

基于 Lindo 模型的耕地保护数量预测——以湖南省新邵县为例

文宁, 李家会* (湖南省国土资源规划院, 湖南长沙 410007)

摘要 [目的]积极响应耕地保护的相关政策,实现粮食安全。[方法]基于第3次国土调查初始数据库利用 Lindo 模型对湖南省新邵县耕地数量进行了预测和分析。[结果]研究表明,新邵县各乡镇耕地面积有增有减,总体耕地面积稍有减少,但耕地可以满足当地未来预测人口粮食需求,确保当地粮食安全。[结论]该研究能为相关政府部门提供一定参考决策建议,促进当地耕地保护。

关键词 耕地保护;粮食安全;Lindo 模型;新邵县

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)16-0106-06

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.16.028

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Prediction of the Amount of Cultivated Land Protection Based on Lindo Model—A Case Study in Xinshao County, Hunan Province
WEN Ning, LI Jia-hui (Hunan Provincial Land and Resources Planning Institute, Changsha, Hunan 410007)

Abstract [Objective] In order to actively respond to the relevant policies of cultivated land protection and achieve food security. [Method] Based on the initial database of the third national land survey, the Lindo model was used to predict and analyze the amount of cultivated land in Xinshao County, Hunan Province. [Result] This study showed that the cultivated land area of all townships in Xinshao County has increased or decreased, and the overall cultivated land area has slightly decreased, but the cultivated land can meet the future food needs of the local population and can ensure local food security. [Conclusion] This research can provide certain reference decision-making suggestions for relevant government departments, and promote the protection of local cultivated land.

Key words Cultivated land protection; Food security; Lindo model; Xinshao County

耕地保护是关系国计民生的头等大事,它最早源于粮食安全。1978年以后,随着经济发展和耕地数量减少矛盾的显现,耕地保护意识开始萌芽,一系列耕地保护政策和法律法规相继出台。2020年的中央一号文件明确提出“确保粮食安全始终是治国理政的头等大事”及“粮食生产要稳字当头,稳政策、稳面积、稳产量”等主要战略方针,并指出粮食安全的关键是生产供应充足粮食,切实保护耕地特别是基本农田。2020年新冠肺炎疫情、蝗灾以及气候变化等影响使得耕地与基本农田保护的重要性更加凸显。2020年两会期间,耕地保护依旧是热议话题,参会代表提出了“通过耕地修养生息和生态修复,降低资源开发利用强度,提高耕地质量水平,夯实粮食安全物质基础”等议案。作为传统农业大省和粮食主产区的湖南省高度关注耕地和基本农田保护,新邵县作为湖南省农业重点市县以及国土空间规划重点城市之一,积极响应相关政策号召,同样对耕地保护给予了高度重视。

传统耕地保护研究多以定性理论分析为主^[1-3],后来定量研究逐渐被广泛运用于耕地保护中,其中张乐勤等^[4]基于 Logistic 模型的中国城镇化演进对耕地进行了分析与预测,马永欢等^[5]利用系统动力学方法对粮食需求与耕地资源分别进行了预测与配置建议,王霞等^[6]利用核函数支持向量回归机对耕地面积进行了预测,张豪等^[7]采用遗传算法最小二乘支持向量机对耕地变化进行了相关预测,李玉平等^[8-9]以最小人均耕地面积和耕地压力指数作为耕地保护基本标准对耕地面积进行了相关研究,范胜龙等^[10-11]基于 PSR 和无偏 GM(1,1)模型对省域耕地生态安全进行了相关评价与预测。洪文等^[12-13]相对较早将 Lindo 模型运用于工程领域,实

现了由多目标向线性规划的转化,在兼顾科学性的同时,大大简化了多目标复杂问题求解。但 Lindo 模型运用于耕地保护领域则相对较少,为此,笔者将该模型运用于农业大省湖南省,并以其中的新邵县为例进行相关分析,以期对耕地保护紧迫性问题的解决提供参考。

1 研究区概述与数据来源

1.1 研究区概述 新邵县,地理位置为 111°8′~111°50′E、27°15′~27°38′N,典型亚热带季节性季风气候、雨热同期,位于湘中南地区,处于资水中上游、湘中邵阳盆地与新涟盆地之间,东北靠涟源市,东南邻邵东县,南抵邵阳市、邵阳县,西接隆回县,北连新化县、冷水江市。全县辖 18 个乡镇,县城位于境域南部的酿溪镇,与邵阳市双清区、北塔区相邻,县域总面积约 1 763.20 km²。由于地形、成土母质、气候、生物和人为活动的长期影响,形成了农林牧用地的各种土类。全县土壤可划分为 9 个土类、18 个亚类、65 个土属、134 个土种。其中,红壤为其主导型土壤类型。新邵县耕地类型以水田为主体,粮食作物则以水稻为主。根据全国第 3 次国土调查数据,新邵县土地总面积约 176 243.70 hm²。其中,耕地面积为 40 777.56 hm²,约占 26.37%,主要分布于陈家坊镇、雀塘镇、平塘镇、新田铺镇和小塘镇等地区,林地、城乡建设用地、水域及水利设施用地、交通运输用地以及其他用地占比分别依次为 64.69%、6.50%、2.85%、1.80%以及 0.06%。

1.2 数据来源 该研究中的人口数据、湖南省城乡居民人均食品消费数据、粮食产量数据以及耕地等数据来源于《新邵县统计年鉴》(2006—2019 年)《新邵县土地利用总体规划(2006—2020 年)(2015 年修订版)》《中国统计年鉴》(2006—2019 年)、新邵县自然资源局调查资料、新邵县粮食局统计资料以及其他专题的部分研究数据。基础数据则以第 3 次国土调查初始数据库为现状数据。

作者简介 文宁(1975—),男,湖南醴陵人,高级工程师,长期从事遥感监测、地理信息开发及国土空间规划工作。*通信作者,硕士,从事土地利用规划研究。

收稿日期 2020-12-09

2 Lindo 模型建立

当生产水平和消费水平确定之后,一个地区的土地人口承载力则与生产结构密切相关。合理的结构可最大限度地调动和利用当地资源,使承载人口达到最大而耕地资源消耗量最小;反之,则浪费了资源。因此存在一个如何根据现有的耕地面积、产量水平以及居民的健康饮食标准建立一个耕地分配结构的问题,使新邵县在耕地总量最小的情况下承载人口量最大。这里采用《划定基本农田保护区技术规程》中的方法,从理论上探讨新邵县在 2025—2035 年为满足生产发展以及居民的合理健康生活所需要的耕地总量以及生产结构的可能值。

变量设定:设 X_1 为粮食的播种面积、 X_2 为蔬菜的播种面积、 X_3 为水果的播种面积、 X_4 为油料作物的播种面积、 X_5 为棉花的播种面积, Y 为新邵县的最小耕地量,单位都为万 hm^2 。目标函数为 $f(x) = y = \min$ 。那么模型应满足以下约束条件:

(1) 根据历年数据推算,随着社会经济的发展,新邵县城乡居民的口粮需求量在新邵县的粮食总需求量中所占的比例逐年下降,这说明一方面新邵县居民食物消费中粮食的比例逐渐降低,另一方面随着经济的发展和消费结构的调整,饲料用粮和种子用粮等的消耗量有所上升。根据口粮所占比例的变化趋势,可将口粮比例设定为 2025 年 56.8%, 2030 年 54.0%, 2035 年 52.5%,再考虑到新邵县 2025 年、2030 年和 2035 年的粮食进口率限制在 9%、12% 和 15%,约束方程可以设定为:

2025 年: $6\ 133 \times X_1 \geq (37.48 \times 115.10 + 49.02 \times 190.30) / 0.568 \times 0.91$;

2030 年: $6\ 342 \times X_1 \geq (55.18 \times 118 + 36.78 \times 195) / 0.540 \times 0.88$;

2035 年: $6\ 436 \times X_1 \geq (63.26 \times 120 + 37.15 \times 198) / 0.525 \times 0.85$ 。

(2) 新邵县所能生产的蔬菜必须满足城乡居民的蔬菜需求,其约束方程分别设定为:

2025 年: $18\ 662 \times X_2 \geq 37.48 \times 104.70 + 49.02 \times 119.4$;

2030 年: $18\ 849 \times X_2 \geq 55.18 \times 112 + 36.78 \times 125$;

2035 年: $18\ 943 \times X_2 \geq 63.26 \times 120 + 37.15 \times 130$ 。

(3) 新邵县所能生产的水果必须满足城乡居民的水果需求,其约束方程分别设定为:

2025 年: $20\ 548 \times X_3 \geq 37.48 \times 62.5 + 49.02 \times 48.3$;

2030 年: $20\ 754 \times X_3 \geq 55.18 \times 71 + 36.78 \times 55$;

2035 年: $20\ 858 \times X_3 \geq 63.26 \times 75 + 37.15 \times 58$ 。

(4) 新邵县所能生产的植物油必须满足城乡居民的植物油需求,其约束方程分别设定为:

2025 年: $1\ 906 \times X_4 \geq 37.48 \times 10 + 49.02 \times 8.3$;

2030 年: $1\ 925 \times X_4 \geq 55.18 \times 11.5 + 36.78 \times 9$;

2035 年: $1\ 935 \times X_4 \geq 63.26 \times 12 + 37.15 \times 10$ 。

(5) 2025 年,城市居民人均每日摄入热量 8 150 kJ,其中 77% 来自植物性食物;农村居民人均每日摄入能量 11 009 kJ,

其中 84% 来自植物性食物。2030 年,城市居民人均每日摄入热量 12 147 kJ,其中 75% 来自植物性食物,农村居民人均每日摄入能量 11 042 kJ,其中 81% 来自植物性食物。2035 年,城市居民人均每日摄入热量 9 037 kJ,其中 76% 来自植物性食物,农村居民人均每日摄入能量 11 766 kJ,其中 80% 来自植物性食物。按照粮食、蔬菜、水果和植物油所含的热量标准计算各自应满足的要求。

2025 年的约束方程为:

$$6\ 133 \times 3\ 419 \times X_1 / 0.91 + 18\ 662 \times 300 \times X_2 + 20\ 548 \times 486.9 \times X_3 + 1\ 906 \times 9\ 000 \times X_4 \geq 37.48 \times 1\ 947 \times 0.77 \times 365 + 47.02 \times 2\ 630 \times 0.84 \times 365$$

2030 年的约束方程为:

$$6\ 342 \times 3\ 419 \times X_1 / 0.88 + 18\ 849 \times 300 \times X_2 + 20\ 754 \times 486.9 \times X_3 + 1\ 925 \times 9\ 000 \times X_4 \geq 37.4 \times 2\ 092 \times 0.75 \times 365 + 47.02 \times 2\ 638 \times 0.81 \times 365$$

2035 年的约束方程为:

$$6\ 436 \times 3\ 419 \times X_1 / 0.85 + 18\ 943 \times 300 \times X_2 + 20\ 858 \times 486.9 \times X_3 + 1\ 935 \times 9\ 000 \times X_4 \geq 37.4 \times 2\ 159 \times 0.76 \times 365 + 47.02 \times 2\ 811 \times 0.80 \times 365$$

(6) 假设到 2025 年,粮食作物的复种指数为 1.82,蔬菜的复种指数为 2.4;到 2030 年,粮食作物的复种指数为 1.85,蔬菜的复种指数为 2.2;到 2035 年,粮食作物的复种指数为 1.95,蔬菜的复种指数为 2.5。因为除去粮食作物、蔬菜、油料作物、棉花外,新邵县还有一小部分的耕地用来种植其他作物,因此:

2025 年的约束方程为: $X_1 / 1.82 + X_2 / 2.4 + X_4 + X_5 \leq Y$;

2030 年的约束方程为: $X_1 / 1.85 + X_2 / 2.2 + X_4 + X_5 \leq Y$;

2035 年的约束方程为: $X_1 / 1.95 + X_2 / 2.9 + X_4 + X_5 \leq Y$ 。

(7) 随着农业经济的发展,新邵县的粮作比会不断地下降,如果只考虑粮食作物、蔬菜、油料作物、棉花,其播种面积在 2025、2030 和 2035 年分别存在下述关系:

2025 年: $X_1 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.78$;

2030 年: $X_1 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.74$;

2035 年: $X_1 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.72$ 。

(8) 蔬菜的播种面积占有较大的比例,随着人们需求的增长,蔬菜的种植比例会有所增长,根据历年的数据可以设定条件:

2025 年: $X_2 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.18$;

2030 年: $X_2 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.19$;

2035 年: $X_2 / (X_1 + X_2 + X_4 + X_5) \leq 0.20$ 。

(9) 随着人们生活水平的提高,对水果的需求量会逐渐增大,根据 2025 和 2030 年城乡居民对水果和粮食的需求量以及各自产量的变化,可以得到:

2025 年的约束方程: $X_3 / X_1 \geq 0.05$;

2030 年的约束方程: $X_3 / X_1 \geq 0.07$;

2035 年的约束方程: $X_3 / X_1 \geq 0.07$ 。

(10) 由于对种植结构的调整,棉花的种植面积不宜过高,根据往年的数据比例,可以将其在 2020 和 2030 年的种植

比例限定为:

2025年: $X_5/X_1 \leq 0.01$;

2030年: $X_5/X_1 \leq 0.01$;

2035年: $X_5/X_1 \leq 0.01$ 。

3 指标现状及发展水平预测

3.1 人口发展预测 区域人口增长动态变化是确定耕地数量的起点和关键。根据新邵县 2005—2018 年人口总量、暂

住人口数以及城市化进程数据(表 1),利用多种数学模型进行预测,预估得出新邵县在 2025、2030 和 2035 年县域总人口分别可达到 86.50 万、91.96 万和 100.41 万人。其中,2025 年的城镇人口大约为 37.48 万人,2030 年的城镇人口大约为 55.18 万人,2035 年的城镇人口大约 62.25 万人,城镇化水平分别为 43.33%、60%和 63%。

表 1 新邵县历年人口总量及城镇化进程

Table 1 Total population and urbanization process of Xinshao County over the years

年份 Year	总人口 Total population 万	常住人口 Permanent resident population//万	暂住人口 Temporary resident population 万	城镇人口 Urban population 万	城镇化水平 Urbanization level %
2005	73.92	65.66	8.26	7.20	10.97
2007	75.55	66.20	9.35	13.30	19.59
2008	75.81	70.42	5.38	15.54	20.50
2009	80.10	76.64	3.46	16.34	20.40
2010	80.40	74.31	6.09	19.59	26.36
2011	80.94	74.32	6.62	19.63	26.41
2012	81.11	74.90	6.21	21.54	28.76
2013	81.47	75.22	6.25	23.32	31.00
2014	82.35	76.01	6.34	24.23	31.88
2015	82.81	76.97	5.84	26.19	34.03
2016	83.66	78.17	5.49	28.40	36.33
2017	83.01	78.23	4.78	29.99	38.34
2018	83.08	78.72	4.36	31.91	40.50

3.2 居民食物消费现状 猪肉、牛羊肉、禽肉和蛋类、水产品、鲜酸奶类等动物产品的生产需要消耗一定的粮食,对动物饲养来说,无直接粮食需求,但从人口对动物产品的需求角度来看,则为人口对粮食的间接需求。因此,可以运用中国农业科学院提出的动物产品粮食折算系数(表 2),对粮食需求量进行折算。

依据 2010—2018 年的《中国统计年鉴》得到湖南省城乡居民人均食品消费量,并以此标准估算出 2025、2030 和 2035 年湖南省城乡居民人均食品消费量,作为新邵县居民食品消费现状指标参考。由表 3 可知,近 10 年来粮食、水果和肉类

的消费需求增加明显,蔬菜的消费需求较为稳定,变化不大。其中,随着逐年发展,农村对于肉类、禽类和水产品类的消费需求大量增加。

表 2 各类产品粮食折算系数

Table 2 Conversion coefficient of grain for various products

类别 Category	折算系数 Conversion coefficient	类别 Category	折算系数 Conversion coefficient
肉类 Meat	3.0	食用油 Cooking oil	2.4
禽类 Poultry	1.8	水产品 Fishery product	0.8
蔬菜 Vegetable	2.0	口粮 Grain ration	1.0

表 3 历年湖南省城乡居民家庭人均食品消费量及预测

Table 3 Food consumption per capita and forecast of urban and rural households in Hunan Province over the years

kg/人

年份 Year	粮食 Grain		蔬菜 Vegetable		水果 Fruit		肉类 Meat		禽类 Poultry		食用植物油 Edible vegetable oil		水产品 Fishery products	
	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural	城镇 City	农村 Rural
2010	81.53	207.26	121.55	133.39	54.50	19.95	22.55	17.65	10.21	5.10	8.80	5.50	14.21	3.86
2011	80.71	198.44	116.61	122.99	52.05	22.50	23.11	18.65	10.59	6.48	9.30	6.60	13.62	6.65
2012	78.76	198.15	113.85	121.79	56.30	22.81	23.65	18.16	10.75	6.08	9.10	6.90	14.19	6.23
2013	78.76	164.27	112.33	84.72	56.05	22.81	24.96	16.36	10.75	4.49	10.80	8.10	15.19	5.36
2014	117.20	167.60	104.00	88.90	52.90	28.00	28.40	22.50	9.10	6.70	11.20	7.70	14.40	6.80
2015	103.10	187.90	99.90	103.90	50.50	42.30	33.10	27.20	10.40	9.10	11.30	7.90	14.70	8.70
2016	101.30	183.30	102.70	100.30	60.60	44.50	33.30	26.00	11.20	10.30	11.00	7.70	15.90	9.00
2017	103.50	187.00	106.70	103.20	62.10	44.40	35.00	28.80	10.50	10.90	11.20	8.30	15.00	8.90
2018	106.20	192.10	112.30	114.20	65.20	46.10	37.32	29.20	11.40	11.20	9.20	8.80	15.60	9.20
2025	115.10	190.30	104.70	119.40	62.50	48.30	35.20	30.20	11.20	17.40	10.00	8.30	16.80	10.10
2030	118.00	195.00	112.00	125.00	71.00	55.00	40.00	35.20	13.50	20.00	11.50	9.00	18.50	14.50
2035	120.00	198.00	120.00	130.00	75.00	58.00	42.00	38.00	15.00	22.50	12.00	10.00	17.00	13.00

根据表 3 可以计算出城乡居民营养水平分别为:2025

年,城市居民人均每日摄入量 8 137 kJ,其中 77%来自植物

性食物;农村居民人均每日摄入能量 11 009 kJ,其中 84%来自植物性食物。2030年,城市居民人均每日摄入热量 8 757 kJ,其中 75%来自植物性食物;农村居民人均每日摄入能量 9 962 kJ,其中 81%来自植物性食物。按照粮食、蔬菜、水果和植物油所含的热量标准计算各自应满足的要求。人们日常摄取的不同食物会得到不同的营养,主要植物和动物性食物每千克所包含的营养成分见表 4。

表 4 每千克食物所包含的营养成分

Table 4 Nutritional components per kilogram of food

类别 Category	热量 Calorie kJ	蛋白质 Protein g	脂肪 Fat g
粮食 Grain	14 311	110.3	37.4
蔬菜 Vegetable	1 256	19.0	3.0
水果 Fruit	2 038	3.6	1.5
油料 Oil	37 673	—	1 000.0
肉 Meat	15 772	132.5	356.8
蛋 Egg	7 116	147.0	116.0
奶 Milk	2 888	33.0	40.0
水产品 Fishery product	3 357	143.7	18.8

3.3 新邵县粮食消费结构 根据新邵县 2015—2018 年粮食消费结构的数据(表 5),可以预测各自的发展变化趋势。新邵县当前粮食消费主要集中在居民口粮、饲料用粮和种子用粮。由此可以推出 2020 年的工业用粮量、种子用粮量、饲料用粮量、损耗及其他用粮量分别为 0 万、0.11 万、12.05 万、0 万 t;在 2030 年分别为 0 万、0.12 万、14.50 万、0 万 t。

表 5 新邵县逐年粮食消费结构

Table 5 Annual grain consumption structure in Xinshao County 万 t

年份 Year	居民口粮 Resident ration	工业用粮 Grain for industry	种子用粮 Grain for seed	饲料用粮 Grain for fodder	损耗及其他 Wastage and others
2015	19.00	0	0.12	13.48	0
2016	17.48	0	0.11	10.85	0
2017	17.76	0	0.09	12.30	0
2018	16.70	0	0.08	10.05	0
2019	18.60	0	0.10	11.45	0

随着社会经济的发展,新邵县居民口粮、工业用粮量、种子用粮量、饲料用粮量、损耗及其他用粮量等在新邵县粮食总需求量中的比例会有所调整(表 5),居民口粮的比例会下降,饲料用粮的比例会上升,其他的变化不大。这种结构的调整符合新邵县居民饮食结构的合理化和健康化。

3.4 单产及产量预测

3.4.1 种植作物单产预测。根据图 1 中 2010—2018 年新邵县粮食、蔬菜、水果、油料、棉花等的实际单产,再考虑到新邵县的经济和农业科技水平,可以得出新邵县的粮食作物单产增长率在 2025—2035 年为 0.5%,可以推算出 2025、2030 和 2035 年的粮食作物单产分别为 6 133、6 342 和 6 436 kg/hm²。

由于人们生活水平的提高,新邵县居民对蔬菜和水果的需求量大大增加,这样就会刺激蔬菜和水果的生产,在增加

种植面积的同时不断地提高产量,考虑到这个原因,单产的增长率可以设为 0.1%,可以推算出 2025、2030 和 2035 年的蔬菜单产分别为 18 662、18 849 和 18 943 kg/hm²;2025、2030 和 2035 年的水果单产为 20 548、20 754 和 20 858 kg/hm²。

考虑到油料,棉花的需求与种植面积相对稳定,因此油料和棉花的单产增长率为 0。由图 2 可见,在 2025、2030 和 2035 年这 3 个规划年份,油料作物的单产分别为 1 906、1 925 和 1 935 kg/hm²;棉花的单产分别为 1 236、1 248 和 1 254 kg/hm²。

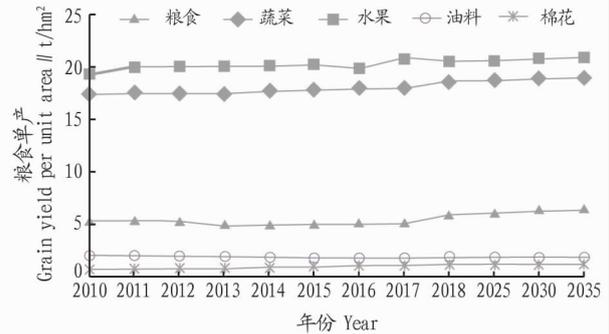


图 1 新邵县历年粮食单产情况

Fig. 1 Grain yield per unit area in Xinshao County over the years

3.4.2 肉禽水产品等产量预测。从 2010—2019 年的居民消费结构可看出,人们消费的食物变化趋势是:动物性食物的消费比例在逐年升高;在植物性食物中,蔬菜水果的消费比例逐步上升。由表 6 可见,新邵县肉类和水产品的生产量高于居民的消费量,即这两类食物的生产在满足本市居民生活消费之余还可满足工业生产等的需求或者进一步出口;但是本县的禽类生产不能满足居民生活消费需求,需要进口补充。

利用多种数学模型进行预测,综合分析后得到,2025—2035 年,虽然各类产品的产量都有所增加,但其供需比例不会有太大的变化,也即肉类和水产品的生产量高于居民的消费量,而禽类的生产还是不能满足居民生活消费需求。

3.5 粮食作物播种面积 分析新邵县 2010—2018 年各种作物的播种面积可以得知,新邵县粮食作物的播种面积波动起伏较大,水果和棉花的播种面积变化较小,但总体上呈稳步上升趋势,而蔬菜和油料作物的播种面积呈明显的增长趋势(图 2)。

3.6 粮食外调率预测 由新邵县 2010—2019 年粮食的外调率(表 7)可以看出,2010 年以来新邵县的粮食外调率总体呈增长趋势,但为了保证粮食安全,粮食的外调率不能过高。根据新邵县的发展状况,利用多种数学模型进行预测,综合分析后得到,可以将 2025、2030 和 2035 年的粮食进口率限制在 9%、12%和 15%。

4 耕地保护数量预测

将上述 2025、2030 和 2035 年的约束条件分别带到 Lindo 模型里进行运算,可以得到满足新邵县城乡居民合理健康饮食标准所需要的耕地面积(表 8)。

表6 新邵县肉禽及水产品生产量

Table 6 Production of meat, poultry and aquatic products in Xinshao County

万t

年份 Year	肉类 Meat		禽类 Meat		水产品 Fishery products	
	产量 Yield	消费量 Measure of consumption	产量 Yield	消费量 Measure of consumption	产量 Yield	消费量 Measure of consumption
2010	7.35	1.57	0.52	0.60	0.94	0.78
2011	7.85	1.28	0.55	0.61	0.94	0.74
2012	7.90	1.54	0.57	0.63	1.01	0.80
2013	8.16	1.93	0.60	0.54	1.10	0.78
2014	8.66	1.95	0.64	0.61	1.19	0.82
2015	8.61	2.31	0.69	0.75	1.30	0.89
2016	8.52	2.31	0.74	0.84	1.40	0.96
2017	8.77	2.49	0.77	0.84	1.50	0.92
2018	6.88	2.72	0.84	0.85	1.26	0.94

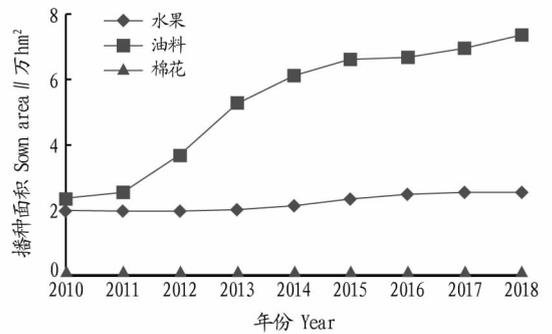
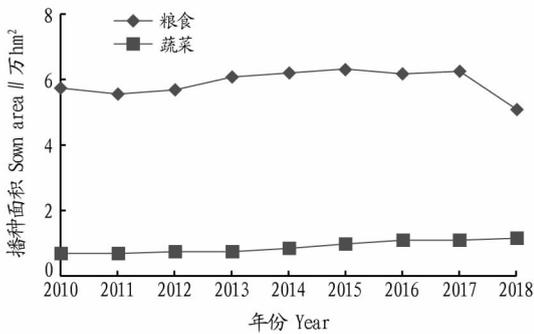


图2 新邵县历年各种作物的播种面积

Fig.2 Sown area of various crops in Xinshao County over the years

表7 新邵县粮食外调率

Table 7 Grain transfer rate in Xinshao County

年份 Year	总需求量 Aggregate demand 万t	粮食产量 Grain yield 万t	自给率 Self-sufficiency rate//%	外调率 External transfer rate//%
2010	31.45	31.27	99.43	0.57
2011	30.03	30.22	100	0
2012	30.96	30.53	98.61	1.39
2013	30.28	30.03	99.17	0.83
2014	29.21	31.19	100	0
2015	32.60	32.01	98.19	1.81
2016	28.44	31.64	100	0
2017	30.16	32.29	100	0
2018	33.55	30.29	90.28	9.72
2019	32.76	30.70	93.71	6.29

结合新邵县 2010—2018 年各种作物的播种面积,与 2025、2030 和 2035 年这 3 个预测年份的播种面积进行对比可看出,粮食作物和棉花种植比例有所下降,蔬菜瓜类、水果和油料作物的种植比例都有不同程度提高,其种植结构调整基本符合新邵县城市发展趋势和城乡居民饮食结构调整。

4.1 粮食总产量预测 根据前面预测的 2025、2030 和 2035 年粮食作物、蔬菜、水果、油料作物等的单产,再考虑到播种面积的变化,可以对不同预测年份的各种作物总产量进行合理的预测(表9)。

根据图 2 和表 9,将新邵县所能生产的粮食、蔬菜、水果、油料、肉类禽类以及水产品等,参考其热量关系及粮食折算

表8 Lindo 模型运行结果

Table 8 Lindo model running results

因子 Factor	因子含义 Factor meaning	求解结果 Result//hm ²		
		2025 年	2030 年	2035 年
X1	粮食播种面积 The sown area of grain	53 831.23	52 566.66	52 199.62
X2	蔬菜播种面积 The sown area of vegetables	11 287.40	12 179.52	13 888.74
X3	水果播种面积 The sown area of fruits	2 292.27	2 862.43	3 307.70
X4	油料播种面积 The sown area of oil plants	5 559.50	5 942.09	6 516.54
X5	棉花播种面积 The sown area of cotton	430.65	525.67	522.00
Y	最小耕地面积(扣除复种指数) Minimum area of cultivated land(Subtract the multiple seed index)	40 699.54	40 418.32	39 363.07

系数转化为总粮食生产量,再考虑到口粮比例和一定的粮食进口率,则在 2025、2030 和 2035 年新邵县的粮食供应量为

64.68 万、71.16 万和 75.22 万 t。根据营养标准和人口数量,再参考其热量关系及粮食折算系数进行转换,则在 2035 年

表9 新邵县不同年份各主要作物的年产量

Table 9 Annual output of major crops in different years in Xinshao County t

年份 Year	粮食 Grain	蔬菜 Vegetable	水果 Fruit	油料 Oil plant	棉花 Cotton
2010	312 710	119 126	37 837	4 853	26.0
2011	302 206	123 125	38 695	5 273	28.0
2012	305 297	130 603	39 251	7 439	28.0
2013	300 334	136 720	39 930	10 413	30.0
2014	311 897	152 722	42 480	11 480	32.0
2015	320 140	175 609	47 456	12 268	33.0
2016	316 431	198 595	82 792	12 394	40.9
2017	322 934	201 983	52 880	12 953	41.1
2018	302 900	222 200	84 200	14 000	41.8
2025	324 575	210 880	47 260	10 674	49.4
2030	333 589	229 958	60 186	11 550	62.4
2035	331 052	262 001	48 488	12 513	62.7

新邵县的粮食需求量为 56.08 万 t。对新邵县粮食生产量和

粮食需求量可以看出,在维持耕地保有量并进口一部分粮食的基础上,新邵县完全能满足预测年份人口的需要。

4.2 各乡镇耕地量发展态势 综合考虑新邵县的发展及随着农业技术现代化,单产的变化和复种指数等指标的提升,新邵县 2025—2035 年耕地总量有少量减少。新邵县各个乡镇的耕地变化趋势不一致,但总体上有一定的规律性。根据 2010—2020 年间的变化,坪上镇、小塘镇、龙溪镇、大新镇和小塘镇这 5 个乡镇的耕地量以及在新邵县耕地总量中所占的比重均有所增加(表 10),部分乡镇耕地数量和比重总体上平稳不变,部分乡镇耕地有不同程度地减少,说明有必要采取耕地保护区建设,集中保护产粮区。预测新邵县耕地资源量和占比时,综合考虑近 10 年来发展趋势,耕地后备资源量分布、耕地质量、适宜性等现状情况,以及未来中心城区和中心镇、重点镇发展导致的耕地数量变化情况,最终得到新邵县各乡镇 2025、2030、2035 年各年份耕地量在全县中所占比例的预测结果。

表 10 新邵县各乡镇的耕地量在全县中所占比例

Table 10 The proportion of the total land use in the townships of Xinshao County %

地区 Region	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	第 3 次全国 调查数据 The third national land survey data	2025 年	2030 年	2035 年
酿溪镇 Niangxi Town	3.55	3.56	3.64	3.64	3.63	3.63	3.62	3.60	3.43	3.22	3.22	3.05
严塘镇 Yantang Town	7.80	7.83	6.23	6.24	6.20	6.22	6.20	6.17	6.13	6.11	6.04	5.98
雀塘镇 Quetang Town	7.80	7.83	7.27	7.27	7.25	7.25	7.49	7.20	7.60	7.89	7.67	7.87
陈家坊镇 Chenjiafang Town	9.93	9.96	9.61	9.61	9.59	9.59	9.56	10.03	10.29	10.48	10.30	10.26
潭溪镇 Tanxi Town	4.96	4.63	5.19	5.19	5.19	5.18	5.17	5.14	5.15	5.34	5.20	5.33
寸石镇 Cunshi Town	6.03	6.04	5.97	5.97	5.97	5.96	5.94	5.66	5.88	6.02	6.04	5.08
坪上镇 Pingshang Town	10.28	10.32	10.91	10.91	10.88	10.88	10.85	10.80	9.31	9.45	9.46	9.85
龙溪铺镇 Longxipu Town	5.32	5.34	7.01	7.01	6.99	6.99	6.98	7.20	7.60	7.47	7.43	7.36
巨口铺镇 Jukoupu Town	8.51	8.54	9.09	9.09	9.08	9.07	9.04	9.00	9.80	9.76	9.65	9.64
新田铺镇 Xintianpu Town	10.28	10.32	9.87	9.87	10.10	10.10	10.08	10.28	9.80	10.08	10.10	10.00
小塘镇 Xiaotang Town	10.64	10.68	10.91	10.91	11.14	11.14	11.11	11.05	10.54	10.69	10.65	10.96
潭府乡 Tanfu Town	3.91	3.91	3.64	3.63	3.63	3.63	3.62	3.59	3.43	3.36	3.41	3.55
太芝庙镇 Taizhimiao Town	3.19	3.20	2.08	2.08	2.07	2.07	2.07	2.06	2.21	2.29	2.32	2.38
大新镇 Daxin Town	3.90	3.92	4.68	4.68	4.66	4.66	4.65	4.63	5.15	4.22	4.75	4.82
迎光乡 Yingguang Town	3.90	3.92	3.90	3.90	3.62	3.63	3.62	3.59	3.68	3.62	3.76	3.86

5 结论与建议

利用 Lindo 模型对湖南省新邵县未来 15 年耕地面积进行相关预测与分析发现,其粮食作物与棉花种植比例有所下降,而蔬菜瓜类、水果与油料作物种植比例则有不同程度提高,该县种植结构调整基本符合新邵县城市发展趋势和城乡居民饮食结构调整;正常情况下,新邵县耕地可以满足当地未来预测人口粮食需求,能够确保当地粮食安全;新邵县各乡镇耕地面积增减存在区域差异,耕地总面积稍有减少。

粮食安全是一个城市必须确保的基本安全,是耕地保护的直接目的。保护耕地是粮食安全保证的前提,为了保证新邵县粮食安全,必须实行最严格的耕地保护制度。实行耕地保护不仅仅是一个口号,而要从各个方面进行具体落实。为了实现粮食安全,可从以下几个途径对耕地实施严格保护:

①加强统筹管理。耕地保护是在各级土地利用总体规划基

础上实行土地控制使用,因此需要加强统筹管理,将耕地保护落实到各基层利用分区,促进实地稽查与监测,充分利用 RS、GIS 与 GPS 等高新科技手段,提高土地资源管理信息化水平。②积极实施土地整理、复垦与开发等措施,提高土地质量和改善耕地生态环境,增加优质耕地面积。同时,加大农业资金投入力度,增强农业机械化水平,从而提高新邵县粮食供应量,确保粮食安全。③深化和强化全民耕地保护法制认知。耕地保护是一个社会系统工程,其基础是提高全民法治意识,因此需要深化和强化全民耕地保护法制认知。④加强粮食节约集约宣传力度,积极构筑“温饱型—小康型—生态型”由低到高的耕地保护理念创新方案。结合新邵县当前耕地利用现状和社会经济发展要求,应该逐渐将耕地保护理念由“温饱型”调整为“小康型”,并以“生态型”为最终目

(下转第 135 页)

性^[18]。应龙山森林公园的森林生态系统以针叶林和阔叶林为主要生境,昆虫生存环境生境多样,优势种个体数量多,榆紫叶甲(*Ambrostoma quadriimpressum*)、杨叶甲(*Chrysoniela populi*)、白星花潜(*Potosia brevitarsis*)等植食性昆虫数量多,危害森林公园中杨树(*Populus L.*)、榆树(*Ulmus pumila*)、旱柳(*Salix matsudana*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*),且天敌昆虫数量少。

因此,在规划建设应龙山森林公园的过程中建议考虑如下方面:①对应龙山森林公园的昆虫资源进行系统调查研究,优先保护具有重要生态服务功能和受威胁的昆虫群落;②对市民和游客进行宣传教育,普及保护生物多样性的科学知识,避免人类活动的过度干扰。

4 展望

该研究仅从数量上对不同时间、不同生境类型中昆虫群落的相似性进行了初步研究,下一步可对昆虫特异性种类进行深入调查,进一步研究昆虫与寄主植物、栖息环境的相互关系等,为分析保护生态系统的变化规律提供科学依据。森林管理应同时考虑林分内树种丰富度和景观尺度的森林隔离度,以激发对昆虫和病原体的抗性^[19]。应对害虫防治,主要基于“预防为主,生态优先,整合治理,精准施策”的原则,由于应龙山森林公园害虫泛滥即将成灾,建议园林部门采取生态调控技术、结合生物防治和合理的化学防治等手段,构建“经济、简便、有效”的生态技术体系,将害虫控制在生态经济阈值水平之下^[20-21]。

参考文献

- [1] 戈峰.论害虫生态调控策略与技术[J].应用昆虫学报,2020,57(1):10-19.
- [2] 张巍巍,李元胜.中国昆虫生态大图鉴[M].重庆:重庆大学出版社,2011.
- [3] 武春生,徐增峰.中国蝴蝶图鉴[M].福州:海峡书局,2017.
- [4] 刘广瑞.中国北方常见金龟子彩色图鉴[M].北京:中国林业出版社,

(上接第 111 页)

标,从而更好协调耕地与城市发展的关系,在保证粮食安全的前提下促进城市发展。

参考文献

- [1] 张士功.耕地资源与粮食安全[D].北京:中国农业科学院,2005.
- [2] 刘彦随,乔陆印.中国新型城镇化背景下耕地保护制度与政策创新[J].经济地理,2014,34(4):1-6.
- [3] 蔡运龙.中国农村转型与耕地保护机制[J].地理科学,2001,21(1):1-6.
- [4] 张乐勤,陈发奎.基于 Logistic 模型的中国城镇化演进对耕地影响前景预测及分析[J].农业工程学报,2014,30(4):1-11.
- [5] 马永欢,牛文元.基于粮食安全的中国粮食需求预测与耕地资源配置研究[J].中国软科学,2009(3):11-16.
- [6] 王霞,王占岐,金贵,等.基于核函数支持向量回归机的耕地面积预测

- [7] 华立中,奈良一,塞缪尔森 GA.中国天牛(1406种)彩色图鉴[M].广州:中山大学出版社,2009.
- [6] 蔡东章,王德森.河南鸡公山国家级自然保护区昆虫多样性研究[J].环境昆虫学报,2021,43(3):594-600.
- [7] 虞蔚岩,李朝晖,黄成,等.江苏南京地区蜻蜓目(Odonata)昆虫区系及多样性分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(5):514-521.
- [8] 程攻,罗璐,柳絮飞,等.江苏省大丰区昆虫群落结构及多样性特征[J].安徽农业科学,2020,48(17):71-76.
- [9] 陈梦悦,吴雨恒,廖承清,等.八大公山国家级自然保护区不同生境蝶类群落特征与动态[J].生物多样性,2020,28(8):950-957.
- [10] KALTSAS D, TRICHAS A, KOUGIOUMOUTZIS K, et al. Ground beetles respond to grazing at assemblage level, rather than species-specifically: The case of Cretan shrublands[J]. J Insect Conserv, 2013, 17(4): 681-697.
- [11] RIBERA I, DOLÉDEC S, DOWNIE I S, et al. Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages[J]. Ecology, 2001, 82(4): 1112-1129.
- [12] 马国强,刘贤谦.山西同朔地区不同混交林中昆虫群落结构初步研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2007,27(4):360-362.
- [13] 邹言,刘佳文,李立坤,等.北京市延庆区不同生境昆虫多样性特征调查分析[J].应用昆虫学报,2020,57(5):1161-1172.
- [14] TANASE M A, APONTE C, MERMOZ S, et al. Detection of windthrows and insect outbreaks by L-band SAR: A case study in the Bavarian Forest National Park[J]. Remote Sens Environ, 2018, 209: 700-711.
- [15] 赵颖,关环环,郝博,等.辽宁黄椅山森林公园寄蝇多样性研究[J].应用昆虫学报,2020,57(3):729-734.
- [16] 尤士骏,张杰,李金玉,等.利用生物多样性控制作物害虫的理论与实践[J].应用昆虫学报,2019,56(6):1125-1147.
- [17] 董鑫.辽宁白狼山国家级自然保护区不同区域昆虫物种多样性的调查与分析[J].安徽农学通报,2020,26(8):18-19.
- [18] FRANKE S, BRANDL R, HEIBL C, et al. Predicting regional hotspots of phylogenetic diversity across multiple species groups[J]. Divers Distributions, 2020, 26(10): 1305-1314.
- [19] WANG B L, TIAN C M, LIANG Y M. Mixed effects of landscape structure, tree diversity and stand's relative position on insect and pathogen damage in riparian poplar forests[J/OL]. For Ecol Manag, 2021, 479[2020-11-20]. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118555.
- [20] 戈峰.害虫管理:从“综合”到“整合”[J].应用昆虫学报,2020,57(1):1-9.
- [21] 戈峰,欧阳芳,赵紫华.基于服务功能的昆虫生态调控理论[J].应用昆虫学报,2014,51(3):597-605.

- [J].农业工程学报,2014,30(4):204-211.
- [7] 张豪,罗亦泳,张立亭,等.基于遗传算法最小二乘支持向量机的耕地变化预测[J].农业工程学报,2009,25(7):226-231.
- [8] 李玉平,蔡运龙.浙江省耕地变化与粮食安全的分析及预测[J].长江流域资源与环境,2007,16(4):466-470.
- [9] 蔡运龙,傅泽强,戴尔卓.区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J].地理学报,2002,57(2):127-134.
- [10] 范胜龙,杨玉珍,陈训争,等.基于 PSR 和无偏 GM(1,1)模型的福建省耕地生态安全评价与预测[J].中国土地科学,2016,30(9):19-27.
- [11] 韩磊,潘玉君,高庆彦,等.基于 PSR 和无偏 GM(1,1)模型的云南省耕地生态安全评价与预测[J].生态经济,2019,35(2):148-154.
- [12] 洪文.利用 LINDO 求解目标规划[J].安徽大学学报(自然科学版),2001,25(2):1-5.
- [13] 罗罡辉,叶艳妹.多目标规划的 LINDO 求解方法[J].计算机应用与软件,2004,21(2):108-110.