

YiChuan SuanFa Zai TuDi LiYong GuiHua ZhongDe YingYong YanJiu

遗传算法在土地利用 规划中的应用研究

◎ 王世忠 著



经济科学出版社
Economic Science Press

浙江财经学院学术专著出版资金资助（2011 年度）

遗传算法在土地利用 规划中的应用研究

王世忠 著

经济科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

遗传算法在土地利用规划中的应用研究 / 王世忠著.
—北京: 经济科学出版社, 2012. 11
ISBN 978 - 7 - 5141 - 2603 - 7

I. ①遗… II. ①王… III. ①遗传 - 算法 - 应用 -
土地利用 - 研究 - 中国 IV. ①F321. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 254898 号

责任编辑: 袁 激
责任校对: 郑淑艳
版式设计: 代小卫
责任印制: 邱 天

遗传算法在土地利用规划中的应用研究

王世忠 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销
社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142
总编部电话: 88191217 发行部电话: 88191537

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

北京密兴印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 11.5 印张 250000 字

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 2603 - 7 定价: 36.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 88191502)

(版权所有 翻印必究)

前

言

土地利用总体规划是优化配置土地资源的重要手段。随着人口的增长、经济的快速发展和城市的迅猛扩张，人们对土地利用的强度逐年增大，土地利用行为日趋复杂化、动态化和开放化。土地利用规划越来越强调规划的系统性、整体性和动态性，越来越重视规划的经济、社会和生态的多元复合性，传统的土地利用规划方法已经越来越难以适应时代发展的需要。

1975 年，霍兰德（J. H. Holland）借助模拟生物进化的“适者生存”和“优胜劣汰”过程及孟德尔的遗传理论，提出了遗传算法理论，为求解复杂系统优化问题提供了一个通用的框架，受到不同领域研究人员的高度重视，并获得了广泛的应用。本书分别以浙江省的舟山市区、杭州市和德清县为典型例子，结合研究区域的土地特性和我国土地政策，通过构建模型和采用计算机仿真技术，把遗传算法应用于土地利用规划过程中去，以完善土地利用规划的方法体系。本书的研究内容主要包括：

（1）从土地需求预测模型、土地利用数量结构优化模型、土地利用规划方案评价模型以及地类空间布局优化模型四个方面出发，对现有的土地利用规划方法进行了简要的述评，在此基础上，构建了遗传算法在土地利用规划中的应用方法体系。

（2）构建了基于 GA-BP 的组合预测模型，以舟山市区作为例子，通过利用 MATLAB7.1 语言编程，把它应用于舟山市区的人口和土地需求预测。在人口预测部分，分别对舟山市区的户籍人口、外来人口、

非农业人口、城镇人口和总人口进行了预测；在主要经济指标预测部分，参照了类似国家和地区的发展经验，考虑了目前的世界金融危机形势，对舟山市区的 GDP 增长情况进行了预测；在 GDP 预测结果的基础上，结合现有的各种建设用地的需求预测方法，采用基于 GA - BP 的组合预测方法，对舟山市区的独立工矿用地进行了需求预测。

(3) 在参照前人研究成果的基础上，对带精英策略的非支配排序遗传算法进行了改进，构建了基于改进 NSGA - II 的土地利用数量结构优化模型，以杭州市为例子，在综合考虑经济效益、社会效益和生态效益的前提下，通过参考 Kanpur 遗传算法实验室提供的源代码，利用 C/C++ 语言进行程序的二次开发，对杭州市的土地利用数量结构进行了优化研究，并得到了一系列 Pareto 解。最后，通过权重方案来近似代表决策意愿，进行了方案的择优决策。

(4) 通过带实数编码的加速遗传算法来优化投影指标函数，构建了基于 RAGA 的投影寻踪分类模型。以杭州市为例子，从经济效益、社会效益和生态效益三个方面出发，构建了土地利用规划方案的评价指标体系，并通过相关分析法和聚类分析法对指标体系进行了优化。最后，构建了基于 RAGA - PPC 的土地利用规划方案评价模型，并通过 MATLAB7.1 语言编程，利用该模型对前面所得到的一系列 Pareto 解（规划数量结构方案）进行了评价。

(5) 从减少土地破碎度，保护生物的生存环境和提高土地集中利用的效率和效益的角度出发，在满足经济和社会发展的前提下，设置了各种情景模式，构建了基于 GIS、GA、多目标决策理论和景观格局理论基础上的地类空间布局优化模型，并对模型的研究尺度、转换规则和算法流程进行了详细的研究。在利用安尼利·霍尔茨坎佩尔（Annelie Holzkamper）等提供的 LUPOLib1.0 软件包基础上，采用 C/C++ 语言进行程序的二次开发，以德清县为例，对其地类的空间布局优化进行了研究，并为 2005 ~ 2020 年德清县将来的地类空间布局优化提供了决策参考。

研究表明，遗传算法作为一种系统优化方法，可以广泛地应用于土地利用规划系统的土地需求预测、土地数量结构优化、土地利用规划（数量结构）方案的评价和土地的空间布局优化之中，并进一步地完善了土地利用规划的方法体系。

作者

2012 年 10 月

目

录

第1章 绪论	1
1.1 选题背景与意义	1
1.2 研究目标、内容和拟解决的关键问题	3
1.2.1 研究目标	3
1.2.2 研究内容	3
1.2.3 拟解决的关键问题	4
1.3 研究方法和研究的技术路线	4
1.3.1 研究方法	4
1.3.2 技术路线	5
第2章 文献综述	6
2.1 土地利用规划研究进展	6
2.1.1 土地利用规划的内涵	6
2.1.2 土地利用规划理论和方法的国内外研究进展	8
2.1.3 研究小结：土地利用规划理论和方法的研究展望	15
2.2 遗传算法的研究进展	16
2.2.1 遗传算法的国外研究进展	17
2.2.2 遗传算法的国内研究进展	21
2.2.3 研究小结：遗传算法的研究展望	22
2.3 遗传算法在土地利用规划中的应用研究进展	22
2.4 本章小结	25
第3章 遗传算法在土地利用规划中的应用方法体系的构建	27
3.1 遗传算法原理简介	27
3.1.1 遗传算法的基本思想	28
3.1.2 遗传算法的优缺点	31

3.2	目前土地利用规划常用方法简要述评	33
3.2.1	土地需求量预测模型简要述评	34
3.2.2	土地数量结构优化模型简要述评	40
3.2.3	土地利用规划方案评价模型简要述评	44
3.2.4	地类空间布局优化模型简要述评	47
3.3	遗传算法在土地利用规划中的应用模型构建	50
3.3.1	模型构建的前提假设	50
3.3.2	基于 GA - BP 组合预测方法的土地需求预测模型研究	50
3.3.3	基于改进 NSGA - II 的土地利用数量结构优化模型研究	52
3.3.4	基于 RAGA - PP 的土地利用规划 (数量结构) 方案评价模型研究	56
3.3.5	基于 GA、GIS 和景观生态学的地类空间布局优化模型研究	58
3.4	本章小结	61
第 4 章 基于 GA - BP 组合预测方法的土地需求预测模型的应用研究		
	——以舟山市区为例	62
4.1	典型研究区域的选择及其区域概况	63
4.2	基于 GA - BP 组合预测模型的舟山市区人口规模预测	64
4.2.1	舟山市区总人口增长预测	64
4.2.2	舟山市区城镇人口增长预测	68
4.2.3	舟山市区人口预测数值的应用	71
4.3	基于 GA - BP 组合预测模型的舟山市区独立工矿用地规模预测	72
4.3.1	相关回归分析法	72
4.3.2	趋势外推法	75
4.3.3	基于 GA - BP 组合预测模型预测	75
4.4	本章小结	76
第 5 章 基于改进 NSGA - II 的土地利用数量结构优化模型的应用研究		
	——以杭州市为例	78
5.1	引言	78

5.2 典型研究区域的选择及其区域概况	79
5.3 多目标规划模型构建	80
5.3.1 模型的变量设置	80
5.3.2 目标函数的确定	82
5.3.3 约束条件的确定	85
5.4 基于改进 NSGA-Ⅱ 的土地利用数量结构多目标优化模型的实现	88
5.4.1 染色体结构	88
5.4.2 初始化	89
5.4.3 适应度的计算	89
5.4.4 遗传操作	90
5.4.5 Pareto 解集	90
5.5 方案择优决策	95
5.6 本章小结	97

第 6 章 基于 RAGA 的 PPC 模型在土地规划（数量结构）方案评价中的应用研究

——以杭州市为例	99
6.1 引言	99
6.2 基于 RAGA 的 PPC 模型的构建	100
6.2.1 实数编码加速遗传算法（RAGA）	100
6.2.2 投影寻踪分类模型（PPC）	100
6.2.3 基于 RAGA 的 PPC 模型	102
6.3 规划方案评价标准	102
6.3.1 规划方案评价标准的选择	102
6.3.2 规划评价指标的优化	104
6.4 模型的实现与规划方案评价结果分析	107
6.4.1 模型的实现	107
6.4.2 规划方案评价结果分析	108
6.5 本章小结	109

第7章 基于GA、GIS和景观生态学的地类空间布局优化模型的应用研究

——以德清县为例 110

7.1 引言 110

7.2 典型研究区域的选择及其区域概况 111

7.2.1 典型研究区域的选择 111

7.2.2 研究区域概况 112

7.3 模型数据处理 112

7.4 德清县的地类空间布局优化模型的构建与实现 118

7.4.1 模型的研究尺度 118

7.4.2 模型的转换规则 118

7.4.3 模型的算法流程 122

7.5 德清县的地类空间布局优化模型实现 124

7.5.1 模型的具体优化目标选择 124

7.5.2 情景模式和约束条件设计 124

7.5.3 模型程序的编写 125

7.6 各种情景模式下的结果分析 126

7.6.1 地类空间布局优化结果 126

7.6.2 优化结果分析 130

7.7 本章小结 133

第8章 研究结论与展望 135

8.1 主要研究结论 135

8.2 可能的创新点 136

8.3 研究的不足之处及进一步研究方向 136

附录：部分程序 138

参考文献 151

后记 171

绪 论

1.1

选题背景与意义

土地是一种供给有限而又十分重要的特殊资源，是人类生存和文明延续的物质条件，是国民经济各部门发展的基础。土地利用是人类施加于土地的有目的性的活动，是人类通过直接利用土地要素，或通过对土地施加影响，利用其特性和功能，以此来获取其自身生存和发展所需要的生产、生活资料以及生态服务的活动。土地利用规划是以土地资源合理分配和布局为核心，以最佳综合效益为目标，依据土地自然地理特点、社会经济条件和发展用地需求，在时间和空间上对区域内全部土地资源进行开发、利用、整治和保护所做的具体部署和安排。

土地利用总体规划作为一种优化配置土地资源的重要手段，是人类社会发展到一定阶段的产物，也是人类社会进步的标志。自 20 世纪上半叶以来，随着人类对土地资源利用的深度、广度的加深，随着工业化和城市化的不断发展，土地利用规划也因此产生、发展和加速。特别是 70 年代以来，随着人口、资源、环境和发展（PRED）问题的日益凸显，土地利用规划逐渐从传统的建设性或蓝图规划，发展到以调控土地利用变化和以可持续发展为目的且具有广泛民众基础的公共决策，有关土地利用规划问题的研究受到了空前的重视。

我国是个土地极其短缺而人口压力又十分巨大的国家，人多地少长期以来一直是我国的基本国情。如何使有限的土地资源配置在空间上遵守互补利用，在时间上遵守世代共享，在内涵上遵守集约、节约利用，以支持社会和经济的可持续发展，一直为我国政府及社会各界人士所关注的热点和难点问题。而土地利用规

划本身所具有的未来预测性、实施的长期性、决策的主观性、土地利用的低可逆性以及土地资源本身的系统性等特点，以及规划战略实施引发的土地利用行为变化对生态环境产生的影响是深远、广泛、复杂，而且几乎不可逆的，这直接关系到我国的生态环境安全乃至社会经济的可持续发展。因此，如何编制好土地利用规划，充分发挥土地利用规划的未来政策导向作用，使土地利用系统出于可控制状态之下，可以说是我国 21 世纪面临的重大战略问题。

目前我国已经开始进行第三次全国性的土地利用总体规划的修编，通过前两次规划的实践，在土地利用规划的基础理论、规划体系、规划编制方法、规划理念、规划的科学性、实用性和可操作性、规划评价、规划与市场等方面取得了长足的进步。同时，这两轮土地利用总体规划的实践，为我国的土地管理工作作出了巨大的贡献（曹清华，2004；蔡玉梅等，2005a）。在肯定成绩的同时，我们也要看到当前土地利用规划中存在的问题。由于土地利用行为的日趋复杂化、动态化和开放化，土地利用规划越来越强调规划的系统整体性和动态性，越来越重视规划的经济、社会、文化和生态多元复合性，以实现人地关系的和谐和人类社会的可持续发展。而传统的土地利用规划在理念和方法上对社会和生态的关注程度不够，没有充分考虑对动、植物的生境进行保护，仍把规划的重点放在为经济发展服务；对规划的不确定性、多目标性和动态性研究不足；规划的实施和评估方法体系也不够完善。随着计算机技术的逐渐普及和各种新的方法的不断涌现，如何把最新的技术和方法应用到土地利用规划的编制过程中去，完善土地利用规划的方法体系，提高规划的合理性、科学性和有效性，是目前期待解决的问题之一。

1975 年，霍兰德（J. H. Holland）借助模拟生物进化的“适者生存”和“优胜劣汰”过程及孟德尔的遗传理论，通过对生物进化中的繁殖、变异、竞争和选择这四种基本形式进行模拟，得到了一种解决问题的新方法，即遗传算法。作为一种应用广泛的智能优化算法，遗传算法提供了一种求解复杂系统优化问题的通用框架，它不依赖于问题的具体领域，对各类问题都有很强的鲁棒性（稳健性），目前已经在函数优化、组合优化、生产调度问题、自动控制、机器人智能控制、图像处理和模式识别、人工生命、遗传程序设计和机器学习、社会与经济等领域获得了广泛的应用。土地利用本身就是个系统工程，涉及方方面面的问题。土地利用规划，作为协调土地与人口、土地与粮食、土地与环境之间日益尖锐和复杂矛盾的重要手段，作为土地利用系统的资源优化配置的重要措施，为遗传算法在规划编制中的应用提供了广阔的前景。

1.2

研究目标、内容和拟解决的关键问题

1.2.1 研究目标

本书的研究目标是：分别以浙江省的舟山市区、杭州市和德清县作为典型例子，从学术探讨的角度出发，把遗传算法应用于土地需求预测、土地利用规划的多目标方案的形成、规划方案的评价和地类的空间布局优化中，进一步完善规划的方法体系，并为所研究区域的新一轮土地利用规划提供决策参考。

1.2.2 研究内容

本书以县（市）级土地利用总体规划编制阶段为切入点，从土地利用规划编制的实际需要出发，研究和探讨遗传算法在土地利用规划编制工作中的应用。本书研究的核心内容如下：

（1）遗传算法在土地利用规划中的应用方法体系的构建。分析和总结目前土地利用规划中的一些常用的规划方法，以及这些方法使用过程中存在的问题，探讨遗传算法在土地利用规划中应用的可行性，并建立相应的方法体系。

（2）在分析原有的各种预测方法的基础上，构建基于 GA - BP 的组合预测模型方法，以用于人口和土地需求的预测。

（3）在综合考虑经济效益、社会效益和生态效益的基础上，构建基于修改了的非支配排序遗传算法（NSGA - II）、Pareto 方法、多目标决策理论的土地利用数量结构优化模型，并对 Pareto 解集（方案集）进行择优选择。

（4）在分析原有的土地利用规划方案评价方法的基础上，遵循经济效益、社会效益和生态效益兼顾的原则，引入投影寻踪模型，构建规划方案评价的指标体系并采用主成分分析法对评价指标进行优化，最后进行基于加速遗传算法的投影寻踪评价模型在土地利用规划方案评价中的应用研究。

（5）在满足用地需求的条件下，遵循可持续发展的理念，为生物的种群发展尽可能地提供足够的生存空间，以减少生境破碎化作为优化目标，构建基于遗传算法、GIS、景观格局指数和多目标决策理论的土地利用地类空间布局优化模型。

1.2.3 拟解决的关键问题

本书要着重研究的关键问题是如何把遗传算法应用到土地利用规划的编制过程中去，从而完善土地利用规划编制的方法体系，提高规划的编制水平和土地利用的合理性和科学性，以实现经济和社会的可持续发展。它主要包括三个方面的关键问题：

- (1) 构建基于 GA - BP 的组合预测模型来对土地的需求进行预测。
- (2) 构建基于改进的 NSGA - II 的土地利用数量结构多目标优化模型。
- (3) 构建基于加速遗传算法的投影寻踪评价模型 (RAGA - PPM)，并把该模型应用于土地利用规划方案的评价过程中去。
- (4) 基于遗传算法 (GA) 和 GIS 的土地利用的地类空间布局优化研究。

1.3

研究方法和研究的技术路线

1.3.1 研究方法

本书在研究过程中涉及很多种方法，但主要使用的研究方法如下：

- (1) 理论分析和实证研究相结合。从理论上分析遗传算法应用于土地利用规划编制工作的可行性，并对各种模型进行理论分析和设计，然后利用实证研究进行验证。
- (2) 定性分析和定量分析相结合。在模型的指标因子选取和确定方面，以定性分析为主，并结合数据进行定量分析，以验证模型的可行性。
- (3) 计算机智能仿真技术。通过用 MATLAB 语言和 C/C + + 语言编程，用遗传算法来模拟“基因重组”、“基因突变”和“适者生存”、“优胜劣汰”的生物进化模型，来对土地利用系统进行系统的规划、优化设计。
- (4) GIS 技术。GIS 将空间数据处理、属性数据处理、空间分析与模型分析等技术与计算机技术紧密结合，具有很强的空间数据处理能力，可为海量资料数据的时空分析、定量结构刻画和空间建模以及数据采集、储存、分类和检索查询等提供基础平台。本书的第四大部分就是基于 ArcGIS9.0 技术支持的基础上进

行的。

(5) FRAGSTATS 软件。它是美国开发的一款功能强大的景观分析软件。在生物的生境分析中,本书所涉及的景观格局分析部分,都是在 FRAGSTATS 软件平台下进行的。

1.3.2 技术路线

根据本书的研究目标、研究内容以及拟解决的关键问题,先进行土地利用规划和遗传算法的相关基础理论研究。在夯实理论研究的基础上,构建土地需求的预测模型、土地利用数量结构优化模型、土地利用规划方案的评价模型和地类的空间布局优化模型,然后通过实证研究来验证模型的可行性。最后对本项研究进行归纳和总结,并对今后的研究提出展望。本书研究的具体技术路线见图 1-1。

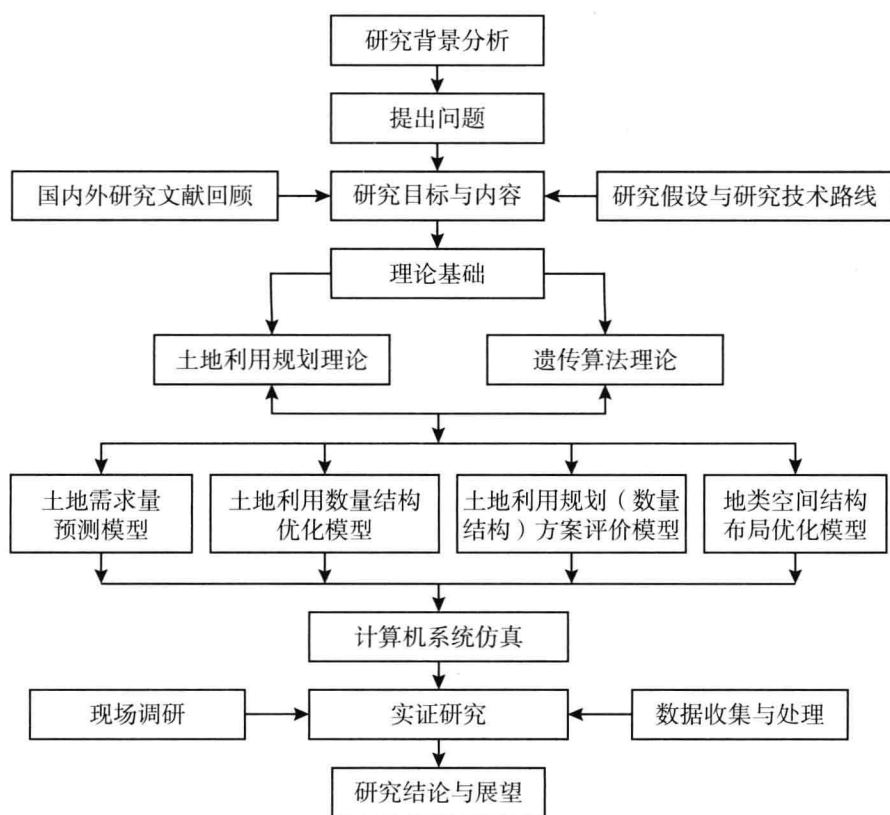


图 1-1 遗传算法在土地利用规划中的应用研究的技术路线框架

第2章

文献综述

2.1

土地利用规划研究进展

2.1.1 土地利用规划的内涵

何谓土地利用规划？在西方，美国土地利用规划学者查宾（F. S. Chapin, 1979）认为，传统的土地利用规划根植于设计与工程学，重点强调的是土地利用的设计，给出一个未来土地利用的设计蓝图。这一层次意义上的土地利用规划只告诉人们未来的土地利用应是一种什么状态，却没有告诉人们这一状态如何实现。而后，人们认识到土地利用规划还应该有另外一种含义，即“给出行动路线”，也就是要向人们指出为实现未来的土地利用目标所要采取的行动过程和途径。这要求土地利用规划不仅要有对土地利用未来状态的安排与设计，同时还要建立一个控制调节指导系统，以指导和控制未来的土地利用过程，即土地利用规划不仅包含一个土地利用方式选择的决策过程，而且还包括达到选择目标的控制调节过程。在现代美国，土地利用规划一词通常被理解为地方政府为了保护私人财产的价值和公众利益，而运用警察权对私人土地的开发利用进行控制的活动。农村土地利用规划的主要目的是开发与保护资源，城市土地利用规划也是如此（欧明豪，1998）。加拿大安大略省的《土地利用规划规程》（1982）认为：“土地利用规划是对打算实现的土地用途最终做出决策的过程。”梁鹤年（Hok Lin Leung）在其《简明土地利用规划》一书中认为：“土地利用规划是土地利用的空间安排和影响土地利用的政府行为的拟议过程。”

在苏联开展土地规划工作的 200 多年中,其对土地管理和土地规划有三种意见:一是认为土地规划就是土地管理,只是叫法不同;二是认为土地管理包括土地规划,土地规划是土地管理的部分内容;三是认为土地管理是土地规划的组成部分,土地规划包括土地管理。在学术界占主导意见的是土地规划包括土地管理,他们认为,土地规划是旨在实施国家土地使用政策,调节土地关系的国家措施体系,其主要任务在于组织利用和保护土地;作为国家措施的土地规划不仅组织合理利用农业生产用地,而且还要组织合理利用工业、交通和其他国民经济部门占用的土地。比较有代表性的土地利用规划学者,如乌达钦(1958)在《土地规划设计》一书中曾对土地规划做过如下表述:“社会主义的土地规划,乃是苏维埃国家根据社会主义社会的经济发展规律所实行的一种经济措施。土地规划的任务,就是要充分而正确地利用全部土地,不断地和有计划地提高它的生产性能,为高度有效地利用复杂农业技术创造条件。”

联合国粮农组织(FAO)在 1993 年出版的《土地利用规划》指南中,对土地利用规划的本质和目的、规划的尺度和对象等理论问题进行了明确的界定。该书认为,土地利用规划是对土地资源潜力以及对土地利用和社会经济条件改变的系统评价过程。其目的是为了选择、采用并实施最佳的土地利用方案,以满足人们对未来土地资源安全的需要,规划的驱动力是变化的需要,改善管理的需要或者是由于条件改变导致选择不同土地利用模式的需要。

20 世纪 60 年代初期,我国土地规划的专家和学者曾对土地规划的概念进行过几次有益的讨论,归纳起来有以下三种意见(何永祺,1991):

(1) 土地规划应当解决土地利用与土地利用有关的全部规划问题。因为土地利用是整个生产组织的重要组成部分,它与其他生产要素密不可分,所以在进行土地规划时,不仅要制定土地本身如何利用的规划,而且还要制定与土地利用有关的其他生产资料和劳动力利用的规划。持这种意见的人认为,土地规划实质上是一个地区的全面经济规划。

(2) 土地规划应当解决土地利用过程中涉及的所有问题。土地利用是生产上存在的一个完整的问题,土地规划既要解决土地利用空间上组织的问题,也应解决集约经营土地、提高土地生产率的问题。持这种意见的人认为,土地规划应该叫做土地利用规划。

(3) 土地规划主要是解决在空间上合理组织土地的利用的问题,它是解决整个土地利用问题的诸多措施中的一个方面。它既与解决土地利用问题的其他措施和组织整个生产的许多措施有着密切的联系,又与它们有所区别,不能混为一谈。持这种意见的人认为,土地规划是针对在空间上合理组织土地的利用而实行