魏合义，刘学军，杨和平 . 基于地理设计框架和 SDGs 评估体系的区域规划方法 [J]. 风景园林，2022，29（5）：82-88.

基于地理设计框架和 SDGs 评估体系的区域规划方法

Regional Planning Method Based on Geodesign Framework and SDGs Evaluation System

魏合义 刘学军 杨和平
WEI Heyi, LIU Xuejun, YANG Heping

开放科学（资源服务）标识码（OSID）

中图分类号：TU984.11+3
文献标识码：A
文章编号：1673-1530(2022)05-0082-07
DOI：10.14085/j.fjyl.2022.05.0082.07
收稿日期：2021-09-15
修回日期：2022-03-21

魏合义 / 男 / 博士 / 江西师范大学地理设计研究中心主任，城市建设学院讲师、硕士生导师 / 研究方向为数字景观规划
WEI Heyi, Ph.D., is the director of Geodesign Research Centre, and a lecturer and master supervisor in the College of City Construction, Jiangxi Normal University. His research focuses on digital landscape planning.

刘学军 / 男 / 博士 / 武汉大学城市设计学院副教授、硕士生导师 / 研究方向为城市量化分析
LIU Xuejun, Ph.D., is an associate professor and master supervisor in the School of Urban Design, Wuhan University. His research focuses on urban quantitative analysis.

杨和平 / 男 / 硕士 / 深圳市北林苑景观及建筑规划设计院有限公司佛山分院院长 / 研究方向为城乡规划与景观生态
YANG Heping, Master, is the dean of Foshan branch, Shenzhen Beilinyuan Landscape and Construction Planning Design Institute Co., Ltd. (Shenzhen BLY.). His research focuses on urban and rural planning, and landscape ecology.

摘要：长期以来，区域规划方法研究一直是景观、资源管理及空间规划等领域中的研究热点，且现有的规划方法缺少对规划成果优劣程度的判断依据。为解决这一问题，提出一种基于地理设计框架（Geodesign Framework）与联合国 2030 可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDGs）评估体系的区域规划方法。采用移动设备、地理信息系统（GIS）作为数据获取、数据管理、数据分析及可视化的工具，并以南昌市瑶湖岛为案例进行实证研究。该研究首次提出基于 SDGs 评估指标的实现程度 T 模型，充分发挥地理设计框架在区域规划过程中的迭代优化作用，利用评估矩阵表计算不同规划方案的累计分值，从而定量判断不同规划方案对实现 SDGs 程度的优劣。本研究是该方法在中国区域规划上的首次应用，可为中国的区域规划理论研究与区域规划实践提供借鉴。

关键词：地理设计；数字技术；公众参与；可持续发展目标（SDGs）；规划框架
基金项目：国家自然科学基金（编号 31860233）

Abstract: Regional planning methods has long been a research hotspot, especially in the fields of landscape planning, resource management and spatial planning. Moreover, existing planning methods lack the basis for judging the pros and cons of planning results. In order to solve this problem, this research proposes a regional planning method (hereinafter referred to as “the Method”) based on the Geodesign Framework and the evaluation system for UN 2030 Sustainable Development Goals (SDGs). In this research, several mobile devices and the Geographic Information Systems (GIS) are adopted as tools for data acquisition, data management, analysis and visualization, and Yaohu Island in Nanchang City is taken as an example for empirical study of the Method. The research puts forward a model indicating the status of achievement (hereinafter referred to as “Model T”) based on SDGs evaluation indicators for the first time, to give full play to the iterative optimization role of Geodesign Framework in regional planning by calculating the cumulative score of different planning schemes by virtue of the evaluation matrix table for quantitatively judging the pros and cons of different planning schemes in achieving SDGs. Marking the initial application of the Method in Chinese regional planning, this research can provide a reference for theoretical research and practice regarding regional planning in China.

Keywords: Geodesign; digital technology; public participation; Sustainable Development Goals (SDGs); planning framework
Fund Item: The National Natural Science Fund of China (No. 31860233)

城市与区域规划是通过系统的理论、方法和技术手段，科学利用或分配自然资源要素、优化空间环境的实践活动[1-2]。早期英国规划学家采用系统论和控制论仿真自然过程，为区域规划提供理论技术[1]。在很多工业发达国家如英国、美国、德国和日本，城市与区域规划

也经常被称为“城乡规划”（town and country planning），是依据总体发展目标对土地使用及空间结构等内容的一系列管理措施[2]。中国近代的城市与区域规划理论受欧洲影响较大，最早出现在广州、厦门、福州、宁波和上海等具有英法租界的港口城市[3]。新中国成立后区域规划理论又分别借鉴了苏联的区域规划理论[4]和西欧国家和日本的国土规划理论[5]。随着我国政府经济管理职能的转变，区域规划性质也由“指令性的刚性规划”转变为“指导性的弹性规划”[6]。区域规划的目的在于协调不同地区间的分工合作，提升整体竞争力。有研究认为，目前我国还缺少城市与区域可持续发展的有效机制，在人员协作、规划信息共享方面还不够充分[7]。

在区域与城市规划方法研究中，2 种规划方法即“从上而下”(top-down）和“自下而上”（bottom-up）始终是该领域的争论焦点[8-9]。早在 20 世纪 80 年代，美国学者曾系统论述了 2 种方法的优势、劣势及应用适用性等问题，并提出一个概念性框架进行验证[10]。随后的研究也提出类似观点，即制定一个规划标准框架，并分析 2 种规划方法的特点和应用尺度问题[11]。此外，在跨越多个行政区的流域规划与管理工作上，多种规划方法的结合与对比分析，则具有重要的现实意义[12]。“自下而上”参与式区域规划在国际上受到推崇，特别是在资本主义国家[8, 13]。公众参与式规划的价值在于，参与者更了解他们所处的环境以及实际需求，规划成果也更接近利益相关者的实际需求[14-15]。目前，国内规划界倡导 2 种方法相结合，并提倡由“精英规划”向“社会参与式规划”转变。

面对复杂的地理环境、社会因素以及情感需求，以计算机为平台的数字技术在数据收集、数据管理、数据分析及数据表达中发挥重要作用[16-19]。地理信息系统（GIS）构建之初的设想是创造一个基于地理要素叠加的设计工具，如今空间分析功能现已成为 GIS 的主要功能之一[20]。目前，GIS 已经形成无数个研究（应用）方向[21-22]，如空间优化、制图以及方案模拟等，而地理设计（Geodesign）正是这些研究方向的基础。地理设计框架的科学分析、模拟技术等诸多数字特征，迅速得到了景观规划、区域规划及建筑领域的积极响应[23]。2012 年，Steinitz 教授在其著作《地理设计框架》中，通过实践案例详细展示了 Geodesign 的工作方式[24]。2016 年，《景观与城市规划》（*Landscape and Urban Planning*）杂志专题讨论 Geodesign 在学科教育、资源管理与规划领域的理论研究与实践案例[25-29]。由此可见，Geodesign 已成为重要的城市与区域规划理念（方法论），在缓解（negotiation）各类矛盾冲突上可发挥重要作用。近年来国际地理设计合作会议（International Geodesign Collaboration, IGC）已吸引全球多所高校参与其中，围绕验证 Geodesign 的应用范围与尺度展开讨论[30]。

与此同时，在联合国千年发展目标（Millennium Development Goals, MDGs）的基础上，联合国 193 个成员国形成决议并通过的 17 个可持续发展目标（Sustainable Development Goals, SDGs）和 169 个亚目标[31-33]，成为全球下一阶段（2015—2030 年）的发展蓝图和追求愿景，其内容涵盖了社会、经济和环境等多个发展维度。由于 SDGs 涵盖内容过于宽泛，当前学界关注的是该框架如何实施落地的问题[34]。不同国家和地区受传统思维定式的影响，对待社会、经济和环境发展的态度处于不平衡状态，各业务部门之间还未形成系统的协作模式。有学者曾以瑞典等北欧国家为例，讨论如何将 SDGs 融入现存的规划与管理策略，帮助当地政府避免平行、无效的操作过程[35-36]。相比智慧城市、绿色城市或弹性城市，SDGs 可为今后城市或区域规划管理，提供发展路径与契机[37]。不过，当前中国 SDGs 多应用于国家层面的宏观政策制定、效益比较与时空差异性研究[38-40]。在规划实践活动上，较少将 SDGs 作为区域规划的多维度目标或评估依据。

中国正处于城镇化的快速发展阶段，解决区域规划实践中的各类矛盾问题均需要科学的规划手段。长久以来，在中国的区域规划、城市规划以及现阶段的国土空间规划领域中，缺少一种评估不同规划方案优劣的工具。在这一背景下，本研究首次采用 Geodesign 框架结合联合国 SDGs[31] 评估指标的方法，对南昌市瑶湖岛的 3 个发展阶段（2020 年、2035 年和 2050 年）进行规划评估，并展示该方法的工作路径与应用特点，从而为区域规划理论和实践提供借鉴。

1 研究对象与研究方法

1.1 研究区域概况

南昌瑶湖是该市最大的内陆天然湖泊，水域面积为 15.25 km^2，年平均水深 15 m。水位稳定、水质优良。瑶湖岛位于瑶湖西岸，面积约 8 km^2。该研究区域属于亚热带湿润季风气候区，历史年平均降雨量 1 600 mm 左右。日照充足，具有良好的农业生产和生态恢复潜力。岛内分布着 4 个行政村，其中包含 7 个自然村。当前经济活动以农业种植为主，部分人员在市区务工。岛内以老年人、残疾人及留守儿童居多，青壮年人口流失严重。因基础设施落后，当前尚未开通公共交通，交通闭塞的客观条件，加剧了经济落后和生态环境恶化的现状。

1.2 数据收集与处理

1.2.1 规划基础数据

该类数据主要通过 OpenStreetMap（OSM，网址：openstreetmap.org）和 ArcGIS Online（网址：arcgis.com）等开源数据库获取，结合美国 GeoEye-1 最新高分辨率影像，应用拼接、增强、解译等技术手段获取地物信息（图 1）。综合比较各种解译算法的优劣，本研究采用监督分类法中的最大似然法对影像进行解译。为了确保遥感影像解译的精度，本研究采用混淆矩阵法进行精度判断，计算式为：

$$k = \frac{(P_o - P_e)}{(1 - P_e)}, \tag{1}$$

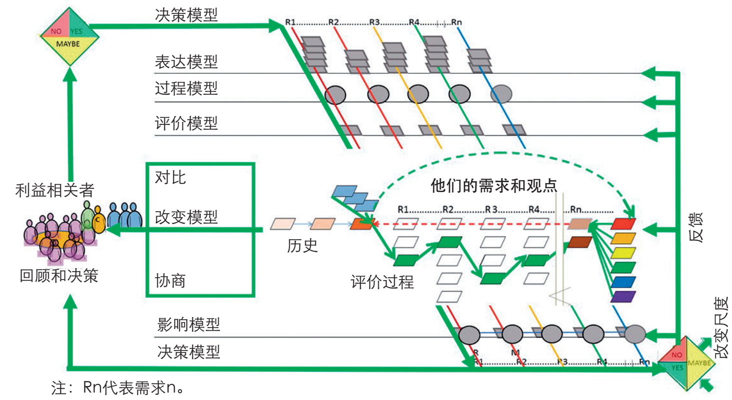
其中，P_o 为总体精度，P_e 为期望精度。kappa 系数（k）取值范围是 $|k| \leqslant 1$。当 $0.60 < k \leqslant 0.80$ 时，表明具有较高的分类一致性。本研究的实验结果显示（表 1），k 值为 0.789 4，符合应用精度要求。

1.2.2 现场调查数据

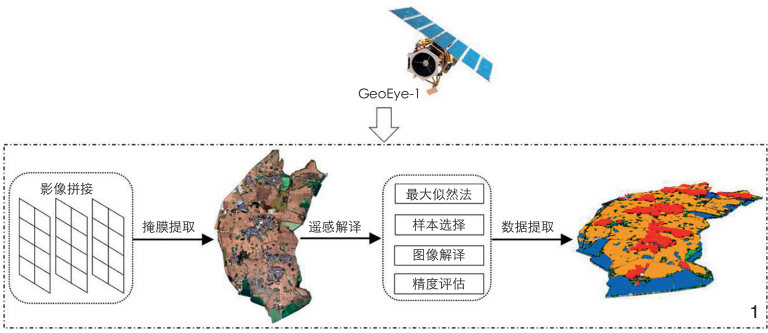
通过设置调查表，对瑶湖岛进行了 3 次现场调查。利用数字化成果核实规划区域的土地覆盖类型、基础设施和居民生活状况，

表 1 混淆矩阵和 kappa 系数
Tab. 1 Confusion matrix and kappa's coefficient

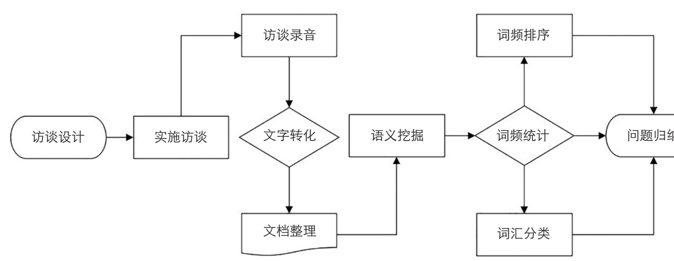
类型	建筑	阴影	树木	水体	农田	道路	总计	用户精度	*k* 值
建筑	12	0	0	2	7	0	21	0.571 4	0
阴影	0	10	0	0	0	0	10	1	0
树木	0	0	14	1	0	0	15	0.933 3	0
水体	0	0	0	310	0	0	310	1	0
农田	1	0	0	2	102	0	105	0.971 4	0
道路	0	0	0	45	0	10	55	0.181 8	0
总计	13	10	14	360	109	10	516	0	0
生产者精度	0.923 1	1	1	0.861 1	0.935 8	1	0	0.887 6	0
k 值	0	0	0	0	0	0	0	0	0.789 4



3



1



2

1 数据处理流程
Data processing flow

2 基于利益相关者视角的需求分析流程
Demand analysis process based on stakeholder perspective

3 地理设计数字规划框架[42]
Digital planning framework of Geodesign[42]

该信息将作为设置干预措施的依据。

1.2.3 访谈数据

设置半结构化的问题表对居民进行访谈。具体程序：首先，通过移动设备结合问题表对受访者进行录音；其次，将访谈音频材料在室内通过语音识别程序进行文字还原；最后，通过文本关键词挖掘与可视化方法，分析居民普遍关注的问题并进行需求分析（图 2）。

1.2.4 统计数据

统计数据来自中国和江西省不同年份的统计年鉴[41]，该数据可用于评估不同规划方案对居民经济收入造成的差异。计算方法是根据人均农田面积、作物产量、作物市场价格，估算人均年收入水平，并与同年的江西省、全国平均水平进行对比。

1.3 Geodesign 规划框架及应用

Geodesign 规划框架工作的核心在于“三循环”（iteration）、“四参与”（partner）和“六步骤”（step）[23]（图 3）。

“三循环”分别为了解环境、采取方法和研究调整。

“四参与”即四方参与者，在本次规划过程由研究区域中的居民、地理信息技术人员、南昌市高新区自然资源局管理人员和城乡规划师四方人员共同参与。四方参与者分别发挥的作用可被通俗描述为：1）研究区域中的居民（最大利益相关者）有什么意愿，即他们“想要啥”；2）地理信息技术人员提供精准地理信息，即地面“有什么”；3）政府管理人员对研究区域进行定位，即方向“往哪走”；4）规划师主要发挥协调各类矛盾的作用，即我们“怎么办”。

Geodesign 规划框架和工作流程如图 3 所示，“六步骤”可以通过 6 个模型来表达，即表达模型（representation models）、过程模型（process models）、评价模型（evaluation models）、改变模型（change models）、影响模型（impact models）和决策模型（decision models）。前 3 个模型包含了评价过程及地理环境所具备的基本条件，后 3 个模型包含了规划人员对场地的干预过程，分析研究区域需要如何改变？改变后对社会、经济和生态有何影响？了解潜在的影响差异后，最终形成决策[23]。

本研究按照 6 个步骤分别进行了现场调查，居民访谈，数据收集、管理和表达，方案生成，方案反馈和决策形成等环节[43]。此外，对方案的生成、反馈与优化调整，进行了多次迭代。其中，表达模型、过程模型与传统规划环节类似；评价模型依据 GIS 空间模块以及统计工具平台进行工作；在改变模型和影响模型阶段，则根据研究区域中的需求与特点增设 10 项干预措施（表 2），以期对比实施 10 项不同干预措施和干预措施介入早晚的差异[44]；决策模型依据 SDGs 评估体系的计算结果，执行最优规划方案。

依据 Geodesign 规划框架，本研究预设 3 种不同的规划愿景（vision）：1）从 2020 年开始实施干预措施，即早干预措施（early adopter），预测到 2035 年和 2050 年的区域发展状况；2）实施晚干预措施（late adopter），即 2020—2035 年不对该研究区域进行任何干预，于 2035 年实施干预措施，预测到 2050 年

表 2 区域规划干预措施
Tab. 2 Interventions for regional planning

矩阵编号	主要干预措施
GRN1	水岸线生物栖息地营造
GRN2	绿道系统设计
TRAN1	增加公共交通
WAT1	水体净化
SOIL1	水土保持
AGR1	发展有机农业
AGR2	发展复合农业系统
IND1	发展旅游与休闲产业
ENE1	风能利用
ENE2	太阳能利用

表 3 联合国 2030 年可持续发展 17 项分目标名称和内涵 [31]
Tab. 3 Names and connotations of the 17 UN Sustainable Development Goals (SDGs) [31]

分目标	名称	目标内涵
SDGs-1	无贫穷	在全世界消除一切形式的贫困
SDGs-2	零饥饿	消除饥饿、实现粮食安全、改善营养状况和促进可持续农业
SDGs-3	良好健康与福祉	确保健康的生活，促进各年龄段人群的福祉
SDGs-4	优质教育	确保包容和公平的优质教育，让全民终身享有学习机会
SDGs-5	性别平等	实现性别平等，增强所有妇女和女童的权利
SDGs-6	清洁饮水和卫生设施	为所有人提供水和环境卫生并对其进行可持续管理
SDGs-7	经济适用的清洁能源	确保人人获得可负担、可靠和可持续的现代能源
SDGs-8	体面工作和经济增长	促进持久、包容性和可持续的经济增长，充分的生产性就业和人人获得体面工作
SDGs-9	产业、创新和基础设施	建设具有适应力的基础设施，促进包容性和可持续的工业化，推动创新
SDGs-10	减少不平等	减少国家内部和国家之间的不平等
SDGs-11	可持续城市和社区	建设包容、安全、有抵御灾害能力和可持续的城市和人类住区
SDGs-12	负责任的消费和生产	确保采用可持续的消费和生产模式
SDGs-13	气候行动	采取紧急行动应对气候变化及其影响
SDGs-14	水下生物	保护和可持续利用海洋和海洋资源以促进可持续发展
SDGs-15	陆地生物	保护、恢复和促进可持续利用陆地生态系统，可持续管理森林，防治荒漠化，制止和扭转土地退化，遏制生物多样性的丧失
SDGs-16	和平、正义与强大机构	倡建和平、包容的社会以促进可持续发展，让所有人都能诉诸司法，在各级建立有效、负责和包容的机构
SDGs-17	促进目标实现的伙伴关系	加强执行手段，重振可持续发展全球伙伴关系

的区域发展状况；3）不实施干预措施（non-adopter），预测到 2035 年和 2050 年的区域发展状况。根据该方法，本研究分别展示了现状（2020 年）以及 2035 年、2050 年在 10 项干预措施下，研究区域中的土地覆盖类型、面积比例、人均经济收入和生态条件等方面的差异性。

1.4 SDGs 评估体系

1.4.1 评估指标

2012 年 6 月，在联合国召开的可持续发展会议（“里约 +20”峰会）中，各成员国提议在 MDGs 的基础上制定目标，为人类与地球的和平、繁荣描绘出美好的蓝图。该会议达成的共识即可持续发展目标（SDGs）[31-33]，其中包含 17 项分目标（表 3）。

1.4.2 评估方法

为了响应联合国 SDGs 的倡议，基于 Geodesign 框架规划方法，将不同规划阶段的预期目标与 SDGs 实现程度相比较，从而计算 10 项干预措施下的规划成果差异和优劣 [44]。该方法在 2020 年 IGC 中首次被采用，根据 2020、2035 和 2050 年 3 个阶段方案的 10 项干预措施对 SDGs 指标的影响，采用规划专家定性评分方法。

在矩阵表中，以联合国 17 项 SDGs 分目标为纵轴，本研究所提出的 10 项干预措施为横轴，共形成 170 个赋值单元。规划师根据经验进行判断，将影响分值填入赋值单元。当矩阵表评估完成后，将 17 项分目标累计值进行统计，也即是规划方案实施后对 SDGs 的实现程度 T：

$$T=\sum_{i=1}^{17} x_i \quad (x_i \in [3, 1, 0, -1, -3]), \tag{2}$$

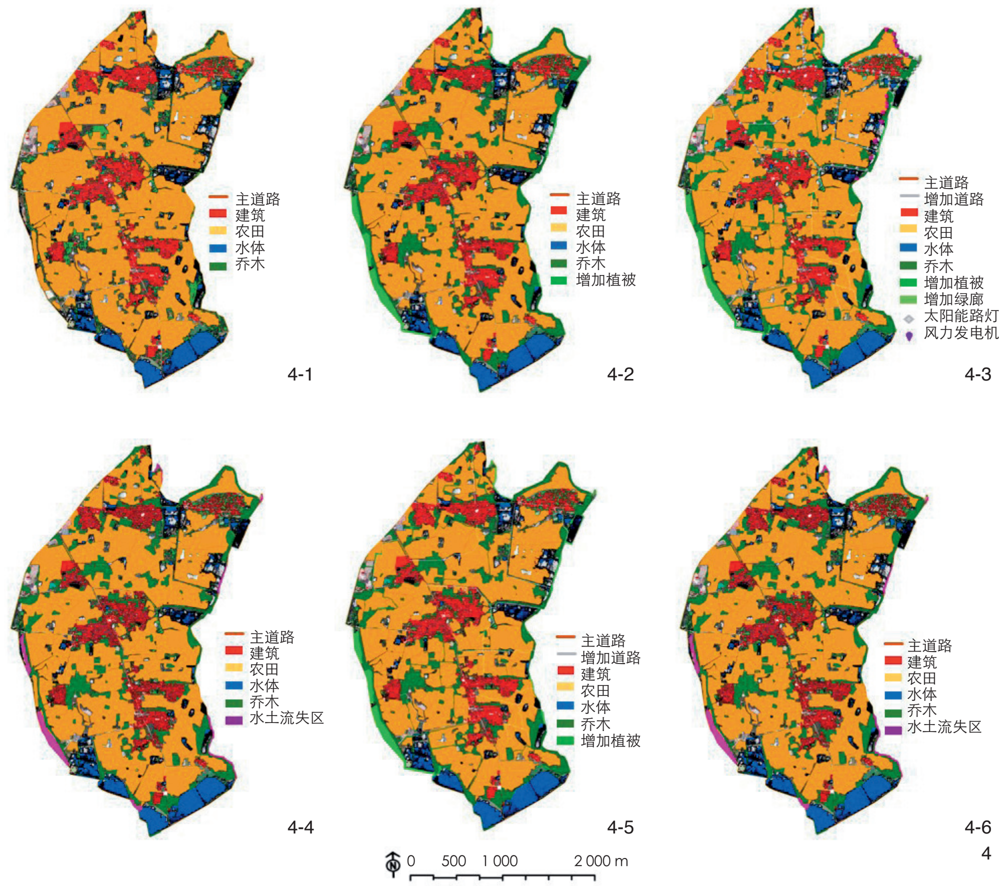
式中，x_i 为规划专家根据干预措施（表 2）对 17 项 SDGs 分目标（表 3）影响的赋值，3、1、0、–1、–3 分别代表极有利、有利、无影响、不利、极不利，为使结果呈现更佳直观，分别使用深紫、浅紫、灰色、黄色和橙色进行表示。

2 研究结果

2.1 3 种规划愿景对区域发展的影响

依据不同规划愿景对研究区域中的各项数值进行计算，并在 ArcGIS Pro 中进行可视化展示，结果显示（图 4-1~4-3）：从 2020 年起实施早干预措施（表 2），通过实施 GRN1、GRN2 措施，即增加植被斑块、植被网络，该区域植被覆盖率显著提高。增加植被斑块可以有效改善生态环境、增加生物多样性。通过线状植被建立斑块之间连通，降低了鸟类栖息地的破碎化程度，鸟类种类和筑巢率显著增加。对于绿地生态系统（即 GRN2 干预措施）的生态效益评估，国际上通常使用 i-Tree 模型。不过，绿色植被对鸟类、哺乳动物等生物的贡献价值尚缺少定量计算工具，故本研究采用定性判断。采取 AGR1 和 AGR2，特别是有机蔬菜、有机瓜果的种植和采摘，可以显著提高经济效益。根据遥感数据显示，瑶湖岛可用于农业种植的土地面积约 5.3 km^2。以草莓种植为例，每公顷大棚生产草莓 30~45 t，按照 2020 年的市场价格计算，总产值可达 42 万 ~135 万元人民币（毛收入）。当前，该区域的居民年平均可支配收入不足 1 000 元，若及时采用 AGR1 和 AGR2 的干预措施，有望使居民年平均可支配收入在 2035 年、2050 年分别达到 3.2 万元和 5.5 万元，远高于江西省和全国平均水平。

随着 2035 年、2050 年区域中绿道、公共交通的投入建设和使用，该区域的出行效率和通行便利程度进一步提高（图 4-2、4-3）。规划方案中倡导步行和骑行，也可有效提高居民身心健康水平。采用 GRN2 和 TRAN1 干预措施，对绿色出行意愿和出行效率具有促进作用。根据规划方案，沿水岸线和绿道设置风力涡轮机 25 台和太阳能路灯 250 个。按照设置中型风力发电机（以金风 S43/600 kW 型号为例）估算，日发电量约为 15 万 kW·h。瑶湖岛风力资源丰富（按照每天 10 h 计算），具备优良的发电条件。而太阳能路灯（按照 200 W/台，10 h/日计算），每日节约电量为 250 kW·h。由此可见，采用 ENE1 和 ENE2 的干预措施，



4 不同时期、不同规划愿景的土地利用类型空间分布
Land use spacial distributions with planning visions in different periods
4-1 2020 年现状
Current condition in 2020
4-2 2035 年早期干预愿景
Vision for early adopter in 2035
4-3 2050 年早期干预愿景
Vision for early adopter in 2050
4-4 2035 年不（晚）干预状况
Status of non-adopter or late adopter in 2035
4-5 2050 年晚干预状况
Status of late adopter in 2050
4-6 2050 年不干预状况
Status of non-adopter in 2050

可以满足瑶湖岛家庭用电和交通用电需求，增加了研究区域中能源的可持续能力[44]。

不（晚）干预措施到 2035 年（图 4-4），研究区域经济仍远落后于江西省和全国平均水平。根据卫星影像和实地调查，预计到 2035 年因雨水、湖水长期冲刷将有 0.015 km^2 的土壤侵蚀区域。根据通用土壤流失方程式（Universal Soil Loss Equation, USLE）[45]，计算单位面积年平均土壤流失量 A：

$$A=R\times K\times L\times S\times C\times P。\qquad (3)$$

式中：R 为降雨侵蚀力因子；K 表示土壤可侵蚀因子；L 为坡长因子；S 为坡度因子；C 为覆盖管理因子；P 为水土保持措施因子。GIS 空间分析的结果显示，到 2050 年将会有 0.096 km^2 的土壤侵蚀区域（图 4-6）。根据影子价格（shadow price）估算法，计算用于治理土壤侵蚀的支出和因有机农业面积减少产生的经济损失共计约 430 万元 / 年。由此可见，近 15 年若不采取相应的干预措施，将不利于 SDGs 中多个分目标的实现（图 4-4），如无贫穷（SDGs-1）和零饥饿（SDGs-2）。

2035 年以后及时实施干预措施，消极状况将会扭转（图 4-5）。根据不同时期、不同干预措施的规划愿景，居住区、农田、植被面积将发生相应变化。采用早期干预措施，至 2023 年和 2050 年将有效控制居住区面积，提高住区土地利用效率（图 4-2、4-3）。随着植被斑块、植被网络面积的增加，将会挤占部分农田、荒地，农田面积适当减少。不过，农田经济价值的提升会弥补农田面积减少带来的损失。

滨水旅游和现代农业观光是瑶湖岛区域规划中的重要措施。采用 2035 年、2050 年早期干预规划方案中的 GRN1、GRN2 和 TRAN1 等措施，可以强化并提高第三产业经济发展潜力。旅游观光产业的发展与交通基础设施、绿道建设、植被网络建设紧密相关[46]。在本次规划中，各种措施可以相互促进。采用 IND1 干预措施，其经济效益与后期建设、服务有很大关系。因此，本研究采用定性方法对旅游与农业观光进行价值判断。据分析（图 4-4、4-6），若是在 2035 年、2050 年未实施干预措施，农田面积也会因土壤侵蚀而减少。青壮年人口流失、土地撂荒日益严重，生态环境会进一步退化。

2.2 3 种规划愿景对 SDGs 的影响

根据 SDGs 的评估方法，规划专家分别就早期干预、晚期干预和不干预 3 种规划愿景对于 17 项 SDGs 分目标的实现程度进行经验评估，并将分值依次填入矩阵表中。最后，计算分目标累计分值和方案累计分值。另外，根据分目标的累计分值从高到低进行排序，并用 SDGs 单项指标的图标表示。

据计算（表 3，图 5），若是及时实施 2035、2050 早期规划干预措施，对瑶湖岛 SDGs 的可持续城市与社区（SDGs-11）、体面工作和经济增长（SDGs-8）、清洁饮水和卫生设施（SDGs-6）、气候行动（SDGs-13）、零饥饿（SDGs-2）和无贫穷（SDGs-1）最为有利，所得分值分别为：30、28、27、25、23 和 22。另外，对 SDGs 的其他分目标诸如性别平等（SDGs-5），和平、正义和强大机构（SDGs-16）以及优质教育（SDGs-4）影响较弱。早期实施干预措施对 SDGs 分目标影响的累计分值从大到小排序为：SDGs-11、SDGs-8、SDGs-6、SDGs-13、SDGs-2、SDGs-1、SDGs-3、SDGs-14、SDGs-9、SDGs-7、SDGs-10、SDGs-15、SDGs-17、SDGs-12、SDGs-4、SDGs-16 和 SDGs-5。

研究结果显示：即便实施了干预措施，仍然不能全面实现 SDGs 的各项分目标。有研

早期实施干预措施

可持续发展目标	GRN-1	GRN-2	TRAN	WAT	SOIL	AGR-1	AGR-2	IND	NEN-1	ENE-2	
SDGs-1 无贫穷	1	3	1	3	3	1	1	3	3	3	22
SDGs-2 零饥饿	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	23
SDGs-3 良好健康与福祉	3	3	3	3	3	0	0	3	1	1	18
SDGs-4 优质教育	0	1	3	0	3	0	0	1	0	0	8
SDGs-5 性别平等	0	0	1	0	0	1	1	3	0	0	6
SDGs-6 清洁饮水和卫生设施	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	27
SDGs-7 经济适用的清洁能源	0	0	0	1	1	0	0	3	3	3	11
SDGs-8 体面工作和经济增长	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	28
SDGs-9 产业、创新和基础设施	0	1	3	0	-1	0	0	3	3	3	12
SDGs-10 减少不平等	0	1	3	1	1	1	1	3	0	0	11
SDGs-11 可持续城市和社区	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
SDGs-12 负责任的消费和生产	0	0	3	0	-3	3	1	3	1	1	9
SDGs-13 气候行动	3	3	3	0	1	3	3	3	3	3	25
SDGs-14 水下生物	3	1	0	3	3	3	3	-3	0	0	13
SDGs-15 陆地生物	3	3	-3	3	3	3	3	-3	-1	0	11
SDGs-16 和平、正义与强大机构	0	1	1	3	3	0	0	0	0	0	8
SDGs-17 促进目标实现的伙伴关系	0	0	3	1	3	0	0	3	0	0	10
极有利 有利 无影响 有害 极有害	11 可持续城市和社区	8 体面工作和经济增长	6 清洁饮水和卫生设施	13 气候行动	2 零饥饿	1 无贫穷					272

晚期实施干预措施

可持续发展目标	GRN-1	GRN-2	TRAN	WAT	SOIL	AGR-1	AGR-2	IND	NEN-1	ENE-2	
SDGs-1 无贫穷	0	1	-1	1	1	0	0	1	1	1	5
SDGs-2 零饥饿	-1	-1	1	1	-3	1	1	1	1	1	2
SDGs-3 良好健康与福祉	-1	-3	-3	1	-3	-1	-1	1	0	0	-10
SDGs-4 优质教育	0	-1	1	0	1	-1	-1	0	0	0	-1
SDGs-5 性别平等	0	0	-1	0	0	0	0	1	0	0	0
SDGs-6 清洁饮水和卫生设施	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	8
SDGs-7 经济适用的清洁能源	0	0	0	1	1	0	0	3	1	1	7
SDGs-8 体面工作和经济增长	1	1	1	0	1	1	1	3	1	1	11
SDGs-9 产业、创新和基础设施	0	0	1	-1	-1	0	0	3	3	3	2
SDGs-10 减少不平等	0	0	1	-1	-1	0	0	0	-1	-1	-3
SDGs-11 可持续城市和社区	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9
SDGs-12 负责任的消费和生产	-1	-1	1	0	-3	0	0	1	0	0	-3
SDGs-13 气候行动	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
SDGs-14 水下生物	1	0	1	1	1	1	1	-3	0	0	3
SDGs-15 陆地生物	3	3	1	1	1	1	1	0	3	0	14
SDGs-16 和平、正义与强大机构	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
SDGs-17 促进目标实现的伙伴关系	0	0	-1	0	1	0	0	1	0	0	1
	3 良好健康与福祉	14 水下生物	9 产业、创新和基础设施	7 经济适用的清洁能源	10 减少不平等	15 陆地生物					54

不实施干预措施

可持续发展目标	GRN-1	GRN-2	TRAN	WAT	SOIL	AGR-1	AGR-2	IND	NEN-1	ENE-2	
SDGs-1 无贫穷	-3	-3	-3	0	0	-3	-3	-3	-1	-1	-20
SDGs-2 零饥饿	-1	-1	1	-1	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-16
SDGs-3 良好健康与福祉	-1	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-1	-24
SDGs-4 优质教育	0	-1	-3	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-8
SDGs-5 性别平等	0	-1	-3	0	0	0	0	-1	0	0	-5
SDGs-6 清洁饮水和卫生设施	-3	0	0	-3	-3	-3	-3	0	-3	-3	-21
SDGs-7 经济适用的清洁能源	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	-3	-3	-9
SDGs-8 体面工作和经济增长	-1	-3	-3	-1	-3	1	1	-3	-1	-1	-18
SDGs-9 产业、创新和基础设施	0	0	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-1	-1	-16
SDGs-10 减少不平等	0	0	-3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-1	-12
SDGs-11 可持续城市和社区	-3	-3	-3	-3	-3	-1	-3	-3	-3	-3	-28
SDGs-12 负责任的消费和生产	-1	-1	-1	-1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	-14
SDGs-13 气候行动	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-3	0	-3	-3	-23
SDGs-14 水下生物	-3	0	1	-3	-3	-3	-3	-3	0	0	-17
SDGs-15 陆地生物	-3	1	3	-3	-1	-3	-3	3	3	0	-3
SDGs-16 和平、正义与强大机构	0	-1	-3	0	0	0	0	0	0	0	-4
SDGs-17 促进目标实现的伙伴关系	0	0	-3	0	-1	0	0	-1	0	0	-5
	17 促进目标实现的伙伴关系	12 负责任消费和生产	4 优质教育	16 和平、正义与强大机构	5 性别平等						-243

5

5 不同干预措施和 SDGs 实现程度 T 值 [44]

T values of SDGs achievement by different interventions[44]

究发现 [47-49]，经济增长更有利于增加居民接受教育的机会，间接地促进优质教育、性别平等以及和平、正义和强大机构等分目标的实现。由此可见，各个分目标之间是相互影响和相互促进的关系。

模型计算结果显示（图 5）：若实施早干预措施，规划方案实施后对 SDGs 的实现程度 T 值为 272；延迟干预措施直到 2035 年实施，方案 T 值为 54；若不实施干预措施直到 2050 年，方案 T 值为 -243，该区域发展的最终状况将远离 SDGs。由此可见，对瑶湖岛进行全面系统规划以及尽早实施本研究所提出的 10 项干预措施，能够有效地解决当前存在的诸多问题。基于地理设计框架和 SDGs 评估体系的区域规划方法，可以较为科学、有效、直观地评估规划方案对联合国 SDGs 的实现程度，在此基础上，比较不同规划愿景的差异，从而根据该结果做出决策。SDGs 的提出是世界各国追求可持续发展理念的结果，这些指标可以概况为经济发展、环境可持续和社会包容 3 个方面 [33]。为此，本研究将 SDGs 作为区域规划方案的评估体系具有科学共性，可以作为区域规划成果优劣的判断依据。

3 总结与展望

为了验证该方法在我国区域规划中的适用性，本研究以南昌市瑶湖岛为案例进行应用研究 [44]。在规划过程中，充分利用 Geodesign 数字框架和规划流程，借助移动设备、GIS 技术以及现场调查等多种手段，完成了数据获取、数据分析、方案生成和方案评估等规划内容。鉴于 SDGs 已成为全球城市与区域规划追求的共同目标，故采用 SDGs 评估体系对生成的方案进行评估。结果显示，在尽早实施干预措施时，实现程度的累计分值远高于推迟实施干预措施。若不实施干预措施任其发展，该区域各分目标分值以及总累计分值将出现较低值或极低值，即该区域将缺乏可持续性。

在本研究过程中，也存在一些困难和不足。今后还需要从以下几个方面进行探讨。

3.1 区域规划理论适用性

Geodesign 规划理念最早可以追溯到麦克哈格（Ian L. McHarg）的设计结合自然（design with nature）理论，倡导系统思想指导规划实践 [20-21, 23]。随着 GIS 技术的纵深发展，将自然要素评估融入区域规划全过程被广泛接受。由此可见，规划理论派和 GIS 技术派之间已无明显界线。Geodesign 规划框架最典型的特征是强调了规划参与性与多模型、多迭代循环，相比其他规划方法具有较强的科学性 [23]。尺度问题决定了规划实践采用何种技术手段 [50]，因此，Geodesign 规划框架还应该在不同地区、不同尺度项目中验证其适用性，这也是 IGC 的初衷 [30]。

3.2 数据获取与公众参与度

数字技术的发展为数据获取提供了可能，特别是在移动终端、互联网、云平台技术逐渐成熟的时代。本研究虽然借助了智能手机、云 GIS 获取数据，由于受访谈时间、访谈条件的限制，目前还未充分挖掘数字技术的应用潜力，如利用移动 GIS 现场勾绘、校正矢量数据以及基于移动设备的公共参与等 [51]。另外，众包（crowdsourcing）模式在数据获取、公众参与方面也可以发挥重要作用 [52-53]。当前，我国各类数据共享方面还比较落后。今后互联网和智能手机的普及与驱动，将会促进基于众包模式、wiki 数据获取与共享模式研究的快速发展。

3.3 SDGs 评估体系优化

以往的研究尚缺乏对规划方案的有效评估机制。本研究首次引入联合国 SDGs 评估体系，将规划方案实施后对 SDGs 的实现程度作为方案优劣的评估标准，具有较强的科学依据。SDGs 虽然获得了国际社会的关注与认可，由于分目标之间具有相关性，如当优质教育（SDGs-4）这个目标取得较好的成效时，也有利于无贫穷、性别平等和经济增长等目标的实现，在发展中国家和地区更具有放大作用 [54]。在应用过程中，这些分目标较为模糊，规划人员难以判断干预措施对其影响 [43, 55]。今后，还应进一步探索可操作的评估途径。

致谢 (Acknowledgments)：

硕士研究生江文华和本科生匡晨、吴文怡、冯怀宇等同学参与了前期的现场调研和 2020 IGC 的项目验证。方法体系部分得到了 Carl Steinitz 教授的帮助与建议。

参考文献 (References)：

[1] MCLOUGHLIN J B. Urban and Regional Planning: A Systems Approach[M]. London: Faber and Faber, 1969.

[2] HALL P, TEWDWR-JONES M. Urban and Regional Planning[M]. London: Routledge, 2010.

[3] WU F L. Planning for Growth: Urban and Regional Planning in China[M]. London: Routledge, 2015.

[4] 李文墨 . 苏联模式影响下我国规划专业教育的“本土化”发展（1952—1961 年）[J]. 城市规划学刊，2020（1）：111-118.

[5] 胡序威 . 中国区域规划的演变与展望 [J]. 地理学报，2006，61（6）：585-592.

[6] 毛汉英 . 新时期区域规划的理论、方法与实践 [J]. 地域研究与开发，2005，24（6）：1-6.

[7] LUO X L, SHEN J F. Why City-Region Planning does not Work Well in China: The Case of Suzhou–Wuxi–Changzhou[J]. Cities, 2008, 25(4): 207-217.

[8] FORESTER J. The Deliberative Practitioner: Encouraging Participatory Planning Processes[M]. Cambrige: Mit Press, 1999.

[9] HYMAN H H. Planning with Citizens: Two Styles[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1969, 35(2): 105-112.

[10] SABATIER P A. Top-Down and Bottom-Up Approaches to Implementation Research: A Critical Analysis and Suggested Synthesis[J]. Journal of Public Policy, 1986, 6(1): 21-48.

[11] PISSOURIOS I. Top-Down and Bottom-Up Urban and Regional Planning: Towards A Framework for the Use of Planning Standards[J]. European Spatial Research and Policy, 2014, 21(1): 83-99.

[12] KOONTZ T M, NEWIG J. From Planning to Implementation: Top-Down and Bottom-Up Approaches for Collaborative Watershed Management[J]. Policy Studies Journal, 2014, 42(3): 416-442.

[13] ROY U, GANGULY M. Integration of Top Down & Bottom Up Approach in Urban and Regional Planning: West Bengal Experience of Draft Development Plans (DDP) and Beyond[C]. New Delhi: National Town & Country Planners Congress, 2009.

[14] PICKERING T, MINNERY J. Scale and Public Participation: Issues in Metropolitan Regional Planning[J]. Planning Practice and Research, 2012, 27(2): 249-262.

[15] LANE M B. Public Participation in Planning: An Intellectual History[J]. Australian Geographer, 2005, 36(3): 283-299.

[16] TALEN E. Bottom-Up GIS: A New Tool for Individual and Group Expression in Participatory Planning[J]. Journal of the American Planning Association, 2000, 66(3): 279-294.

[17] BROWN G. Public Participation GIS (PPGIS) for Regional and Environmental Planning: Reflections on a Decade of Empirical Research[J]. URISA Journal, 2012, 25(2): 7-18.

[18] SHIODE N. Urban Planning, Information Technology, and Cyberspace[J]. Journal of Urban Technology, 2000, 7(2): 105-126.

[19] STRATIGEA A, PAPADOPOULOU C A, PANAGIOTOPOULOU M. Tools and Technologies for Planning the Development of Smart Cities[J]. Journal of Urban Technology, 2015, 22(2): 43-62.

[20] MCHARG I L. Design with Nature[M]. New York: American Museum of Natural History, 1969.

[21] GOODCHILD M F. Towards Geodesign: Repurposing Cartography and GIS?[J]. Cartographic Perspectives, 2010(66): 7-22.

[22] GOODCHILD M F. GIS and Modeling Overview[M]. Redlands: ESRI Press, 2005.

[23] 魏合义，黄正东 . 地理设计视角下的景观规划设计理论、需求及技术实现 [J]. 风景园林，2014，21（4）：53-57.

[24] STEINITZ C. A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design[M]. Redlands: ESRI Press, 2012.

[25] SLOTTERBACK C S, RUNCK B, PITT D G, et al. Collaborative Geodesign to Advance Multifunctional Landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 156: 71-80.

[26] PERKL R M. Geodesigning Landscape Linkages: Coupling GIS with Wildlife Corridor Design in Conservation Planning[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 156: 44-58.

[27] ERVIN S M. Technology in Geodesign[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 156: 12-16.

[28] LI W M, MILBURN L A. The Evolution of Geodesign as a Design and Planning Tool[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 156: 5-8.

[29] FISHER T. An Education in Geodesign[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 156: 20-22.

[30] ORLAND B, STEINITZ C. Improving Our Global Infrastructure: The International Geodesign Collaboration[J]. Journal of Digital Landscape Architecture, 2019: 213-219.

[31] United Nations. Sustainable Development Goals[EB/OL].(2020-02-11)[2021-06-01]. https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs.

[32] GRIGGS D, STAFFORD-SMITH M, GAFFNEY O, et al. Sustainable Development Goals for People and Planet[J]. Nature, 2013, 495(7441): 305-307.

[33] SACHS J D. From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals[J]. The Lancet, 2012, 379(9832): 2206-2211.

[34] ALLEN C, METTERNICHT G, WIEDMANN T. Initial Progress in Implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): A Review of Evidence from Countries[J]. Sustainability Science, 2018, 13(5): 1453-1467.

[35] GUSTAFSSON S, IVNER J. Implementing the Global Sustainable Goals (SDGs) into Municipal Strategies Applying an Integrated Approach[M]. Berlin: Springer, 2018: 301-316.

[36] TERAMA E, PELTOMAA J, MATTINEN-YURYEV M, et al. Urban Sustainability and the SDGs: A Nordic Perspective and Opportunity for Integration[J]. Urban Science, 2019, 3(3): 69.

[37] RODRIGUEZ R S, ÜRGE-VORSATZ D, BARAU A S. Sustainable Development Goals and Climate Change Adaptation in Cities[J]. Nature Climate Change, 2018, 8(3): 181-183.

[38] XIE H L, WEN J R, CHOI Y. How the Sdgs are Implemented in China: A Comparative Study Based on the Perspective of Policy Instruments[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 291: 125937.

[39] XU Z C, CHAU S N, CHEN X Z, et al. Assessing Progress Towards Sustainable Development over Space and Time[J]. Nature, 2020, 577(7788): 74-78.

[40] XUE L, WENG L F, YU H Z. Addressing Policy Challenges in Implementing Sustainable Development Goals Through an Adaptive Governance Approach: A View from Transitional China[J]. Sustainable Development, 2018, 26(2): 150-158.

[41] 中国统计局 . 中国统计年鉴：2019[M]. 北京：中国统计出版社，2019.

[42] BALLAL H, STEINITZ C. A Workshop in Digital Geodesign Synthesis[C]//BUHMANN E, ERVIN S M, PIETSCH M. Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture at Anhalt University of Applied Sciences Herbert Wichmann Verlag. Berlin: Vde Verlag Gmbh, 2015: 400-407.

[43] 魏合义，黄正东，杨和平 . 基于数字技术视角的景观规划和景观设计比较研究 [J]. 武汉理工大学学报（社会科学版），2016，29（6）：1054-1059.

[44] WEI H Y, JIANG W. Geodesign Regulates the Biodiversity Protection and Resident Demand[C]//IGC. International Geodesign Collaboration Annual Meeting. Redlands: ESRI Press, 2020.

[45] ALEWELL C, BORRELLI P, MEUSBURGER K, et al. Using the USLE: Chances, Challenges and Limitations of Soil Erosion Modelling[J]. International Soil and Water Conservation Research, 2019, 7(3): 203-225.

[46] 魏合义，刘学军，陈晓刚，等 . 景观资源整合背景下生态承载力研究综述 [J]. 鄱阳湖学刊，2019（3）：100-111，128.

[47] BENOS N, ZOTOU S. Education and Economic Growth: A Meta-Regression Analysis[J]. World Development, 2014, 64: 669-689.

[48] KABEER N, NATALI L. Gender Equality and Economic Growth: Is There a Win-Win?[J]. IDS Working Papers, 2013, 2013(417): 1-58.

[49] AGÉNOR P R, CANUTO O. Gender Equality and Economic Growth in Brazil: A Long-Run Analysis[J]. Journal of Macroeconomics, 2015, 43: 155-172.

[50] STEINITZ C. Landscape Architecture into the 21st Century: Methods for Digital Techniques[C]//BUHMANN E, PIETSCH M, KRETZLE E. Digital Landscape Architecture 2010. Berlin: Wichmann Verlag, 2010: 2-26.

[51] BROVELLI M A, MINGHINI M, ZAMBONI G. Public Participation in GIS via Mobile Applications[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2016, 114: 306-315.

[52] PAPADOPOULOU C A, GIAOUTZI M. Crowdsourcing as a Tool for Knowledge Acquisition in Spatial Planning[J]. Future Internet, 2014, 6(1): 109-125.

[53] CERTOMA C, CORSINI F, RIZZI F. Crowdsourcing Urban Sustainability. Data, People and Technologies in Participatory Governance[J]. Futures, 2015, 74: 93-106.

[54] NILSSON M, GRIGGS D, VISBECK M. Policy: Map the Interactions Between Sustainable Development Goals[J]. Nature, 2016, 534(7607): 320-322.

[55] HÁK T, JANOUŠKOVÁ S, MOLDAN B. Sustainable Development Goals: A Need for Relevant Indicators[J]. Ecological Indicators, 2016, 60: 565-573.

图表来源 (Sources of Figures and Tables)：

图 3 根据参考文献 [42] 绘制；图 5 根据参考文献 [44] 绘制；表 3 根据参考文献 [31] 绘制；其他图表均由作者绘制。

（编辑 / 王一兰）