

光谷地球空间信息产业发展技术路线图研究*

李元征¹ 吴胜军^{*,2} 冯 奇¹ 刘 睿³ 乔晓景¹ 张富华⁴

(1. 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077; 2. 中国科学院重庆绿色智能技术研究院, 重庆 401122;
3. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 4. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715)

摘 要:首先运用 SWOT 方法分析了光谷该产业所面临的优势、劣势、机会及威胁。其次, 基于技术路线图的内涵, 采用问卷调查法、德尔菲法、头脑风暴法以及研讨会的方法, 分析了市场需求、产业目标、技术壁垒、研发需求及研发重点, 并绘制了 5 类技术路线图, 即研发需求、优先研发需求项目、风险-利润、技术发展模式及综合技术路线图。最后, 提出相关建议, 为当地政府部门制定地球空间信息产业各时期的发展战略提供一定支持。

关键词:路线图; 3S; 遥感; SWOT

中图分类号: P208 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1006-6055.2013.02.037

Study on Roadmap of Geo-spatial Information Industry Development Technology in Optical Valley*

LI Yuanzheng¹ WU Shengjun^{*,2} FENG Qi¹ LIU Rui³ QIAO Xiaojing¹ ZHANG Fuhua⁴

(1. Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077;
2. Chongqing Institute of Green and Intelligent Technology, Chinese Academy of Sciences, Chongqing 401122;
3. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085;
4. School of Environment and Resource, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract: Firstly, a SWOT analysis is made to find advantage, disadvantage, chance and threat, faced by this industry in optical valley area. Then, based on the roadmap connotation, the market demand, industry goal, technical barrier, research demand and key point are analyzed, using various methods, such as questionnaire method, Delphi method, brainstorming method and holding seminar. Besides, five type roadmaps are drawn, including research and development demand, prior research and development project, hazard-profit, and synthesized roadmaps. Finally, related advices are proposed so as to provide some support for the local government to make development strategy for geo-spatial information industry during various periods.

Key words: roadmap; 3S; remote sensing; SWOT

1 引言

地球空间信息科学是在遥感、全球定位系统、地理信息系统和信息网络系统等一系列现代信息技术的快速发展和高度集成的推动下, 在系统科学、信息科学与地球科学的交叉领域迅速发展起来一门新兴学科^[1]。地球空间信息技术应用范围及其广泛, 如政府应用中的数字城市、国土资源管理、地质灾害监测、环境监测, 企业应用中的房产管理、物流管理、港口集装箱作业管理、海上渔船导航定位和监控管理, 个人应用中的车载导航、PND、GPS 手机、Internet 地图应用、LBS 等。与之对应的地球空间信息产业规模庞大, 并已成为发达国家和地区信息产业重要的组成部分^[2]。它的发展意义重大。在全球层面上, 随着全球变化趋势的发展和全球环境问题的日益突出^[3,4], 运用地球空间信息技术等方法对地球资源与环境的监测与预警、对外部空间环境的了解和认识对保证人类作出正确的决策以保证经济环境的可持续发展具有重要价值^[5]。2004 年初, 地球空间信息技术和纳米技术、生物技术被美国劳工部列为新出现的和正在发展的三大重要技术^[6]。地球空间信息产业以超出预计的速度飞速增长^[2]。据预计, 到 2015 年全球总产值将到 5000 亿元, 2020 年则可以达到 1 万亿元^[2]。在国家层次上, 资源、环境与灾害问题已经成为制约我国国民经济和社会可持续发展的主要瓶颈。此外, 相对于发达国家, 我国地球空间信息技术有

一定差距, 产业化程度不高, 发展不平衡。由此可见, 地球空间信息产业在我国具有良好的发展机遇和前景, 但也面临着问题和挑战。摸清该产业的发展现状、市场需求、主要障碍及首要发展方向是各级政府面临的首要任务。

在我国, 武汉光谷发展地球空间信息技术优势明显^[7], 但仍存在资源整合、运行机制、研发创新等方面问题^[7]。本文结合光谷地球空间信息产业特点, 利用科学的方法制描绘出具有战略性、科学性、可操作性的光谷地球空间信息技术产业路线图, 为建立起具有中国特色、面向世界的地球空间信息科学与技术的研发生产基地和我国最大的地球空间信息技术产业集群提供基础支持。

2 研究方案

2.1 技术路线图理论依据

技术路线图反映了对某一领域前景的看法, 以及实现这个前景的方法。它的主要目的是画出技术发展或使用的大体方向, 给技术人员以及其他关系人指明技术航线。尽管技术路线图已经广泛应用于很多国家、产业和企业, 但还没有一个标准的定义^[8,9]。其主要原因是技术路线图已成为实践的工具, 使用者的层面和经验各不相同, 路线图的表现形式和使用的技巧也不一样。技术路线图的技术路线图缘起于 20 世纪 70 年代后期, 最早应用美国摩托罗拉公司^[10]。现已在世界范围内获得广泛而深入的研究与应用, 尤其美国、加拿大、日本、韩国 4 个国家在产业技术路线图制定方面进行了大量的实践, 技术路线图已成为引领产业发展的重要工具^[11]。我国在近年也开展了技术路线图应用方面的研究工作。从 2007 年开始, 中国科学院进行了经济、社会、国家安

* 湖北省软科学研究专项项目“光谷地球空间信息产业技术路线图”(2010DEA003) 资助

** E-mail: wsj@whigg.ac.cn; Tel: 023-63063775

全、生态与环境、科学技术等方面的前瞻性分析和预测并完成 18 个领域的科技发展路线图^[12]。2008 年广东省科技厅完成五个产业技术路线图^[13]。

产业技术路线图对于技术规划的制定和技术管理水平的改善具有重要作用,是促进技术创新的重要手段,是自主创新战略工具和基础。通过建立技术路线图,企业能够追求更加有利的合作,能积聚资源致力于共同的技术问题。认清产业所处经济、社会、环境的变化,识别由此产生的市场驱动因素,并识别达到市场需求所必须的软、硬技术。通过技术路线图的制定,提高行业研究和应用新技术的能力,并促进合作研发,推动产业技术革新与技术应用快速发展。

在我国,地球空间信息产业正处于大规模产业化前期,研究技术路线图制定方法,并为武汉光谷的地球空间信息技术产业制定技术路线图,势必为该产业在规划、决策及布局研发中起到事半功倍的作用。

2.2 技术路线图制定方法

光谷地球空间信息产业技术路线图的制定是在借鉴、参考国内外成功案例的方法和经验基础上,充分结合武汉市光谷地球空间信息产业特点,分析武汉市光谷地球空间信息产业集群的产业结构以及这些产业对地球空间信息技术的需求情况,利用科学的方法制定出战略性、科学性、以及可操作性的武汉市地球空间信息产业技术路线图。本项目以武汉市地球空间信息产业“市场需求-产业目标-技术壁垒-研发需求”为研究线索和研究重点。主要分析方法包括问卷调查

法、德尔菲法、头脑风暴法、SWOT 分析法以及研讨会等。技术路线图是“技术”与“市场”两方面因素的结合。一方面是市场拉动,基于企业或产业的市场需求以及行业目标确定需要的技术类型;另一方面是技术推动,技术发展有其自身的规律,技术的发展反过来会催生新的市场需求。技术路线图通过结合这两方面因素,提供一个到达目标的路径,如图 1 所示。

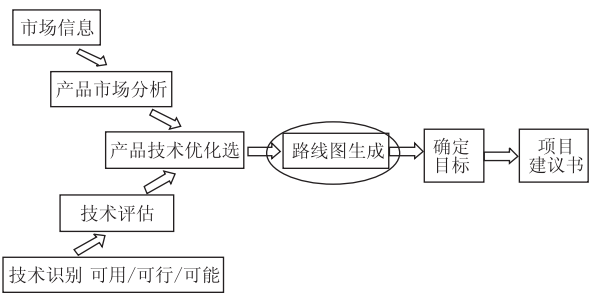


图 1 技术路线图制定原理示意图

Figure 1 The sketch diagram of technology roadmap making theory

技术路线图制定的基本流程如图 2 所示,包括三个阶段:准备阶段、开发阶段和修正阶段。第一阶段是产业技术路线图的启动阶段,第二阶段是技术路线图制定的核心部分,第三阶段是技术路线图的后续修订和制定实施阶段,也是技术路线图不断完善的过程。

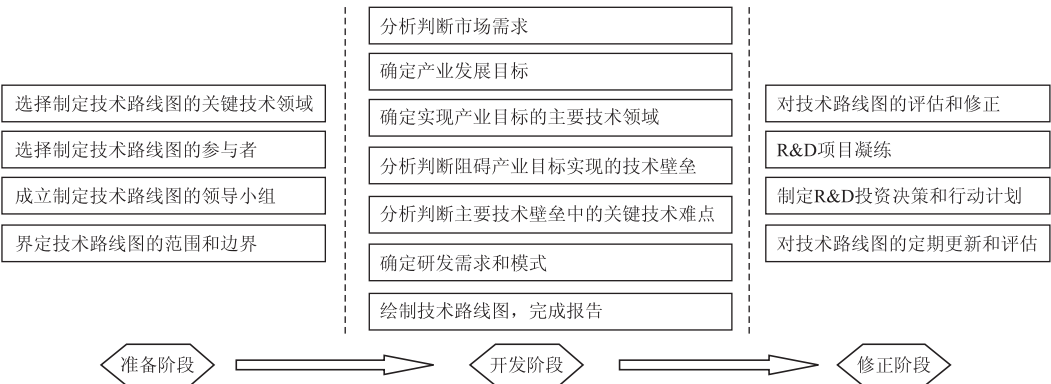


图 2 技术路线制定的基本流程

Figure 2 The basic flow path of technology roadmap making

表 1 光谷地球空间信息产业 SWOT 分析结果

Table 1 The SWOT analysis result of geo-spatial information industry in optical valley			
外部因素	内部因素	优势(S)	劣势(W)
		①政府资金支持 ②政府政策倾斜 ③人才已形成集聚 ④部分技术达到先进水平 ⑤高校、科研机构的技术支持 ⑥一系列空间信息软件的成功开发	①数据的可获取性较差 ②空间信息技术储备不足 ③自主知识产权较少
机会(O)	SO 战略		
①中国经济发展势头强劲 ②技术研发正得到加强,新成果正得到逐步推广 ③社会对空间信息服务的需要不断增长 ④政府的推动	发挥优势、利用机会 ①利用中国经济发展势头强劲等机会,进一步做大做强武汉空间信息产业 ②抓住社会对空间信息不断增加的需求量,以及迫切需要解决的资源、环境、人口和灾害等重大问题的机遇,充分利用高速发展的遥感、地理信息系统、全球定位系统和大规模数据高速通信,进一步提升空间信息产业的发展空间	WO 战略	利用机会、克服劣势 ①依托光谷空间信息产业基地支撑平台和政府支撑,加大研发力度,形成核心技术与自主知识产权 ②依托武汉本地高校及科研机构,大力培养相关技术人才,在政府专项资金的支持下,提高人才待遇,吸引更多高品质人才加盟
威胁(T)	ST 战略		
①国外的技术封锁 ②创新基础薄弱 ③国际竞争加剧 ④产业发展不平衡,产业链不完整	利用优势、抵御威胁 ①发挥人才、技术优势,进一步推动产业的科技进步 ②发挥产业规模不断增大的优势,发展垂直整合模式 ③发挥财务稳健的优势,加大研发力度,开发高性价比产品。在控制低端市场的同时,积极向高端市场进军	WT 战略	减小劣势、回避威胁 ①加强知识产权保护 ②提高自主创新的能力 ③大量建设数据库,推动数据共享

3 技术路线图制定

3.1 产业 SWOT 分析

SWOT(态势)分析,就是将与研究对象密切相关的各种主要内部优势因素、劣势因素,外部的机会因素和威胁因素,通过调查再运用系统分析方法得出一系列相应的战略对策^[14]。光谷地球空间信息产业 SWOT 分析,先由专家从政策、资源、人才、资金、技术、装备、市场等方面,对光谷地球空间信息产业目前的优势、劣势和所面临的机会、威胁等,进行了充分的分析并据此提出了其今后的发展战略。具体分析结果见表 1。

3.2 市场需求与产业目标分析

3.2.1 市场需求分析

市场需求分析主要是针对指定技术路线图的产业现状、产业在国民经济和区域经济中的地位进行分析,识别未来市场对产业和服务的需求,分析产业发展趋势以及驱动力,明确产业发展定位。核心工作是采用科学的方法,筛选出市场需求要素优先序列,为产业选择技术创新战略、确定技术创新组织形式以及研发计划的组织管理等提供依据^[15]。同时,市场需求要素分析还将为确定产业发展目标提供依据^[15]。

通过对调研结果的总结,集聚多位专家学者的智慧精华,最终运用加权算法,对市场需求要素进行排序,从而提炼出武汉光谷空间信息产业市场需求要素。正式调研时专家学者共 56 位,按工作部门看,33% 来自企业,32% 来自科研单位,27% 来自大专院校,8% 来自政府机构;按学历看,64% 为博士及以上学历,32% 为硕博,4% 为大学学历;按对地球空间信息产业熟悉程度看,73% 为非常熟悉,27% 为一般熟悉。根据专家水平和其背景来确定加权算法的权值,如学历越高、产业熟悉度越高、规划行业背景越丰富,该专家所对应的权值越大,进而加大结果的可信度。市场需求要素结果见图 3,y 轴数值代表市场需要权重,无量纲,满分为 3,分值越大表示需求越显著。

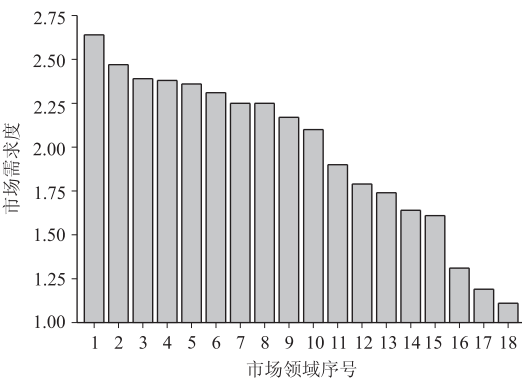
3.2.2 产业目标分析

产业目标分析,是在明确产业现状,以及未来市场对产业产品和服务需求的基础上,通过科学的统计方法,凝聚专家对产业未来发展方向的判定,确定产业发展目标。所筛选与凝练的产业目标,将为技术难题的提出提供方向^[15]。统计调研结果得出最应完成的近期及远期目标的次序,即表 4 第二行中各目标要素从左向右的顺序。

3.2.3 技术壁垒分析

技术壁垒分析是根据未来市场需求及产业发展目标,分析影响产业目标实现的技术(包括工艺)壁垒。核心工作是从现存的技术壁垒中筛选出优先要解决的关键问题。通过对这些技术壁垒的突破,带动整个产业的技术升级,实现产业目标^[15]。

关键技术难点与产业目标关联分析后的评价表示其对产业目标要素实现的阻碍程度^[15]。该值是综合考虑该关键技术对实现所有产业目标的综合考虑得到的终值^[15]。通过对其再排列,得出各关键技术难点优先度的次序^[15]。优



1. 城市空间信息服务 ;2. 灾害监测;3. 车载智能导航;4. 国土资源调查;5. 国防建设;6. 交通管理;7. 三维空间信息;8. 空间信息移动用户应用服务;9. 城市公共安全服务;10. 环境保护;11. 电子及纸质地图绘制;12. 流域水资源监测、预报、调度;13. 市政管理;14. 城市水利信息化;15. 城镇建设;16. 现代化统计体系;17. 数字仿真模拟;18. 旅游服务管理

图 3 市场需求调研结果
Figure 3 The market demand survey results

先度排名越前,表面对实现设定的产业目标阻碍越大^[15],具体见表 2。

表 2 技术壁垒要素优先顺序排序	
Table 2 The prior soring result of technology barrier elements	
优先顺序	技术
1	新型高性能测绘仪器研制
2	国内高分辨遥感卫星数据研制
3	无缝导航定位系统
4	智能导航与位置服务相关软件研发
5	面向全球增强的卫星导航系统
6	移动测量技术
7	基础地理信息动态更新技术
8	卫星精密测高技术
9	面向社会公众的民用地理信息服务平台
10	基于车载 GPS 技术系统应用的网络化服务运营平台
11	基于下一代互联网的地理信息服务
12	智能化地球观测卫星技术
13	准实时航空主动遥感测图
14	地理信息获取实用性技术
15	基于 CORS 网的新型网络 RTK
16	地理信息处理实用性技术
17	智能道路路面检测系统
18	传感器数据自动处理
19	地理信息安全保密与版权保护技术
20	空间数据质量控制
21	空间信息共享及应用服务
22	无人飞行器航空摄影测量技术
23	物联网
24	多源遥感数据高性能计算
25	GNSS 现代三维基准体系建设与维护
26	国家应急测绘数据快速获取与处理
27	信息化地理信息资源体系构建
28	空间数据挖掘和知识发现技术
29	高精度地球重力场模型与大地水准面
30	多元时空网格地理信息系统技术
31	三维航空相机阵列摄影测量
32	地理信息数据库建库
33	云计算
34	虚拟现实与仿真技术
35	最优化理论与网络分析
36	多维时空 GIS
37	深空探测与深空大地测量

3.2.4 研发需求及研发重点分析

研发需求是在总结市场需求分析、产业目标分析和技术壁垒分析三个阶段所提出的问题基础上,确定突破产业技术壁垒和关键技术难点的研发需求,找出现实与目标的差距,清晰需要培养和提升哪些能力,确定研发需求和组织研发主体(企业、产业、政府三个层次)之间的关系;确定技术发展模式(自主研发、技术合作、技术引进 3 种模式)^[15]。

首先专家针对 37 个技术难点分布提出了更具体更可行的研发项目。据此,通过问卷调查和头脑风暴会议列出研发需求优先顺序表(顶级、高级、中级等),其中顶级项目 31 个,高级项目 26 个,中级项目 9 个。此外,对研发项目从风险(高、中、低)、影响利润因素(有利因素和不利因素)、技术研发时间节点和组织研发主体 4 个方面进行分析研究。表 3 为顶级项目情况。31 个顶级项目中大部分是中、低风险的项目,共 25 个,高风险的只有 6 个;大部分为 0~8 年的项目,其中 0~3 年的 8 个,3~8 年的 18 个,大于 8 年的只有 5 个;以产业、企业及政府为研发主体的项目分别有 15、11 和 5 个。

3.2.5 产业技术路线图的制定

总结市场需求分析、产业目标分析、技术壁垒分析和研

发需求分析 4 个阶段的成功,识别出关键时间节点有效地组合和连接各层间的内容,编制几类实用、目标明确、具有参考价值的路线图。并详细阐明如何配置各阶段需要的资源、防范风险,采用何种技术创新组织模式等。在充分了解技术路线图的格式及制定路线图的目的之后,选择武汉市光谷地球空间信息产业自身发展需要的路线图形式,绘制了以下几类技术路线图^[15]。

1) 研发需求路线图

根据各种研发需求并依据时间节点(近期、中期和长期)进行分组,在各种研发需求间建立有效地连接。通过专家的研讨及头脑风暴预测出研发结果,同时确定研发需求的政府资助、产业开发和企业研究的优先顺序,以绘制出研发需求技术路线图,如图 4,其中项目编号及名称见表 3。

2) 优先研发需求技术路线图

优先研发需求项目是制约产业发展的最关键的技术壁垒,认真研究其攻关过程中可能存在的风险、利润影响因素和研发时间节点有利于各研发主体在决策时高度关注这些问题,科学决策,以便于工作有效地开展科研组织工作。通过研发需求分析凝练出优先研发需求项目的技术路线图,见图 5。

表 3 顶级研发项目的有关指标
Table 3 Related index of top research and development programs

编号	凝练项目名称	时间节点 年	组织主体	发展模式	影响因素	利润分析	风险分析
			政府	产学研	高	高	高
			企业	独立	中	中	中
			产业	引进	低	低	低
2.1	自主卫星导航系统	8~13	政府	独立	高	高	中
2.2	GNSS 系统集成应用	0~3	产业	产学研	高	高	中
3.1	GPS/COMPASS 双系统高精度软/硬件接收机关键技术	3~8	企业	产学研	高	高	中
3.2	城市道路和高遮挡地区不间断定位和导航	0~3	企业	独立	中	高	低
4.1	基于 CORS 系统资源对全球实时精密定位系统数据的采集、处理、管理和共享	0~3	企业	产学研	高	高	低
6.1	无人飞行器航空摄影测量技术	3~8	产业	独立	低	高	低
9.1	卫星精密测高技术	3~8	产业	产学研	中	高	中
10.2	地面移动平台集成化动态综合测量技术	0~3	企业	独立	中	高	中
11.1	在轨自动变化检测	8~13	政府	独立	高	高	高
11.2	在轨数据处理、管理及分发	8~13	政府	独立	高	高	高
11.3	传感器高精度定位技术	3~8	产业	产学研	中	高	中
13.1	国内高分辨遥感卫星数据研制	8~13	政府	产学研	高	高	中
14.1	新型高性能测绘仪器研制	8~13	产业	产学研	高	高	高
15.1	国家应急测绘数据快速获取与处理	3~8	产业	独立	中	高	中
16.3	海洋地理信息获取	3~8	产业	产学研	中	高	中
24.1	惯导和差分定位技术与激光测量	3~8	产业	产学研	中	高	中
24.2	非常规航空数字摄影测量数据处理	3~8	产业	产学研	中	高	高
25.1	地理信息增量信息描述模型、表达方法、增量数据与旧版本数据的匹配与替换、增量信息的模式匹配与语义转换技术	3~8	产业	产学研	中	高	高
28.1	网格环境下海量、多元时空数据协同管理	0~3	产业	产学研	中	高	高
28.5	新一代高可信的网格 GIS 软件平台研发及应用	3~8	产业	产学研	中	高	中
29.1	基于车载 GPS 技术系统应用的网络化服务运营平台	0~3	企业	独立	中	高	中
30.1	智能导航与位置服务相关软件研发	0~3	企业	独立	中	高	中
32.1	地理空间信息共享服务平台基础及应用软件研发	3~8	产业	独立	中	高	低
32.2	面向多业务应用部门的空间数据交换、数据在线更新与信息共享服务核心技术	3~8	产业	独立	中	高	中
32.3	应需自动响应与智能处理技术	8~13	企业	产学研	中	高	中
33.1	基于下一代互联网的地理信息服务	8~13	产业	产学研	高	高	中
36.1	面向社会公众的民用地理信息服务平台	8~13	政府	独立	中	中	低
37.1	智能感知技术	3~8	企业	独立	低	高	中
37.2	智能信号处理技术	3~8	企业	独立	中	高	低
37.5	智能交互和协同感知	8~13	企业	产学研	中	高	中
37.6	物联网支撑和应用	8~13	企业	产学研	高	高	中

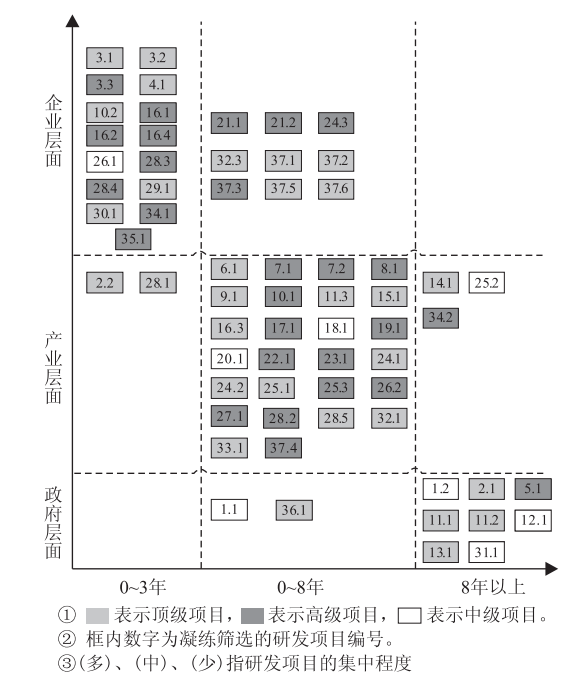


图 4 研发需求技术路线图

Figure 4 Technology roadmap of research and development demand

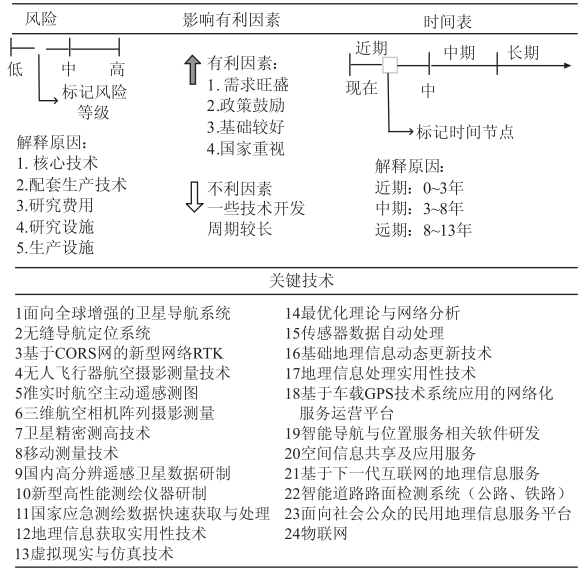


图 5 优先研发需求项目技术路线图

Figure 5 Technology roadmap of prior research and development programs

3) 风险—利润技术路线图

将筛选出的优先研发需求项目置于以风险程度为横轴和利润率为纵轴的坐标系,通过该坐标,可以看到每一个优先项目与风险和利润间的相关性。为科技主管部门或生产联盟领导在项目立项、科研经费的投入等方面作出科学判断提供依据。图 6 为优先研发需求项目的风险—利润技术路线图。

4) 技术发展模式技术路线图

将筛选出的优先研发需求项目的关键技术,根据其国外解决情况,按项目技术发展模式进行分类,分别为自主研发、技术合作、技术引进等 3 种模式。图 7 为优先研发需求项目

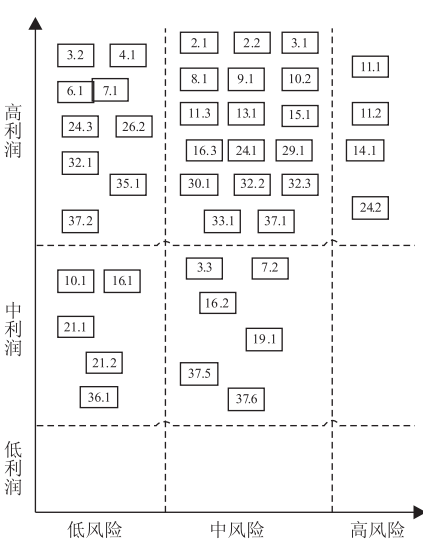


图 6 研发需求技术路线图

Figure 6 Technology roadmap of research and development demand

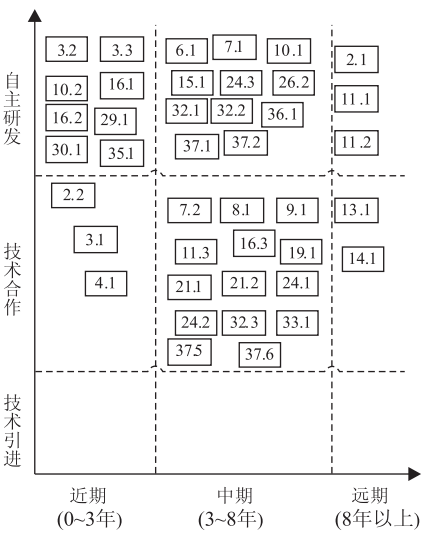


图 7 技术发展模式技术路线图

Figure 7 Technology roadmap of technology development pattern

5) 综合技术路线图

总结市场需求分析、产业目标分析、技术壁垒分析和研发需求分析 4 个阶段的研究成果,并将其综合起来,绘制出综合技术路线图,见表 4。

4 结束语

基于上文 SWOT 分析及技术路线图的研究,可掌握光谷地球空间信息产业发展的机遇和前景,面临的问题和挑战;摸清该产业的市场需求、主要障碍及首要发展方向,为政府、产业及企业层面的决策提供一定依据。限于篇幅,本文仅给出针对政府部门的一些政策和措施。

1) 加大土地供应支持力度:①加大基地内水、电、气、网络、道路、排水等基础设施的投入力度,尽快规划建设单身公寓、公共食堂等配套设施,并预留发展用地。②对新引进的重大项目,相关部门要全力支持。

2)加大财政税收支持及奖惩力度:对有突出贡献的企业,如开发新技术、新产品、新工艺、新专利的自主创新企业,主持国际标准、国家标准、行业标准及地方标准制(修)订工作的企业,以收购、兼并等手段成为具有规模效应和品牌优势的亿元大公司、大集团,上市公司等,予以优惠的财政税收政策和丰厚的奖励。

3)加大自主创新产品推广应用支持力度:①加大 3S 知识产权的执法力度,帮助企业健全知识产权管理制度和技术秘密保护制度。②加快产业技术标准体系建设,包括数据加工处理标准、数据发布发行标准、地球空间信息产业在各应用/服务行业标准等。③对政府投资的 3S 应用工程项目优先使用本地具有自主知识产权的 3S 产品。

4)加大人才引进培养和引进支持力度:①激活创新源头,奖励对科技创新及科技成果转化有突出贡献的人员。②转变机制,深化院校所属 3S 企业体制改革。推进大专院校科技型企业向企业法人、科技人员或民间资本整体或大部分转让资产或股权,使学校在科技型企业中的股权比例逐步减退。③大力引进海内外高层次 3S 人才,构筑高层次科技人才引进“绿色通道”。④对建立 3S 专业大学生实习基地的单位实行财政补贴,为高校毕业生创新创业提供大学生创业天使基金资助和小额担保贷款。

5)加大产学研技术创新联盟支持力度:①打造数据生产、软件开发、硬件制造、集成系统、运营服务在内的完整地球空间信息产业链,扶持以产业联盟集体申报的项目。②对企业或社会力量建立公共技术服务平台并给予一定资助。

6)加大组织领导协调服务力度:成立由政府、企业、科研院所相关负责人为成员的工作组,开展统筹规划、协调指导、研究决策等工作。

致谢 本工作是在多家单位专家、企业家和政府管理人员大力支持和积极配合下完成的。在此深深感谢他们所作的贡献。他们是中国科学院测量与地球物理研究所、武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室、武大吉奥信息工程技术有限公司、武汉市勘测设计研究院、武汉市城市规划国土

资源管理局江汉分局。

参考文献

- [1]千怀遂,孙九林,钱乐祥. 地球信息科学的前沿和发展趋势[J]. 地理与地理信息科学,2004,20(2):1-7.
- [2]邓洪涛,南静. 地球空间信息产业前景诱人[N]. 湖北日报,2012-3-13(15).
- [3]葛全胜,王芳,陈泮勤,等. 全球变化研究进展与趋势[J]. 地球科学进展,2007,22(4):417-427.
- [4]WALTHER J G R,POST E,CONVEY P,et al. Ecological responses to recent climate change[J]. Nature,2002,416:389-395.
- [5]李德仁,李清泉. 论地球空间信息科学的形成[J]. 地球科学进展,1998,13(4):319-326.
- [6]李德仁. 地球空间信息科学的机遇[J]. 武汉大学学报信息科学版,2004,29(9):753-756.
- [7]武汉市经济和信息化委员会. 关于加快地球空间信息产业发展的实施方案关[EB/OL]. 2012-09-28/2012-11-01. <http://www.whhec.gov.cn/Science/Read2.aspx?cid=219&aid=1485>.
- [8]李栎,张志强,安培浚. 技术路线图的发展与应用分析[J]. 图书与情报,2009,(3):8-13.
- [9]庄幸,姜克隽. 我国纯电动汽车发展路线图的研究[J]. 汽车工程,2012,34(2):91-97.
- [10]WILLYARD C H,MCCLESS C W. Motorola's technology roadmap process[J]. Research Management,1987,(9/10):13-19.
- [11]涂瑶生,杜建平,孙冬梅,等. 基于问题导向的中药产业技术路线图制定流程研究[J]. 时珍国医国药,2010,21(10):2676-2678.
- [12]中国科学院. 科技革命与中国的现代化—关于中国面向 2050 年科技发展战略的思考[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [13]李兴华,叶景图,刘庆茂,等. 产业技术路线图—广东科技管理创新实践[M]. 广州:广东科技出版社,2008.
- [14]王秉安,甘健胜. SWOT 营销战略分析模型[J]. 系统工程理论与实践,1995,12(12):34-45.
- [15]曾路. 产业技术路线图原理与制定[M]. 广州:华南理工大学出版社,2008.

作者简介

李元征(1986-),男,硕士研究生,主要研究方向:3S 技术在资源环境中的应用。