

基于灰色系统及趋势测算的有效耕地面积计算方法

张占录, 殷秀云

(中国人民大学公共管理学院, 北京 100872)

摘要: 目前, 中国很多地区调查统计的耕地面积并不是的有效耕地面积, 其中存在大量小地物的干扰。该文拟通过数理分析, 扣除耕地面积中的小地物面积, 探索科学合理地计算有效耕地面积的方法, 结合 RS 和 GIS 相关技术, 建立灰色系统 GM(1,1)模型以及相关趋势外推模型测算所有非耕地面积, 并从区域总面积中予以扣除得到有效耕地面积, 进而以北京市顺义区为例分析论证此方法的可行性。从而在不需要耗费大量人力、物力和财力进行抽样调查的基础上, 简单方便地计算出有效耕地面积, 这对有效耕地面积的计算、研究具有一定的参考价值。

关键词: 数学模型, 土地利用, 遥感, 有效耕地面积, 小地物, GM(1,1) 模型, 趋势预测模型

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.054

中图分类号: TP753

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0288-07

张占录, 殷秀云. 基于灰色系统及趋势测算的有效耕地面积计算方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 288—294.

Zhang Zhanlu, Yin Xiuyun. Calculating method of effective area of arable land based on fuzzy and trend prediction model[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 288—294. (in Chinese with English abstract)

0 引言

根据国土资源部颁布的《土地利用现状分类标准》(GB/T 2010—2007)规定: 耕地是指种植农作物的土地, 包括熟地, 新开发、复垦、整理地, 休闲地(含轮歇地、轮作地); 以种植农作物(含蔬菜)为主, 间有零星果树、桑树或其他树木的土地; 平均每年能保证收获一季的已垦滩地和海涂。耕地中包括南方宽度 $<1.0\text{ m}$ 、北方宽度 $<2.0\text{ m}$ 固定的沟、渠、路和地坎(埂); 临时种植药材、草皮、花卉、苗木等的耕地以及其他临时改变用途的耕地。该标准下定义的耕地实际是无效耕地与有效耕地的统称。无效耕地是指面积计入耕地的其他地类, 主要是指耕地中南方宽度 $<1.0\text{ m}$ 、北方宽度 $<2.0\text{ m}$ 固定的沟、渠、路和地坎(埂)等用地, 夹杂在耕地中、面积达不到上图标准的小片其他地物, 如小片荒地、林地、园地、坟地、水面等等。上述宽度较窄、面积较小的地物, 因达不到上图标准而统称为小地物。有效耕地, 也称为净耕地, 是指扣除了小地物形成的无效耕地后的耕地。

提高分类面积测算精度, 特别是提高耕地面积的测算精度, 是中国开展土地利用现状调查工作面临的重要课题之一。土地详查中, 耕地中因夹杂小地物形成的无效耕地, 不能真实地反映耕地的实际面积, 因而会影响耕地面积的调查统计与应用。由于小地物的干扰, 会存在耕地面积计算标准不统一、数据可比性低的问题。如

宽度为 $1\sim 2\text{ m}$ 的沟渠、田间道路等, 在中国南方计入其他农用地, 而在北方则计入耕地, 造成标准不一; 又如, 有些耕地夹杂小地物多、有些耕地夹杂小地物少, 造成可比性降低。只有扣除小地物后形成的有效耕地才能真实地反映耕地的实际面积。研究有效耕地面积的测算方法、提高有效耕地面积的测算水平对耕地面积的调查统计与应用具有重要意义。

目前, 国内学者在提高耕地面积精度方面已经做了相关的研究。中国科学院“八五”重大应用项目“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”中课题“细小地物测算方法研究”中将小地物定义为依据成图比例尺, 达不到上图标准的地物称为小地物, 并且通过对耕地、林地、城乡工矿居民用地等进行成数抽样, 测算其中小地物的成数, 进而对面积进行校正^[1]。吴全等^[2]具体将小地物分为绝对小地物和相对小地物, 研究通过双重抽样的方法来剔除小地物对耕地面积精度的影响, 进而提高有效耕地的面积。孙丽等^[3]采用抽样调查统计方法并结合 GPS 采样, 得到小地物在耕地中的比例的估计值, 进一步计算有效耕地面积。此外, 在全国土地利用现状调查(一次详查和二次详查)中都有规定要求分坡度或者分类型区选择典型地段进行实测, 结合线性回归的方法求算田坎系数, 进而推算田坎面积。这些方法虽然在一定程度上可以减少田坎等小地物对有效耕地面积计算的影响, 但是却需要耗费大量的人力、物力、财力且受到抽样方法、抽样样本大小、代表性等因素影响, 其测算结果的精度也相应会受到影响。

该文采用的技术路线不同于传统的实地抽样调查方法和人为提高卫片、航片精度或上图精度的做法, 而是以崭新的思路, 探讨了扣除小地物, 精确计算有效耕地

收稿日期: 2009-08-12 修订日期: 2010-08-16

基金项目: 教育部“211 工程”三期子项目“中国特色的公共管理与公共政策学科平台建设”资助

作者简介: 张占录, 男(1963—), 副教授, 主要从事土地利用规划、土地利用与管理、土地整理等领域的教学与研究。北京 中国人民大学公共管理学院, 100872。Email: gongwu007@sina.com

面积的计算方法。而通过研究,不但也可以为精确计算其他地类面积提供理论基础和方法,而在土地覆盖斑块的分布规律、统计计算方法以及制图综合方面也会取得新进展,因此具有进一步深入、广泛研究的学术价值。该文提出的思路与方法,可以在不提高数据源精度、制图精度的基础上,通过建立灰色系统和趋势外推数学模型,经过数理统计分析在室内直接扣除小地物面积,得出有效耕地面积,从而节省大量人力、物力和财力和实地抽样调查和数据处理的时间。经研究表明,该文提出的技术路线与方法具有精度较高、结果可靠、投入较省、操作性强的特点,因此具有重要研究意义。

1 基本思路

本文研究基于灰色系统以及趋势外推方法,建立数学模型,简单、方便地计算出有效耕地的面积。首先,基于一定途径获取区域测算数据,利用 GIS 工具对区域数据中所有上图的非耕地要素进行数字化,并在地类信息录入后,提取面积数据。根据系统建模需要,只对非耕地图斑进行数字化而不是区域内全部图斑。提取面积数据后,按等额标准划分区间段,并进行逐层累加处理,得到规律性递增的一组数据。根据累加处理后数据,建立灰色系统和趋势外推两种模型进行非耕地面积的测算。最后,综合比较 2 种测算方法的结果,确定区域内所有非耕地面积测算值,并从区域总面积中予以扣除,得到有效耕地的面积值。也就是说,区域总面积减去所有非耕地面积测算值后所得面积即为有效耕地面积。技术流程如图 1 所示。

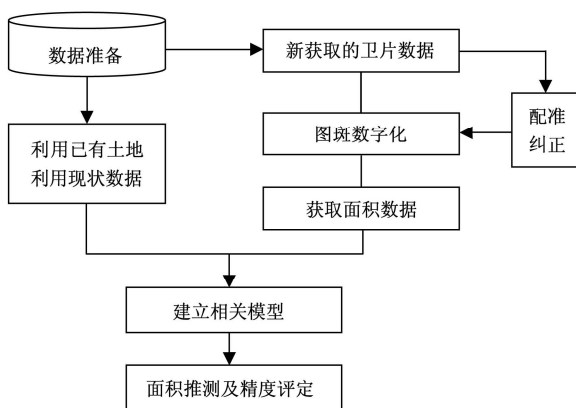


图 1 有效耕地面积计算的技术方案

Fig.1 An approach to calculate the effective arable land area

1.1 数据获取

获取数据的途径有 2 种:基于 RS 的遥感影像和基于航测的航片。具体根据实际情况的需要,选用一定精度的卫片和航片,结合区域地形图进行室内配准修正,并运用 Mapinfo、ArcGIS、MapGIS 等相关 GIS 软件数字化区域内所有非耕地图斑。因此,测算数据是图形矢量化后的矢量数据。本研究是采用建模推算小地物的面积,相对只要求非耕地的大图斑面积数据精确,因此可以选

用分辨率相对较低的卫片或航片,节省了购买高分辨卫片或航片的成本。第 2 次土地利用现状调查也是基于 3S 技术进行,其工作原理类似,因此,也可以直接选用现有的土地利用调查数据。

1.2 数据提取与处理

面积数据的处理可采用等额区间划分的方法,区间数据具有随意性,数据间的相关性较小,也就是所谓灰数。对一组没有明显规律的数据进行拟合测算,其测算值会存在很大的偏差;但数据进行累加后,其具有明显相关性,呈现单一递增趋势,由此拟合的数值精度会明显的提高,这便是灰色系统的原理。基于此研究原理,本文对提取的所有非耕地面积等额划分区间段并进行累加处理后,其建模测算的精度也将明显提高。

1) 划分数据区间

数据区间的划分首先要确定区间的起始值以及区间间隔。区间起始值和区间间隔应根据数据的特征合理确定,如果区间起始值很大而区间间隔过小,会导致过多的区间范围内没有对应的数值,从而给统计测算带来一系列问题,直接影响测算的精度。因此,区间的起始值以及区间间隔的选取将影响模型的精度。

由于土地利用图斑面积大小存在很大差异,最大图斑可达上百万平方米,而 1:10 000 的土地利用现状调查中规定的最小上图面状地物面积仅为 400 m²,因此选择合适的起始值以及区间间隔成为建立模型的关键。

中国实行区域土地规划利用制度,土地利用具有较强的规律性,具体可以表现在地块的面积与土地利用方式的关系:特别地块除外,建设用地地块面积呈规律性分布。区域内一些项目由于其规模、性质等因素,占地面积大,但从区域宏观角度来看,该部分地块只占小份额比例。排除这些面积巨大图斑之后,土地利用面积存在一定的规律性,因此,可以建立相关模型来探讨相关规律。区间起始值的设置正是为了剔除这些特别地块的不规律影响。

首先,区间起始值的选取应从数据本身着手。一定区域内,面积巨大的图斑只占少数,而小于某一面积数值的图斑占绝大多数,因此,可以很容易判别巨大图斑面积的界限值。小于该值的图斑数占总数的大数,一般认为应占总数 2/3 以上为宜。

其次,区间间隔的确定。区间间隔选取过大,则划分的区间数将很少,达不到统计计算的要求;而区间划分过小将会导致计算量的大幅增加。因此,在选择区间间隔时,一般从数据特征和区间数量出发,以满足统计计算为原则,确定适宜区间间隔。

具体区间划分表示如下:将 $X^{(0)}$ 表示原始数值,起始值记为 X_S , 区间间隔用 T 表示,则划分的区间数为 $n = \text{floor}[(X_S)/T] + 1$,提取的数据和记为 a 。

当 $X^{(0)}_1 \geq X_S$, 提取的数据和记为 a_1 ;

$X_S < X^{(0)}_2 \leq X_S - T$, 提取的数据和记为 a_2 ;

$X_S - T < X^{(0)}_3 \leq X_S - 2T$, 提取的数据和记为 a_3 ;

$X_S - 3T < X^{(0)}_4 \leq X_S - 4T$, 提取的数据和记为 a_4 ;

.....

以此类推, 可以得到

$X_S - (n-2)T < X^{(0)}_n \leq X_S - (n-1)T$, 提取的数据和记为

a_n 。

2) 区间累加及归并

将划分的区间进行一次累加, 累加值记为 $X^{(1)}$, 得到归并之后区间为:

当 $X^{(1)}_1 \geq X^{(0)}_1$, 数据累加值为 a_1 ;

当 $X^{(1)}_2 \geq X^{(0)}_2$, 数据累加值为 $a_1 + a_2$;

当 $X^{(1)}_3 \geq X^{(0)}_3$, 数据累加值为 $a_1 + a_2 + a_3$;

.....

依此类推

当 $X^{(1)}_k \geq X^{(0)}_n$, 数据累加值为 $a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$ 。

1.3 模型的建立

由于研究的对象是小地物对有效耕地面积的影响, 其中只涉及非耕地面积这一变量, 因此, 应用灰色系统时采用 GM(1,1)模型进行相关分析和计算; 而趋势外推方法则是根据累加后的数据特征及规律, 选择适宜的线性回归或者非线性回归进行相关分析和计算, 并依据其决定系数 R^2 来确定测算值是否合理、可行。

对于灰色系统而言, 其计算模型与区间序号 k 存在直接联系。较多情况下, 需要测算的区间长度满足不了 $k+1$ 要求, 测算时不能简单的以 $X^{(1)}_{k+1}$ 模型值作为测算结果, 而应进行相应的换算。在区间间隔为 T 时, 所要测算的区间对应为 $k+(X_S - (n-1)T)/T$, 相应的测算值应为 $X^{(1)}_{k+(X_S - (n-1)T)/T}$; 而利用趋势测算时, 可以直接建立与 $X^{(1)}$ 之间的对应关系, 不需要进行区间序号换算。

1) GM(1,1)模型的建立

根据 GM(1,1)建模原理, 对提取的原始数据进行区间划分得到一组数列, 记为 $X^{(0)}=(X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n))=(a_1, a_2, a_3, \dots, a_{i-1})$ 。对数列作 1-AGO (一次累加) 后, 得到 $X^{(1)}(k)=(X^{(1)}(1), X^{(1)}(1)+X^{(0)}(2), X^{(1)}(2)+X^{(0)}(3), \dots, X^{(1)}(n-1)+X^{(0)}(n))=\sum_{n=1}^k X^{(0)}(n), (1 \leq k \leq n)$ 。按照建模步骤,

建立 GM(1,1)模型为 $\hat{X}^{(1)}(k+1)=(X^{(0)}(1)-\frac{u}{a})e^{-ak}+\frac{u}{a}$, 并

按最小二乘法求解参数 a, u 。模型测算值与实际值之差值记为残差值 $q^{(0)}(k)$, 选择 j 个残差值对原点附近值进行残差修正, 建立残差模型: $\hat{q}^{(1)}(t'+1)=(-a')(q^{(0)}(j)-\frac{u'}{a'})e^{-a't'}$

($1 \leq j \leq n; t'=j, j+1, \dots, n$), 得修正后模型: $\hat{x}^{(1)}(k+1)$

$(x^{(0)}(1)-\frac{u}{a})e^{-ak}+\frac{u}{a}+\delta(k-j)(-a')(q^{(0)}(j)-\frac{u'}{a'})e^{-a'(k-j)}$, 其

中 $\delta(k-j)=\begin{cases} 1 & k \geq j \\ 0 & k < j \end{cases}$ 。

2) 趋势测算模型

将数据等额划分区间段后进行一次累加, 观察其数据的特征。由于图斑面积数据必定大于 0, 一次累加之后

必然成绝对递增趋势。当数据呈现稳定递增时, 可以采用线性趋势测算。如果有明显的非线性递增趋势, 则可以选用指数曲线、修正指数曲线、多阶曲线等相关曲线进行非线性测算, 具体选择哪种线型还需要根据数据的特征确定。

2 实证研究

2.1 研究区域的选取和获取数据

本文选取了北京顺义区东部龙湾屯镇、张镇、大孙各庄镇、杨镇、李遂镇、南彩镇、北小营镇、木林镇 8 个乡镇作为研究区域。测算数据直接采用了北京市顺义区 1:10 000 比例尺的土地利用现状数据为基础, 建立相关模型进行区域有效耕地面积的计算。

2.2 数据提取与处理

实证研究中利用 MAPGIS 软件提取并汇总了区域内土地利用现状数据。提取的数据按等额标准划分了若干区间段, 并进行一次累加处理。

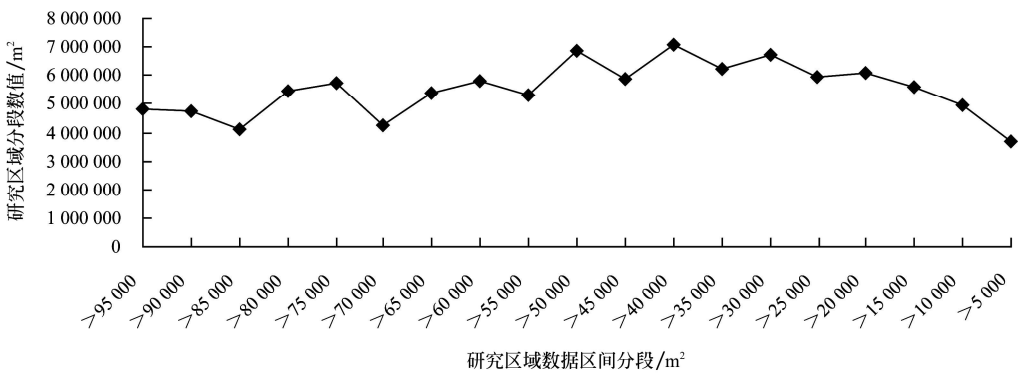
根据北京市顺义区 8 个乡镇的图斑面积汇总数据特点, 本次测算的区间起始值取 100 000 m^2 , 区间间隔为 5 000 m^2 , 区段数为 20, 满足统计计算的要求, 其分段数据结果见表 1, 数据特征如图 2。

表 1 研究区域数据分区间段处理表
Table 1 Segmental process of regional data

区间段	区间值	数据值
1	$X^0 > 100\ 000$	179 459 450.7
2	$100\ 000 \geq X^0 > 95\ 000$	4 788 241.3
3	$95\ 000 \geq X^0 > 90\ 000$	4 742 450.7
4	$90\ 000 \geq X^0 > 85\ 000$	4 104 882.7
5	$85\ 000 \geq X^0 > 80\ 000$	5 432 684.7
6	$80\ 000 \geq X^0 > 75\ 000$	5 749 125.3
7	$75\ 000 \geq X^0 > 70\ 000$	4 264 108.0
8	$70\ 000 \geq X^0 > 65\ 000$	5 356 324.7
9	$65\ 000 \geq X^0 > 60\ 000$	5 814 314.0
10	$60\ 000 \geq X^0 > 55\ 000$	5 285 486.0
11	$55\ 000 \geq X^0 > 50\ 000$	6 852 584.7
12	$50\ 000 \geq X^0 > 45\ 000$	5 882 293.3
13	$45\ 000 \geq X^0 > 40\ 000$	7 070 641.3
14	$40\ 000 \geq X^0 > 35\ 000$	6 248 901.3
15	$35\ 000 \geq X^0 > 30\ 000$	6 716 383.3
16	$30\ 000 \geq X^0 > 25\ 000$	5 919 588.7
17	$25\ 000 \geq X^0 > 20\ 000$	6 108 436.7
18	$20\ 000 \geq X^0 > 15\ 000$	5 614 088.0
19	$15\ 000 \geq X^0 > 10\ 000$	4 982 626.0
20	$10\ 000 \geq X^0 > 5\ 000$	3 678 585.3
21	$5\ 000 \geq X^0 > 0$	X

注: 数据来源, 北京市顺义区土地二次详查数据。

根据建模步骤, 对区间数据进行一次累加处理, 处理结果见表 2。数据累加处理之后呈现了明显的规律特征, 累加后数据走势见图 3。



注：由于区间段 1 与后续区间段数值相差较大，如果在图中给予表示，会影响整体数据走势特征。本研究在作图时做了相应的剔除修正，更直观的反映后续区间段的变化情况

图 2 研究区域数据特征图
Fig.2 The data feature of the research area

表 2 研究区域数据累加分析表

Table 2 Analysis sheet of the research area's cumulative data

m²

数列	区间	累加值	数列	区间	累加值	数列	区间	累加值
$X^{(1)}(1)$	>100 000	179 459 450.7	$X^{(1)}(8)$	>65 000	213 897 268.0	$X^{(1)}(15)$	>30000	257 767 872.0
$X^{(1)}(2)$	>95 000	184 247 692.0	$X^{(1)}(9)$	>60 000	219 711 582.0	$X^{(1)}(16)$	>25000	263 687 460.7
$X^{(1)}(3)$	>90 000	188 990 142.7	$X^{(1)}(10)$	>55 000	224 997 068.0	$X^{(1)}(17)$	>20000	269 795 897.3
$X^{(1)}(4)$	>85 000	193 095 025.3	$X^{(1)}(11)$	>50 000	231 849 652.7	$X^{(1)}(18)$	>15000	275 409 985.3
$X^{(1)}(5)$	>80 000	198 527 710.0	$X^{(1)}(12)$	>45 000	237 731 946.0	$X^{(1)}(19)$	>10000	280 392 611.3
$X^{(1)}(6)$	>75 000	204 276 835.3	$X^{(1)}(13)$	>40 000	244 802 587.3	$X^{(1)}(20)$	>5000	284 071 196.7
$X^{(1)}(7)$	>70 000	208 540 943.3	$X^{(1)}(14)$	>35 000	251 051 488.7	$X^{(1)}(21)$	>0	$X^{(1)}(21)$

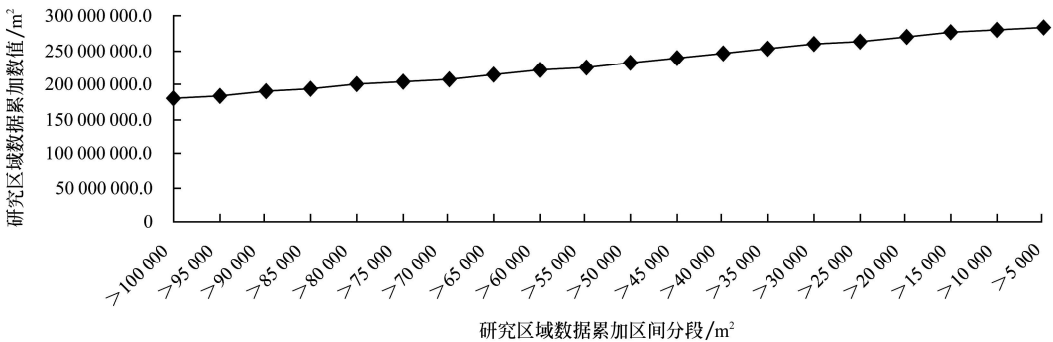


图 3 研究区域累加数据特征图
Fig.3 Feature of cumulative data of the research area

2.3 模型建立及精度评定

1) 灰色模型

根据系统建模步骤，对区间数据进行累加处理后，建立残差修正 GM(1,1)模型的表达式为： $\hat{x}^{(1)}(k+1) = (776736044.18)e^{-0.01k} - 597276593.51 + 4294557.155e^{-0.73(k-17)}$ （其中残差模型中 $j=17$ ）。根据灰色系统的精度等级评定标准，该模型验差比值 $C=0.0586 < 0.35$ ， $P=1 > 0.95$ ，模型精度为好（GOOD），因此，该模型对数据进行了较好的拟合，其测算值具有较高的可信度。测算值 $X^{(1)}(21)=290\ 198\ 100.24\ m^2$ 。

2) 趋势测算

对顺义区 8 个乡镇数据分区间累加后，其呈现明显的稳定增长趋势（其特征如图 3 所示），因此，根据累加数据走势，本文采用了线性拟合以及非线性拟合中的指

数曲线拟合以及多项式拟合方法进行数据测算。

采用线性拟合时，可以建立线性方程： $Y_1 = -1146.87x + 290825903.30$ ，其决定系数 $R^2 = 0.997$ ，即累加数据与区间值有 99.70% 可以用线性关系来解释，线性方程拟合程度高。

对数据进行指数曲线拟合，建立指数方程为： $Y_2 = 296895592.5e^{-5.01E-06x}$ ，决定系数为 $R^2 = 0.998$ ，因此，通过建立指数方程拟合的程度也较高。

对数据进行多项式拟合，建立多项式拟合方程为： $Y_3 = (5.66E-08)x^3 - (7.31E-03)x^2 - 931.19x + 290148124.10$ ，决定系数为 $R^2 = 0.999$ ，拟合程度高。

综合以上趋势测算结果，其中多项式测算判定系数最高，拟合精确最高，因此，采用多项式测算值作为此次趋势测算值，其拟合曲线如图 4 所示。

表 3 拟合方法比较表
Table 3 Comparison of different regression methods

拟合方式	拟合公式	拟合精度（决定系数）	测算值
线性拟合	$Y_1 = -1146.87x + 290825903.30$	$R^2 = 0.997$	290 825 903.3
指数曲线拟合	$Y_2 = 296895592.5e^{-5.01E-06x}$	$R^2 = 0.998$	296 895 592.5
多项式拟合	$Y_3 = (5.66E-08)x^3 - (7.31E-03)x^2 - 931.19x + 290148124.10$	$R^2 = 0.999$	290 148 124.1

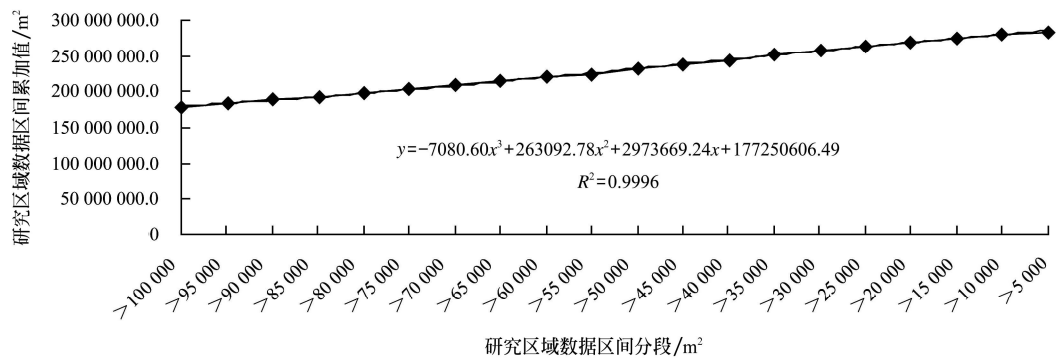


图 4 研究区域数据多项式拟合测算图
Fig.4 Forecast with polynomial fitting of the research area data

2.4 有效耕地面积的测算及分析

本文测算的是区域内所有非耕地图斑的面积。理论上说，该值应是当灰色系统的 K 值无限趋向于 21，或趋势测算中当 x 无穷趋向于 0 时所对应的模型计算值。当 K 值无限趋向于 21，基于灰色系统模型的测算值 $X^{(1)}(21)=290\ 198\ 100.24\ \text{m}^2$ ；当 x 无限趋向于 0 时，趋势测算值为 $Y=290\ 148\ 124.10\ \text{m}^2$ 。由于灰色系统及趋势外推方法其拟合精度都很高，综合两种方法可以有效提高测算精度，使其更接近现实情况，因此取该两种方法的均值作为本次测算结果，故即北京市顺义区东部 8 个乡镇的所有非耕地面积为 $290\ 173\ 112.17\ \text{m}^2$ 。

根据已有调查数据显示，北京市顺义区东部 8 个乡镇

区域总面积为 $519\ 398\ 787.33\ \text{m}^2$ ，达到上图标准的所有非耕地图斑面积为 $285\ 198\ 555.33\ \text{m}^2$ ，耕地总面积为 $234\ 200\ 232.00\ \text{m}^2$ 。而通过相关模型计算的非耕地面积为 $290\ 173\ 112.17\ \text{m}^2$ ，则耕地面积为 $229\ 225\ 675.16\ \text{m}^2$ 。由此推算的非耕地小地物的面积为 $4\ 974\ 556.83\ \text{m}^2$ ，占耕地面积的 2.12%。

基于北京市顺义区土地二次详查数据的《2002 年北京市顺义区土地开发整理规划》耕地整理潜力专题研究对分布于耕地中面积较小的地物，包括零星的园地、林地、坑塘、建设用地、未利用土地做了实地典型抽样调查，每个乡镇选取 2 个典型村庄，对其面积较小的地类进行实地测量调查，本文研究区域的调查结果见表 3。根

表 3 较小地类实地调查面积汇总表
Table 3 Area of small land features based on field survey m²

乡镇	典型区域名称	耕地面积	园地面积	林地面积	坑塘面积	零星建设用地面积	未利用地面积	零星地类面积	面积较小地类系数/%
大孙各庄镇	柴家林村	488 000.00	0	1 000.00	1 000.00	1 000.00	11 000.00	14 000.00	2.87
	后陆马庄村	854 000.00	0	6 000.00	6 000.00	3 000.00	4 000.00	19 000.00	2.22
张镇	良山村	980 000.00	10 000.00	0	1 000.00	1 000.00	13 000.00	25 000.00	2.55
	李家洼子	914 000.00	2 000.00	0	6 000.00	3 000.00	15 000.00	26 000.00	2.84
龙湾屯镇	七连庄村	1 847 000.00	12 000.00	9 000.00	1 000.00	2 000.00	16 000.00	40 000.00	2.17
	唐洞村	609 000.00	13 000.00	0	0	3 000.00	9 000.00	25 000.00	4.11
木林镇	大韩庄	2 700 000.00	3 000.00	0	9 000.00	2 000.00	16 000.00	30 000.00	1.11
	孝德村	999 000.00	0	0	9 000.00	3 000.00	15 000.00	27 000.00	2.70
李遂镇	宣庄户村	727 300.00	0	0	1 000.00	1 000.00	11 000.00	13 000.00	1.79
	李遂村	2 429 100.00	2 000.00	3 000.00	3 000.00	2 000.00	21 000.00	31 000.00	1.28
南彩乡	北彩村	1 611 000.00	0	9 000.00	12 000.00	0	1 000.00	22 000.00	1.37
	前町村	1 365 000.00	1 000.00	0	2 000.00	1 000.00	11 000.00	15 000.00	1.10
北小营	西乌鸡村	1 479 000.00	1 000.00	3 000.00	12 000.00	0	0	16 000.00	1.08
	后鲁各庄村	463 000.00	11 000.00	0	0	1 000.00	0	12 000.00	2.59
杨镇	张家务村	547 000.00	12 000.00	3 000.00	1 000.00	1 000.00	2 000.00	19 000.00	3.47
	沟东村	960 000.00	0	3 000.00	12 000.00	3 000.00	2 000.00	20 000.00	2.08
合计		18 972 400.00	67 000.00	37 000.00	76 000.00	27 000.00	147 000.00	354 000.00	1.87

注：数据来源《2002 年北京市顺义区土地开发整理规划》课题。

据汇总的调查数据, 其中各类较小地物总面积为 $354\,000\text{ m}^2$, 耕地调查区总面积为 $18\,972\,400\text{ m}^2$, 较小地物占耕地面积的 1.87% 。而本研究通过数理统计方法测算的结果为 2.12% , 对比分析两者方法的结果, 两种方法结果较为接近。如果考虑到实地调查时, 未计入更微小地物的情况, 则实际小地物所占比例应略高于 1.87% 。另外, 在以耕地为基本地类, 而非耕地则以农村居民点用地为主的北方平原区域, 扣除的各类非耕中也会包含少量的耕地, 也就是占耕地 2.12% 的小地物中, 也会包含少量耕地, 这样, 测算结果实际只应略少于 2.12% 。综合上述分析, 略高于 1.87% 的实地调查值与略低于 2.12% 的测算值, 则更接近实际情况。这充分验证了本研究方法具有可行性和可靠性。

3 结论与讨论

通过对北京市顺义区东部 8 个乡镇的二次详查数据进行实证分析, 不难发现: 通过建立相关数学模型进行数据拟合, 其拟合精度高, 测算细小地物比例结果 2.12% 与实地典型抽样调查 1.87% 结果非常接近, 结果可靠。因此, 通过数理分析进行有效耕地面积推算的方法具有可行性, 可以应用于较大范围内有效耕地面积的计算。

中国地域辽阔, 地形复杂, 在提高有效耕地面积计算时, 如果采用逐地块实地调查方法, 势必要消耗大量的人力、物力和财力, 其研究结果还受到抽样样本精度的影响。本研究建立在数学模型测算的基础上, 不需要实地抽样调查, 一方面可以节约购买和处理高精度卫片或航片的成本, 具有实施简便、成本低廉且比较合理等特点。另一方面, 也实现了有效地排除小地物干扰而得到更为精确的有效耕地面积; 尚存在的不足是无法在图中具体落实非耕地小地物图斑的界线和位置。但此方法可以使中国乃至世界范围内的耕地数据具有可比性, 对耕地有效面积的计算研究具有较高的参考价值。

[参 考 文 献]

- [1] 刘纪元. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [2] 吴全, 杨邦杰, 裴志远, 等. 大尺度作物面积遥感监测中小地物的影响与双重抽样[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 130—133.
Wu Quan, Yang Bangjie, Pei Zhijie, et al. Influence of small features on crop area estimation at a national scale using remote sensing and a double sampling method[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 130—133. (in Chinese with English abstract)
- [3] 孙丽, 吴全, 张松龄, 等. 小地物比例提取在河北耕地遥感调查中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 79—82.
Sun Li, Wu Quan, Zhang Songling, et al. Estimation of area ratios of small features in crop area obtained by remote sensing technique in Hebei Province[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(2): 79—82. (in Chinese with English abstract)
- [4] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 湖北: 华中工学院出版社, 1987.
- [5] 贾俊平. 统计学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2003.
- [6] 曹卫彬, 杨邦杰, 宋金鹏, 等. 基于 Landsat TM 图像棉花面积提取中线状地物的扣除方法研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 164—167.
Cao Weibin, Yang Bangjie, Song Jinpeng, et al. Linear features extraction and measurements in cotton area estimation using Landsat TM image in Northwest of China[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(2): 164—167. (in Chinese with English abstract)
- [7] 焦险峰, 杨邦杰, 裴志远, 等. 全国棉花面积遥感监测抽样方法设计[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 146—149.
Jiao Xianfeng, Yang Bangjie, Pei Zhijie, et al. Design of sampling method for cotton field area estimation using remote sensing at a national level[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(4): 146—149. (in Chinese with English abstract)
- [8] 赵云胜, 龙昱, 罗中杰, 等. 灰色系统理论在地学中的应用研究[M]. 湖北: 华中理工大学出版社, 1997.
- [9] 钱永兰, 杨邦杰, 焦险峰, 等. 基于遥感抽样的国家尺度农作物面积统计方法评估[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 180—187.
Qian Yonglan, Yang Bangjie, Jiao Xianfeng, et al. Accuracy assessment on the crop area estimating method based on RS sampling at national scale: a case study of Northeast China's rice area estimation assessment[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(11): 180—187. (in Chinese with English abstract)
- [10] 胡召玲, 李志江, 杜培军. 分层信息提取法在县域土地利用、覆被遥感中的应用[J]. 地理研究, 2009, 28(2): 409—418.
Hu Shaoling, Li Zhijiang, Du Peijun, et al. Land use/cover remote sensing based on hierarchical information extraction method in a county[J]. Geographical Research, 2009, 28(2): 409—418. (in Chinese with English abstract)
- [11] 肖莉, 王宜军. 灰色关联分析在高要市耕地面积变化中的应用[J]. 国土资源导刊, 2004, 1(5): 409—418.
- [12] 王荣蓬. 利用灰色模型对耕地面积动态分析及预测[J]. 山东国土资源, 2008, 24(6): 40—43.
Wang Rongpeng. Dynamic analysis and predication of cultivated land square by using grey model [J]. Land and Resources in Shandong Province, 2008, 24(6): 40—43. (in Chinese with English abstract)

Calculating method of effective area of arable land based on fuzzy and trend prediction model

Zhang zhanlu, Yin xiuyun

(School of Public Administration, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract: The areas of arable lands in most statistical surveys in China today are not the effective areas of arable lands. It contains the areas of many small land features. This paper presented a mathematic analysys method to compute the effective area of arable lands by deducting the area of small land features from the statistical data on the area of arable lands. The method integrated the relevant remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) technologies with a fuzzy GM (1, 1) model and a prediction model. Once the area of non-cultivable small land features was calculated by the model, the effective area of arable lands was then computed by subtracting the calculated area of those land features from the total area of the arable lands. The method was empirically applied in Shunyi disdtrict, Beijing to test its applicability. The case study results indicated the method was effective with minimum labor, material and financial costs, and can be easily applied to other regions to calculate the effective area of the arable lands.

Key words: mathematical models, land use, remote sensing, small land feature, effective area, GM (1, 1) model, trend prediction model