

变量施肥机在不规则田块的定位方法*

于英杰¹ 张书慧² 齐江涛³ 徐岩³ 王薇³

(1. 昆明理工大学现代农业工程学院, 昆明 650500; 2. 南京工业职业技术学院, 南京 210046;
3. 吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 长春 130025)

【摘要】 在规则田块网格识别算法的基础上,阐述了不规则田块的自动网格识别算法。控制器读取传感器的脉冲信号,计算作业机具的行走距离,由不规则田块自动网格识别算法实现机具的自动网格识别。试验结果表明,随着机具的行走,应用该算法可以实现机具在不规则田块不同网格的自动识别,验证了该算法的可行性。

关键词: 变量施肥机 不规则田块 定位 网格识别

中图分类号: S24 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)02-0158-04

Positioning Method of Variable Rate Applicators in Irregular Field

Yu Yingjie¹ Zhang Shuhui² Qi Jiangtao³ Xu Yan³ Wang Wei³

(1. Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China
2. Nanjing Institute of Industry Technology, Nanjing 210046, China
3. Key Laboratory of Bionic Engineering, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract

The algorithm of automatic grid recognition for irregular fields was introduced based on the algorithm of automatic grid recognition for regular fields. The controller received pulse signals from the sensor and calculated the working distance of the variable rate applicator, thus the working grid could be identified by the algorithm of automatic grid recognition. The field experimental results showed that using this positioning algorithm, the applicator could be automatically recognized in different grid.

Key words Variable rate applicator, Irregular field, Positioning, Grid identification

引言

精确农业的出发点是把大田块细化为小田块,按小田块收集田间状态信息,根据其差异性作出作业决策,并有针对性地变量施肥、精确喷药等^[1]。因此,在精确农业变量作业中,通常是将地块划分成网格,每个网格对应一定的肥量或药量,作业机具在不同的网格施以不同的肥量或药量。可见,变量作业机具准确地识别所在的网格尤为重要。

用传感器代替 GPS,用软件编程实现变量作业机具的定位方法^[2]可以降低变量作业成本,实现规则田块的自动网格识别。但是,现实中的田块形状多数都是不规则的,因此本文在规则田块自动网格识别算法的基础上,进行不规则田块自动网格识别

的算法设计,使该定位方法更具有普遍的现实意义。

1 定位系统工作原理

首先由传感器取得车轮转动的脉冲信号,然后 ARM 控制器^[3~4]读入该信号进行不规则田块自动网格识别计算,最后确定作业机具所在的操作单元网格。

本文使用接近开关传感器,安装在施肥机地轮上,如图 1 所示。定位系统结构框图如图 2 所示。

2 不规则田块网格识别

现有一块不规则形状的田块,如图 3 所示,首先将该不规则田块网格图修补成规则田块网格形状,以田块其中一个顶点作为原点,以田块垄长方向一

收稿日期: 2009-10-23 修回日期: 2009-12-15

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2006AA10A309)和吉林省科技发展计划资助项目(20060213-3)

作者简介: 于英杰,讲师,主要从事精确农业机具定位及控制研究,E-mail: yuyingjie58@sina.com



图 1 接近开关传感器的安装

Fig. 1 Installation of proximity switch transducer

1. 接近开关 2. 接近开关码盘

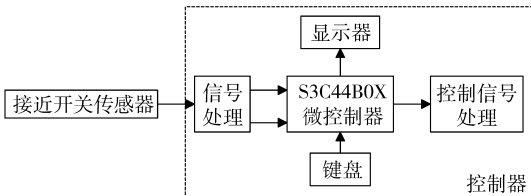


图 2 定位系统结构框图

Fig. 2 Structure chart of positioning system

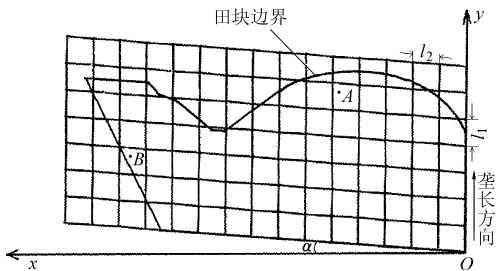


图 3 修补后不规则田块网格坐标图

Fig. 3 Coordinate of irregular field gridding after patching

边作为 y 轴创建一个直角坐标系。地块垄宽方向与 x 轴的夹角为 α 。

分别以 A 、 B 两点为例,说明在不规则田块如何进行网格识别。

2.1 A 点情况

(1) 机具行驶方向为 y 轴正向

在这种情况下,机具所在网格识别算法和规则田块相同,即

$$M = \left\lceil \frac{S}{l_1} \right\rceil + 1 \quad (1)$$

$$N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1 \quad (2)$$

式中 S ——施肥机行走距离, m

l_1 ——垄长方向操作单元长度, m

l_2 ——垄宽方向操作单元宽度, m

d ——施肥机作业幅宽, m

L ——机具往返次数

M ——施肥机所在操作单元纵向序数

N ——施肥机所在操作单元横向序数

$\lceil \cdot \rceil$ ——取整运算

(2) 机具行驶方向为 y 轴负向

如图 4 所示,如果在修补后的规则田块中, A 点所在网格纵向序数 $M = M_{\max} - \left\lceil \frac{S'}{l_1} \right\rceil$, 因 $S' = S + c_A$, 于是 A 点所在网格纵向序数变为 $M = M_{\max} - \left\lceil \frac{S + c_A}{l_1} \right\rceil$ 。可见,只要知道 c_A 的值,就可以计算出机具所在网格纵向序数 M 。

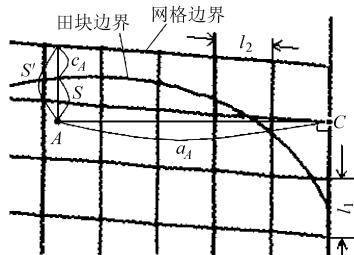


图 4 识别 A 点所在网格解析图

Fig. 4 Recognized analytical mapping of A

从图 4 可以看出, c_A 为机具在 A 点的垄长方向上田块边界到网格边界的距离,这个值可以在作业前应用 MapInfo 软件求出,并存储在控制器存储芯片里。在 MapInfo 软件里,只要知道 a_A 长度,就可以在经过 A 点并垂直于 AC 的直线上用标尺量出 c_A 长度。由于到 A 点机具的转弯次数 L 已知,再根据机具的作业幅宽 d ,就可以算出机具沿 x 轴方向上走过的距离,即 a_A 的长度,那么 c_A 的长度可知。 A 点所在网格横向序数仍为 $N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1$ 。

可见,机具在田块中的每一列对应的 c_i 值是固定的,并且和 L 值相对应。当 $L = 0$ 时, $a_1 = d$,可量出 c_1 的值;当 $L = 1$ 时, $a_2 = 2d$,可量出 c_2 的值,依次类推。这样,机具在每一列的 c_i 值都可以在 MapInfo 软件里测出,存储在存储器中,机具在作业时,每转一次弯,程序里 L 值自动加 1,就可以调用相应的 c_i 值,根据网格识别公式计算作业机具所在网格位置。

2.2 B 点情况

(1) 机具行驶方向为 y 轴正向

如图 5 所示,如果在修补后的规则田块中, B 点所在网格纵向序数 $M = \left\lceil \frac{S'}{l_1} \right\rceil + 1$,而此时机具行走距离为 S ,于是 B 点所在网格纵向序数变为 $M = \left\lceil \frac{S + c_B}{l_1} \right\rceil + 1$ 。可见,只要知道 c_B 的值,就可计算出机具所在网格纵向序数 M 。同样,在 MapInfo 软件里可确定 a_B 的长度,进而量出 c_B 的长度(机具在 B 点的 y 轴负方向上田块边界到网格边界的距离)。

B 点所在网格横向序数仍为 $N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1$ 。

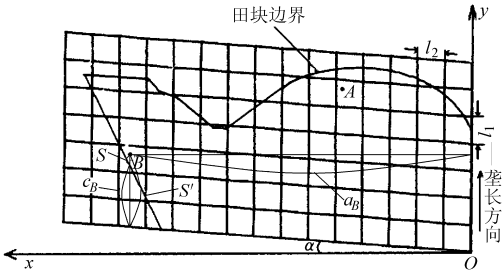


图 5 识别 B 点所在网格解析图

Fig. 5 Recognized analytical mapping of B

(2) 机具行驶方向为 y 轴负向

这种情况和施肥机在 A 点沿 y 轴负向行驶的情况一样,网格识别公式为

$$M = M_{\max} - \left\lceil \frac{S + c_B}{l_1} \right\rceil \quad (3)$$

$$N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1 \quad (4)$$

实际上,机具在田块里每个位置的行驶方向是固定的,定义 F 为机具行驶方向: $F=1$ 表示机具沿 y 轴正向行驶, $F=0$ 表示机具沿 y 轴负向行驶。故在每一点的 c_i 值只有一个,因此可以归纳出不规则田块网格识别公式为^[2,5]:

当 $F=1$ 时
$$M = \left\lceil \frac{S + c_i}{l_1} \right\rceil + 1 \quad (5)$$

$$N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1 \quad (6)$$

当 $F=0$ 时
$$M = M_{\max} - \left\lceil \frac{S + c_i}{l_1} \right\rceil \quad (7)$$

$$N = \left\lceil \frac{d(L+1)}{l_2 \cos \alpha} \right\rceil + 1 \quad (8)$$

其中, c_i 值和 L 值相对应,并以数组的形式存储在控制器存储芯片中等待调用。作业机具从 O 点沿垄长方向开始行走, $L=0$,调用存储器里的 c_1 ,当转弯时, $L=1$,再调用 c_2 ,再转弯时, $L=2$,再调用 c_3 ,依次类推。实际上,规则田块的网格识别算法是不规则田块网格识别算法的特例,用不规则田块的网格识别算法完全可以进行规则田块的网格识别,只不过式中 c_i 值均为 0。

3 田间试验

为验证该网格识别算法的可靠性,在田间进行了变量施肥机的定位试验。试验地点为吉林省榆树市弓棚镇 13 号村 3 号地,田块土壤类型为黑钙土,土壤平均含水率为 15.92%,土壤坚实度为 102 kPa。网格大小为 40 m×40 m,即 $l_1 = l_2 = 40$ m;最大行数 $M_{\max} = 11$;网格坐标横轴和垄长方向夹角 $\alpha = 0^\circ$;施

肥机作业幅宽 $d = 4$ m;在 MapInfo 中量得的所有 $c_i (i=0,1,2,\dots)$ 值为

$c_i = \{0, 77.7, 0, 76.2, 0, 74.4, 0, 73.2, 0, 72.0, 0, 70.4, 0, 68.9, 0, 67.5, 0, 66.2, 0, 64.6, 0, 63.2, 0, 61.7, 0, 60.0, 0, 58.7, 0, 57.2, 0, 55.5, 0, 54.2, 0, 52.9, 0, 51.3, 0, 49.8, 0, 48.5, 0, 46.9, 0, 45.6, 0, 44.2, 0, 42.8, 0, 41.1, 0, 39.6, 0, 38.1, 0, 36.7, 0, 34.9, 0, 33.5, 0, 32.2, 0, 30.8, 0, 29.4, 0, 28.4, 0, 28.3, 0, 29.2, 0, 30.0, 0, 30.9, 0, 31.8, 0, 32.9, 0, 33.8, 0, 34.7, 0, 35.4, 0, 36.3, 0, 37.2, 0, 38.2, 0, 39.1, 0, 39.9, 0, 41.3, 0, 42.0, 0, 42.8, 0, 43.8, 0, 44.6, 0, 45.5, 60.0, 47.4, 128.4, 47.2, 195.1, 47.8, 323.1, 49.4, 0, 0\}$

该田块的形状和划分的网格图如图 6 所示。

试验前由键盘输入累积误差校正系数 μ (通过传感器测距累积误差试验测得^[2]),然后开始工作。拖拉机从基点沿垄长方向开始行走,自动识别机具所在网格位置。随着机具的行走,LCD 显示屏实时显示机具所在不同网格的行号、列号、作业速度、排肥轴转速和应施肥量等作业信息(图 7)。

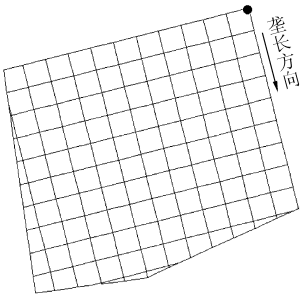
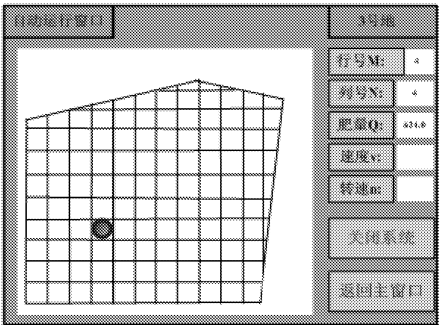
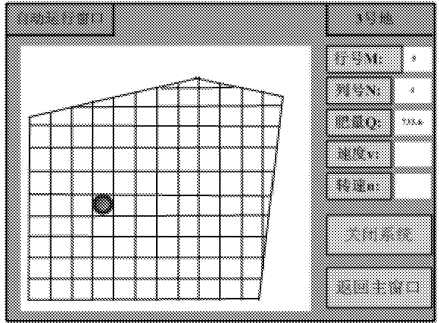


图 6 3 号地网格图

Fig. 6 Grid chart of No. 3 field



(a)



(b)

图 7 不同网格显示屏界面

Fig. 7 Display interfaces of different grids

(a) 施肥机在(4,4)网格 (b) 施肥机在(5,4)网格

从图 7 可以看出,显示屏能够正确显示作业机具所在不同网格位置,说明该网格识别算法可行。

4 结束语

实现了施肥机在不规则田块的实时定位,使该

定位方法更具有现实意义。田间试验结果表明,自动网格识别算法是可行的,而且定位系统工作稳定,可应用在其他精确农业变量作业机具的定位中,具有一定的通用性。

参 考 文 献

1 吴才聪,张书慧,马成林,等. 利用 MapBasic 划分精确农业田块网格方法的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 156 ~ 159.
Wu Caicong, Zhang Shuhui, Ma Chenglin, et al. Method of making field grids by MapBasic in precision agriculture[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(2): 156 ~ 159. (in Chinese)

2 于英杰,张书慧,齐江涛,等. 基于传感器的变量施肥机定位方法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 173 ~ 176.
Yu Yingjie, Zhang Shuhui, Qi Jiangtao, et al. Positioning method of variable rate fertilizer applicator based on sensors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10): 173 ~ 176. (in Chinese)

3 陈曠. ARM 嵌入式技术实践教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005: 9 ~ 13.

4 胥静. 嵌入式系统设计与开发实例详解——基于 ARM 的应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2005: 142 ~ 154.

5 吴才聪,马成林,张书慧,等. 精确农业倾斜网格划分及其应用[J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 137 ~ 141.
Wu Caicong, Ma Chenglin, Zhang Shuhui, et al. Method and application of making leaning field grid cell in precision agriculture[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(1): 137 ~ 141. (in Chinese)

(上接第 189 页)

7 Ferreira P M, Ruano A E. Application of computational intelligence methods to greenhouse environmental modelling[C] // Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, 2008;3 582 ~ 3 589.

8 顾寄南,毛罕平. 温室环境智能化控制数学模型的研究[J]. 农业机械学报,2001,32(6):63 ~ 66.
Gu Ji'nan,Mao Hanping. A mathematical model on intelligent control of greenhouse environment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001,32(6):63 ~ 66. (in Chinese)

9 王子洋,秦琳琳,吴刚,等. 基于切换控制的温室温湿度控制系统建模与预测控制[J]. 农业工程学报,2008,24(7):188 ~ 192.
Wang Ziyang,Qin Linlin, Wu Gang, et al. Modeling of greenhouse temperature-humid system and model predictive control based on switching system control[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008,24(7):188 ~ 192. (in Chinese)

10 魏东. 非线性系统神经网络参数预测及控制[M]. 北京:机械工业出版社,2008.