

基于 GIS 的土地利用结构优化配置研究进展

张薇, 甘德清, 王晓红 (河北联合大学矿业工程学院, 河北唐山 063009)

摘要 土地利用结构优化是土地利用总体规划的核心内容, 是实现土地资源可持续利用的重要手段。而 GIS 以其强大的数据管理和空间分析功能, 在土地利用结构优化研究领域得到广泛应用。该研究从 GIS 与数学模型结合、GIS 与智能算法结合以及 GIS 在土地利用辅助决策 3 个方面入手, 总结了 GIS 在土地利用结构优化研究中的应用, 阐述了不同优化方法的优缺点, 分析了未来一定时期内 GIS 应用于土地利用优化研究的发展趋势。

关键词 GIS; 土地利用结构; 优化模型; 空间格局

中图分类号 S28 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)13-04089-03

The Research Progress of Optimal Allocation of Land-Use Structure Based on GIS

ZHANG Wei et al (College of Mining Engineering, Hebei United University, Tangshan, Hebei 063009)

Abstract Optimization allocation of land-use structure was the core content of land-use planning and that was the important way to realize the sustainable utilization for land resources. Given the powerful data management and spatial analysis function, GIS was used widely in the field of land-use structure optimization research. In this paper the author summarized the application of GIS in land use structure optimization study, expounded the advantages and disadvantages of different optimization methods and analyzed the development trend of the future period of application of GIS in optimization of land use.

Key words GIS; land-use structure; Optimization model; Spatial pattern

地理信息系统(GIS)属于空间信息系统的范畴, 是一种以采集、存储、处理、查询、分析和评价全球或区域与空间地理分布有关数据的空间信息系统^[1], 其对数据的分析功能可直接服务于管理和决策系统。20 世纪 80 年代, GIS 以其独特的空间分析能力、快速的空间定位搜索和复杂的查询功能、强大的图形处理和表达能力、空间模拟和空间决策支持等优势, 被迅速广泛应用到各个领域。在土地利用结构优化配置研究中, GIS 更是以其独特的空间可视化、空间导向和空间思维功能^[2], 推动了土地利用结构优化从单一的数量优化到空间结构优化的发展。将各土地利用类型、数量在地域空间上进行合理的落位, 实现了真正意义上的土地利用结构优化配置。

笔者从土地利用结构优化的模型和方法入手, 主要探讨了 GIS 在土地利用结构优化研究中的 3 种应用方式, 即 GIS 与数学模型相结合的优化方法、GIS 与智能算法相结合的优化方法和基于 GIS 的土地利用优化配置辅助决策系统。并分析了各种优化方法的优点和不足, 为今后的土地利用结构优化研究提供理论指导和技术支持, 也对 GIS 技术如何更好地服务于土地利用作了展望。

1 土地利用结构优化配置研究进展

土地利用结构优化配置是为了达到一定的生态、经济最优目标, 依据土地资源的自身特性, 对区域内土地资源的利用类型在数量上科学安排, 同时合理调整其空间布局的过程。土地利用结构优化作为土地利用中的核心内容之一, 是提高土地利用效率, 实现土地资源可持续发展的重要途径^[3]。世界范围内最早的土地利用结构优化可追溯到各国制定土地制度时期, 早期的土地利用结构优化只停留在对土地定性分析阶段。由于单纯的定性分析没有量化数据支撑,

缺乏说服力, 学者开始尝试建立各种数学分析模型, 如线性规划模型^[4]、多目标规划模型^[5]等进行定量计算, 实现了土地利用结构的数量优化。之后的一段时期内, 数量优化一直是土地利用优化研究的热点, 但是它无法实现对土地利用的空间配置优化。20 世纪 80 年代以来, 由于地理信息系统(GIS)日益成熟和大量应用, 为解决这一问题提供了重要的技术手段, 实现了土地利用的空间配置优化^[6]。随着 GIS 技术的不断发展, 土地利用结构优化将朝着系统化、机理化、精确化、实用化方向发展。

2 基于 GIS 的土地利用结构优化研究

2.1 GIS 与数学模型相结合的优化方法 目前, 研究土地利用优化配置的主要方法是模型法, 数学模型对于科学配置土地利用结构数量起到非常重要的作用。随着地理信息技术(GIS)的不断发展, 将 GIS 与数学模型相结合研究土地利用结构优化成为热点。

2.1.1 GIS 与线性规划模型结合。 线性规划模型是土地利用结构优化中最为常见的一种方法, 张佳会等通过最优线性规划方法对土地利用结构进行优化得出此方法适用于土地利用总体规划^[7]。由于土地利用系统的复杂性与多变性, 单一的线性规划模型存在目标单一, 缺乏空间性等, 将 GIS 与线性规划模型相结合应用于土地利用结构优化研究中, 借助 GIS 的空间分析功能, 弥补了线性规划模型的不足。Chuvieco 应用 GIS 作为线性规划分析工具, 在对土地适宜性进行分析的基础上, 对空间属性进行优化和变量组合, 并在西班牙进行了土地利用结构优化配置的实验^[8]。周素红等人应用 GIS 与线性规划模型相结合的方法对广州市文冲村进行“城中村”改造分析, 以 GIS 为数据平台, 构建在满足城市土地利用规划要求基础上获取最大效益的线性规划模型, 并以此为依据, 制订“城中村”改造建设方案^[9]。

GIS 与线性规划模型相结合虽然广泛应用于土地利用结构优化研究中, 但由于线性规划模型本身无法考虑所有的

限制条件和优化目标的缺点,使这种方法存在一定的局限性。鉴于此,有学者提出将 GIS 与多目标规划模型相结合,应用于土地利用研究中。

2.1.2 GIS 与多目标规划模型结合。多目标规划模型的最大优势在于具有多目标、多方案性,可以充分反映土地利用结构的可能性,为决策者提供最佳方案,将 GIS 与多目标模型相结合可以实现土地利用结构优化配置过程的自动化。申宝以四川省乐山市犍为县为例,运用多目标规划模型与 GIS 手段相结合的方法,对犍为县土地利用结构的数量分配和空间现状布局进行具体分析^[10]。Wang Xinhao 等将 GIS 与多目标规划模型相结合建立了 GIS/IFMOP 综合模型,以中国洱海流域为例进行了在流域尺度上土地资源的优化配置的研究^[11]。张红瑞等人基于四川双流县土地资源开发利用的特征和土地利用结构调整的不确定性、复杂性等特点,采用 GIS 与多目标规划模型对双流县进行土地利用结构调整^[12]。该模型在 GIS 环境中,将用多目标线性规划方法计算出来的各种土地利用类型的数量配置到合理的空间位置,有利于规划者充分应用信息技术实现土地资源的管理。

在土地利用结构优化研究中,将 GIS 与数学模型相结合弥补了数学模型空间优化能力的不足,实现了土地资源数量上和空间上的合理配置,使土地资源管理和决策更加科学有效。然而,土地利用结构不是一成不变的,随着时间的推移在不断发生变化,GIS 与数学模型相结合的研究方法无法动态模拟土地利用结构随时间的变化。智能算法是专门研究复杂系统结构、功能与动态行为之间关系的一种特殊算法,与数学模型相比对数据的依赖性较小、操作灵活、可塑性强,在模拟大型非线性动态多重反馈系统中具有很大的优势,将 GIS 与智能算法相结合使动态模拟土地利用结构成为可能。

2.2 GIS 与智能算法相结合的优化方法 智能优化算法是通过模拟某一自然现象或过程而建立起来的优化方法,具有适于高度并行、自组织、自学习与自适应等特征,为解决复杂问题提供了一种新途径^[13]。将 GIS 与智能算法相结合在一定程度上解决了以往土地资源优化配置模型的非动态、结构单一等缺点。

2.2.1 GIS 与元胞自动机(CA)结合。元胞自动机(CA)在地理学中的应用最早可追溯到 20 世纪 60 年代,Hagerstrand 在他的空间扩散模型研究中首先采用了类似于元胞自动机的思想^[14]。20 世纪末,Clarke 等提出将 CA 与 GIS 结合,GIS 强大的数据预处理、空间分析和可视化功能可以与 CA 形成良好的互补^[15]。周成虎等在 Batty & Xie 的 DUEM 模型的基础上,构建了面向对象的 2 个 CA 模型耦合的 GcoCA-Urban 模型,该模型可以引入 GIS 空间数据库、遥感土地分类等实际数据来模拟和预测具体城市的发展演化^[16]。张显峰等在总结前人研究的基础上,从满足 GIS 时空分析建模需要的角度出发,提出 CA 扩展至少应包括的 4 个方面,建立了城市土地利用演化过程模拟预测 LESP 模型,并对包头市城市扩展进行了有效模拟^[17]。将 GIS 与 CA 结合,通过分析多年的数据,实现对土地利用结构变化动态模拟,科学推断未来土地

利用结构优化方案。

2.2.2 GIS 与遗传算法(GA)结合。遗传算法这一全局优化搜索算法,凭借其通用性、并行性和稳健性,以及能在搜索空间高度复杂的问题上取得比其他算法更好效果的特点^[18],在城市规划中得到了广泛应用。将遗传算法与 GIS 相结合,成为近几年土地利用结构优化研究的热点。袁满设计了土地利用规划多智能体决策框架,将多智能体在空间决策行为与遗传进化算子相结合,构建基于多智能体遗传算法的土地利用优化配置模型,并选取武汉市蔡甸区开展了实例应用研究^[19]。黄海以经济效益和生态效益为目标函数建立土地利用结构优化模型,采用遗传算法进行模型求解,并以重庆市合川区为例详细介绍了具体应用过程^[20]。遗传算法的内在并行机制、全局优化以及其初始搜索无需导数信息的特点,应用到区域土地利用结构优化配置中,明显提高了区域土地利用经济、社会和生态效益,促进了区域土地资源的可持续利用。

智能优化算法可以很好地模拟空间的复杂性,与 GIS 相结合可以产生强大的地理空间模拟能力,在一定程度上解决了数学优化模型的非动态、结构单一等缺点。不少学者还尝试将其他智能算法,如人工神经网络、微粒群算法与 GIS 结合对土地利用系统进行模拟研究。由于每种智能算法或多或少都有其不足之处,因此,在 GIS 的基础上将各种优化算法相结合,是未来研究的发展趋势。

2.3 基于 GIS 的土地利用优化配置辅助决策系统 土地利用优化配置辅助决策系统是根据土地利用结构的特征和相关性,采用地理信息系统(GIS)技术,运用空间数据库存储、管理和操作各类与土地利用有关的信息和数据。根据 GIS 空间分析的类型和工能,设计各种土地利用结构空间分析软件,在这些分析软件的协调下,自动完成土地利用结构的分析及图件等的输出,从而实现土地资源利用进行科学决策和管理的计算机应用系统。黄杏等多年潜心研究地理信息系统(GIS)支持的区域土地利用决策原理和方法,为土地利用优化配置辅助决策系统的建立奠定了基础^[21]。随后,王春玲设计了基于 GIS 的防护林空间配置调整辅助决策系统框架^[22],袁成军等以贵州省黔西县为例,研究了基于 GIS 的土地利用总体规划实施评价决策支持系统^[23]。这些方法是对数据库、专家库、方法库和模型库的集成,实现数据的自动采集、储存与分析,为区域土地利用结构的优化决策提供系统支持。

3 结论与展望

GIS 与数学模型结合,使土地利用的空间结构优化成为可能。将 GIS 与智能算法相结合,实现了土地利用结构优化研究从单向、静态模型向动态、持续规划模型的发展。对基于 GIS 的土地利用优化配置辅助决策系统的深入研究,将有利于实现对土地利用结构进行科学决策和自动化管理。然而,纵观现有的土地利用优化方法,虽然 GIS 被广泛应用,但绝大多数都是将模型与 GIS 松散耦合在一起,实际上 GIS 与模型要素仍然是独立的,并不是真正意义上的紧密耦合,这

对于实现土地利用优化配置的自动化过程是一种障碍。另外,土地利用结构优化的方法很多,但各有优缺点,在 GIS 的基础上综合运用多种优化方法,实现土地利用的数量和空间优化、动态模拟、效益优化以及土地资源的可持续利用,将成为未来土地利用结构优化研究的重点。

参考文献

- [1] CHRISMAN N R. Exploring Geographic Information Systems [M]. New York: Jon Wiley&Sons, Inc, 1997.
- [2] 杨志恒. GIS 空间分析研究进展综述[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(3): 1918 - 1919.
- [3] 李超, 张凤荣, 宋乃平, 等. 土地利用结构优化的若干问题研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 20 - 25.
- [4] 刘彦随. 土地利用优化配置中系列模型的应用[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 26 - 31.
- [5] 谭淑豪. 经济发达地区土地可持续利用结构优化研究[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(3): 101 - 105.
- [6] BENNETT D A. A framework for the integration of geographical information system and model base management[J]. International Journal of Geographical Information Science, 1997, 11(4): 337 - 357.
- [7] 张佳会, 黄全富, 王力. 最优线性规划法在土地利用总体规划中的应用[J]. 重庆师范学院学报: 自然科学版, 2001, 18(1): 36 - 39.
- [8] CHUVIECO E. Integration of linear programming and GIS for land use modeling [J]. International Journal of Geographical Information System, 1993(7): 3 - 19.
- [9] 周素红, 吴智刚, 周锐波. GIS 与线性规划模型辅助“城中村”改造分析——以广州市文冲村改造方案为例[J]. 规划师, 2009(3): 75 - 79.
- [10] 申宝. 基于多目标动态规划模型的土地利用结构优化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [11] WANG X H, YU S, HUANG G H. Land allocation based on integrated GIS

optimization modeling at a watershed level [J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 66: 61 - 74.

- [12] 王红瑞, 张文新, 胡秀丽, 等. 土地利用区间数多目标规划模型及应用[J]. 农业工程学报, 2008(8): 68 - 73.
- [13] 雷德明, 严新平. 多目标智能优化算法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [14] CANDAU J, RASMUSSEN S, CLARKE K C. A Coupled Cellular Automaton Model for Land Use/Land Cover Dynamics [C]//4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems Prospects and Research Needs. Banff Alberta, Canada, 2000.
- [15] CLARKE K C, GAZULIS N, DIETZEL C K, et al. A Decade of SLEUTHing: Lessons Learned From Applications of a Cellular Automaton Land Use Change Model [M]//FISHER P F. Classics from IJGIS: Twenty Years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006.
- [16] 周成虎, 孙战利, 谢一春. 地理元胞自动机研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [17] 张显峰, 崔伟宏. 集成 GIS 和元胞自动机模型进行地理时空过程模拟与预测的新方法[J]. 测绘学报, 2001(2): 148 - 155.
- [18] 云庆夏. 进化算法[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000.
- [19] 袁满, 刘耀林. 基于多智能体遗传算法的土地利用优化配置[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 191 - 198.
- [20] 黄海. 土地利用结构多目标遗传算法[J]. 山地学报, 2011, 29(6): 695 - 700.
- [21] 黄杏, 元高文, 徐寿成. 地理信息系统支持的城市土地定级方法研究[J]. 环境遥感, 1993, 4(8): 241 - 249.
- [22] 王春玲. 基于 GIS 的防护林空间配置调整辅助决策系统框架设计[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(16): 7039 - 7041.
- [23] 袁成军, 何腾兵, 李屹旭, 等. 基于 GIS 的土地利用总体规划实施评价决策支持系统——以贵州省黔西县为例[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(2): 108 - 111.

(上接第 4088 页)

方法对集约利用评价的结果举足轻重, 需要更加准确地选取更合理的权重确定方法。

(2) 权重确定方法的应用将逐步由单一向多元融合方向发展。多种方法融合在一起综合应用, 才能形成优势互补, 使权重确定方法应用更成熟, 使建设用地集约利用评价结果更准确。

参考文献

- [1] 发挥市场调节功能 促进建设集约用地[J]. 中国土地, 1999(6): 19 - 22.
- [2] 李元. 小城镇建设要走集约用地的道路[J]. 小城镇建设, 2000(10): 15 - 16.
- [3] 王也. 国土资源部副部长李元提出: 解决建设用地和耕地保护矛盾的根本出路是集约用地整理土地[J]. 城市规划通讯, 1998(23): 7.
- [4] 建立评价体系及考核制度 强化建设用地集约利用[J]. 浙江国土资源, 2004(9): 15 - 19.
- [5] 石亿邵, 谢萌秋. 基于熵值法的大学城土地利用综合评价——以广州大学城为例[J]. 现代城市研究, 2013(1): 98 - 102.
- [6] 邹小红. 黔江区建设用地集约利用评价研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009(2): 103 - 108.
- [7] 石培基, 邢广路. 基于熵值法的建设用地集约利用评价——以甘肃省为例[J]. 干旱区研究, 2009(4): 502 - 507.
- [8] 徐文丽, 毛蒋兴. 广西北部湾经济区建设用地集约利用水平研究[J]. 广西社会科学, 2011(1): 27 - 31.
- [9] 牛毓君, 师学义, 王立芹, 等. 基于模糊综合评价模型的农用地集约利用研究[J]. 国土与自然资源研究, 2013(2): 17 - 20.
- [10] 石亿邵, 谢萌秋. 基于熵值法的大学城土地利用综合评价——以广州大学城为例[J]. 现代城市研究, 2013(1): 98 - 102.
- [11] 邵晓梅, 王静, 许月卿, 等. 小城镇农村居民点土地集约利用评价——以浙江省慈溪市周巷镇为例[J]. 中国农业大学学报, 2007(3): 100 - 104.
- [12] 马艳霞, 刘学录, 黄建洲. 土地评价方法对指标权重的影响——以兰州市永登县和皋兰县为例[J]. 湖南农业科学, 2010(8): 32 - 34, 39.

- [13] 何旭开, 董捷. 不同类型建设用地集约利用评价指标体系研究[C]//中国土地学会. 2007 年中国土地学会年会论文集. 中国土地学会, 2007: 6.
- [14] 朱永明, 赵丽, 傅海利, 等. 石家庄市农村建设用地集约利用水平研究——基于灰色关联确权的综合评价[J]. 水土保持研究, 2012(3): 237 - 241.
- [15] 韩小孩, 张耀辉, 孙福军, 王少华. 基于主成分分析的指标权重确定方法[J]. 四川兵工学报, 2012(10): 124 - 126.
- [16] 曹银贵, 袁春, 周伟, 等. 基于主成分分析的全国建设用地集约度评价[J]. 生态环境, 2008(4): 1657 - 1661.
- [17] 丁晓惠, 黄云, 蒋兰杰. 建设用地集约节约利用的主成分分析——以乐山市井研县为例[J]. 安徽农业科学, 2007(4): 1081 - 1082.
- [18] 许素, 周勇, 郎文聚. 建设用地集约利用的区域综合评价及空间差异分析——以湖北省荆州市为例[J]. 安徽农业科学, 2007(22): 6907 - 6909.
- [19] 冯长春, 程老. 老城区存量土地集约利用潜力评价——以北京市东城区为例[J]. 城市发展研究, 2010(7): 86 - 92.
- [20] 刘宗强, 付梅臣, 张翼, 温红艳, 宋保华. 承德市建设用地集约利用评价研究[J]. 资源与产业, 2011(1): 55 - 60.
- [21] 虎陈霞, 郭旭东, 连纲. 村镇土地资源集约利用评价与影响因素分析——以四川省葛仙山镇为例[J]. 生态环境学报, 2010(12): 2881 - 2886.
- [22] 江文亚, 郑新奇, 杨玲莉. 村镇建设用地集约利用评价研究[J]. 水土保持研究, 2010(3): 166 - 170.
- [23] 王瑗玲, 姜曙千, 孙娟, 等. 镇驻地土地集约利用评价研究——以胶州市胶北镇为例[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2013(2): 261 - 265.
- [24] 汤鹏程, 廖和平, 韦红吉, 等. 重庆市忠县农村建设用地集约利用评价研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2013(5): 115 - 119.
- [25] 黄东海, 张李军, 赵荣军. 基于低碳理念的建设用地集约利用评价[J]. 安徽农业科学, 2013(7): 3145 - 3146.
- [26] 张清军, 刘巧屏. 石家庄市农村居民点用地集约利用评价[J]. 广东农业科学, 2012(5): 229 - 232.
- [27] 曹银贵, 郑新奇, 胡业翠. 区域建设用地集约利用评价研究——以济南市为例[J]. 经济地理, 2010(6): 1016 - 1020.
- [28] 安文占. 土地利用总体规划实施评价研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [29] 温华特. 城市建设用地适宜性评价研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.