种人为因素干扰等等特征，由此生态学家所解释的现象往往都是极其复杂的。其二，在很多复杂性学科诸如生态学中，这里面并不存在如亨普尔解释所需要的那种普遍的自然律。当前，学界专门围绕着生态学有无规律的争论有很多，而在其中反对存在生态学规律的论证更是种类繁多。诸如，生态学理论概念的不精确性；例外性；历史性；独一无二性；复杂性；开放性；多重可实现性；偶然性等等。它们都一致地将矛头对准生态学规律。萨格夫(M. Sagoff)就谴责生态学中一些规则的似律性，在其看来生态学系统具有复杂异质性，无法用普遍的生态学规律来成功地刻画这些变异的特征。^[3]其三，对导致某个事件或者现象的因果细节的详细描述常常超出了我们所能把握的范围，要么事实上对于当前的解释来说并非是最重要的。

2. 科学模型解释的兴起

进一步地，人们开始日益认识到，在科

学实践中科学模型和建模策略扮演着重要的角色,很多理论的研究成果都是借助于模型化来完成。科学家在解释和预测现象时常常诉诸于模型工具。科学哲学家将之描述为用模型本身来进行解释。例如,博库利奇(A. Bokulich)认为,“波尔的原子模型真正地解释了巴耳末系。”^[4]这种解释通常被称之为模型解释(model explanation)或者基于模型的解释(model-based explanation)。

初看起来,模型解释和传统的科学解释观存在着很大的差异性。例如,很多人发现这种解释很大程度上颠覆了以往各种科学解释观所要求的事实性(factivity)。尽管数学模型不是命题,本身并无真假可言,在具体的基于数学模型的解释中,科学家通常是借助于“抽象化”和“理想化”的模型来解释目标系统的动态属性。理想化是对系统的一种扭曲地表征,其中包含了大量错误的假说,而抽象化则是对于系统的不完备的表征过程,那么这种相对目标系统而言并不完备的表征模型,在某种意义上我们可以说它是“错误的”。如果模型能够进行真正的解释,那么就会和传统的科学解释观产生很大的差异性。正如韦恩(A. Wayne)所言,“物理学中的解释本质上依赖于物理系统的理想化(模型),这些解释本身就包含了被解释的物理系统或者现象中解释上相关的特征”。^[5]由此,这就违背了解释所需要的事实性。

按照博库利奇的看法,基于模型的解释是这样一种解释机制,即“通过解释项诉诸于某个理想化模型或者计算机模拟中所观察到的某种属性或者行为,作为真实世界中被解释的现象为何会表现出某种特征的解释部分。”^[6]为了阐述这种模型解释的内涵,她进一步列举了生物学的例子。在解释为何某些麻雀物种的羽毛会表现出黑色和灰色等不同颜色时,通过生物学的演化博弈论模型来解释。尽管颜色和适合度无关,但是这种多态性能够作为麻雀地位的象征,由此避免它们内部为了争夺资源而进行一些无必要的斗争。黑羽毛的麻雀是主导者,在食物资源上取代了灰羽毛麻雀。该模型论证了这种策略是稳定的、成功的,由此模型能够

用来解释为何我们在这种麻雀中发现了多态性。

不过,这种对模型解释的内涵分析,在应用到生态学研究时存在着一些缺陷。确切地说,仅仅依据我们看到了模型中所呈现出来的自然生态系统中的复杂模式或者现象,似乎并不足以解释为何我们在真实世界中也看到了它,因为相同的模式或者现象可能是多重实现的,高阶属性能够通过多个不同的低阶属性来实现。鉴于此,这并不能作为生态学中真实的模型解释的充分条件,而仅仅是其中的一个必要条件。为了更好地探寻生态学模型解释的内在机制,下面不妨以生态学中被视为典范的洛特卡-沃尔泰拉模型为例,进行个案研究,以期获得生态学模型解释相对普适的认知。

二、从“如何可能”到“实际如何”： 生态学模型解释的内在机制

1. 案例分析：洛特卡-沃尔泰拉种群动态模型

在20世纪20年代,意大利数学家沃尔泰拉(V. Volterra)受到其女婿达松纳(U. D'Ancona)的灵感的启发,他们观察到这样一个异常的生态学现象:随着第一次世界大战的结束,亚得里亚海域出现了水产品的短缺。而在很多人看来,一战期间人们的捕鱼活动的停止,鱼类理应获得休养生息、大量繁殖的机会,但现实中并没有发生。相反,在战争期间这片区域中的鲨鱼、鳕鱼等捕食者种群数量增加,而鱿鱼、挪威龙虾等被捕食者种群的大小却减少了。

为了解释这种捕食者-被捕食者数量之间的相互作用关系,他把生物个体类比为密闭容器中的气体分子,在统计力学中,不同的气体分子之间膨胀的数目正比于其密度的产物,同样,生物集合中的事件也依赖于个体之间的相遇(encounters)的次数。进而对此进行一般性的分析,他和洛特卡(A. Lotka)分别独立提出了洛特卡-沃尔泰拉数学模型,构建了相应的数学振荡方程,该模型对整个生态群落的动态行为予以解释。具体地,该模型的方程表

示如下：

$$\frac{dV}{dt} = rV - \alpha VP$$

$$\frac{dP}{dt} = \beta VP - qP$$

这里 V 表示被捕食者种群， P 代表捕食者种群， r 为种群的内在增长率， t 为时间， q 为每员死亡率。参数 α 为捕获效率，即捕食者对被捕食者种群的每员增长率的影响，其值越大，则每添加一个捕食者对被捕食者种群的每员增长率的影响越大。 β 指的是转化效率，即捕食者将被捕食者转化为其每员增长率的能力，当某被捕食者对捕食者特别有用时， β 就会比较大。这里 αV 表示捕食者的功能反应，即捕食者捕获猎物的速率以被捕食者的多度为函数， βVP 指捕食者和被捕食者时随机相遇的， βV 反映了捕食者种群的数量反应，即捕食者的每员种群增长率以被捕食者的多度为函数。

通过方程的平衡解，将方程值设为 0。得出：

$$\hat{P} = r/\alpha$$

$$\hat{V} = q/\beta$$

当捕食者种群处于某一特定大小 \hat{P} 时，被捕食者种群的增长率为 0。捕食者种群由被捕食者种群的某个特定值 \hat{V} 所决定。捕食者的死亡率越高，就需要更多的被捕食者来阻止捕食者种群下降。沃尔泰拉的模型得出，在捕鱼过程中，同时能够杀死捕食者和被捕食者种群的高浓度杀虫剂，有利于被捕食者，而轻型捕鱼活动则有利于捕食者。战争期间这片海域的捕鱼活动减少，杀虫剂减少，捕食者数量得到了增长。捕食者和被捕食者种群彼此影响着对方的种群增长，两者的种群动态呈现出周期性循环现象。

不过，鉴于自然界的复杂性，模型做出一系列的理想化和抽象化的简单化处理。该模型并没有表征任何自然种群中经常发生的迁入和迁出现象，亦无年龄或遗传结构，无时滞，并假定两种群是在均质的环境中随机性的相遇，捕食者可以消耗无数的猎物，被捕食者种群的增长仅仅只受到捕食者的影响等。

2. 从“如何可能”到“实际如何”解释机

制

对于这一模型解释，肖尔 (R. Scholl) 和拉兹 (T. Rätz) 批判性地指出，这种仅仅诉诸于模型“呈现”出来的周期性行为的理论建模策略，并不能真正地解释真实自然界中所看到的相应的现象。因为该模型仅仅只能提供一种如何可能 (how possible) 解释，但是并不能提供实际如何 (how actually) 解释。^[7] 具体地，肖尔和拉兹首先按照科学哲学家维斯伯格 (M. Weisberg) 的策略，区分了科学模型中的两种不同的精度标准：其一是表征精度，其二是动态精度。所谓表征精度，即模型的输出结果和实际结果相一致，或者至少保证在一定允许的误差范围之内。而动态精度则是模型忠实地表征了目标系统中实际的因果结构。相应地，一个“如何可能”解释模型，仅仅完成了模型的表征精度，尽管预测结果和实际结果相互拟合，但是这种预测上的可能并不是出于所有真实的因果机制而实现的，或许只是一次偶然地完成对现实的拟合。而一个真正的解释，应当是“实际如何”解释，即是基于正确的因果机制而产生的相应的结果，这就是一个动态精度的模型，它在充分表征目标系统的所有真实的因果结构后，对其进行了一次有效的预测。他们对这种模型最大的批判表现在经验数据上，指出仅仅表征精度还是不行的，我们还需要增加模型的动态精度。

质言之，如果只是提供了一个展现出自然界中振荡现象的模型，而没有对之提供一种专门的生物学上的解释，是不够的。这就是说，它仅仅提供了一种如何可能解释，鉴于此，洛特卡-沃尔泰拉数学模型并不真实，它仅仅指出简单的捕食者-被捕食者种群内在地相互作用能够产生种群的振荡行为。问题是，在真实的自然环境中，存在大量复杂的背景环境因素和生态网络，由此，该模型并不能成功应用到具体的自然野外环境中的现实种群中。

这就给我们了一个重要的提示，生态学中的数学模型的解释活动，不妨可以看成是一种沿着某个目标轨迹而不断自我完善、自我丰富、自我发展的历时性动态过程。这就是说，生态

学数学建模过程并不是一个静态的“完成时”，而是一个动态的“正在进行时”。事实上，沃尔泰拉在建模时，正是通过不断地调试沃尔泰拉模型，以期使得模型从“如何可能”模型走向“实际如何”模型。

需要指出的是，在科学哲学中关于如何区分“如何可能解释”和“实际如何解释”存在很大的分歧。德雷(W. Dary)就认为这是两种完全不同的解释类型，布兰顿(R. Brandom)则指出这是根据经验支持的不同程度来区分的，即仅仅是证实的程度性差异，而非两种不同的解释，随着我们获得更多关于模型中所援引的过程就是自然中运行的过程的证据，就从如何可能解释走向了实际如何解释。在生态学建模语境中，更多地是布兰顿意义上的区分。

3. 生态学模型解释的实在性分析

不过，考虑到生态学系统本身的异质性以及模型存在各种抽象化和理想化，最终单一的模型并不能通过自我复杂化路径而完全走向“实际如何”模型。在建模初期，为了处理的方便性，理论生态学家从最简单的单一种群的动态开始。考察单一种群的增长方式，进而增加相应地变量，考虑两个种群之间的动态，此时他们的模型能进行相应的“如何可能”解释，即在无季节性的变化等等外部原因的影响下，种群大小如何能够出现周期性的振荡。而为了获得“实际如何”解释，他们在模型中试图调整校对相应的动态精度，尽可能真实地刻画实际的自然生态学系统，即考虑到密度依赖性，增加更多的种群变量，同时他们也注意到了真实自然中存在的时滞性，以期增加模型和自然实在之间的契合度，由此，模型不断地由简单化走向复杂化。有理由说，生态学模型解释的实在性一定程度上得到了改善，相应的动态精度也提升了。

问题是，一味地增加这种模型的细节，增加相关的参量和变量，提升其复杂性，这本身并不能保证模型关于目标系统的精度。后来的博库利奇同样认为，模型所刻画的系统的细节越多就越不能够提供实际的解释。这里重要的并不是相关细节的数量越多越好，而是模型

所表征的因果机制是否就是自然中所操作的机制。有时候，模型所界定的解释机制越抽象，反倒越容易确定为实际如何解释。而这里界定的机制越精确，我们就越难以确定所刻画的特定的机制是否就是实际中的机制。从这一点看，生态学模型解释不同于传统科学解释所要求的解释项“越详细就越好”理念。

由此，生态学数学模型解释并不是一个简单的“是-否”过程，而是一个程度性的东西。尽管比起“如何可能解释”，那种“实际如何解释”更真实，更能够契合目标系统内部真实的机制，在一定范围内，我们通过改善模型，增加相应地因素可能会更接近于实际如何解释。不过，悖论在于，生态学中将“真实性”贯彻到极致的单一的数学模型并不能提供实际的解释。沃尔泰拉并没有真正实现对目标系统进行完备表征的理想模型。究其原因，沃尔泰拉是一位数学家，一生都在致力于把生物学、社会科学进行数学化处理，在此基础上，他主要借鉴的工具是牛顿力学的方法，在对各种生物学关系进行数学建模时，很大程度上也是力学类比进路。

通过仅仅考察系统中的某些属性，建构简单的假说系统，这在物理学中是应用非常普遍的方法。但是生态学中，情况则有很大的不同。考虑到生态学系统和物理系统之间存在很大的差异性，在一个变异的环境中如某片海域中相互作用的物种关系，它们构成了一个比起经典力学中所研究的对象更加复杂的异质系统。牛顿力学所发展起来的数学方法和技术不可能直接应用到研究捕食者-被捕食者动态中。即便在相同环境生活的种群中观察到的变异性表现出某些在很多力学系统中观察到的特征，如振荡行为，我们仍然不太清楚系统的构成部分是什么，以及它们究竟是以何种方式运行的。事实上，沃尔泰拉本人就意识到这里面存在着大量各式各样的干扰因素，它们对生态学系统都会带来极大的复杂性和不确定性，进而增加了解决问题的难题系数。由此，他唯一可行的方法就是仅仅考虑内部原因，而忽视外界环境中的各种外部原因，即仅仅对两个种群之间的相

互作用进行建模，考察其中的振荡现象的内部原因。^[8]

这就是说，生态学系统中复杂的行为是由内部原因和外部原因等多重因素共同作用所涌现出来的动态。一个单一的模型不可能达到完全真实的解释。因为根据建模方式，模型常常是用来研究某个目标系统的很多可分离的成分，但是它不足以解释系统的全部行为。在很多具体案例中，模型将只能提供一种部分解释。此时，只有当我们和其他模型有效地结合起来，才可能获得一种完备的解释。理想化常常用来孤立一些特定因素的贡献，它们仅仅是解释的一部分。由此，我们并不能完全否认如何可能解释的解释力。事实上，在生态学、生物学等学科中，在缺乏充分地经验证据下进行的理论建模研究中，如何可能解释具有重要的作用，它仍然一定程度上提供了相应的解释。

三、走向多元主义生态学数学模型解释目标

进一步地，在生态学数学建模中，如果一个数学模型解释了相关的生态学现象，诸如生态学家利用捕食者-被捕食者模型用来解释两种群之间的周期性振荡行为，那么模型应该传达了哪些信息呢？换句话说，模型的解释力表现在它能够帮助我们满足或者实现哪些目标？

尽管在基于数学模型的解释中哪些具体的目标对其是本质的存在分歧，按照霍斯坦（E. Hochstein）最近的分类，大致来讲，我们主要可以划分为如下五种类型。^[9]其一，模型能够成功地表达关于目标系统的某种理解，或者说使得系统易于理解，正如弗雷德曼（M. Friedman）所言，我们的解释理论应该以某种方式把解释和理解关联起来，即它应该告诉我们科学解释提供了哪种理解，以及它们是如何提供的。^[10]其二，在给定的初始条件下，能够确定所给定的现象何时会如期出现，即把解释和预测关联起来。科学解释中的亨普尔覆盖律解释模型就持有这种观念。其三，识别一些

被解释项所从属的普遍原则或者说模式。在生态学中通过这种理想化的建模活动，我们能够发现自然界中的某些可重复的模式，进而通过多重模型的稳健性检验，能够在一定程度上保证模型预测结果的真实性和可靠性。^[11]其四，能够发现产生并且维持目标系统的一些特定的物理机制，这就是寻求其中的因果机制，例如通过生态学建模中的充分参数的抽象化处理，我们能够把产生某种相似或者相同的高阶现象的各种异质的低阶层次的物理机制整合为一个抽象的整体机制。其五，提供一些足够控制、重复目标系统的信息。例如伍德沃德（J. Woodward）的干预主义解释理论。当然，这里并没有穷尽所有和模型解释相关的所有科学目标的清单列表，这几个和当前科学哲学界围绕着模型解释的讨论密切相关。有理由说，如果模型实现了这些科学目标，那么模型就具备了很大的解释力。研究表明，如果一个科学模型能够实现的目标越多，那么其解释力就越大，模型解释的实在性越高。

不过，在实际的科学建模过程中，对于一个特定的目标系统，某个单一的模型是很难同时实现诸多目标的。即便是一个理论上表征了目标系统的所有特征的完备模型，也无法同时实现这些解释目标。在生态学等复杂性学科中，由于研究对象本身的特殊性，常常会出现建模过程中为了实现某个目标的最大化而以牺牲另一个目标为代价。具体地，这里面有些解释目标离不开一定程度上模型的具体化，如模型需要识别某个特定系统的特定机制是如何运行的。而有些解释目标则需要高度的抽象化，即模型需要发现很多不同的机制所从属的普遍原则。一个过于详细的模型将会模糊我们想发现的自然中普遍的模式，而一个过于抽象的模型又不能告诉我们关于特定系统的内部机制。

那么，究竟哪些目标对于基于模型的科学解释来说是必要的呢？这就引发了哲学界的相关争论。当前，科学哲学界对此主要有两种立场，第一种是持有解释一元论（explanatory monism），另一种是主张解释多元主义（explanatory pluralism）。前者主张存在一种特

定的解释目标,它在所有的语境下都是本质的,由此,只有模型完成了这种特定的目标,模型才能说是解释性的,问题就在于究竟哪一种才是本质性的目标并没有达成共识。例如克拉夫(C. Craver)就指出,在科学中,尽管预测和理解的目标是重要的,但是它们并不是解释的构成部分,只有满足了识别那些对于解释所需要的因果机制目标的模型才是解释的。^[12]另一方面,解释多元主义则主张,在适宜的实用条件下,但凡满足这些目的中的任何一个都可以被视为对于解释是充分的。诸如在某个特定语境下,能够将某个被解释的现象安置在普遍的模式下的模型就是解释的,而在另一种背景条件下,一个识别了物理机制的模型就是解释的。

在生态学建模中,人们更多地则是持有的一种多元主义视角。种群生物学家列文斯(R. Levins)在1966年指出,尽管自然系统具有极大的复杂性和异质性,但是并不代表通过数学建模就无法认识到自然的实在性。由于人类认知的局限性,通过理想化和抽象化的数学模型,我们可以部分地认识到自然系统。由于不同的目标,我们往往建构不同策略的模型。单一的模型不能同时获得普遍性、真实性和精确性三者最大化,但是走向一种多元化的建模进路,是可行的,也是必要的。传统的建模策略无外乎这样三种:其一,实现模型的普遍性和预测性的最大化而牺牲模型的真实性的最大化;其二,实现模型的真实性和预测性的最大化而牺牲模型的普遍性;其三,实现模型的普遍性和真实性的最大化而牺牲模型的精确性。由此,他提倡一种整体论多元主义建模策略,最终多元化模型可以实现对复杂的自然系统的真正解释。^[13]

小 结

不同于传统的科学解释观,生态学解释更多地诉诸于模型解释或者基于模型的解释。尽管生态学模型是关于目标系统的一种理想化和抽象化的结构,基于这种“有缺陷”的模型依旧能够获得解释上的实在性。为了更好地拟合复杂系统的真实动态,最初简单化的数学模型

一定程度上需要自我完善和复杂化,模型解释是一个从“如何可能解释”到“实际如何解释”的历时性动态发展的逻辑过程。不过,考虑到生态学系统和传统科学对象存在很大差异性,其中存在大量的内因和外因等因果网络结构,那种一味去理想化和去抽象化的复杂模型,尽管增加了单一的数学模型的真实性的真实性,但是并不能良好的应用模型,无法实现对生态学现象真正的解释和预测。为了真实地解释系统的内在机制,走向多元主义的模型解释是可能的,也是必要的。

[参 考 文 献]

- [1] Hempel, C. 'Aspects of Scientific Explanation, and Other Essays in the Philosophy of Science'[J]. *Philosophy of Science*, 1965, 8: 486-492.
- [2] Cartwright, N. *How the Laws of Physics Lie*[M]. Oxford, NY: Oxford University Press, 1983, 91-92.
- [3] Sagoff, M. 'Fact and Value in Ecological Science'[J]. *Environmental Ethics*, 1985, 7: 99-116.
- [4] Bokulich, A. 'How Scientific Models Can Explain'[J]. *Synthese*, 2011, 180: 33-45.
- [5] Wayne, A. 'Expanding the Scope of Explanatory Idealization'[J]. *Philosophy of Science*, 2011, 78: 830-841.
- [6] Magnani, L., Bertolotti, T. *Handbook of Model-Based Science*[M]. Berlin: Springer, 2017, 103-116.
- [7] Scholl, R., Rätz, T. 'Modeling Causal Structures: Volterra's Struggle and Darwin's Success'[J]. *European Journal for Philosophy of Science*, 2013, 3: 115-132.
- [8] Knuuttila, T., Loettgers, A. *The Philosophy of Historical Case Studies*[M]. Cham: Springer International Publishing, 2016, 172-173.
- [9] Hochstein, E. 'Why one Model is Never Enough: A Defense of Explanatory Holism'[J]. *Biology & Philosophy*, 2017, 32: 1105-1125.
- [10] Friedman, M. 'Explanation and Scientific Understanding'[J]. *The Journal of Philosophy*, 1974, 71: 14-15.
- [11] 江学如. 语境主义对生态学模型稳健性检验争论的化解[J]. *自然辩证法通讯*, 2021, 43(12): 46-52.
- [12] Craver, C. 'When Mechanistic Models Explain'[J]. *Synthese*, 2006, 153: 355-376.
- [13] Levins, R. 'The Strategy of Model Building in Population Biology'[J]. *American Scientist*, 1966, 54: 421-431.