

自主车辆地形数据库和路径规划系统

沈林成 常文森

(国防科技大学自动控制系 长沙 410073)

关键词: 地形数据库, 地形模型, 地形分析, 路径规划.

1、引言

地形数据库与路径规划系统 TDBRPS (Terrain Data Base and Route Planning System) 是自主地面车辆 ALV (Autonomous Land Vehicle) 研究的一项关键性技术, 它对于开发 ALV 的自主地面导航能力具有十分重要的意义. 近年来, 这项研究工作受到了许多国家政府部门和有关学术界的高度重视, 并取得了长足的进展. 本文从系统结构的角度介绍我们在 TDBRPS (如图 1) 研究方面的有关工作.

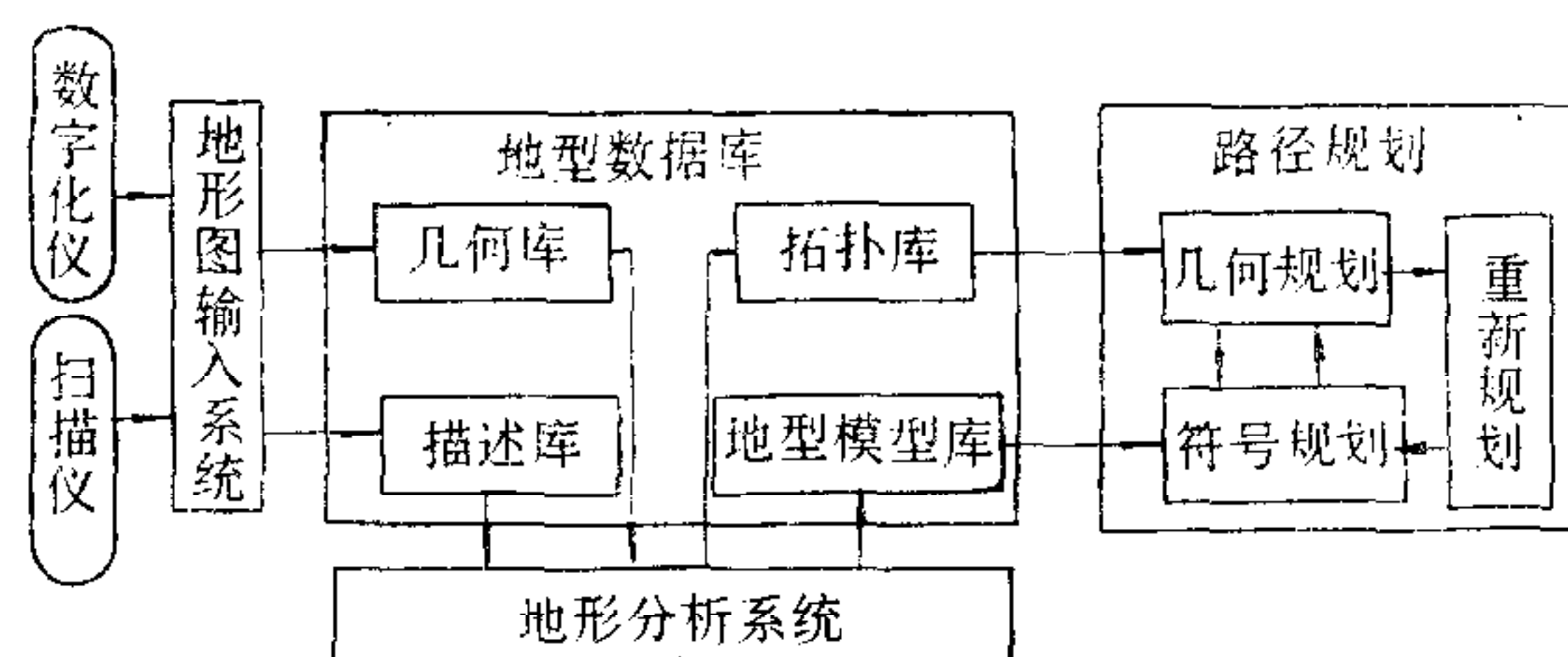


图 1 自主车辆地形数据库与路径规划系统结构图

2、地形数据库系统

ALV 要进行道路跟踪、测障避障、识别陆标及越野行驶, 它的数字地形数据必须支持 ALV 解释其周围环境, 并在其中导航. 对 ALV 自主导航来说特别重要的是视觉系统能识别的陆标以及直接影响车辆运动的道路网、水系、土质、植被、地形地貌等^[1]. 所有这些地形信息可以分成若干主题层和高程数据模型 (如图 2), 并且我们可以用语义网络来表达这些重要的地形实体. 语义网络允许对相关数据进行有效的访问, 其节点由点、线、面三种数据结构来描述. 由于各地形要素之间的交互引用和检索, 所以需要大量的交互处理. 为了优化搜索和交互引用, 我们采用了多层栅格索引技术.

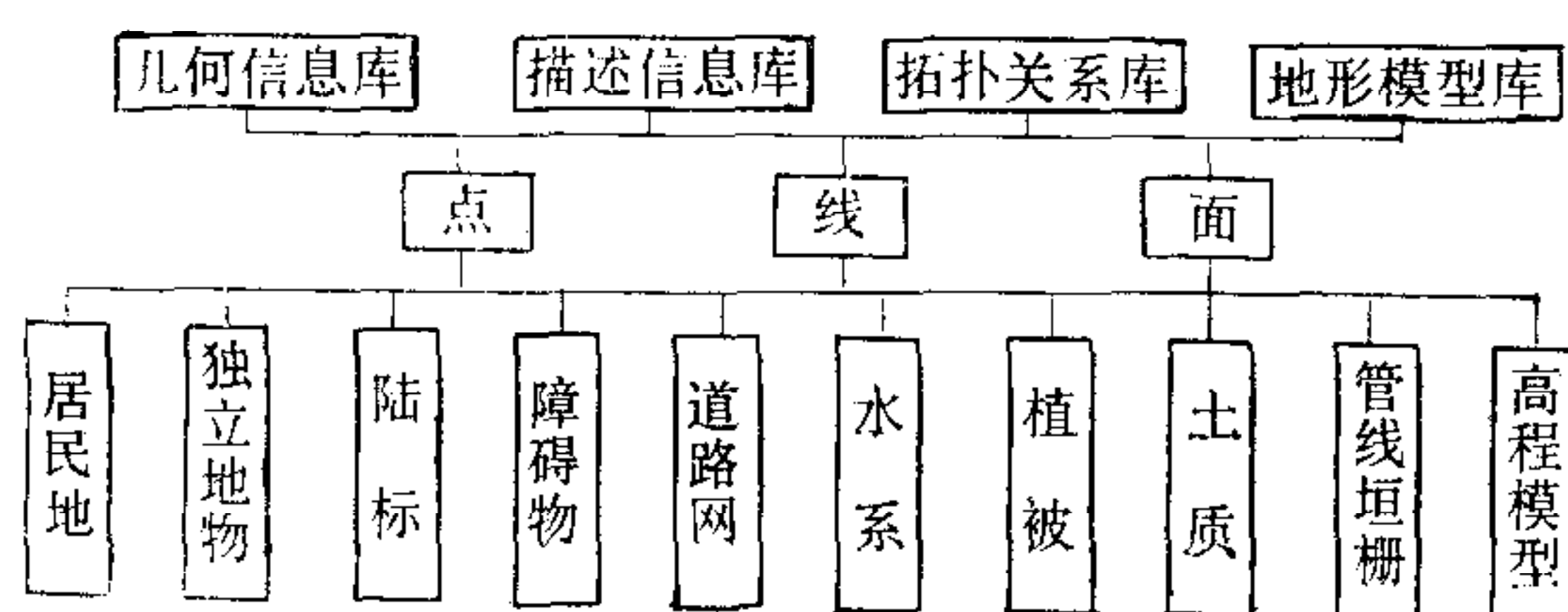


图2 地形信息的组织

考虑到地形信息由几何信息、描述信息和空间关系三部分组成,地形数据库将分成几何库、描述库、拓扑库,以分别存贮几何信息、描述信息和空间关系信息。其中几何信息和描述信息由交互式地形图输入系统输入,空间关系信息由地形分析系统自动计算生成。

由于地形图对地图内容各要素的表示是均衡的,地形图输入系统输入的信息只是地面各要素的客观反映,不能直接为规划系统提供各种地形要素对 ALV 运动有影响的信息。为此,我们在路径规划之前按其要求,对原始地形数据进行地形分析,构造出面向 ALV 自动路径规划的地形模型和相应的空间拓扑结构。本系统提供了 Rivers 模型、Roads 模型以及等费用凸多边形区域 HCA (Homogeneous Cost Area) 模型^[2]等三种地形模型,而 HCA 由 Free-go HCA, Slow-go HCA 和 No-go HCA 三种区域组成。同时提供了道路网拓扑结构、通行空间拓扑结构(通行空间由 Free-go HCA 和 Slow-go HCA 组成)两种语义网络。

地形数据库的建立是在地形图输入系统上进行的。它涉及到地形几何数据的抽取和地形描述数据的采集。由于用数字化仪输入一张地形图不仅精度受到限制,而且所需的时间及工作量过大,因而需要研究自动特征抽取方法。但这项技术目前尚不成熟,所以我们在设计中:(1) 根据路径规划的要求,把数据采集量限制在最必须的程度;(2) 利用强壮的软硬件,开发友好的交互式地形图输入系统。

3、路径规划系统

ALV 路径规划是一个十分复杂的问题,它不仅和地形条件、ALV 机械载体的越野通行能力有关,而且与路径、时间、隐蔽性和机动性等路径规划的优化指标有极大关系^[3]。为了提高 ALV 路径规划的实时性和适应性,我们设计了三类路径规划器:道路网规划器、越野路径规划器和符号路径规划器。

道路网规划器适于 ALV 沿道路行驶的情况,它根据地形数据库提供的 Roads 地形模型和道路网拓扑结构,采用 A* 算法,搜索出一条从 Start 到 Goal 的最优路径。其路径输出形式是一单一导航模态的路径段序列。

越野路径规划器适于 ALV 越野行驶,它根据地形数据库提供的通行空间地形模型和通行空间拓扑结构,采用 A* 算法寻求从 Start 到 Goal 的最优路径。最后对该路径进行平滑优化计算,输出“点一点”的优化路径。本系统采用领域式通行空间规划方法。

由于先验地形数据的不精确性和惯导定位的不准确性,仅描述“点一点”的几何路径

规划对 ALV 自主导航来说是远远不够的,所以研究具有鲁棒性的符号路径规划在 ALV 未来应用中具有十分重要的价值。符号路径规划器(如图 3)直接把通行空间的拓扑图作为一种知识结构,构造一组能分析和分类拓扑图内空间关系的推理规则。应用这组推理规则在拓扑图这种知识结构上进行空间推理产生规划路径的符号描述。它根据通行空间地形模型及其拓扑图和符号投影关系^[4],以交替工作方式调用 A* 模块和推理机。A* 模块动态地构造 BPG(由 HCA 中某一符号参考点 BP 构成的新连接图),当选择了要扩展的某个最有希望的分枝后,A* 模块查阅通行空间以获得当前 HCA 的所有邻接 HCA。A* 模块把离开当前 HCA 进入邻接 HCA 的各种可能性传给推理机,推理机接到这种信息后,给出下一步可能运动的 BP(邻接 HCA 中的一符号参考点)。如此循环直到遇到目标或不存在进一步扩展的分枝为止。A* 在构造 BPG 的同时形成了从 Start 到 Goal 的“点一点”路径段(以 BP 表示),推理机形成了一串表达路径的符号描述。

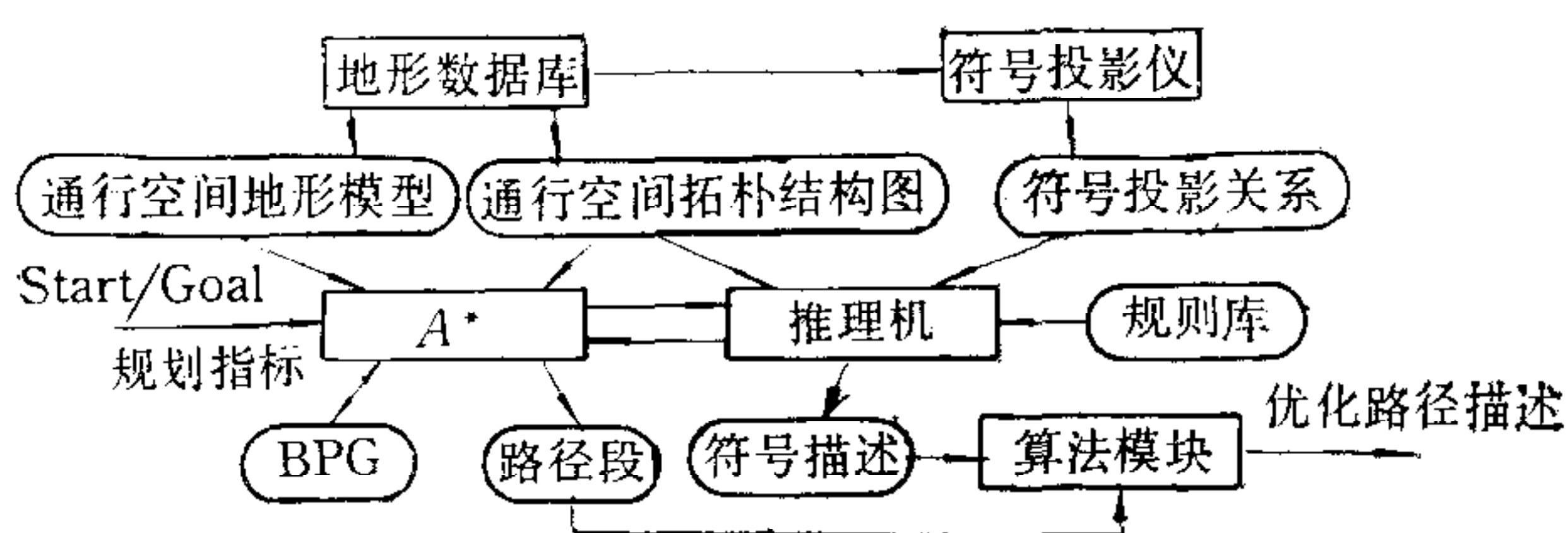


图 3 符号路径规划器结构

4、结束语

这里所介绍的 TDBRPS 系统体现了以下几个特点:

(1) 地形空间特性与描述特性相分离;

(2) 空间公共数据与公共操作相分离;

(3) 采用一系列预处理(地形分析),使地形数据直接支持路径规划,这就是所谓的面向路径规划的地形模型。通过大量预处理以解决时/空矛盾是我们研究工作的一大特色。

参 考 文 献

- [1] Edwards DL, Schoppmann MW, Desmond GB. Terrain Data Base Generation for Autonomous Land Vehicle Navigation. 1986, AD-A187.
- [2] Robert S Alexander. Construction of Optimal-Path Maps for Homogeneous-Cost-Region Path-Planning Problems. 1990, AD-A220.
- [3] Joseph SB Mitchell. Planning and Reasoning for Autonomous Vehicle Control. *International Journal of Intelligent Systems*, 1987, 2: 129—198.
- [4] Foersvarets Forskningsanstalt, Stockholm. Using Connectivity Graphs for Path Planning in Digitized Maps. PB91-102608.

TERRAIN DATA BASE AND ROUTE PLANNING SYSTEM FOR AUTONOMOUS LAND VEHICLES

SHEN LINCHENG CHANG WENSEN

(National University of Defence Technology, Changsha 410073)

Key words: terrain data base; terrain model; terrain analysis; path planning.

征 文 通 知

中国自动化学会应用专业委员会,中国金属学会冶金自动化学会,中国自动化学会计算机应用专业委员会.

一、征文范围

各种工业控制系统的研制和开发。
各种 DCS 和 PLC 系统在工业自动化中的应用。
各种新的控制理论在工业控制中的应用。
国内外各种新型工业控制装置及系统剖析、评论与综述等。
尤其欢迎理论结合实际有实际成效的科技论文。

二、征文要求

1. 理论联系实际,反映国内先进水平,未在公开刊物或学术会议上发表过。
2. 论文不超过 5000 字、图不超过 4 幅,用稿纸抄写清楚,每稿要一式两份(一份用钢笔或圆珠笔抄写的原稿和一份清晰的复印件,不接收用复写纸复写的稿件,也不接收油印件),并附 200 字以内的论文摘要。
3. 文中外文字母要分清大小写、正斜体、黑体等,各类公式、符号要写清楚,用作上标或下标的字母、数码、符号要明显区别大小写和高低位置,并用铅笔注明。容易混淆的符号、字母也请用铅笔在旁注明,以便于编印论文集。
4. 插图要求线条、文字清晰、比例适当、在不影响理解的前提下应尽量压缩化简,并用白纸绘制后粘在文稿中的相应位置,不要集中附在文末。
5. 程序清单和用计算机绘制的例图,请在计算机上打印出来,要求清晰、紧凑、黑白反差大。
6. 请作者自留底稿,我们将不再退稿。

三、论文截止日期 1994 年 7 月 15 日

来稿请寄到: 650093 云南省昆明市 昆明工学院控制工程研究所张长胜同志收

联系电话: (0871) 5146608