

第八讲 研究方法写作

方法部分的阅读可能是乏味的,而其写作是精彩的、充满乐趣的。

通过此部分,作者向读者展示自己研究的全过程,包括如何进行数据收集、实验设计、结果分析等,并且以一种有序的方式向读者展示出来,帮助他们充分了解研究从头到尾的每个阶段。

该部分可以说好写,也可以说不好写。好写,是因为它最容易言之有物,是陈述内容;不好写,是因为难点不在于写,而在于写什么、怎么写。即,将陈述内容如何通过良好的结构逻辑,尽可能简洁而清晰地呈现给读者。

不同的研究,在方法写作上,会出现一些共同之处。同时,相同的方法,或许由于论文创新不同,在写作上,也会出现较大差异。初学者要善于抓住共性之处,更要熟练掌握和熟练运用差异。通过对共性和差异的归纳总结,做到熟练灵活,能够举一反三。

本讲首先概要的总结出方法部分写作的一般要求和规范;其次通过案例分析,归纳出方法部分写作的一般逻辑和结构组成;最后考虑在不同创新需求下,探讨了方法设计中的一些技巧。总体上,期望初学者能够将所学内容触类旁通,应用到自身写作实践中,不断提升自己的写作能力。

第一节 概述

研究性论文结构中,研究方法一般称作“Methodology”或“Methods”,有时也写做“Materials and Methods”。其目的,就是告诉读者,通过何种实验方法、技术手段获得的论文中的结果,并且可以通过重复以上方法,获得相同的研究结果,以用于检验结果的可靠性。

方法部分写作出现问题,是常见的拒稿原因。建议初学者遵循以下几点:

1. 可复制性地展示。可复制性是论文能否被录用的决定性因素之一。这意味着作者要提供充分的、准确的细节。把握“充分与准确”的度,即尽可能简洁、精炼、不冗长。与方法无关的背景内容、基础公式以及过细介绍广为熟悉的方法都是不必要的,可以省略。

2. 逻辑要清晰。方法是一个相对独立的部分,有其内在的写作逻辑。逻辑清晰被认为是高质量论文写作的灵魂,也是方法部分写作要求重点。有时,通过一种简明清晰的逻辑,把这部分内容串联起来是有难度的。但从写作角度看,呈现的就是一条简明清晰的“直线”。对于初学者,可以把本领域权威期刊上发表的论文作为案例,在实践中“照猫画虎”,久而久之就能做到熟能生巧。

3. 结构要合理。尽管研究主题、内容、目标和对象不同,但很多论文方法部分在结构上都会涵盖四个方面,即“Who、What、How、Method of data collection, processing and results analysis”。其中,Who指的是研究对象(participant,或是 study area, study case 等);What指

的是数据/材料(materials);How 指的是实验设计(experiment design),即各个环节之间的相互关系。所以可以把“研究对象——数据收集与处理的方法和过程——数据分析与结果评价的方法”作为方法部分写作的一般结构。这种结构或信息呈现方式,与正文其它部分尤其是结果的信息呈现方式遥相呼应。这样有利于方法部分乃至通篇都呈现一种清晰简明的结构逻辑,也有利于读者有选择性的阅读。

4. 严格遵循期刊投稿指南。初学者在动笔之前或者在投稿之前,有必要查看目标期刊的投稿指南,遵循其写作规范,这样就可以避免很多错误。例如 *Science of the Total Environment* 在投稿指南中要求到:

Material and methods - Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

同样要求也可以在诸多期刊投稿指南中找到,例如 *Landscape and Urban Planning*:

Methods - If your research has a geographical focus, describe the nature of the landscape setting with regard to location, scale, and other essential information, including a map and/or contextual photo as appropriate. Provide sufficient detail of your approach so that readers can evaluate the credibility and rigor of your work with respect to research design, sampling and data collection, statistical power and precision, statistical analyses, and other procedures. Except for common statistical tests and procedures, steps in your approach that have precedence in the research literature should be sufficiently referenced.

此外,该期刊投稿指南还要求若研究以地理为重点,需描述景观的性质,包括位置、尺度和其它基本信息如地图或背景照片。同时需提供使用方法足够的细节(抽样调查、数据收集,精度,统计分析及其它程序),以便读者可以评估该工作与研究设计的可信度和严密性。

当然还有一些期刊,如 *Nature Communication* 将方法部分划分在 full text 之外;而对于 *Conservation Biology* 来说,仅限定了全文字数和格式,没有提及关于方法部分的具体要求。

可见,具有可复制性是方法部分写作的普遍要求。不同期刊对于方法部分的写作,只有在符合期刊要求的前提下,才有可能被接受。对于没有提供作者指南的期刊,建议参照期刊上与撰写论文相关的已发表最新论文为标准参照执行。

5. 避免错误。方法部分写作过程中难免会出现表格、公式、标号、符号等要素,容易出现混淆、混乱问题。初学者应严谨、细心,规避这类错误。

6. 附件(Appendix)。受论文总篇幅限制,一些研究设计的中间过程,如非重要的计算公式、图表、问卷内容、仪器设备等详细说明,通常作为附件提交。这些附件通常不属于论文正文部分,但对于确保方法部分的可复制性依然是不可或缺的。初学者在写作之初,应把握好该部分的写作重点与非重点,尤其涉及到多种方法时,要对必须呈现的关键性步骤和内容做到心中有数。具体而言,还是以参照目标期刊已发表最新论文的附件为佳。

初学者如果能够做到上述六点要求,方法部分的写作基本符合规范要求了。为深入和丰富

了解方法部分的写作技巧,下一节将通过案例分析,归纳总结方法部分写作的一些常用“套路”。

第二节 方法结构与逻辑

首先,我们来看一下两篇 SCI 论文案例:

1. *Evaluation of water conservation function of Danjiang River Basin in Qinling Mountains, China based on InVEST model*^①(部分)

2. <i>Materials and methods</i>	—Methodology
2. 1. <i>Study area</i>	—Who(研究对象/区域)
2. 2. <i>Evaluation method of water conservation function</i>	—How(实验设计)
2. 2. 1. <i>The InVEST water yield model</i>	—Step 1
2. 2. 2. <i>Calculation of water conservation</i>	—Step 2
2. 3. <i>Data source and processing method</i>	—What+Method of “what” analysis(数据源与数据处理)

2. *Identification of urban flight corridors for migratory birds in the coastal regions of Shenzhen city based on three-dimensional landscapes*^②(部分)

<i>Data and methodology</i>	—Methodology
<i>Study area and data source</i>	—Who+What(研究对象/区域+数据源)
<i>Methodological framework</i>	—How(实验设计)
<i>Identifying ecological security sources</i>	—Step 1
<i>Three-dimensional landscape resistance parameterization</i>	—Step 2
<i>Extraction of key ecological corridors</i>	—Step 3
<i>Calculated empirical abundance of birds</i>	—Step 4
<i>Model evaluation</i>	—Step 5(精度检验)

通过对比例 1 和例 2 可以发现:两者在方法结构上基本相同,囊括了研究对象、数据来源、数据处理与分析、以及实验设计的具体步骤。

但是也不难发现存在一些差异:

(1)关于数据源和数据处理的描述。例 1 将此部分架构在二级标题下,与研究对象并列;例 2 则将研究对象与数据源合并为同一部分。为什么会这样安排呢?又说明了什么呢?原因很简单,例 1 中作者对研究过程中获取的一手数据进行了处理,而不是简单地拿来直接使用。这种数据处理过程存在一定的主观性。对于这种主观性需要给出一定的必要的解释。因此,例 1 单独将此部分作为一个小节的主要原因。当然,从相对重要性考虑,将此部分单独列为最

① Li, M., et al., Evaluation of water conservation function of Danjiang River Basin in Qinling Mountains, China based on InVEST model. *Journal of Environmental Management*, 2021, 286, 112212.

② Liu, Z., et al., Identification of urban flight corridors for migratory birds in the coastal regions of Shenzhen city based on three-dimensional landscapes. *Landscape Ecology*, 2021, 36(7), 2043-2057. doi: 10.1007/s10980-020-01032-6

后一个小节,也是便于读者重点阅读。例2使用的数据是现成的,仅需要说明数据获取的来源,保证其真实可靠性就可以了。因此,这部分的写作方法与介绍研究对象一样,属于描述性内容。

(2)关于实验设计步骤的繁简处理。例1中,实验设计仅包含了两个步骤,核查一下就可以知道,仅涉及了一种模型/方法。查阅原文能够发现,2.2.1节是对所采用模型的介绍,包括原理和公式;2.2.2节是在2.2.1节基础上衍生得出的,即用于描述如何处理应用模型后得到的结果。这两部分在逻辑上的“总分关系”是大于“承接关系”的。如果不考虑正文各部分之间的逻辑协调,这两个部分是可以合并为一个部分的。例2中,实验设计涉及了多个实验步骤,各个步骤在顺序上是不可倒置的。逻辑遵循的是研究过程,具有明显的承接关系。并且,例2中涉及多个方法,每一个步骤都有与之对应的方法,需要单独陈述。

(3)关于补充性步骤。例1没有涉及研究结果精度检验这一部分内容,而例2是有的。在数据不全面、精度可靠性较低、模型需要修正或一定程度上存在主观性时,精度检验可以帮助提高论文研究结果的可靠性以及科学性。如果,论文的创新与侧重点都没有聚焦在研究结果精度上,换句话说,在一定精度范围内可以得到可靠性较高的结论;那么是否还需要增设这种补充性部分来“锦上添花”,则需要具体问题具体分析。

接着再看两篇SSCI论文案例,它们均选自于同一期刊*Land Use Policy*:

3. *Spatial coupling differentiation and development zoning trade-off of land space utilization efficiency in eastern China*^①(部分)

2. <i>Materials and methods</i>	—Methodology
2.1. <i>Study area</i>	—Who(研究对象)
2.2. <i>Methods</i>	—How(实验设计)
2.2.1. <i>Multi-dimensional measurement of land space utilization efficiency</i>	—Step 1
2.2.1.1. <i>Analysis of land space utilization system.</i>	
2.2.1.2. <i>Evaluation of land space utilization efficiency.</i>	
2.2.2. <i>Calculating land space utilization efficiency indices</i>	—Step 2
2.2.3. <i>Trade-off judgment method for land space zoning</i>	—Step 3
2.2.3.1. <i>Trade-off analysis framework for land space development division.</i>	
2.2.3.2. <i>Analysis of the potential efficiency contribution.</i>	
2.3. <i>Data sources and pre-processing</i>	—What + Method of “what” analysis (数据源与数据处理)
2.3.1. <i>Data sources</i>	
2.3.2. <i>Data pre-processing</i>	

^① Liu, J., et al., Spatial coupling differentiation and development zoning trade-off of land space utilization efficiency in eastern China. *Land Use Policy*, 2019, 85, 310-327.

尽管研究领域存在较大差异,但是一些 SSCI 论文与 SCI 论文在方法部分写作上有着很多相似之处。例 3 与例 1 和例 2 的方法部分基本保持了一致的写作结构逻辑。例 3 实验设计中各个步骤的划分显得更加详尽具体。如果仅从写作格式考虑,这种划分要求,有利有弊,一方面体现了整个研究工作的详实细致;另一方面也造成了章节的繁冗。事实上,一些期刊投稿指南明确规定最多只可使用至三级副标题。

4. *Reduction of industrial land beyond Urban Development Boundary in Shanghai: Differences in policy responses and impact on towns and villages*^①(部分)

3. <i>Materials and methods</i>	—Methodology
3. 1. <i>Data sources</i>	—What(数据)
3. 2. <i>Research method</i>	—How

例 4 作为同一 SSCI 期刊的研究论文,方法部分的写作与例 1~例 3 相比,有着较明显的差异。其方法部分所占篇幅不到全文十分之一。其中,3.1 节数据源部分描述了该研究采用了案例研究的方法进行了实地调查,陈述了包括在哪里进行的调查、调查内容有哪些、样本量是多少等基本必要内容。3.2 节研究方法给出了选取“案例研究法”的原因,具体展示出对哪些人进行了什么形式的访谈,以及对收集的问卷结果是如何处理的等依然是基本的必要内容。本论文在方法部分的写作上并没有注重于结构与逻辑,而是侧重于分析背景和原因,以增强使用方法可行性的可信度。

通过 SCI 与 SSCI 论文方法部分写作案例比较,可以得出两者之间既有共同之处,也存在有一定的差异。初学者应根据自身研究领域以及具体的论文,寻找到与之契合度高的方法形成写作参考模板。也即,前面反复强调的两个步骤:(1)做到符合投稿期刊要求,这是论文能被接受发表的重要参照。(2)如果目标期刊没有明确要求时,多收集整理目标期刊上已发表的最新论文,选择合适所写论文实际的写作方式进行合理组织。

最后,当研究过程涉及较多方法和实验步骤时,也即方法部分不可避免的较为复杂和冗长时,如何通过提纲挈领式的方法,保持结构逻辑清晰呢? 请看例 5:

5. *Identification and scenario prediction of degree of wetland damage in Guangxi based on the CA-Markov model*^②(部分)

3. <i>Materials and methods</i>	Methodology
3. 1. <i>Research content</i>	—A summary
3. 2. <i>Data source and data pre-processing</i>	—What+method of “what” analysis(数据源与数据处理)
3. 3. <i>Research methods</i>	—How(实验设计)

① Zhang, Z., et al., Reduction of industrial land beyond Urban Development Boundary in Shanghai: Differences in policy responses and impact on towns and villages. *Land Use Policy*, 2019, 82, 620-630.

② Zhang, Z., et al., Identification and scenario prediction of degree of wetland damage in Guangxi based on the CA-Markov model. *Ecological Indicators*, 2021,127, 107764.

续表

3.3.1. <i>Selection of training samples and test sample sets for intelligent land cover classification methods</i>	—Step 1
3.3.2. <i>Extraction of humidity damage degree</i>	—Step 2
3.3.3. <i>Analysis of wetland driving mechanism-geodetector</i>	—Step 3
3.3.3.1. <i>Factor detection.</i>	
3.3.3.2. <i>Interaction detection.</i>	
3.3.4. <i>CA-Markov model</i>	—Step 4
3.3.4.1. <i>CA model</i>	
3.3.4.2. <i>Markov model</i>	
3.3.4.3. <i>CA-Markov model</i>	
3.3.5. <i>Wetland future scenario setting</i>	—Step 5

可见,方法部分固定结构包括研究对象、实验设计以及数据/结果处理方法。写作是灵活的,逻辑清晰是该部分的写作前提,所有陈述的内容都应该是关键信息。这里仅谈了方法部分写作可遵循的一般结构和逻辑,供初学者参考。最重要的还是依靠实践,在实践中不断丰富写作方法和技巧。

至此,相信读者已经掌握不少“干货”了吧。是不是想赶紧着手撰写自己论文的研究方法部分了?别急,接下来我们将针对方法部分的各个基本结构,选取一些典型案例进行具体深入分析。相信大家一定会有更多的收获。

6. *Construction and optimization of an ecological networkbased on morphological spatial pattern analysis and circuit theory*^①(部分)

(1)整体结构逻辑

<i>Materials and methods</i>	Methodology
<i>Study area and study species</i>	—who(研究区域+对象)
<i>Data sources</i>	—what(数据源)
<i>Landscape pattern analysis based on MSPA</i>	—how(实验设计-步骤 1)
<i>Identification of ecological source areas of Asian elephants</i>	—how(实验设计-步骤 2)
<i>Construction of the ecological network</i>	—how(实验设计-步骤 3)
<i>Optimization of the ecological network</i>	—how(实验设计-步骤 4)

该结构逻辑清晰,没有针对具体的研究对象和内容,格式上也未标有章节序号。

(2)各部分结构的逻辑写作要点

1. 研究对象(*Study area and study species*)

***The study area is located** in eastern Menghai County between 98°28'E-100°40'E and 21°50'N-22°17'N , which is the first region to include a group of national lev-*

① An, Y. ,et al. , Construction and optimization of an ecological network based on morphological spatial pattern analysis and circuit theory. *Landscape Ecology*,2021, 36(7) , 2059-2076. doi: 10. 1007/s10980-020-01027-3

el ecological protection and construction demonstration zones in China. **The study area includes** five towns, Mengsong, Menghai, Menghun, Mengzhe, Gelang and Hani towns, which have a combined area of 1873.61 km² (Fig. 1). **Its land form** is mainly characterized by mountains and ravines, and the highest point is Huazhuliangzi in the west, with an elevation of 2429.5 m (Cao and Zhang 1997). Almost all rivers in the territory are part of the Lancang River system. **The study area has a tropical and subtropical climate** that is affected by the southwest monsoon, with an annual average temperature of 18.7 °C and an annual rainfall of 1300—1500 mm (Liu et al. 2018). **It has obvious vertical variation in climate characteristics** because the territory has high mountains and deep valleys.

The study area is rich in animal and plant resources due to its geographical location and climate characteristics (Liu et al. 2002). **Forest land and plantations** cover 60.07% of the entire region, and **the primary vegetation** types are evergreen broadleaf forest, evergreen needleleaf forest, evergreen broadleaf shrubland, tree orchard and shrub orchard. **There are many** national key protected wild plants, which are represented by *Alsophilacostularis*, *Paramicheliabailonii*, *Horsfieldiakingie*, *Toonaciliata* and *Gastrodiamenghaiensis*. **There are also some** rare and endangered animals represented by *Neofelisnebulosa*, *Presbytisphayrei*, *Pavomuticus*, and *Elephasmaximus*.

Among these species, the Asian elephant (*Elephas maximus* Linnaeus) has been listed as a national firstclass protected animal. **Asian elephants are** large terrestrial herbivorous mammals of the Proboscidea that are especially vulnerable due to their wide range of activity areas (Steinmetz et al. 2010). **Because** Asian elephants have more difficult adapting to the ecological environment, their distribution range is decreasing. **With the** destruction of forest vegetation and the increase in **human threats**, **Asian elephants are on the verge of extinction** (Blake and Hedges 2004; Gagnon et al. 2010). **Currently**, they only exist in some tropical rainforest areas, such as Xishuangbanna in Yunnan Province (Liu et al. 2017a). A variety of factors, **especially human activities** such as urban expansion and farmland reclamation, seriously **affect** the natural habitats and movement of wild species (Lin et al. 2008). **Therefore**, the protection of the habitats of Asian elephants **is vital for** their survival and reproduction.

该论文的研究对象是勐海县的亚洲象。因为研究对象十分具体，文中使用了较长的篇幅，说明了在什么特定的环境条件下，为什么选择这一物种，研究的意义是什么，以及研究的目的和方法又是什么。原文中下划线加粗部分展示了结构组织的逻辑关系。具体说：

第一段介绍研究区的基本信息，包括地理位置和特征，引出第二段，即在这种地理环境下有着丰富的物种多样性；并通过列举予以说明。第三段收敛到本文研究重点关注的濒危物种——亚洲象。换言之，论文以“描述物种特点——存在问题与原因分析——突出重要性”的逻辑指出为什么要进行这项研究：需要建立、优化和保护亚洲象的生存环境，即其生境以及生

境/态网络。

三段话的组织和内容都是围绕研究主题,段落间、句子间都采用了承接逻辑,一步步地引出研究对象,最后阐明研究意义和目的。请大家根据下划线部分的词句,重新研读一下,看看是否能够找到上述逻辑关系。

2. 数据源(Data sources)

Four periods (1990, 2000, 2010 and 2015) were selected for the analysis of landscape connectivity change in this study. The land use data were downloaded from the Data Centre for Resources and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (<https://www.resdc.cn/>). According to the specific situation and principal purpose of our analysis, the land uses of the study area were divided into six types: forest land, grassland, farmland, wetland, residential area, and plantation. Finally, the land use data were converted to raster format with a cell size of $30\text{ m} \times 30\text{ m}$.

关于数据源的描述仅由一段四句话构成。前两句交代了什么样的数据、来源于哪里;后面两句说明了这些数据在本文中是怎么使用的。整体句子衔接紧凑,表述简洁。

3. 实验设计(Step1-Step4)

Step1:Landscape pattern analysis based on MSPA

Based on the mathematical morphology research of Riitters (Riitters et al. 2007), combined with a mathematical morphology-mapping algorithm developed by Soille (Soille and Vogt 2009), Vogt proposed a new method for the analysis of landscape connectivity—morphological spatial pattern analysis (MSPA) (Vogt et al. 2009). The MSPA method can extract seven pattern classes at the pixel level, each of which has its own ecological meaning (Table 1). The morphological analysis method was specifically designed for geometric description and patch association and can be applied to digital image analysis at any scale (Vogt et al. 2007). Therefore, MSPA provides a new method for landscape analysis from the perspective of structural connectivity (Vela 'zquez et al. 2017).

In this study, based on the land use maps of the study area, forest land was used as the foreground for MSPA, and other land use types were used as the background. The setting of the edge width, which represents the size of the edge effect produced by the patches, can affect the number of cells defined as the core area. Edge effects are important ecological processes that are closely related to species habitat protection (Paton 1994), community dynamics (Fagan et al. 1999), and ecological restoration (Loveridge et al. 2010). In this construction of a regional ecological network, the edge width was set to a default value of 30 m , which can meet the needs of Asian elephants in the region (Sampson et al. 2018).

The total area of the research region was relatively small. Therefore, the scale of the cell size of $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ preserved the main landscape elements of the

study area to meet the data accuracy requirements for the research (Pascual-Hortal and Saura 2007). By using the eight-neighbor rule to perform MSPA, seven nonoverlapping pattern classes were obtained. Finally, the core area was used to calculate the landscape connectivity.

上述三段话描述实验设计的第一个步骤,即通过 MSPA 方法进行景观格局分析。每段话的写作重点明确:(1)第一段介绍了方法的原理和特点。因为采用的 MSPA 方法不是一种新方法,通过引用了原著提及,但未对具体细节进行赘述。本段的作用重点是,指出 MSPA 方法在本研究中适用、可行。(2)第二段则进一步深入,重点介绍了 MSPA 方法如何在本研究中应用,交代了关键考虑因素。因为即使同一种方法,在不同的研究的使用中,也会存在使用差异。(3)第三段内容更加详细,对具体参数的设置给出解释和说明,强调研究考虑到了削弱主观性,以突显严谨性。总体上,三个段落的整体逻辑是“方法介绍+可行——关键因素——具体参数”;在描述上做到了由浅入深。

Step 2: Identification of ecological source areas of Asian elephants

The probability of connectivity (PC) and the importance values of the patches (dPCs) were important indicators for measuring landscape patterns and functions and can better reflect the connectivity level between the core patches (Saura and Pascual-Hortal 2007). The Conefor software package, which can calculate the dPCs, was used to evaluate the importance of the core patches (Saura and Torne' 2009) as follows:

In this study, the distance threshold of the patch connection was set at 500 m, which can ensure the successful migration of the Asian elephant (Zhang et al. 2003; Li et al. 2019). The connectivity level of the core patches of more than 100, 000 m² from 1990 to 2015 was quantitatively evaluated. The core patches of the 10 highest dPCs were determined as source areas for the development and reproduction of biological species.

上述两个段落交代了实验设计的第二个步骤。该步骤首先是建立在第一步骤结果输出的基础上操作的,重点是对步骤 1 输出结果的处理与分析:(1)第一段介绍了分析处理的方法,包括选取了哪些指标,遴选依据,以及计算处理方法,即计算软件名称。此处需要读者注意,通常情况下,在涉及到软件名称时,还需要提供软件版本。有些情况下,还需要进一步指出软件使用时具体的操作功能。(2)第二段解释了使用中参数的设置情况,包括设置原因,以及会得到哪些结果。两段话在逻辑上是承接关系,表明研究不断深入。

Step 3: Construction of the ecological network

Landscape resistance surfaces, each cell of which should be given a resistance value, are essential for the evaluation of landscape connectivity (Zeller and Whiteley 2012). In this study, the land use classification was selected as the resistance factor, which had a significant impact on the habitat selection of the Asiatic elephant, to construct the resistance surface. Landscape resistance refers to the difficulty of species migration between different landscape units (Poor et al.

2012). *The higher the suitability of the habitat patches is, the smaller the landscape resistance to species migration* (Wang et al. 2008; Huck et al. 2010). *According to the level of difficulty of different landscapes for species movement, different resistance values were assigned to different land use types to construct the resistance surface of the study area* (Folte'te et al. 2008). *Some studies have shown that reductions in forest land directly reduce the available habitats for Asian elephants, and the resulting habitat destruction and fragmentation will further affect their migration* (Chen et al. 2016; Liu et al. 2018). *Therefore, forest land is extremely important for Asian elephants and was given the minimum resistance value. The resistance of the plantation was slightly higher than that of forest land due to its single vegetation type and weak ecological status compared to the natural forest land* (Liang et al. 2016). *The nutritional ecology of Asian elephants indicates that they prefer grazing rather than browsing, so grassland is always selected by Asian elephants for feeding* (Saunders et al. 1991; Sampson et al. 2018). *Modern agricultural protection measures have made it impossible for humans to share farmland with Asian elephants, and the conflicts between people and elephants on farmland are becoming increasingly intense* (Fernando 2000). *Therefore, farmland was given a high resistance value. The values of the specific resistance assignments are listed in Table 2.*

In this study, the degree of landscape connectivity was expressed by the current density. Circuit theory can be used to predict the migration path and the probability of successful population diffusion (McRae and Paul 2007). *It is linked with behavioral ecology by the “random walk theory” in the connectivity evaluation model. This model regards the landscape as a conductive surface and treats species in complex landscapes as random walkers* (Mcrae et al. 2008; Cushman et al. 2013). *Thus, the heterogeneous landscape is abstracted into a circuit consisting of a series of nodes and resistors, where the nodes represent natural habitats* (Mcrae 2006). *We used Circuitscape 4.0 software to perform the circuit theory calculation and output the current density maps representing the degree of landscape connectivity* (Shah and Mcrae 2008). *Table 3 shows the ecological significance of the circuit theory elements.*

To better reflect the situation of landscape connectivity and identify the degree of importance of the ecological corridors, the Zonation model was used to perform pixel-level ranking based on the principle of minimizing marginal loss, which iteratively removes a certain number of grids from the current density maps (Moilanen et al. 2005). *This study chose the additional benefit function (ABF) removal rule. The top 10% of grid ranked by the Zonation model were identified as key corridor areas.*

以上三段是实验设计的第三个步骤。同样,第三个步骤是建立在步骤一和步骤二结果输

出基础上才能完成的。三个步骤之间的承接关系愈加明显。该步骤描述所占篇幅明显较长。为什么需要使用这么长的篇幅去描述该步骤呢?这个问题先留着,我们先来分析一下三个段落之间的逻辑关系:(1)标题 *Construction of the ecological network* 告诉我们,第个三步骤重点是陈述如何建立生态网络。(2)从三段话内容可以明显看出,建立生态网络需要三个步骤,即建立“阻力面 ***construct the resistance surface***”、应用“电路理论 ***Circuit theory***”绘制廊道、对“廊道”进行识别 ***were identified***。三段话依然保持着承接逻辑的关系。

至于每一段的写作内容,具体的看:(1)第一段前两句话引出本段的关键,即景观阻力面以及建立阻力面的方法。其后几句则围绕景观阻力面和建立阻力面展开,包括解释阻力面的内涵、采用阻力面方法的原因,以及解释了参数设置的依据。第一段基本是采用了总分或是递进的写作逻辑。(2)同样,第二段首句直接引出本段的关键,即应用“电路理论”的方法。然后,就是介绍该方法的适用性、原理以及实现方式。(3)第三段相对比较简单,首句就是在陈述为了达到某种目的而使用的某种方法。然后同理,解释原因。

三段分析下来,细心的读者可能会发现,在该步骤介绍过程中,加入了解释的内容。可能有读者会问:相同的方法在不同的研究中已经被使用过了,但是出现差异,是不是由于主观性造成的呢?事实上,文中对具体的参数设置或是步骤给出详细地说明以及合理的解释,其目的就是增强结果的可靠性,提升研究的科学性。关于上述逻辑的精心组织,还请读者通过加粗的划线部分细细体会吧。

Step 4: *Optimization of the ecological network*

The optimization of the ecological network is chiefly based on the improvement in landscape connectivity (Kavanagh et al. 2004; Noss 2010), including the increase in steppingstones and the optimization of ecological corridors (Linehan et al. 1995). Corridor optimization includes the increase in the number of corridors and the improvement of their quality. In this study, to improve the landscape connectivity of the whole study area, four core patches located near the breaks in corridors were selected as steppingstones. Then, the ecological networks before and after adding four steppingstones were compared.

既然有了“生态网络构建 *Construction of the ecological network*”,那么下一步骤自然是“生态网络优化 *Optimization of the ecological network*”了。关于这一点,我们是可以从题目“*Construction and optimization of an ecological network*”中加以推断出来的。也体现了本文在写作方法部分的清晰逻辑,与题目直接呼应。该步骤描述很简单,介绍了“优化”包括的两方面,然后是阐述了关注其中一个方面的原因/目的,最后陈述了具体的方法。

In summary, the construction and optimization of an ecological network based on MSPA and circuit theory requires four steps (Fig. 2): (1) the target land use types are determined and extracted and then MSPA is performed on the data using Guidos software to extract seven pattern classes; (2) the connectivity of the core patches is analyzed and the source areas of Asian elephants are determined; and (3) resistance surfaces are constructed and the cumulative current density maps are outputted using source areas and resistance surface based on circuit theo-

ry. Then, the level of importance of the corridors is classified according to the Zonation model; and (4) the optimization suggestions for the ecological network are proposed, and the ecological networks before and after optimization are compared.

最后,论文专门通过一段文字,对方法部分进行总结,以帮助读者更好的回顾其研究过程。当然,总结段落也可以放在方法部分的最开始之处,如例5那样。这种总结性写作意图很明显,希望读者带着更加清晰的印象对照着往下阅读。虽然,这一段虽然起到帮助读者梳理思路的作用,但是在方法部分整体写作逻辑清晰、结构合理的情况下,略微显得有些冗余。

至此,我们完整地分析了一篇论文方法部分的写作。该案例在方法部分结构组成和写作逻辑上很规范、具有典型性,适合初学者在起步阶段研读,进行模仿练习。

第三节 方法设计

通过前两节学习,初学者已对方法写作部分形成了一个相对完整的印象和写作思路框架。

但是,方法部分作为正文中相对独立的一节,并不意味着这一节的写作也是独立的。一篇高质量的研究论文在各节结构组成上既相互协调、相得益彰,又“各有千秋”、相对独立。正如之前提到的,当不同论文的创新不同,即便相同的方法,在写作方式、侧重等方面都会有所差异,如“提出了一种新的方法,其写作重点自然在方法部分”、“提出了一种新的理论,那么检验理论的方法是多样的、选择也具有多种可能,怎么选?该选哪一个?或是如何组合?为什么?需要解释”、“新的观点与视角下,那么采用什么样的方法便不是详细阐述的重点”等等。所以,本节讲授的重点便是方法部分的强化与弱化,或者说,如何处理方法部分写作中的“个性”问题,也即如何进行方法设计。

这里我们依然通过一些具体的案例分析,向读者介绍一些方法。

一、强化方法设计

通过前期文献收集与整理,相信读者已经发现了一些论文在方法部分的写作上存在着明显的侧重,尤其涉及到方法的创新,包括方法的创造、综合、改进、修正等。此处,我们提供了一些典型案例,初学者可以去查阅细读:

1. 创造: Vogt, P., Riitters, K. H., Iwanowski, M., Estreguil, C., Kozak, J., & Soille, P. (2007). Mapping landscape corridors. *Ecological Indicators*, 7(2), 481-488. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.001

本论文创新之处是提出了一种新的应用于景观生态学基于形态学图像处理的廊道绘制方法。在方法部分介绍时,首先进行了“溯源”,即介绍了方法的产生背景;其次对其基本原理进行了详细讲解。在此过程中,不仅采用示意、举例等方式,还采用有关定义、算法组成等方式,予以解释说明。方法部分之后也不是常见论文中结果部分那样进行展示,而是继续介绍了案例的具体“application”。在此基础上,才对提出新方法的有用性和未来应用前景进行总结。

2. 综合: Huang, L., Wang, J., Fang, Y., Zhai, T., & Cheng, H. (2021). *An integrated approach towards spatial identification of restored and*

conserved priority areas of ecological network for implementation planning in metropolitan region. Sustainable Cities and Society, 69, 102865. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102865>

论文的创新之处在于,提出了一种综合的方法,建立了一个综合识别框架,将之应用到确定生态系统优先恢复和保护区域识别之中。方法设计由“生态系统空间范围识别”和“生态系统优先恢复和保护区域识别”两个步骤组成,分别对应着“电路理论”和“生态退化风险评估”两种已知方法。在保持方法部分写作的逻辑基础上,本部分描述得更加翔实、综合、全面。

3. 改进:Liu, W., Wang, D., Wang, Y., Zeng, X., Ni, L., Tao, Y., Zhang, J. (2020). *Improved comprehensive ecological risk assessment method and sensitivity analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*. *Environmental Research*, 187, 109500. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109500>

本论文创新之处在于,对已有生态风险评估方法进行了改进。改进后的方法优化了相关模型的选择机制,加快了计算速度,有利于对不同种类的 PAHs 进行综合生态风险评价。方法部分不仅对原先方法进行了整体描述,还对具体哪一步骤进行了改进、如何改进的、为什么要改进、改进的优点是什么等给予逐一说明;原因解释占用了很大篇幅;并且还通过技术路线图展示了整体思路框架。

4. 修正:Vermeiren, P., Reichert, P., & Schurwirth, N. (2020). *Integrating uncertain prior knowledge regarding ecological preferences into multi-species distribution models: Effects of model complexity on predictive performance*. *Ecological Modelling*, 420, 108956. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108956>

本论文创新之处是,通过整合来修正模型。修正后的方法在预测性能和解释力方面都有所提升,同时能够捕捉到更多的物种空间分布信息。由于本文重点是针对某个具体模型进行的修正,因此方法部分设计的第一步和第二步用于分别介绍模型的具体含义功能,以及关键计算函数原理。第三步用于分析原有模型的缺点。第四、五、六步分别描述了对各个函数包括相关变量、计算公式的修正。最后的第七、八步是与未修正前的优劣比较、参数与模型的精度检验。可见,关于具体方法/模型的修正,方法部分的设计需要更加的精细、详尽。

通过以上案例分析,强化方法设计需要关注以下方面:

(1)如果论文创新是提出一个新的方法,那么方法部分的设计,需要侧重于提出方法所涉及的基本原理,以及相关背景和关键论证过程。

(2)如果论文创新是对已知方法进行综合整理,那么方法设计不仅需要涵盖对所有使用方法的描述,还特别要加强交代各个部分之间的衔接与系统性,即通过设计将不同方法通过一条线贯穿起来或纳入一个研究框架之中。

(3)如果论文创新侧重于对已有方法的改进,那么方法设计在写作结构逻辑中,需要加入理由解释,并且指出具体做法。

(4)方法修正比方法改进更加精细。如果论文创新侧重于对某个模型或方法的修正,那么在介绍已有模型方法概念和原理基础的上,还需要针对某个步骤的操作做出具体描述。这种描述要求该详尽的一定要详尽,甚至具体到包括某个数值修正的原因解释。最后,如果有必要

的话,还应该进行新旧方法比较,并且进行精度验证。

总的来说,强化方法设计对写作的“可复制性”要求高于“精简”的要求。也即,“做加法”比“做减法”相对容易。

二、弱化方法设计

在追求高水平写作能力与高等级期刊投稿的情况下,弱化方法部分通常难于强化方法部分。这种“弱化”难在“减哪里?”、“怎么减?”。既要把握住要点,也要把握好度,自然对方法结构和逻辑设计提出了更高要求。下面我们将通过一则案例,介绍如何实现弱化方法设计。

相信大家在收集阅读文献过程中也发现了,这样一些论文,它们不管是结论或是观点,甚至是使用的方法都可能很普通,数据也很容易获取,或是来自二手数据,但是这些论文偏偏能够在 CNS 或其它 Top Journals 上发表。为什么呢? 因为,方法设计中蕴含的缜密思维逻辑,以及极具高度的全局观或大局观(a big view)。

5. *Nature Communication: Topography and human pressure in mountain ranges alter expected species responses to climate change*^①

通过摘要,能够初步了解该文的研究背景、方法设计,以及主要结果和基本结论等。建议读者可以带上自己的预判或思考,揣摩一下,本文在方法设计上可能会怎样展开。

Abstract: *Climate change is leading to widespread elevational shifts thought to increase species extinction risk in mountains. We integrate digital elevation models with a metric of human pressure to examine changes in the amount of intact land area available for species undergoing elevational range shifts in all major mountain ranges globally (n=1010). Nearly 60% of mountainous area is under intense human pressure, predominantly at low elevations and mountain bases. Consequently, upslope range shifts generally resulted in modeled species at lower elevations expanding into areas of lower human pressure and, due to complex topography, encountering more intact land area relative to their starting position. Such gains were often attenuated at high elevations as land-use constraints diminished and topographic constraints increased. Integrating patterns of topography and human pressure is essential for accurate species vulnerability assessments under climate change, as priorities for protecting, connecting, and restoring mountain landscapes may otherwise be misguided.*

(1)科学问题。气候变化造成山区物种分布的海拔范围变化。物种受制于地形,增加了灭绝风险。人类社会经济活动压力通过土地利用变化进一步限制了物种的分布和移动。因此,地形和土地利用在限制物种分布方面具有重要作用,有必要分析在气候变化情景下,出现的一系列响应变化。

(2)研究方法。基于科学问题以及一篇普通论文常见内容要素,可以知道,此部分内容应

^① Elsen, P. R., et al., Topography and human pressure in mountain ranges alter expected species responses to climate change. *Nature Communications*, 2020, 11:10.

该包括数据的收集及其处理等方面。对于数据,大致有:

①山区范围(mountain ranges)。本文采用了全球山地生物多样性评估(Global Mountain Biodiversity Assessment, GMBA)的 1010 个山体,这是目前可获得的最全面的山脉数据集。

②高程数据(elevation data)。采用了 NASA 航天飞机雷达地形任务 SRTM 的 DEM 数据,空间分辨率为 90m。

③人类压力(Human pressure)。主要通过采用人类足迹指数(Human Footprint Index, HFI)进行表征。HFI 考虑了人类对环境直接或间接压力的八个变量,包括:建成环境、农田、牧场、人口密度、夜间灯光、铁路、道路、通航水道。

在数据处理方面,大致包括:

①划分山脉地形(classifying mountain topography based on total and intact land area),进行山脉分类。用 HFI 分出完整土地和人类压力较大的山地区域。

②计算海拔高度上的人类压力(human pressure over elevation)。以全部土地(total area)、未受干扰土地(intact area)为基础,将山脉高程每 50m 视为一个带(band),测算(单独山脉、一个洲内的所有山脉、全球范围)三组高程和面积的关系。

③模拟物种分布迁移(Modeled range shifts)。采用两种情景模拟每一个山脉物种的范围变化:一是移除人类压力强度大的区域;二是保留人类压力强度大的区域。采用了 17 个大气环流模型(GCM)为每一个山脉单独计算 2070 年升温速率,和两个典型浓度排放模式(RCP4.5 和 RCP8.5)。

④敏感性分析(Sensitivity analyses)。进行三次敏感性分析测试结果是否以及如何受到以下选择的影响:包括用于指定完整陆地区域 HFI 阈值(the HFI threshold value used to designate intact land area),考虑气候变暖情景(the warming scenario (RCP) considered),假设山地物种海拔范围大小被用于模拟范围的变化(the elevational range size of a hypothetical montane species used in modeling range shifts)。

(3)研究方法与研究结果之间的对应关系

(4)结论与讨论。主要结论包括:

①地形和人类压力共同影响海拔梯度上物种栖息地的面积。人类压力已经改变了山体的“功能形状”。

②即使物种向高海拔迁移,在长时间范围内仍然会受到日益增长的人类压力。

③在气候变化情景下,保护和恢复山地景观同时也在保护低海拔生物多样性。

④在评估物种对气候变化的脆弱性时,应充分考虑地形和人类压力因素的影响。

讨论主要包括:

①考虑扩展模型以纳入不平衡动态、滞后响应和灭绝债务,这将是预测迁徙物种灭绝风险的重要一环。

②不能仅考虑地形因素,必须综合地形和人类压力来准确评估物种对气候变化的脆弱性。

③人类活动对生物多样性保护的影响越来越大,如何把人类活动和其它环境要素在合适的尺度上结合起来?

通过以上分析,我们看到,弱化方法设计时应注重以下方面:

1. 深度、充分挖掘已有的研究基础。该研究方法部分涉及了数据收集,但大多源自于前人研究的二手数据。作者并没有一味地去追求数据的新、全、准,也没有粉饰数据有多么的好,

而是注重挖掘现有数据的功能,表明在确保可靠的前提下能支撑该项研究。

2. 加强整体结构与逻辑的清晰度。该研究从数据到研究方法都并不复杂,观点也是有一定的大众共识,但通过巧妙的方法设计充分体现出其核心创新之处。首先,作者对方法设计中各部分结构和实验步骤通过总结,凝练出副标题,并以关键词突显出来。其次,作者在结果、结论与讨论分析中,沿用了同样的方法设计结构与逻辑,并与之对应的每一个实验步骤在正文其它部分中都找到印证,彼此遥相呼应。通篇采用了一致的信息呈现方式,时刻保持了读者对研究内容的关注度。

3. 置于全球化的视野的同时具有普适意义。该研究立足于全球气候变化的大背景,探讨了山区地形和人类压力两种因素对物种应对气候变化的响应;既关注研究的创新性(采用模拟物种),也重视研究的普适性(研究结果可以覆盖全球,且不存在随机误差)。这说明一篇高质量的科学论文,同样可以采用常规方法得以实现。如果初学者将研究方法设计的十分复杂、深奥,以追求其可能的创新性,博取读者的关注,这种认知既不合适,也不全面。不能以“为了求新而新”为科学研究的最终目的。

第四节 思考与练习

一、课后思考

1. 本讲介绍了一些方法部分的写作要求和规范,帮助初学者形成一个初步的认识,其中一些共性之处还需要通过反复实践,加深记忆。此处就方法部分写作提供一些 Tips,以便习作过程中参考:

- (1) 采用总分、承接、递进的结构会使方法部分的逻辑更加清晰。
- (2) 是否需要完整详细地提供所有方法、技术、仪器以及软件等信息。
- (3) 优先考虑引用可用于支持或提供检验分析方法有效性的成果。
- (4) 涉及问卷、外业调查等社会学方法采集数据时,需要引用及规范性表述。
- (5) 对背景等与研究内容不重要或不紧密相关的信息可以省略。
- (6) 适当介绍采用某一方法或模型的理由,考虑是否需要讨论其局限性。
- (7) 注意当出现有很大主观性时,一定要给出令人信服的解释和必要的说明。
- (8) 涉及实验室条件、环境以及试验装置时,需要考虑是否需要配备简要说明或示意图。
- (9) 在目标期刊写作规范要求范围内,要尽可能地凝练好的副标题。

2. 相信通过本讲的案例分析,已经丰富了读者们对常见方法部分写作的认知,也使得大家明白了其中的结构逻辑关系是需要把握和练习的重点。当然,看懂了、想明白了与会写了,是不一样的。初学者最好还是通过反复阅读文献,尤其是经典文献,加深印象。只有通过不断积累,才能逐渐培养出全局思维,熟悉如何为论文进行谋篇布局、实现好的方法设计。

二、课后练习

1. 方法的框架搭建好了吗?

建议采用以问题为导向的方法进行检验。比如,列好子标题梳理逻辑,整理出研究框架;当然,反之亦可。那么拿着制定好的框架和导师讨论一下吧。请导师看看,是否存在问题。如

果存在问题,那么,最好自己先考虑一下看看应该如何修改,或者是优化框架;然后,带着修改好的框架,再次请教导师。如果,经过认真思考,自己依然不知道怎么修改,最好的办法就是请教导师。如果,正如很多同学经常说的,导师很忙,时间不好约。那么,可以一并请导师指出问题和给出修改意见。请记住,导师的帮助很重要。虽然,我们倡导培养独立钻研的精神,也希望大家能够养成独立思考的习惯,但是,获取导师的帮助是必须的。我们强调在不断养成独立思考与钻研的同时,学会交流沟通以及获取帮助同样重要。

在方法框架构建好以后,并且得到了导师的认可、同意和支持以后,这时建议你可以考虑下一步具体方法的选择与应用。有很多同学,一开始就急于考虑具体的方法,或者说发现拟采用的方法比如某种软件或编程还不会,就赶快去学习,尽快去掌握熟悉。至少,我是不推荐这种做法的。原因很简单,试想一下,如果你花费了时间学会了认为很需要的软件或模型以后,方法框架修改了,这种软件或模型不需要了,这算不算是浪费时间呢?

2. 你有很多方法吗?

完成了以上练习,进入具体方法选择与应用步骤。这时候,需要考虑选用什么方法合适。相信,大家通过阅读会发现,在解决相同或类似问题时,已有文献提供了大量的方法可供选择。因此,选择合适的方法是关键。不同的方法,存在着差异,或许是数据源要求不同,或许是适用场景不同等等。当然,也存在有的方法你会,有的方法你不会这种情况。考虑到专业及研究方向等的差异,建议咨询导师依然是最好的选择。因此,当选择的方法确定以后,就进入了本练习环节。

首先,你应该将写作重点放在最相关、重要的方法上。如果说,撰写的论文关注点并不在于方法创新或方法讨论等内容上,因此,这一部分的写作,建议可以考虑前面提到的弱化方法设计。如果说,撰写的论文的主要创新点就是方法创新或与之相关的问题,这就回到了之前介绍的内容。大家可以模仿尝试写作起来。

3. 下一讲将着重介绍图表的制作方法。因为方法部分还包括与之承接的结果部分都存在很多图表。在阅读文献过程中,读者也会看到大量的精美图表。建议这时候可以做一些预习练习,看看哪些图表可能会在自己的论文中出现,提前准备一些不同类型的范例,以备需要时做到信手拈来。