

利用内部信息的农用 自动引导行走车的研究(第2报)

——MAP(Map And Planning)系统

于海业^① 马成林 张德骏

(吉林工业大学)

并河清 村主胜彦 饭田训久

(日本 京都大学)

提 要 介绍农用自动引导行走车研究的地图和路径计划系统(MAP系统)。针对农业领域作业的实际情况,建立了农田的环境模型和环境地图,并采用图论的方法开发了路径计划系统,进而构造了路径地图。

关键词 自动引导车 环境地图 路径地图 路径计划

A Study on Agricultural Automatic Guided Vehicles Using Inner Information Method (Part 2)

——The MAP (Map And Planning) System

Yu Haiye Ma Chenglin Zhang Dejun

(Jilin University of Technology)

Namikawa Kiyoshi Suguri Masahiko Iida Michihisa

(Japan Kyoto University)

Abstract In this paper, the system of map and route planning is introduced. According to actual situations of the agricultural job field, an environmental model about the field and environmental map are established. Based on graphtheory method, a route planning system is then developed and thereby a route map is drawn out.

Key words Environmental map Route map Route planning

1 引 言

地图情报是当今社会、经济、生活所必需的基本情报。根据其用途,地图的表现形式、图

收稿日期:1995—04—17

^① 于海业,博士后,讲师,长春市斯大林大街 吉林工业大学农机工程学院,130025

面上的内容也是不同的。农场的环境地图即是将农场的环境要素模型化,以地图的形式来表示。它有如下的目的:

1) 农用自动引导行走车需要环境地图和路径地图

移动机械为了进行自动行走,在控制装置内部就必须具有其移动领域的模型,把此模型用2维的地图来表现。其作用是:①将地图与传感器的情报进行对比,来认识现在的位置。②决定自己应该前进的路线。

所以,此处所说的地图有两种:①为行走车认识现在位置的地图——环境地图;②用于行走车自动引导的地图——路径地图。

2) 农作业计划的支持系统及农场管理

关于农业机械化的研究,大体可以分为农业机械的开发改良研究和农业机械利用技术的研究两种。后者的研究是以农业机械的有效利用、开发省力、提高生产率的生产技术为目标的。目前,在农作业领域,数据库、专家系统的技术正在被广泛利用。进而,随着个人计算机的普及,活用计算机丰富多彩的图形画面,增加各种图形方式,对于各具体农场进行非常细致的农作业计划是非常必要的。MAP系统对此将会起到非常重要的作用。

2 MAP系统生成条件及构成方法

农作业有许多种类,不同的作业,要求也不同。本研究的环境理解及路径计划系统在下述的条件下生成:

- 1) 直角平行的农场环境为研究对象(或可简化成该条件);
- 2) 可以行走的区域为田间道路、地头、作物区之间、垄间等(如:收获作业、搬运作业、喷撒农药作业等);
- 3) 作业在同一农场区间;
- 4) 行走车的出发点是可行走的区域。

该MAP系统按如下的方式来构成:

农场、拖拉机、作业等数据的输入→环境地图的生成→路径计划→路径地图的生成→路径地图的数据表现。

3 环境地图

环境地图是将农场进行模型化,并用地图来表示。它表现了与自动引导行走车有关的农场的构成物之间的位置相互关系。

3.1 农场的构成要素

1) 田间道路; 2) 排(灌)水渠; 3) 地头; 4) 作物区; 5) 垄; 6) 田埂; 7) 作物区之间。以上的构成要素,可以简化成长方形,所以,假定它们都是长方形。实际的一块田地并不一定上述要素都存在。

3.2 环境模型及数据构造

平面上的长方形的某边如果与坐标轴

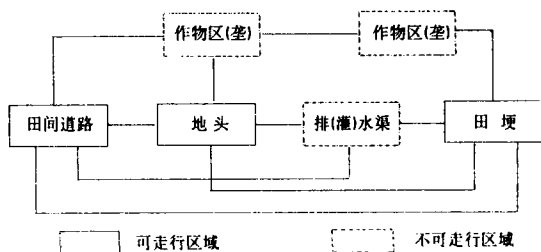


图1 环境模型

平行,那么,其确定方法之一是给出一顶点坐标 (X_0, Y_0) 及两边长即可。因此,田间道路、排(灌)水渠、地头、作物区、垄等按此方法来确定。根据它们之间的属性,分为可行走和不可行走区域。环境模型如图 1 所示。整体的数据构造如图 2 所示。

3.3 环境地图

为了表示环境地图,包含各种因素构造了环境地图的一例。见图 3 所示。

4 路径计划

关于路径计划的方法的研究很多,大体上可以分为:图的探索和位势方法。前者是将自由空间分割成小块,将它们的连接状况用图来表现,在图上进行以设定的评价函数最优路径探索的一种方法。该方法在大区域上可以进行路径探索,但是,如果对象环境很大,探索所需的计算量将急剧增大。后者是以周围的障碍物、目的地的位置关系为基础,在环境各地点导入位势,沿着其斜率来引导行走车的方法。位势法其原理是根据局部的情报来进行路径探索的,所以,可能不适合于大域的路径探索,或由于局部最小而不能决定路径,但其具有不必考虑路径的具体形状的特长。因此,在实际应用上,不仅仅使用一种方法,而是在大域上用图的探索法,在局部上用位势法。本研究根据实际情况,采用图的探索方法。

4.1 环境地图的领域分割

为了路径的探索需要进行环境地图的领域分割。行走车可以行走的区域是田间道路、地头、垄间等。行走车的作业区间认为是作物区或垄。所以,其分割方法是将作物区或垄(都为长方形)的 4 个角的边进行延长直到其它的区域。这样,一个作物区或垄可以得到 8 个所分割的区域。如图 4 所示。

之后,读取画面上的颜色情报,得到分割领域的数据。分割领域的形状仍然用长方形表示,其表现的方法是用长方形的相对顶点的坐标来表示(图 4 中的 A,C 点)。

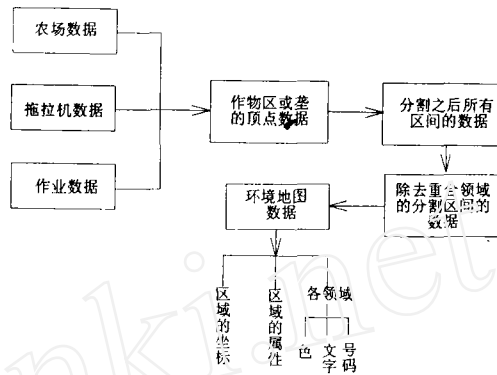


图 2 环境地图的数据构造

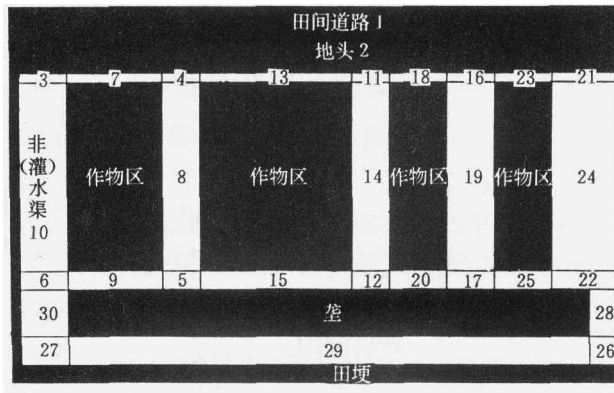


图 3 环境地图的一例

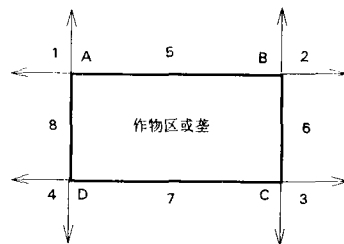


图 4 分割法

4.2 行走领域的生成

如前所述,各领域都以长方形表示。在可行走区域中又根据行走车的行走参数分为直线行走可,转弯可,都可三种区域。

4.3 利用图论生成邻接行列和图

将环境地图的各领域(包括分割领域)附上号码,用此号码代表该领域。由此作成环境地图的图 $G(V, E)$ (V ——点(Vertex), E ——边(Edge)), 用邻接行列来表现。

邻接行列是表示图的点与点的邻接关系的用两元素来表现的行列,如是单纯图的情况下,其构成元素都是 0 和 1,行列的对角元素都是 0。

4.4 路径计划的规则

1) 作物区边长和行走方向的判定

自动引导行走车一般是沿着作物区或垄的长方向作业的,所以,需要判断作物区或垄的长边,并且也需要判定与长边的邻接区域,以及根据行走车的后轮距和最小转弯半径 R_{\min} 判定行走的可能区域。

2) 由于作业而必须行走的区域的判定

由行走车的作业幅和作业区的幅宽,判定必须行走区域。例如:行走车的作业幅为 1m, 那么,如果作物区的幅宽比 1m 大,则行走车必须沿作物区的长边方向的左右都行走。否则,只需要在左边或右边行走就可以了。

3) 各边属性的判定

表示作物区的邻接区域的属性的行列 $adjacent[j][i]$ 如下定义: j —第 j 作物区 i —第 i 行走区域

$$adjacent[j][i] = \begin{cases} 2 & i \text{ 必须行走} \\ 3 & i \text{ 与 } j \text{ 的左边相邻接} \\ -3 & i \text{ 与 } j \text{ 的右边相邻接} \\ 4 & i \text{ 与 } j \text{ 的短边相邻接} \\ 0 & i \text{ 与 } j \text{ 不邻接} \end{cases}$$

4) 边的重度的确定规则和网络的生成

如前所述的那样,进行了定性方面的定义,但为了探索行走路径,需要进行定量。因此,用下式确定边的重度。以行列式 $a[i][j]$ 表示边的重度(d_i 为系数)。

$$a[i][j] = \begin{cases} d_1 \times L_{ij} & \text{必须行走区域与其它领域的邻接} \\ d_2 \times L_{ij} & \text{其它情况的邻接} \\ d_3 \times L_{ij} & \text{地头与短边邻接区域邻接} \\ d_4 \times L_{ij} & \text{道路与地头邻接} \\ d_5 \times L_{ij} & \text{道路与其它领域邻接} \\ 9999 & \text{不邻接} \end{cases}$$

这样构成的图称为网络(network)。

5) 最短路径的探索和生成

最短路径的探索方法是采用 Dijkstra 法,该方法是从开始点的周围开始逐一探索到各点的最短路径,并逐渐扩展其范围,直至求出到所有点的最短路。

图 5 是前面的例子的路径探索结果和路径图。

4.5 路径地图及数据的表现

1) 路径地图

有了行走路径,由此可以作成路径地图。以行走路径的中心线来表示行走路径,并表示出改变方向的点的坐标和角度。其角度的正符号如下规定:顺时针方向为一,逆时针方向为十。图 6 为前例的路径地图:

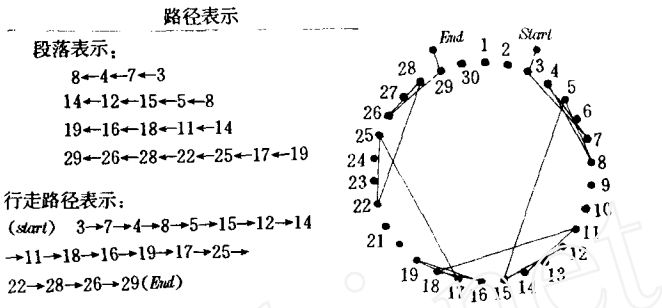


图 5 路径的表示和路径图

2) 适合于自动引导行走的路径地图的表现

路径地图的数据表现方法如下定义:

```

<ROUTE MAP> ::= ( <START>
                    <BLOCK><BLOCK> ...
                    <BLOCK><STOP> )
<START> ::= (ST, X, Y)
<STOP> ::= (SP, X, Y)
<BLOCK> ::= (<R>, X, Y, SIT)
<R> ::= (Rmax, Rmin)
    
```

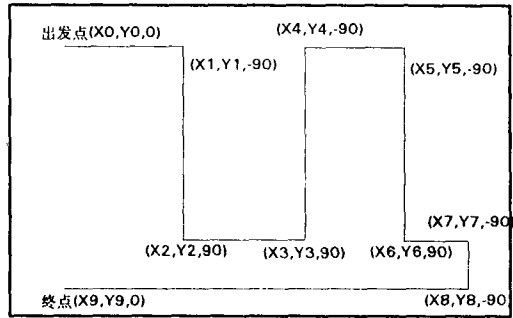


图 6 路径地图

其中, R_{max}, R_{min} 分别为改变方向点的最大可旋转半径和最小可旋转半径。

前面的例子用此方法表示如下:

```

( (ST, X0, Y0)
  (R1max, R1min, X1, Y1, -90) (R2max, R2min, X2, Y2, 90)
  (R3max, R3min, X3, Y3, 90) (R4max, R4min, X4, Y4, -90)
  (R5max, R5min, X5, Y5, -90) (R6max, R6min, X6, Y6, 90)
  (R7max, R7min, X7, Y7, -90) (R8max, R8min, X8, Y8, -90)
  (SP, X9, Y9) )
    
```

利用此数据,由控制软件读入、解释,进行自动智能的控制行走。

参 考 文 献

- 1 浅野孝夫. 地图情报处理中的诸问题. [日]检测和控制, 1991, 30(9): 758~764
- 2 三藤邦彦. 汽车自动导向和地图情报. [日]检测和控制, 1991, 30(9): 775~780
- 3 长谷川勉等. 智能行动的知识处理. 日本机器人学会志, 1991, 9(1): 112~121
- 4 松本 勉. 沿路径地图的移动机器人的自动引导行走系统. 日本机器人学会志, 1987, 5(5): 351~359
- 5 于海业. 农用自动引导行走车(机器人)的研究: [博士学位论文]. 长春: 吉林工业大学, 1994