

文章编号: 100226819(2001)0420160205

多目标土地利用总体规划方法研究

尹 君, 刘文菊

(河北农业大学)

摘 要: 土地资源是人类赖以生存的基础, 是最基本的生产资料, 其可持续利用是实现社会可持续发展的基础。为了促进土地资源可持续利用, 提出多目标土地利用总体规划, 并对其实现方法进行研究。多目标土地利用总体规划的方法由以下框架构成: 土地资源数据库建立, 土地多宜性评价, 土地利用方式多目标优化, 土地利用系统生态设计和土地利用布局。并以徐水县为例, 用多目标线性规划模型优化用地结构, 提出了三个规划方案, 通过分析和比较, 最终选择方案 2 为满意和推荐方案, 并用生态学原理和土地多宜性评价结果对方案 2 所确定的土地利用方式进行整体空间布局, 最终完成徐水县土地利用总体规划。

关键词: 土地利用规划; 地理信息系统; 多目标线性规划; 多宜性; 土地评价

中图分类号: F321.1 **文献标识码:** A

随着人口的增加和各行各业的发展, 对土地需求远远大于土地资源的供给, 导致各种土地利用的冲突, 因此有必要对土地利用进行规划。过去规划常常以土地适宜性评价结合综合平衡要求的方法进行^[1], 此方法较难从整体上判断土地利用结构和布局是否处于较优的状态, 还可能引起不合理土地利用, 导致出现水土流失, 土壤退化和土地污染, 经济收益减少, 人们生存环境质量恶化等一系列问题。土地利用规划如何进行才能使区域土地利用达到合理利用的目标, 促进土地资源可持续利用。以徐水县为例, 提出多目标土地利用总体规划, 旨在探讨在可持续发展情况下, 环境、经济、社会多目标要求下土地利用规划的方法。

1 多目标土地利用总体规划方法

1.1 建立 GIS 土地资源数据库

收集土地、气候、水文、地质、地貌、生物、环境和经济社会数据和图件, 经分析归类综合处理后, 在地理信息系统软件操作平台支持下, 图件经数字化板或扫描仪输入, 矢量化后, 以图层(Coverage)形式存贮, 形成空间数据库; 相应的属性数据通过相关命令, 或通用数据库软件等输入, 形成属性数据库。在输入过程中通过 USER 2D 项使属性数据库和空间

数据库相联接起来。

1.2 土地多宜性评价

土地利用总体规划是为提高土地生产力和土地利用的效益, 对土地利用方式在时间和空间上的合理安排和优化设计。同一块土地有多种用途特性, 也就有多种竞争利用的可能, 究竟作何种土地利用决策, 一方面取决于土地自然适宜性等级, 另一方面取决于环境、经济和社会对它的要求。对多种利用方式的适宜等级评价, 就是土地多宜性评价^[2]。在规划之前, 必须先进行适合当地备择的各种土地利用方式适宜性评价, 为规划提供备择的土地利用方式, 使土地自然生产潜力最大程度发挥, 以防止区域内有前景的利用方式未被发现或被忽略。

土地多宜性评价方法可参考联合国粮农组织 1976 年颁布的“土地评价纲要”^[3], 在选择评价对象时包括既定的利用方式和可能的利用方式, 针对每一种利用方式根据评价比例尺和精度要求, 选择评价指标, 给出相应权重, 根据利用方式确定评价指标值, 最后给出该种土地利用方式适宜等级, 对区域内多种土地利用方式适宜等级的组合即是多宜性评价的结果^[2]。在规划中这是选择确定区域土地利用方式的依据, 也是进行多目标规划的基础。

1.3 多目标决策

土地利用规划是对区域内耕地、园地、林地、牧草地、居民点、城镇、独立工矿用地、交通、水域及其他用地所进行的决策, 使土地利用结构达到最优化, 实际上该过程是一个多目标决策问题^[4-6]。通过多

收稿日期: 2001-02-22

基金项目: 河北省教委博士基金(174)资助项目

作者简介: 尹 君, 博士, 副教授, 保定市 河北农业大学土地资源与工程管理部, 071001

目标决策,确定了土地利用结构,也就实现了一个区域土地利用规划。

多目标决策是在一组约束条件下,同时对多个目标求最优解。由于目标之间的矛盾性,各个目标不可能同时达到最优,因此,多目标决策只是根据决策者的偏好,求得模型的非劣解。采用目的规划模型(GP)进行求解,是由决策者先给出一组理想的目标值(土地利用系统所期望实现环境、经济、社会效益值),进行系统协调,观察土地利用系统能否完成各目标或完成的程度,即能恰好达到目标或超额或达不到,进行用地优化^[7]。

目的规划模型描述如下:求一组决策变量 x_j ($j = 1, 2, \dots, J$)

使得下列函数极小:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n (w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^-)$$

满足约束条件:

$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$p_i, x_j, d_i^-, d_i^+, w_i^-, w_i^+ \geq 0$$

式中 x_j ——第 j 个决策变量; d_i^-, d_i^+ ——松弛变量, d_i^+ ——超过目标值 b_i 的正偏差; d_i^- —— b_i 的负偏差; $d_i^- \times d_i^+ = 0$, $f_i(x)$ ——决策变量函数; Z ——总目标函数。目的规划的总目标函数是偏差变量 d_i^+ 及 d_i^- 的函数,根据目的规划中对目标要求的轻重缓急,给以不同的优先等级(p_i), w_i 表示同一优先级中不同目标的主次。

1) 规划目标的确定:根据土地资源可持续利用的要求和上级规划来确定本级规划各目标,一般包括:环境目标(包括森林覆盖率、减少侵蚀、化肥和农药使用效率、工业废弃物对土地污染的控制等分目标);经济目标(包括国民经济生产总值、人均收入、主要农产品产量、单位土地产值和费效比等分目标);社会目标(包括人均占有粮食、蔬菜、人均耕地、人均居住用地和就业及生活质量提高等分目标)^[8]。

2) 确定有关土地利用的各个决策变量(与选择具体土地利用方式及其评价适宜性有关)。

3) 确定上述规划目标值(包括由预测模型所确定各业用地数量)。

4) 确定与决策变量有关的约束条件:总土地资源面积约束;建设用地指标约束;耕地动态平衡约束;专项规划约束;土地轮作平衡约束;劳动力约束;经济投入和非负约束。

5) 建立总目标函数:确定各个目标的优先及其

权重,形成总目标函数。

6) 求非劣解:通过多次调整目标的优先级和改变目标个数,计算出来一系列非劣解,这一系列非劣解组成非劣解集。

7) 在非劣解集中,选择适合当地发展有代表性的典型规划方案,根据决策者意见,确定最终满意的规划方案。

1.4 土地利用系统生态设计与土地利用布局

土地适宜性评价只是为具体某种利用方式或布局提供依据,多目标决策实现了土地利用的结构优化,即从数量上对用地进行分配,但宏观整体的土地利用布局如何解决,即各种土地利用方式之间特别是农业用地之间的关系,农用地与建设用地之间的关系如何?如拮抗、协同、增强和相互之间无影响,只能依据土地生态学原理进行土地利用系统的生态设计^[9,10],最终实现土地利用系统总体效益最优的目标。

土地利用系统生态设计就是依据生态学原理(共生互利、时间上有序性、生态适宜性、生态敏感性分析、生物多样性和生态系统平衡)和土地类型结构特征,对土地利用系统的结构和各种利用方式之间的相互关系进行设计,从而持续提高土地生产力和保护土地生态环境,实现土地的可持续利用。

具体设计:

1) 对农业用地,发展不同类型的多层立体农业,建立以农林牧、作物-牧草-林木、乔-灌-草相结合的农业生物系统,与水域、池塘、农田排灌网、庭院建设、村镇建设相互协调发展格局。

2) 农作物利用方式之间应注意相互拮抗和共生互利关系设计(轮作区前后茬口和同期种植作物病虫害传染等问题)。

3) 通过生物多样性维持、清洁水源保护、植被覆盖指数增加、土壤侵蚀防治、环境改善和土地生产力提高,保持区域土地生态系统平衡。

4) 对建设用地的各种具体土地利用方式应注意其生态敏感性评价。一般将其分为生态敏感区、生态中等敏感区和生态不敏感区。

敏感区,一般为河流及其影响区,生态价值高的成片坡度大林地,一旦出现破坏干扰,不仅影响该区域,还可能给整个区域生态系统带来严重破坏,属自然生态重点保护地段,严禁建设占用。

中等敏感区,一般为平缓林地或生产力高的农田,若一旦破坏,生态难以恢复,地力改良提高很慢,

产生水土流失, 及相关自然灾害, 建设开发利用必须慎重。

不敏感区, 主要是未利用荒地和旱地农田等, 可承受一定强度的开发建设。

因此, 在生态敏感性分析的基础上, 优先在生态不敏感区、尽量避开中等生态敏感区、严禁在生态敏感区安排建设用地布局, 如工业区、小城镇、新农村的开发建设。

2 案例研究- 徐水县多目标土地利用总体规划

2.1 徐水县土地资源数据库建立

收集徐水县 1996 年底土地动态监测数据、土地类型数据、气象数据、地形数据、水文分布数据、人口数据、经济发展数据、环境自然数据等, 相应图件比例尺为 1:50 000。在 PC GIS ARC/INFO 软件支撑平台下输入数据, 建立徐水县土地资源数据库。

2.2 徐水县土地利用方式多宜性评价

根据徐水县实际情况和土地利用现状分类, 徐水县有 48 种具体的土地利用方式。对土壤、水分、光照、热量要求相似或一致的利用方式, 归并为一类进行评价, 最终选择评价对象为 17 种。

以这 17 种利用方式作为评价对象, 以 GIS 为技术依据, 用评价模型进行了多宜性评价, 形成评价结果图和相应数据。

2.3 徐水县土地利用总体规划的多目标模型

1) 模型的决策变量设置: 以 1996 年为规划基期年, 以 2010 年为规划目标年。在模型中共设置了 28 个决策变量, 涉及不同利用方式、及利用方式适宜等级, 具体情况见表 1。

x_1 为配置在适宜于种水稻的 1 等地中水稻的种植面积; x_2 、 x_3 、 x_4 分别为配置在适宜于种小麦 1、2、3 等地中小麦的种植面积; x_{22} 、 x_{23} 、 x_{24} 分别为配置在适宜于建设用地 1 等地中工矿用地、城镇用地、居民点用地面积。其它大田作物及林果种植面积说明依次类推。水域用地 (x_{25})、公路用地 (x_{26}) 由上级规划和部门规划已确定, 在系统中作为约束条件优先安排。未利用地 (x_{27}): 在平原区进行土地整理, 在丘陵山区根据土地开发规划进行土地开发, 提高土地利用效率, 促进土地资源可持续利用。其它用地 (x_{28}) 包括了上述未列的土地利用类型及在规划过程中预留

用地。

表 1 决策变量

利用方式	适宜 1 等地	适宜 2 等地	适宜 3 等地
水稻	x_1		
小麦	x_2	x_3	x_4
玉米	x_5	x_6	x_7
谷子	x_8	x_9	
棉花	x_{10}	x_{11}	
花生	x_{12}	x_{13}	
蔬菜	x_{14}	x_{15}	
苹果	x_{16}	x_{17}	
柿子		x_{18}	
毛白杨	x_{19}		
刺槐	x_{20}		
花椒	x_{21}		
工矿用地	x_{22}	适宜性评价结果参考生态敏感性分析	
城镇用地	x_{23}	适宜性评价结果参考生态敏感性分析	
居民点用地	x_{24}	适宜性评价结果参考生态敏感性分析	

注: 水域用地, 公路用地, 未利用地和其它用地决策变量分别设为 x_{25} 、 x_{26} 、 x_{27} 、 x_{28} 。

徐水县是河北省粮棉油生产基地, 粮棉油种植面积较大, 应分布在徐水县中东部平原区; 果园及林木种植应分布在西部山区和平原防护林区; 城镇用地、工矿用地、居民点用地应布置在适宜于建设 1 等地中, 且位于土地生态不敏感区内。

2) 各目标优先级的确定及目的规划模型的求解: 根据徐水县实际情况选择如下三种顺序的优先级, 确定目的规划模型中的总目标函数。

经济- 社会- 环境发展型方案 1: 与产值有关的分目标项的优先级较高; 与耕地数量和粮食产量有关的分目标项的优先级居次; 环境分目标项的优先级最低。

社会- 经济- 环境发展型方案 2: 与耕地数量和粮食产量有关的分目标项优先级较高; 与产值有关的分目标项的优先级居次; 环境分目标项的优先级最低。

环境- 经济- 社会型方案 3: 环境分目标项的优先级最高; 与产值有关的分目标项的优先级居次; 与耕地数量和粮食产量有关的分目标项优先级最低。

根据目标函数和约束方程, 在微机运用 C 语言编写目的规划程序, 获得了三个比较有典型意义的规划方案, 结果见表 2 和表 3。

表 2 徐水县土地利用总体规划供选方案

Table 2 The provided schemes of overall land use planning at Xushui County

决策变量Öhm ²	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄
经济-社会-环境 1	332 86	12 780 72	17 214 13	2 761. 65	12 715 34	17 214 16	2 761. 65	0	293 33	2 078 13	1 493 13	3 386 31	0	2 666 67
社会-经济-环境 2	332 86	14 601 92	20 000 00	3 552 28	14 536 53	20 000 00	3 552 28	2 079 07	0	3 130 26	0	3 058 46	388 91	2 000 00
环境-经济-社会 3	332 86	11 038 04	17 214 13	2 761. 86	10 972 66	17 214 16	2 761. 65	0	0	1 220 70	2 709 96	3 386 31	0	2 666 67
决策变量Öhm ²	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇	x ₁₈	x ₁₉	x ₂₀	x ₂₁	x ₂₂	x ₂₃	x ₂₄	x ₂₅	x ₂₆	x ₂₇	x ₂₈
经济-社会-环境 1	1 333 33	666 67	666 67	2 006 67	1 562 68	2 665 43	200 00	2 981 67	599 60	7 934 98	2 649 13	2 299 49	4 574 98	517 26
社会-经济-环境 2	1 274 36	666 67	0	901 48	721 45	853 65	200 00	2 821 67	599 60	7 385 66	2 649 13	2 299 56	3 649 24	517 26
环境-经济-社会 3	1 333 33	666 67	666 67	2 006 67	3 363 11	2 695 43	200 00	2 821 67	599 60	7 934 98	2 649 13	2 305 67	4 574 98	517 26

表 3 徐水县土地利用总体规划方案结果比较

Table 3 The schemes and result comparison of overall land use planning at Xushui County

结果	细粮产量öt	总粮产量öt	耕地面积Öhm ²	种植产值ö元	林果面积öhm ²	林果产值ö元	工业产值ö元	县总产值ö元
方案 1 结果	198 268 76	403 529 30	44 340 26	994 76 × 10 ⁶	7 768 12	97. 65 × 10 ⁶	1 267. 59 × 10 ⁶	2 360. 01 × 10 ⁶
方案 2 结果	229 492 73	467 799 02	50 418 12	1 082 52 × 10 ⁶	3 325 2	562 94 × 10 ⁶	1 210 96 × 10 ⁶	2 356 43 × 10 ⁶
方案 3 结果	186 427. 77	379 747. 47	42 663 65	955 25 × 10 ⁶	9 598 55	120 81 × 10 ⁶	1 210 96 × 10 ⁶	2 287. 02 × 10 ⁶

通过表 2 与表 3 综合比较分析发现, 方案 3 发展型虽然森林覆盖率目标最大为 13%, 但经济产值最低, 粮食总产量目标也没有满足要求, 与徐水县粮棉大县要求不符, 不能选用此方案。方案 1 发展型虽经济产值最高, 粮食总产量恰好满足目标的方案, 林果业用地面积比重为 10. 5%, 但耕地减少 6 077. 86 hm², 这与国务院规划精神相悖。方案 2 发展型是粮食产量最高的一个方案, 规划目标年耕地面积等于 1996 年耕地面积, 总产值居于第二位, 林果业用地面积较少, 为 4. 5%。在以平原为主地区的县中, 应是保证一定森林面积的情况下, 既要使耕地保持动态平衡, 又要使粮棉产量最高, 同时还要具有较高的经济效益, 所以推荐方案 2 为最终满意的规划方案。

2.4 土地利用系统生态设计与土地利用布局

徐水县西部低山丘陵区占总土地面积的 12%, 东部山前平原区, 占土地总面积的 88%。果园和林地规划主要应布局在西部丘陵山区(义联庄、东釜庄、大王店), 有利于丘陵山区水土保持和全县环境改善; 在东部平原区主要发展粮食作物生产, 稳定耕地面积, 促进种植业的增产和增收; 蔬菜布局在安肃镇及周边高林村镇、漕河、留村、东史端、崔村, 形成规模效益; 在漕河和瀑河沿河两岸, 适宜布局花生和甘薯等以砂壤为主的经济作物; 在县域东南角大因镇, 地势比较低洼, 漕河和瀑河汇流在此, 水源丰富, 适宜水稻种植。徐水县县城安肃镇位于县域中部, 107 国道、京广铁路、保津公路穿过县城, 交通非常便利, 有利于物质运输和产品交流, 今后应形成以县

城为中心, 以中心镇(大王、遂城、高林村、东史端、漕河、大因等)为二级中心, 以其它镇和乡为三级中心的网络发展格局, 在 1997~ 2010 年建设用地布局, 应给县城、中心镇留有一定发展土地, 与此配套发展布局独立工矿用地(地处 107 国道的漕河镇、地处徐水- 大王店的遂城镇、地处保津公路的东史端的工业区), 形成集聚效益, 加强徐水- 大王店、徐水- 大因、大王店- 釜山县级公路的新建和扩宽任务。

在土地多宜性评价和生态学原理指导下利用 GIS 技术, 把优化结果的方案 2 的各种利用方式的用地数量与空间适宜性等级进行配置, 反复平衡进行, 直到全部用地指标数量在空间分布布局完毕。

3 结论和建议

1) 可持续土地利用是一个多目标问题, 只有土地利用系统各个目标(环境、经济和社会目标)都满足了, 这种土地利用系统才能称为是可持续性的。多目标土地规划从方法上实现对可持续性土地利用量度。

2) 在土地利用系统分析中, 决策变量是各种土地利用类型的面积, 土地利用结构是土地利用系统进行决策变量优化的结果(即各种土地利用类型的土地面积所占比重); 土地利用结构一经确定, 应将土地利用类型及其面积在土地适宜评价结果上加以布局; 土地利用配置是指某种具体土地利用类型在时空中选择适宜于各种用地的地段, 如由于蔬菜生产特点, 蔬菜地配置除了考虑土地适宜性评价结果

外,还应配置在居民点和畜牧场附近、交通便利的地方;土地利用方式是对土地利用类型更为详细描述,一般在土地适宜性评价中选择它作为评价对象。

土地利用规划中,模型各种决策变量优化结果所表现各种用地比例,即为土地利用结构,土地利用布局是把土地利用结构所确定土地利用类型及其面积在整个区域内以土地利用分区形式加以布局,各种具体土地利用类型布置在相应适宜地段上,称为土地利用配置,土地利用方式作为土地适宜性评价的评价对象,土地适宜性评价是土地利用布局和土地利用配置的基础。

3) 土地多宜性评价为土地利用分区和土地利用规划提供土地自然条件用地基础,多目标决策提供土地结构优化结果,土地利用系统生态设计为优化的用地结构整体布局提供依据,而这样大量数据处理只能依靠计算机和地理系统技术的支持才能完成。因此有相互联系的4个方面,共同构成了多目标土地利用规划方法的框架。

[参 考 文 献]

- [1] 王万茂 土地利用规划学[M] 北京:中国大地出版社, 2000
- [2] 尹 君等 地理信息系统在土地多宜性评价中的应用[J] 河北农业大学学报, 1998, 21(1): 83~ 87.
- [3] FAO. A framework for land evaluation [Z] Soils Bulletin 32 Rome, 1976
- [4] Willy H, Verheye Land use planning and national soils policies[J] Agricultural System, 1997, 53(2~3): 161~ 174
- [5] Zander P, Kachele H. Modelling multiple objectives of land use for sustainable development [J] Agricultural System, 1999, 59(3): 11~ 325
- [6] Tiwari D N, et al Environmental-economic decision making in low land irrigated agriculture using multi-criteria analysis techniques[J] Agricultural System, 1999, 60(2): 99~ 112
- [7] 冯尚友 多目标决策理论与方法[M] 武昌:华中理工大学出版社, 1990
- [8] FAO. FESLM. An international framework for evaluating sustainable land management[R] World Soil Resources Report 73 Rome, 1993
- [9] 全 川 城市生态规划的理论及应用[J] 环境导报, 1998, (3): 4~ 6
- [10] 宇振荣, 辛德惠 土地利用系统规划和设计方法探讨[J] 自然资源学报, 1994, 9(2): 176~ 184

Study on Method of Overall Land Use Planning Based on Modelling Multiple General-Purposes

Yin Jun, Liu Wenju

(Department of Land Resources and Engineering Management,
Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: Land resources are the base for people's living and the most fundamental means of production, thus, their sustainable utilization is a key aspect of sustainable development of society. In order to realize the sustainable utilization of land resources, the method of the overall land use planning of general-purpose is put forward. It includes the establishing of land resource database, multisuitability land evaluation, general-purpose optimization of the land use structure and the ecological design of the land use system and distribution of land use on plane by applying GIS. It can optimize the structure of land use of Xushui County according to decision maker's requirement. The model is run to reach each goal, the solutions of the model are the nondominated solution sets. By analyzing and comparing each solution, scheme 2 of three typical planning schemes is satisfactory and recommended. Finally, the ecological design and distribution of land use based on multisuitability land evaluation and scheme 2 are made.

Key words: land use planning; GIS; general-purpose linear programming; multisuitability; land evaluation