现代交通技术前沿
2021 年 9 月第 3 卷第 3 期

浅析 3S 技术与智能交通

曾令华

江苏大学汽车与交通工程学院，镇江

摘　要 | 地球空间信息技术是当前世界范围内发展最快的三大重要高新技术之一，随着其不断地发展和完善，其基础理论和技术方法已经日趋成熟，并正在从规划、国土、测绘、军事等专业应用向社会生活的众多行业和领域渗透和拓展，3S 技术在交通领域的应用已成为当前国内外研究和应用的热点。着重介绍了地球空间信息技术在道路交通领域的应用背景，阐述了 3S 技术与道路交通结合的理论支撑和技术方法，进而介绍了其在交通管理、物流管理、智能导航、交通信息服务和交通安全等方面的典型应用，并展望了 3S 技术在现代交通领域的发展前景。

关键词 | 3S 技术；智能交通；GIS

1　3S 技术与现代交通

1.1　3S 技术

地球空间信息科学（Geo-spatial Information Science）起源于 20 世纪 60 年代，是包含了 GPS 、GIS 和 RS 等技术，并强调与通讯、计算机技术融合的一门综合性集成技术学科。3S 技术构成了地球空间信息科学的核心，它是快速

作者简介：曾令华，江苏大学汽车与交通工程学院，学生。
文章引用：曾令华．浅析 3S 技术与智能交通［J］．现代交通技术前沿，2021，3（3）：31-42.
https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

获取和更新大区域地球动态和定位信息的重要手段，通过信息处理快速再现和客观反映地球表层的状况、现象、过程及其空间分布，并深层次地探索现象、事物的形成机理及其之间的内在联系。它是地球科学的一个前沿领域，是地球信息科学的重要组成部分，是数字地球的基础。美国劳工部在 2004 年初已经将地球空间信息和纳米、生物等技术一起列为正在发展中和最具前途的 3 大重要高新技术。

1.2 智能交通

交通系统维系着国民经济建设和人民生活的正常运转。城市交通需求的迅速增长，同时也带来了交通拥挤、交通事故、环境污染等一系列问题，成为困扰许多大城市发展的通病，交通拥堵已成为制约城市经济和社会发展的“瓶颈”。在我国，特别是即将召开的 2008 年北京奥运会和 2010 年上海世博会将会对城市交通提出更高要求和重大挑战，因此，解决交通问题已迫在眉睫。

经过多年的实践，城市建设和交通管理部门已意识到单纯地进行道路基础设施建设已不可能从根本上解决目前的交通状况，相关部门也将注意力从完善交通设施和扩大路网规模逐步转移到运用高新技术来改造和管理现有交通系统，建立高效、便捷的路网管理体系来满足日益增长的交通需求。这就形成了智能交通系统（Intelligent Transportation System，ITS）。ITS 是综合应用多种现代信息技术改善道路交通状况、提高交通系统运输效率、管理水平和安全状况的技术方法。

1.3 3S 与智能交通

在智能交通系统（ITS）发展的过程中，3S 技术发挥的作用越来越重要，它能为 ITS 提供必要的空间数据和交通信息的获取、处理、分析以及可视化的理论和技术支持。交通地理信息系统（GIS–T）是地理信息系统技术在交通领域的拓展，它是构建信息化、智能化交通系统的重要基础，也是 ITS 的一个重要基础。3S 技术为 I TS 信息采集、数据库建设提供了关键技术。借助 3S 技术在处理和分析基础地理数据、路网数据等空间数据的优势，合理地组织、管理

和发布交通信息将有助于提高交通系统的运行效率，降低交通事故的发生率。通过交通信息的分析和对交通数据的挖掘，掌握人们在不同时段、区域的出行规律，为交通管理部门进行交通规划、交通诱导、车流量预测提供支持，为缓解交通拥堵提供理论依据。3S 技术在交通领域经过多年的应用与发展，正在建立适合交通系统的时空基准、时空数据模型和时空数据分析等理论基础，开创了以信息源采集、信息融合处理、交通数据挖掘、交通信息传输表达为代表的技术方法，应用于交通管理、物流管理、智能导航、交通信息位置服务和交通安全等领域。

2　地球空间信息理论为 ITS 提供理论支撑

2.1　时空基准

地球空间信息基准是确定一切地球空间信息几何形态和时空分布的基础。在交通领域，交通信息的位置不是由单一的坐标基准确定，而是根据应用需求配合线性参照系统（Linear Referencing System，LRS）共同确定。线性参照系统主要是为解决交通网络中事件的定位和表达而设计的，通常由交通网络、线性参照方法（Linear Reference Methods，LRM）和基准 3 部分组成，其核心技术是线性参照基准的建立和动态分段技术。LRM 是事件位置信息传播的有效手段，用经纬度来描述收费站的位置没有用相对于所属道路里程值更直接、更易理解，并且用坐标描述的点与路网匹配时，因精度问题往往出现偏离道路的情况，而用 LRM 描述的点能够很好地与道路匹配。因此，实现两套坐标系统的融合和高效转换是一项必要的基础工作。同时，交通信息在空间基准的基础上引入时间维，从而确定在某一空间位置的某个时间点或时段所处的状态和包含的属性信息。时间基准结合地理或线性参照系统就构成了 ITS 的时空基准。

2.2　时空模型

智能交通应用除了必要的时空基准支持外，同时还需要合适的数据模型来

https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

存储、管理和表达与交通系统有关的多源数据，如路网几何、路网属性、路况等数据。GIS–T 数据模型经历了从平面模型到非平面模型，从基于车道模型到基于路幅（Road Way）模型，跨越了从结点—弧段（Arc–node）网络模型到基于定位参照体系和动态分段的数据模型的发展历程，并向三维及一体化的时空数据模型方向延伸。

平面拓扑集成数据模型是表达道路网络的一种最常用方法。结点—弧段模型能基本上表达交通网络，同时支持最短路径算法和空间拓扑分析等功能，但也有诸多不足，如节点的表达方式增加了数据存储的冗余，弧段与属性记录只支持一对一的关系、不支持一对多的关系等。为解决平面模型的缺点，提高平面模型的应用范围，脱离平面强化限制，将平面模型扩展到非平面模型，将车道作为建模单位，发展为基于车道的数据模型，对车道中的交通流、车道转向、车道之间的连通性等问题一并考虑。虽然这种表达方式简单，易于实现，但仍有定位实时性差，成熟算法较少，数据生产困难等因素，制约了基于车道的数据模型的发展。

20 世纪 70 年代初，NCHRP 指出动态分段技术可以克服线性参照中定长分段的缺陷，使路段的长度改变以适应不同的情况，并于 1994 年提出了 NCHRP 模型。NCHRP 模型分为线性参照系统、事务数据和图形表达 3 个层次，并随后扩展为 MDLRS（Multi–dimensional LRS ）模型。Dueker 和 Vrana 1992 年提出了一个线性 LRS 数据模型，并在 1997 年将其发展为 GIS–T 企业级数据模型。

在交通路网分析和应用中，将时间维引入现有的数据模型中也是必然。时空数据模型的研究起源于 20 世纪 70 年代，Gail Langran 首次总结了 GIS 数据库应用中的时态特征，标志着 GIS 时空数据建模的正式开始，其代表性的模型主要包括强调时空状态序列的过程模型，重点描述某个事件上形成的时空因果联系的时间点模型以及面向对象的时空数据模型等。前面提到的 MDLRS 模型就是一个适合于基于交通要素的多维时空数据的记录、表现、应用的综合时空一体化数据模型，它为交通系统中多维数据的集成管理和应用提供了一个框架，这方面的深入研究和应用也正在进行之中。

2.3 动态时空分析

交通信息具有多源、多维等特性，时空数据的分析理论是提供现势性交通信息服务，开展路网信息检测、更新，交通流量预测，进行移动目标管理和查询的前提。空间分析与移动数据库管理技术的发展为开展时空数据分析提供了有力支撑。空间分析在交通领域的应用中通常需要将空间数据与交通信息结合，并融入时态特征，同时还要考虑到出行者的因素，这使得传统的空间分析理论在 3S 与交通结合的应用中需进一步扩展。目前，交通路网可达性，基于出行者行为（Activity Based）建模、分析，交通信息系统对出行行为的影响等研究，已逐步成为交通领域中时空分析的热点。

时空分析中移动目标的存储、索引和查询是开展分析应用的基础。近年来，移动数据库技术的发展，为移动目标的管理及应用提供了便捷，移动数据库领域的飞速发展，为开展交通时空数据管理与分析提供了更坚实的技术后盾。

3 地球空间信息技术为 ITS 提供技术方法

3.1 基于多传感器的动态信息采集

智能交通应用的数据主要包括具有地理标识的交通基础空间数据和反映道路运行状况的交通信息。基础空间数据是路网基础地理信息、逻辑网络或线路中几何位置与空间关系的几何信息、属性信息；而路况、交通规则、交通管制等非空间信息构成了路网中重要的交通信息。以空间信息技术为支撑的交通信息获取主要利用安装了 GPS/INS 和无线通信设备的移动车辆———浮动车和高分辨率遥感影像进行采集。浮动车采集方式具有建设周期短、覆盖范围广、采集效率高、数据精度高、实时性强等优点。而将近景摄影、航空摄影、卫星遥感以及红外相机、SAR 系统、机载 LIDAR 等手段应用于交通信息的采集，对浮动车数据进行了有效的补充，从多时相、高分辨率的航空和航天影像中进行交通要素的识别、监测，提取车辆类型、运行速度等特

https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

征，获取道路流量信息和拥堵状况等。通过地球空间信息技术采集交通信息，根据不同数据的特征、层次、状态进行筛选和融合，是对传统交通数据获取方法的重要拓展，丰富了交通数据采集的手段和方法，保证了高质量、高精度和现势性交通信息的生成。

3.2 多源信息融合处理

信息融合（Information Fusion）是 20 世纪 80 年代发展起来的一种自动化信息综合处理技术，它充分利用多源数据的冗余性、互补性和计算机的高速运算能力与智能化技术，增加信息处理的置信度和可靠性，能够将不确定、离散、甚至相互矛盾的复杂信息转化为抑制性的解释和描述。路网信息融合是将不同来源、层次、精度的路网信息，组织和集成多源空间数据和交通信息，处理路网特征实体间的空间与语义关系，并考虑时态性特征，将多种来源的信息整合成统一的几何分布、拓扑、语义、时态的路网信息数据集。目前，使用较多的融合方法主要有加权平均法、Kalman 滤波、Bayes 估计、Markov 链、统计决策理论、模糊逻辑、神经网络、粗糙集理论等。

交通信息源融合处理主要涉及定位参考融合、多源数据类型融合和语义融合以下几个方面：定位参考融合主要是交通信息的空间基准和线性参照进行统一便于多模态的路网管理；多源数据类型融合则是将矢量地图数据、遥感影像数据、视频录像、感应线圈信息等多种来源的数据进行集成；语义融合体现在多种数据信息的属性一致性、数据标准统一，从而满足不同应用需求，实现数据共享。

3.3 交通数据挖掘与知识发现

数据挖掘与知识发现（Data Mining and Knowledge Discovery，DMKD）技术是一种有效、方便、快捷的数据分析手段，以便从海量数据中获取有用的知识以用于决策分析和管理，而与空间信息相结合已发展为一门新的学科———空间数据挖掘。交通数据挖掘很大程度上依赖于空间数据信息，可以将其认定为空间数据挖掘的一个特殊层面，它能有效地进行出行规律发现、交通事件探

测、交通状态识别等特征级的知识发现，同时，配合实时获取的车辆状态和路况信息为动态路径规划、车辆监控管理和实时动态优化提供必要的数据级信息支持。

3.4 交通信息发布与自适应表达

交通路网信息不同于常规的空间信息，除了具有地理参照外，还具备线性参照特征，同时具有多层次、多车道等特性。目前，用户多样化和显示终端的限制对交通路网信息的可视化表达提出了新的挑战，应用简单的图论、空间分析方法和可视化理论难以满足其分析与表达要求，而线性参考、动态分段、渐进式传输以及自适应可视化表达等技术应用到交通路网信息的传输和表达中，能更好地反映实际路网结构，抽象出路网的逻辑层次与组织方式，增强交通信息的表达效果。线性参考和动态分段技术引入到交通信息的表达中为路网提供了明确的位置参照，解决了同一路段多个属性并存或某条道路具有分段属性等问题。而渐进式传输是采用一些数据压缩方法，实现主要的轮廓数据先传递给用户，然后辅之以细节，从而缩短用户等待时间，减轻服务器端负担，提高传输速度。自适应可视化表达则集成了空间数据简化算法、制图综合的理论对空间对象进行几何变换和内容综合，实现无级比例尺显示，它能够根据显示终端的大小，自动确定显示的地理空间范围和内容，并对空间对象进行比例尺的无级变换，最终在显示的内容和比例尺方面取得平衡，实现细节层次模型（level of detail，LOD）的动态可视化。同时，能够对时空信息进行融合和符号化，实现时空信息的个性化表达。

4 3S 技术在道路交通领域中的应用

合理运用 3S 技术，可以为交通规划和交通管理部门提供准确的交通信息和新的技术方法，为其进行道路规划、车辆引导、重点路口的监控，以及辅助决策起到至关重要的作用，集中体现于交通管理、物流管理、智能导航、交通信息服务、交通安全等应用方面，这些应用在智能交通系统中所处的地位日趋显著。

https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

4.1 道路交通管理

RS 应用于交通数据的采集和更新，通过对高分辨率、大比例尺影像的特征提取、变化检测、目标识别以及与多源数据融合实现来获取现势性强的地理数据，并以此作为路网等基础地理信息的更新依据；借助 GIS 建模，配合通讯和网络技术，实现车辆和路网的动态监测，以及应急事件的快速响应和处理；依托路网信息，配合历史和实时的动态交通信息进行长、短期交通流量预测；基于路网、车辆、环境和出行者行为等因素来探索交通需求的生成机理，研究路网拥堵形成原因和传播特性，完善应急条件下的人员疏散和交通疏散理论；应用 GPS、摄影测量和遥感技术进行交通设施的病害监测，实现对桥梁、路基等交通设施的变化检测，实现对路面病害的检测和识别，通过 GIS 将病害与路网信息关联，做到实时监测、及时维修，保障交通基础设施的安全，确保交通系统的正常运转。

4.2 物流管理

应用 3S 技术的物流管理模式是集地图显示、车辆定位与监控、通讯传输为一体，实现以货物流为基础，信息流与货物流相互印证，对运输工具、监管区域和监管货物实行全方位、全过程有效监控和高效配送的新一代物流作业管理体系。它依托于 GIS 强大的空间分析、建模，以及便捷的查询、匹配功能，同时借助无线通信线路及 GPS 实时定位和网络 GIS 的发布功能，及时掌握物流现状。通常配备 3S 集成系统的物流监控中心不仅提供实时监控、行车记录回放、信息管理等基本功能，还提供了相关的数据库查询管理、客户在线查询等功能，更主要的是能实现物流选址、配送路线选择、成本估算等功能，从而实现库存管理、运输配送的效率最优化和利润的最大化。3S 技术在物流上的应用提高了车辆、货物和驾驶员安全系数，并在很大程度上提高了监管部门的管理、监督和服务能力。

4.3 智能导航

据统计，2003 年我国装有导航设备的车辆仅有几百台，而 2006 年发展为

上 10 万台。尽管如此，相对于拥有 3 000 万辆的汽车总数来说，我国的导航设备普及率不到 1 %，而日本的汽车车载导航安装率高达 59 %，欧美约占 25 %，中国的导航产业正从发育期向高速成长期发展，特别是基于实时交通信息的智能导航系统是未来人们所希望的，具有极大的应用价值和市场前景。车载终端通过接收卫星的定位数据，计算出车辆的当前姿态（位置、速度和状态等信息），借助 GIS 的图形界面能方便地显示 GPS 接收机所在位置并实时显示其运动目标的轨迹，利用无线通信技术接收实时交通信息，进而通过路线图或语音的方式来引导用户行驶，设定个性化的行车路线或路径规划方案，满足个性化导航需求。此外，高精度 GPS 技术的使用在很大程度上提高了车辆的定位精度；浮动车技术和高分辨率影像的应用能提高交通信息的现势性；而不少学者从用户认知、界面负载、数据传输等方面研究移动终端的可视化策略可以满足用户自适应需求。

4.4 交通信息服务

通过车载终端和无线网络的配合，实时获取车辆的绝对或相对位置信息，从而根据用户需求为其提供与位置相关的交通信息服务或实现决策支持。交通信息服务不仅为具备车载终端用户提供了一种方便、快捷、实用的增值服务。而且，随着商业网点信息、路况信息、天气信息等多种与空间信息的融合将为所有出行用户提供功能更加强大、全面、人性化的信息服务。

4.5 道路交通安全

3S 技术在交通安全方面的应用也越来越广泛，它与多传感器、智能识别、智能控制等技术结合，根据车身安装的传感设备、雷达、红外、摄像机等设施，通过终端系统中的电子地图和数据库，实现道路障碍的自动识别、紧急情况自动报警、道路转弯处自动转向、安全车距提示、超速提醒等多种功能的辅助驾驶。同时，可以实时接收来自道路管理部门的各种指导信息（如气象、监管等），从而保证实现安全驾驶。另外，3S 技术为通讯系统与监管、交警、消防、养护、管理、救援等连成有机的整体提供了一个集成平台，可方便地为道路管理者提

https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

供现场紧急处理、事故信息发布以及道路养护管理等服务。

5 发展前景

3S 技术在我国国民经济建设中地位日趋重要，已经成为国家中长期科技发展计划的重要内容，将为我国综合国力的提高、信息化社会的建设、高新技术产业的发展、和谐社会的构建起到巨大的推动作用。

5.1 加强道路交通安全，减少能源消耗，构建节约型和谐社会

从 1994 年到 2004 年的 10 年间，全国民用汽车保有量从 941.5 万辆增加到 2 742 万辆，年均增长 11.3 %，其中私人汽车拥有量从 205.42 万辆增加到 1 365 万辆，10 年增长近 6 倍。与此同时，我国高速公路的通车里程也在迅速增加，预计到 2010 年将达到 8 万 km。从上面的数据可以看出我国交通事业的飞速发展，但同时也为社会的和谐发展提出了难题：①管理好数目如此庞大的车辆，使之能够高效、顺畅地运转，需要投入大量的人力、物力，但就我国目前的情况来看，车辆与道路的信息化管理还很落后，智能交通系统只在个别地区开展试验性研究，要在全国范围内达到车辆与道路的信息化管理还有很多工作要做；② 随着车辆数目增多，交通拥堵日益严重，能源需求与消耗量增加，我们将面临新一轮的能源危机和环境污染，与我国构建节约型社会轨道相偏离。因此，交通信息化对改善我国目前以及未来的交通系统运行状况、提高资源利用率、降低能源消耗、减少环境污染、加速社会发展、构建和谐社会，都将起到举足轻重的作用。

5.2 完善道路交通系统信息化、智能化，实现交通现代化跨越式发展

交通运输行业一直是维系着整个社会资源供求环节的重要纽带，在社会经济发展中的行业地位与日俱增，特别是在我国加入 WTO 后，随着我国经济持续高速发展，我国交通运输将面临前所未有的机遇和挑战，提高出行效率、减少交通拥堵、降低交通事故率也成为现代化交通面临的主要问题，而

这些正是信息化交通的要求，智能化交通的发展方向。3S 技术以其特有的空间信息处理和空间分析能力，通过对各种交通数据的获取、存储、管理和分析，借助于计算机技术、通讯技术的集成，开展交通应用，为现代交通朝信息化、智能化方向发展提供了技术保障，也将成为实现交通现代化跨越式发展的直接动力。

5.3 优化道路交通基础设施，加快产业发展，促进交通经济快速增长

我国交通运输领域中，3S 技术已经开始得到重视和发展，并步入推广、运用阶段。有些城市的出租车服务、物流配送等行业已经开始利用交通地理信息系统技术对车辆进行监控跟踪、调度管理，合理分布车辆，以最快的速度响应用户的乘车请求，降低能源消耗，节省运行成本。车辆导航产品已经成为人们的一种日常电子产品，并得到越来越多用户的青睐。以 3S 技术为基础的交通地理信息产业正在形成，并将成为地理信息产业重要组成部分和新的增长点，同时也将进一步完善交通产业链，从而促进交通经济快速、稳步增长。

6 结语

随着 3S 技术在各个领域的成功应用，为空间信息科学带来的前所未有的发展空间。作为维系国运、民生的交通事业，也应抓住空间信息科学发展的机遇，努力寻找结合的突破口，不断完善自身理论体系和关键技术，迎接智能化、信息化所赋予的挑战。3S 技术与交通的集成应用将开创新地球空间信息技术发展新的业绩，为国家的经济建设、公众服务以及和谐社会的可持续发展作出更大的贡献。

参考文献

[1] 冯仲科，余新晓．“3S”技术及其应用[M]．中国林业出版社，2000.
[2] 史文中，贺志勇，张肖宁．浅析 3S 技术集成与公路交通建设[J]．测绘通报，2003(3)：12-15.

https://doi.org/10.35534/amtt.0303005c

Analysis of 3S Technology and Intelligent Transportation

Zeng Linghua

School of Automotive and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang

Abstract: The earth space information technology is the current world within the scope of one of the fastest growing three important high technology and new technology, with its constant development and improvement of the basic theory and technical method has been increasingly mature, and is from planning, land, mapping, military and other professional application to the social life of many industries and fields penetration and expansion, The application of 3S technology in the field of transportation has become a hotspot of research and application at home and abroad. Introduces the earth space information technology applications in the field of road traffic, this paper expounds the 3 s technology and road traffic in combination with theoretical support and technical methods, and then introduces its in traffic management, logistics management, intelligent navigation, traffic information service, and typical application of traffic safety, etc, and prospects the development prospect in the field of 3 s technology in the modern traffic.

Key words: 3S technology; Intelligent transportation; GIS