

产量分布图生成系统的研究

邝继双^{1,2} 张漫^{1,2}

(1. 中国农业大学 精细农业研究中心,北京 100083; 2. “现代精细农业系统集成研究”教育部重点实验室,北京 100083)

摘要 使用 Visual Basic 6.0 编程语言开发了 YMapper 产量分布图生成软件系统。研究了一种具有粗大误差数据过滤功能的局部平均插值方法,分析了产量分布图生成过程中涉及到的坐标系定义、产量数据分类与统计分析、图形配色与绘制等问题。对谷物和棉花等作物产量数据的处理结果表明,该系统能够对联合收割机测产系统记录的产量数据文件进行处理,通过插值运算将离散分布的产量数据点生成连续的产量分布图;其误差数据过滤功能能够防止产量过低和过高的粗大误差数据点参与插值运算,使产量分布图的精度得到了保证。系统能够按照用户设置的分类和着色方式,将作物产量的空间分布情况以产量数据点图或产量分布图的形式显示,并且能够对作物的产量水平进行统计分析。

关键词 精细农业;产量分布图生成;插值分析;软件开发

中图分类号 S 127

文章编号 1007-4333(2003)04-0009-05

文献标识码 A

Study on a yield map generating system

Kuang Jishuang^{1,2}, Zhang Man^{1,2}

(1. Research Center Precision Agriculture, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract A yield map generating system YMapper was developed using Visual Basic 6.0 programming language. A local averaging interpolation method with a coarse error data filter was studied. Approaches of coordinates definition, yield data classification and statistics, yield map rendering and plotting were discussed. The system was tested with yield data of winter wheat, soybean, corn, and cotton. The test result showed that the system was steady. Using the interpolation function available and useful yield maps can be generated from yield data that gathered by combine harvester yield monitoring system. The error data filter can prevent the yield data with too high or too low value from being calculated while interpolation, then the yield map accurate can be improved. The system can show how the yield distributed in the field in the form of yield data point maps or yield maps, which can be rendered and classified according to users' needs. Statistics function is also provided for yield data analysis.

Key words precision agriculture; yield map generation; interpolation; software development

作物产量是评估农业生产效率的一个重要因素^[1],而获取农作物小区产量信息,建立小区产量空间分布图,则是实施“精细农作”的起点,也是实现作物生产过程中科学调控投入和制定管理决策措施的基础^[2];所以,在实施任何田间定位管理措施之前,进行作物产量监测,生成高精度的产量分布图是十分重要的^[3]。目前作物产量监测主要使用安装在联合收割机上的测产系统来进行,产量数据的处

理和作物产量分布图的生成主要靠测产系统的配套软件来完成^[4,5],如美国 CASE IH 公司的 Instant Yield Map 产量分布图生成系统和 AgLeader 公司的 SMS 产量分布图生成系统。这些配套软件虽然与测产系统结合比较紧密,且运行稳定,但是科研人员 and 用户却不能了解其运行原理以及数据分析的方法和过程,更不能通过二次开发来增加系统没有提供的功能。另外,这些测产系统配套软件的英文界面

收稿日期:2002-11-10

基金项目:国家“十五”科技攻关计划,精准农业机械装备技术开发与应用(2002BA207B)

作者简介:邝继双,博士研究生,主要从事空间信息处理与地理信息系统方面的研究工作

也会给用户的使用带来困难。为此,笔者选用 Visual Basic 6.0 (VB6) 编程语言,在 Windows98Se 操作系统平台上进行了 YMapper 系统的开发。

1 系统研究与分析

从软件开发的角度来看,产量分布图生成系统功能比较单一,开发工作量较小,因此,笔者没有选用商品化的空间信息处理模块,而是从底层自行开发整个系统。这样做既可以降低开发成本,又可以使开发人员对系统进行总体控制,保证其运行效率。

1.1 空间数据插值算法的研究与设计

目前主要的空间数据插值方法有:克里格法、距离反比加权法和样条法等,这些方法在对土壤采样点的插值运算中得到了广泛的应用。在空间分布密度上,产量数据点与土壤采样点相差很大,土壤栅格采样时,采样点之间的间距一般只能达到 50 m 左右,大约每 2 500 m² 的区域内只有一个采样点;而联合收割机测产系统在 100 m² 的区域内一般就可以记录 5~13 个产量数据。针对产量数据空间分布密度大的特点,笔者设计了一种局部平均插值算法(图 1)。在插值运算时,将位于产量分布图某个栅格内

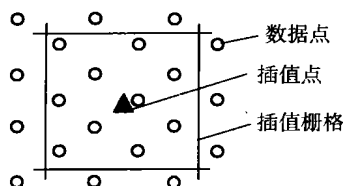


图 1 局部平均插值法示意图

Fig. 1 Local average interpolation

的所有产量数据点的产量值进行算术平均,再把得到的算术平均值作为这个栅格的栅格值进行填充,从而得到产量分布图。这种算法的关键是判断产量数据点是否位于正在处理的栅格中。为实现这一功能,在程序的通用模块中定义了 IsPnt InRect () 公共过程,程序源代码如下:

```
Public Sub IsPnt InRect (thePnt X, the Pnt Y, ...
    RecXmin, Rec Ymin, RecXmax, Rec Ymax As
    Single)
    ' 产量数据点坐标
    ' 栅格左下角与右上角坐标
    If (thePnt X >= RecXmin) And (thePnt X <=
    RecXmax) And
    (thePnt Y >= Rec Ymin) And (thePnt Y <=
```

```
Rec Ymax) Then
```

```
    ' 根据坐标判断
```

```
    ' 产量数据点是否位于栅格内
```

```
    Pnt IsInRect = True ' 产量数据点位于栅
    格内
```

```
Else
```

```
    Pnt IsInRect = False ' 产量数据点不位于
    栅格内
```

```
End If
```

```
End Sub
```

1.2 粗大误差产量数据的过滤

田间收获过程中,除了标定以外,联合收割机测产系统均在自动运行状态下采集产量数据,基本不能进行人工干预。另外,由于田间工作环境比较复杂,产量数据采集过程必然会受到测产系统本身以及多种环境因素的影响,产量数据中不可避免地含有一些误差^[6,7];因此,产量数据的误差分析和处理是保证产量分布图精度的一个重要环节^[4,5]。为此,YMapper 系统中设置了一个误差产量数据过滤器,用户可以根据作物的产量水平设定上下限,禁止产量数据文件中产量过高或过低的误差数据点参与插值运算,从而保证产量分布图的精确度。

1.3 坐标系的建立

VB6 中定义的坐标系与一般的平面直角坐标系不同,在缺省情况下 VB6 中绘图区域的左上角坐标为 (0,0),所有坐标均定义为正。为了符合一般平面直角坐标系的习惯,可以使用 Scale 方法来改变 VB6 中坐标系的映设。Scale 方法的实质是重新设定绘图区域的左上角与右下角坐标,从而改变绘图区的坐标系。YMapper 系统中,用来定义绘图区域坐标系的程序源代码如下:

```
FieldWidth = MaxX - MinX ' 计算地块宽度
FieldHeight = Max Y - Min Y ' 计算地块长度
If FieldWidth > FieldHeight Then ' 确定绘图
    区坐标范围
    ScaleLength = FieldWidth
Else
    ScaleLength = FieldHeight
End if
Picture1. Scale (MinX, Max Y) - (MinX + Scale-
    Length, Max Y - ScaleLength) ' 定义绘图区坐标系
```

1.4 数据统计分析

对于一块农田,用户一般希望知道其最大产量、

最小产量、总产量和平均产量,有时还需要计算产量数据的标准差,以便了解产量分布的离散程度。因此 YMapper 系统中设计了统计分析功能,其中产量数据均值

$$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad (1)$$

产量数据标准差

$$= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2} \quad (2)$$

式中: n 为产量数据点总数, Z_i 为第 i 点的产量数据值。

为了使用更加方便和直观, YMapper 系统除了能够显示数值以外,还提供了统计分析结果的图形显示功能。这一功能通过调用 MS Chart 控件实现,能够以三维柱状图、二维柱状图和二维饼状图的形式显示统计分析的结果。

1.5 数据分类

将产量分布图进行分类后显示,可以更好地表现田间作物产量的分布情况。YMapper 系统提供的产量数据分类方法有等数据点数分类法、标准差分类法和等间距分类法 3 种。等数据点数分类法保证每一类产量数据中都含有相同的数据点数,强调最大和最小两类产量的分布情况,如图 2(a),将所有数据分为 3 类,每类中均包括 3 个数据;标准差分类法首先计算所有数据的均值和标准差,然后根据计算结果进行数据分类,可以直观显示产量分布的离散程度,如图 2(b),将数据分为 4 类,分别为:小于均值减去 1 倍标准差的数据,大于均值减去 1 倍标准差并且小于均值的数据,大于均值并且小于均值加上 1 倍标准差的数据,大于均值加上 1 倍标准差的数据;等间距分类法将数据中最大值和最小值之间的跨度范围等分,然后将所有数据分别归入相

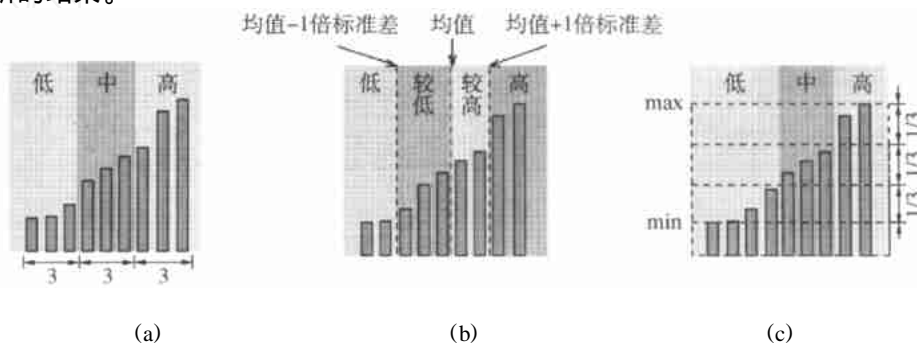


图 2 产量数据的等数据点数分类法(a)、标准差分类法(b)和等间距分类法(c)分类示意图

Fig. 2 Quantile (a), standard deviation(b) and equal interval (c) classification

应的跨度范围中,用来观察作物产量在不同水平的分布情况(图 2(c))。

1.6 配色与图形绘制

对分类后的产量数据,需要根据其类别使用不同的颜色进行显示。目前在产量分布图的配色方面还没有统一的标准,但在产量分布图生产技术的研究领域内,一般习惯使用从红到蓝的渐变色来表示作物产量由高到低的变化情况。YMapper 系统中的配色也按照这一惯例,使用 RGB (Red, Green, Blue)函数实现。

产量分布图生成系统的图形绘制主要包括产量数据点图的绘制和产量分布栅格图的绘制。YMapper 系统中产量数据点图的绘制使用 PSet 方法实现,程序语句如下:

DrawWidth = 5 ‘设定数据点绘制宽度,单位为像素

PSet (X, Y), RGB (Red, Green, Blue) ‘在指定的坐标位置

‘使用指定的宽度和颜色绘制一个点

栅格图的绘制使用 Line 语句通过绘制图中的每个栅格来实现,程序代码如下:

Picture1.DrawStyle = 1 ‘设定线形

Picture1.DrawWidth = 5 ‘设定线宽,单位为像素

Picture1.FillColor = RGB (Red, Green, Blue)

‘设定填充色,RGB 颜色

Picture1.FillStyle = 1 ‘设定填充方式

Picture1.ForeColor = RGB (Red, Green, Blue)

‘设定边框色,RGB 颜色

Picture1.Line (X1, Y1) - (X2, Y2), ,BF ‘按照设定值,在绘图区

‘以指定线段为对角线绘制栅格

2 系统应用

2.1 产量分布图的生成

YMapper 系统开发完成后,先后在棉花、冬小麦、大豆和玉米的产量数据处理中得到了应用。其中,棉花产量数据由 2002 年 9 月在新疆生产建设兵团农八师一四九团农场进行的棉花测产试验获得,试验设备是安装有 AgLeader 公司 PF3000 测产系统的 CASE2555 采棉机。冬小麦、大豆和玉米的产量数据分别由 2001 年 6 月和 11 月,以及 2002 年 6 月和 10 月在北京精准农业示范区进行的测产试验获得^[4,5],试验设备是美国 CASE IH 公司带有 AFS

(Advanced Farming System)测产系统的 2366 谷物联合收割机。由 YMapper 系统生成的棉花和冬小麦产量分布图分别见图 3 和 4。

从图 4(a)可以看出,产量分布图边缘的低产区域出现了一些孤立的高产栅格,而其中部的高产区域却出现了一些孤立的低产栅格。田间测产试验结果和产量数据分析表明,这种孤立栅格的产生多数情况下是由误差产量数据造成的^[4,5]。从图 4(b)可以看出,使用误差数据过滤功能后,这种孤立栅格得到了有效的去除,产量分布图也更趋于合理。图 4(c)为 AFS 系统生成的冬小麦产量栅格图。与图 4(a)类似,图 4(c)中也含有一些孤立的栅格。

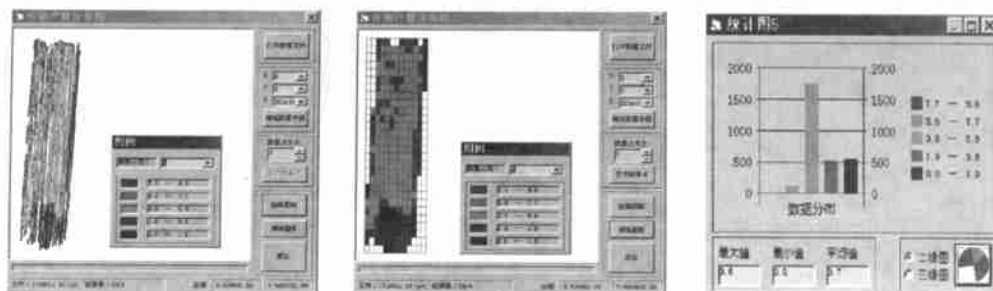
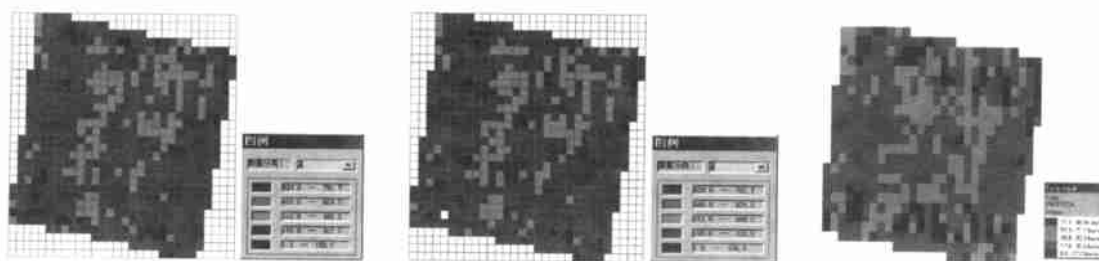


图 3 棉花产量点图(a)、栅格图(b)和产量数据统计结果柱状图(c)

Fig. 3 Cotton yield point map (a), grid map (b) and statistics chart (c)



(a) YMapper 栅格图(数据过滤前) (b) YMapper 栅格图(数据过滤后) (c) AFS 栅格图

图 4 冬小麦产量分布图

Fig. 4 Yield map of winter wheat : (a) generated by YMapper without data filtering ; (b) generated by YMapper with data filtering ; (c) generated by AFS Instant Yield Map

2.2 系统运行效率测试

为了考虑系统的运行效率,使用不同大小的产量数据文件对 YMapper 的插值运算进行了测试,插值输出栅格尺寸设为 10 m,栅格值分为 5 类。测试的硬件平台为台式计算机,主要配置为 Intel P4, 1.6 GHz CPU, 128M6ns DDR 内存, Seagate 7200 PRM 60 G 硬盘, SOL TEK SL-85DR-C 主板, Gainward GeForce2 MX 400 显卡, 32 M 3.5 ns 显存;操作系统为 Windows98 SE。测试中计时使用精度为

1/100 s 的电子秒表。测试结果见表 1。可以看出,产量数据点个数随地块面积的增大而成正比例增加,平均每 hm^2 包括大约 540 个产量数据点。随产量数据点的增加,插值运算所用时间的增加幅度较大,并且呈二次指数趋势(图 5)。这是因为,随着地块面积的增大,产量数据个数增加,如果保持栅格尺寸不变,那么栅格个数也必然会随之增多。由于需要处理的产量数据个数和栅格个数同时增加,所以插值所用时间呈二次指数趋势增长。

为了提高系统的插值运算速度,笔者将产量数据点的分布范围划分为几个区域,插值运算时分区域进行,不必每次重复处理全部产量数据,从而缩短了运算时间。初步试验结果表明,使用这一方法后系统的运算速度能够提高4至6倍。另外,为了提高系统的运行速度,拟使用运行效率更高的C语言重新开发系统中的插值运算模块。

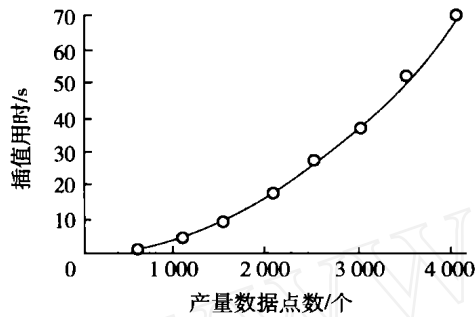


图5 插值用时曲线

Fig.5 Interpolation time consumption

表1 插值运算时间测试结果

Table 1 Interpolation time consumption

文件编号	产量数据点	地块面积/hm ²	运算用时/s
1	612	1.1	1.75
2	1093	1.9	4.97
3	1555	2.7	9.47
4	2088	3.8	17.50
5	2543	4.8	27.16
6	3002	5.7	37.44
7	3526	6.7	52.56
8	4075	7.8	68.21

3 结论

1) 平均局部插值算法可解决产量数据空间密度大的问题; 2) 误差产量数据过滤器根据作物产量水平设定上下限,禁止产量数据文件中过高或过低的粗大误差数据点参与插值运算,从而保证了产量分布图的精度; 3) 调用 MS Chart 控件实现了统计分

析结果的图形显示功能,能够以三维柱状图、二维柱状图和二维饼状图的形式显示统计分析结果; 4) 系统可根据等数据点数分类法、标准差分类法和等间距分类法将数据分类,为用户提供所需产量分布图; 5) 将产量数据点的分布范围划分为不同区域,使插值运算分区域进行,可以提高系统的插值运算效率。

实际应用与测试结果表明该系统可作为一种工具,用于精细农业中产量数据处理和产量分布图生成技术的研究。

参 考 文 献

- [1] Panneton B, Brouillard M, Piekurowski T. Integration of yield data from several years into a single map[A]. In: Blackmore S, Grenier G, eds. Proc. of the 3rd European Conf. on Precision Agriculture[C]. Montpellier: CIGR, 2001
- [2] 汪懋华. 精细农业发展与工程技术创新[J]. 农业工程学报, 1999, 56(1): 1~8
- [3] Missotten B, Strubble G, Baerdemaeker J. Accuracy of grain and straw yield mapping[A]. In: Robert P, Rust R, Larson W. Proc. of the 3rd Int. Cont. on Precision Agriculture[C]. Minnesota: ICPA, 1996. 713~722
- [4] 张漫, 李相平, 邝继双, 等. CASE2366 谷物联合收割机 AFS 系统的使用及数据处理研究[A]. 见: 彭图治. 浙江省第二届青年学术论坛文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001. 252~254
- [5] Kuang Jishuang, Zhang Man, Li Xiangping, et al. Yield mapping using Case 2366 harvester with AFS2000[A]. In: Wang M, Han L, Lei T, et al. eds. Int. Conf. on Agricultural Science and Technology, Session 6: Information Technology of Agriculture[C]. Beijing: ICAST, 2001. 342~344
- [6] Reyniers M, Maertens K, Reyns P, et al. Management of combine harvester precision farming data to make useful maps[A]. In: Blackmore S, Grenier G, eds. Proc. of the 3rd European Conf. on Precision Agriculture[C]. Montpellier: CIGR, 2001
- [7] Blackmoore S, Moore M. Remedial correction of yield map data[J]. Precision Agriculture, 1999(1): 53~66