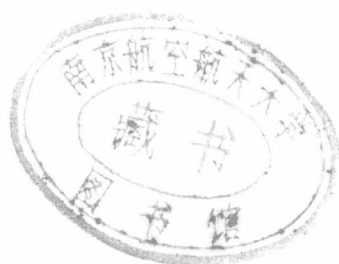


信息科学与技术学院

041 系



目 录

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
01	王宗荣	副高	机关	大学生就业形势和高等院校的对策研究	航空教育	2004.04	
02	武昕伟 朱兆达	博士 教授	041	一种基于小波域隐马尔可夫模型的SAR相干斑抑制算法	中国图象图形学报	2004.09.04	
03	李 勇 张昆辉 朱岱寅	博士 研究员 副研	041 外 041	SAR image enhancement based on beam sharpening technique	南京航空航天大学学报 (英文版)	2004.21.02	
04	李 勇 朱岱寅	博士 副研	041	机载合成孔径雷达的高分辨率子孔径成像算法研究	电子与信息学报	2004.26. 增刊	
05	李 勇 朱岱寅	博士 副研	041	Geometric distortion correction in the Subaperture Processing for High Squint Airborne SAR Imaging	IGARSS'04 proceedings	2004.06	
06	肖 靖 朱岱寅	硕士 副研	041	极坐标格式算法及其在条带SAR成像中的应用	雷达科学与技术	2003.01.04	
07	汪 玲	初级	041	ISAR Motion compensation using ROPE	南京航空航天大学学报 (英文版)	2004.21.01	
08	汪 玲	初级	041	机载 ISAR 对舰船成像研究	电子与信息学报	2004.26.增刊	
09	汪 玲	初级	041	Study on Airborne ISAR Imaging of Ship Targets	IGARSS'04 Proceedings 2004	2004.06	
10	颜 彪 许宗泽	博士 教授	041	OFDM 系统中的峰值平均包络功率比上下界的分析	厦门大学学报	2004.43.04	
11	颜 彪 许宗泽	博士 教授	041	一种抗延时失真的并行传输系统分析	系统工程与电子技术	2004.26.05	
12	李跃辉 林洪榕 许宗泽	博士 教授 教授	041 外 041	在线放大器为 PSA 的动态孤子通信系统传输性能受光纤色散参量影响的研究	通信学报	2004.25.09	
13	李跃辉 林洪榕 许宗泽	博士 教授 教授	041 外 041	PSA 平均光孤子系统传输性能的研究	电信科学	2003.19.12	
14	高宏峰 许宗泽	博士 教授	041	用遗传算法优化 Turbo 码交织器	南京航空航天大学学报	2004.36.03	
15	高宏峰 许宗泽	博士 教授	041	RA 码译码简化算法的研究	四川大学学报 (工程科学版)	2004.36.04	
16	吴 边 许宗泽	硕士 教授	041	改进的部分并行干扰抵消多用户检测	南京航空航天大学学报	2004.36.03	

序号	姓名	职称	单位	论文题目	刊物、会议名称	年、卷、期	类别
17	张小飞 徐大专	博士 教授	041	Novel adaptive multiuser detection algorithm based on wavelet transform	南京航空航天大学学报 (英文版)	2004.21.02	
18	张小飞 徐大专	博士 教授	041	WCDMA 系统中空时 2D-RAKE 接收机性能分析	电波科学学报	2004.19.05	
19	张小飞 徐大专	博士 教授	041	基于小波包变换的自适应多 用户检测	应用基础与工程科学 学报	2004.12.04	
20	张小飞 芮 华 徐大专	博士 博士 教授	041	A Low-complexity Multiuser Detection Method Based on Mean Field Annealing	在 ICCCCAS'04 会议 上交流		
21	张小飞 徐大专	博士 教授	041	A Novel Adaptive Channel Estimation Method in WCDMA System based on Least Squares	在 2004 年 IEEE6thCAS symp. On Emerging Technologies, Mobile and wireless comm 会 议上交流		
22	张小飞 徐大专	博士 教授	041	A Novel Adaptive Channel Estimation Method in WCDMA System based on Weighed Least Squares	在 ICSP04 会议上交 流		
23	史庭祥 宋茂忠	硕士 教授	041	时空调制扩频通信定位系统 抗多径测角测距方法	应用科学学报	2004.22.02	
24	杜 娜 宋茂忠	硕士 教授	041	一种伪卫星动态抗多径方案	上海航天技术研究院	2004.02	
25	仰枫帆	副教授	041	GGD Model of Extrinsic Information with Dynamic parameter Assignment for Turbo Decoder	IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS	2004.03.05	
26	仰枫帆	副教授	041	Turbo Decoder Using local Subsidiary Maximum Likelihood Decoding In Prior Estimation of The Extrinsic Information	Journal of Electronics (China) 电子科学学刊 (英文 版)	2004.21.02	
27	张 弓	教 授	041	扩展分形在 SAR 图像特定尺 寸目标检测中的应用	南京航空航天大学学报	2004.36.03	
28	张 弓	教 授	041	一种基于逼近信噪比的 SAR 图像质量评估方法	南京航空航天大学学报	2004.36.02	
29	张桂芝	副教授	041	我校实验室仪器设备使用维 修中存在的问题及对策	南航学报 (社科版)	2004.06.30	

大学生就业形势和高等院校的对策研究

王宗荣

(南京航空航天大学, 南京 210016)

摘 要 本文在分析大学毕业生就业形势的基础上, 对提高学生培养质量, 加强就业指导, 开拓就业市场, 解决毕业生就业问题等方面进行了探讨。

关键词 大学生 就业形势 对策 研究

当前, 我国高等教育正经历着一场前所未有的深刻变革, 长期的“精英教育”开始向“大众化教育”转变, 这种历史性的转变给高等院校毕业生就业带来了发展机遇, 同时也面临着新的挑战。高等院校如何正确的分析形势, 找准定位, 注重内涵建设, 提高人才培养质量, 加强就业指导, 不断开拓就业市场, 对于提高毕业生就业率, 实现毕业生的充分就业具有重要的意义。

一、大学毕业生就业形势及特点

1. 毕业生人数迅速增长

2003 届毕业生是国家 1999 年实行高校扩招后的第一届毕业生, 全国普通高校毕业生人数达到创纪录的 212 万人, 与 2000 年相比几乎翻了一番, 比 2002 年(145 万)净增加 67 万名, 增幅达 46.2%。到 2004 年全国毕业生人数上升到 280 万, 比 2003 年增加了 68 万, 增幅达 32%之多。随着高校办学规模的不断扩大和研究生的进一步扩招, 今后全国毕业生的数量将进一步增加。

2. 传统的就业单位需求减少

传统就业单位主要是指各类国有企事业单位。国家恢复高考制度以后, 人才培养步入了良性发展的轨道。经过近 30 年时间, 已培养了一大批优秀的毕业生, “文革十年”所造成的人才缺口已基本补齐, 文革后培养的大学生已成长为国家科学技术的中坚力量, 承担起国家经济发展和技术进步的历史重任。随着机构改革、产业结构调整和生产设备和技术更新换代任务的基本完成, 以及退休高峰的过去, 困扰传统单位的人才缺口问题已基本得到解决, 这些单位对人才需求的迫切程度已大大减缓, 引进人才也将由过去的大面积吸纳变为小范围的局部补充, 特别是一些经济效益和地理位置好的单位, 这种现象表现的更为明显。比较 2002 年~2004 年的全国就业形势就不难发现, 传统单位的总体需

求呈逐年下降的趋势, 如过去需求旺盛的航天系统 2004 年的毕业生需求量下降了近三分之一。

3. 需求结构发展不平衡

近年来, 社会对大学毕业生的需求在结构上的矛盾愈来愈突出, 主要表现在以下几个方面:

一是地区之间的矛盾。东部及沿海地区、经济发达地区和中心城市对大学毕业生的需求仍然保持旺盛的势头, 中西部地区的需求也有所增加, 而边远省区和经济欠发达地区对大学毕业生的需求反而不足。

二是行业之间的矛盾。作为大学毕业生传统就业主渠道的国有大中型企事业单位的需求正逐步减少, 而三资企业, 特别是民营企业以及高新技术产业的需求增加的比较快。

三是专业之间的矛盾。随着高新技术的迅猛发展和国家对基础设施的投资规模的不断扩大, 社会对通讯、电子、计算机、自动化、交通运输、建筑、土木等专业学科的毕业生需求比较旺盛, 特别是随着加工制造业的发展, 近年来对机械工程专业学科毕业生的需求量较大, 而对环保、轻工食品、农林工程等学科专业毕业生的需求相对较少, 尤其是象社会学、法学、经济贸易等文科及经济管理类专业学科的毕业生需求量较少, 呈现出过剩的迹象。

四是学校之间的矛盾。绝大部分用人单位对重点大学、名牌大学的毕业生比较青睐, 对一般大学的毕业生比较冷淡, 有的城市建立了市场准入制度, 规定对外地生源只接收进入“211 工程”建设的大学毕业生, 而对没有进入“211 工程”的大学毕业生除特别需求的冷门专业以外, 其它专业一般不予接收。今后随着经济的发展和大学毕业生数量的进一步扩大, 这种现象将越来越普遍, 社会需求特别是大专院校、研究机构和著名品牌的用人单位将把需求主要集中到名牌院校和特色专业, 而一般大学的毕业生在这些行业和部门所占的份额将越来越

少。

五是性别之间的矛盾。一些用人单位只接收男生,而对女生设置了种种限制,或规定了很小的比例。即使接收毕业生的负责人是女士,也一样会提出类似的条件。面对前来洽谈的女生,总是推三阻四,尽力搪塞,或是提出更加高的标准或苛刻的要求,令女生望而兴叹,退避三舍。尽管政府和社会一再呼吁不得有性别歧视,但男女毕业生就业机会不均等的事实现实中是客观存在的。

六是应届毕业与有工作经历之间的矛盾。近年来,有相当一部分用人单位倾向于接收有过一段工作经历的毕业生,特别是三资企业和民营企业更是如此。随着用人制度改革的深入和多元化经济的发展,今后毕业生一次性就业率将呈逐年下降的趋势,适应于对应用型人才需求的不断扩大,继续教育和“回炉生”培训行业将会得到进一步的发展。

4. 社会对毕业生的要求不断提高

目前,大学毕业生就业已经实现了由“供方市场”到“买方市场”的过渡,过去用人单位不惜花重金到高校购买大学毕业生的时代已一去不复返了,曾几何时被誉为“天之骄子”的大学生,今天不得不面对为工作而奔走的严酷的现实。随着一批批大学毕业生、研究生涌入就业市场,用人单位对毕业生挑选的余地也越来越大,接收的标准也越来越高,要求越来越严。他们不仅把目标集中到名牌大学和高学历毕业生身上,而且还强调毕业生的综合素质。既重视毕业生的自荐、面试和笔试,又注重学生的在校表现。不单单考察业务学习成绩和实际动手能力,还考察求职者的政治素质、思想道德素质和身心素质。因此,三好学生、学生社团干部和党员已成为毕业生求职的重要筹码。外向型、复合型、开拓型和具有创新意识的毕业生受到用人单位的普遍欢迎。用人单位要求毕业生要诚实守信、脚踏实地,具有强烈的事业心和良好的团队合作精神。英语四级(有相当部分用人单位已提高到六级)成绩、计算机等级证书等已成为用人单位接收毕业生的基本条件之一,一些未通过英语四级考试的毕业生被大部分单位拒之门外,象上海等城市还规定未取得计算机二级证书的毕业生不予落户。总而言之,用人单位对毕业生的业务能力、道德水准等综合素质的要求越来越高。

5. 高校间竞争进一步加剧

随着高校毕业生就业人数的迅速增长,就业形势日趋严峻,就业压力进一步加大。对此,党和国家给予高度重视,全社会也给予普遍关注。为了更好地解决高校毕业生就业问题,缓减就业压力,国家

出台了一系列政策规定。如,把毕业生就业率作为高校评估的一项重要指标;国务院有关部门定期公布高校毕业生的就业率和就业情况;对社会需求不大、毕业生就业率过低的地方、高校、专业,根据情况减少招生数量,相应减少教育投入,甚至停止招生等等。这些政策的出台把学校推到了第一线,各个高校为了提高自己的毕业生就业率,千方百计,想方设法去抢占就业市场,扩大就业范围,过去曾经由部门办学而形成的相对独立的行业内部就业体系,时至今日,那种行业分割垄断的局面已经被彻底的打破了,在毕业生就业方面出现了一种混战的局面,高校之间的就业竞争日趋激烈。

二、高校应采取的对策

高等院校的主要任务就是培养人才,她的主要产品就是人。在市场经济条件下,对一个企业来说,如果它生产的产品卖不出去,其最终结果必将是破产倒闭。这样一条基本的经济运行规则必将在不远的未来同样被运用的高等教育。作为学校,如果培养的人不被社会所接受,那么,她所造成的后果和对社会的危害程度远比一个工厂的倒闭所造成的后果和对社会的危害要大的多。毕业生就业工程比企业的生产要复杂的多,但作为高等学校如何立足自身,切实做好毕业生就业工作,笔者认为应主要抓好以下三个环节:

1. 扎扎实实抓人才培养质量

质量是生命。一流的人才要靠一流的大学去培养,一所大学其毕业生就业率、就业质量的高低关键在于这所学校的办学质量、特色和水平,在于人才培养质量。对于学校来说,确立正确的办学理念,拥有一流的办学质量和水平,形成自己的特色,这是决定就业工作的最根本、最基础的要素。

一是要加强学科的建设。学科是构成大学的重要基础。一所大学的学科不可能样样都是最强的,但至少要有若干个或多个学科是知名的,在国内甚至国际上处于领先水平,这是一所著名大学的品牌或旗帜,是此大学与彼大学区别的重要标志。用人单位到学校招聘往往看重的就是这所大学品牌专业的毕业生,因为对用人单位来说,他们要打造自己的品牌就必须吸收名牌大学的强势专业人才,这样才能促进其自身的发展。一所大学的品牌专业可以吸引与该专业相关的众多用人单位来校招聘,同时也为其它专业的毕业生创造了与这些单位接触的条件,增加了就业的机会。因此,品牌专业对一所大学毕业生的整体就业具有很强的拉动作用,形成大学毕业生就业的“品牌效应”或“搭车效应”。

二是合理调整专业结构。过去大学的专业设置往往是根据自己所拥有的资源来决定,而很少考虑市场的因素。有的专业毕业生尽管社会需求很少,但学校还要年年招生,不断投入,企图强迫社会接受他的存在,其结果是不仅造成国家资源和学生青春年华的浪费,也给社会和家庭造成巨大的就业压力,长此下去,势必影响社会和家庭的稳定。作为人才培养基地,大学应根据国家建设和发展的实际需要合理调整专业结构,培养社会真正急需的人才,使学校培养的各类毕业生与社会的实际需求基本保持平衡。

三是注重学生能力培养。在现实中,高分低能的现象带有一定的普遍性。拥有知识并不等于具有能力,只有能力才能使知识增值,否则,知识就变成无用的摆设。从近几年就业市场用人单位选人开列的条件来看,他们更注重应聘者的能力。一个毕业生如果能力欠缺,即使掌握再多的知识,也很难适应工作,有所作为。因此,学校应重视学生能力的培养,把学习掌握合理的知识结构与培养锻炼各方面能力有机地结合起来,全面提高自身的综合素质。当然,大学毕业生走上社会后,要胜任工作并有所发展,需要多方面的能力,但基本的的能力包括动手操作能力、调查研究能力、语言表达能力、人际交往能力、组织协调能力、适应能力、开拓创新能力和终身学习的能力,其中核心的是要培养学生终身学习的能力。

四是灵活人才培养机制。现有的招生体制实际上是一种一考定终身做法,学生拿到了大学录取通知书也就基本确定了一生的专业方向,这种做法单从解决毕业生就业的角度来看就存在多种弊端。家长为子女的大学教育投资与期货投资具有相同的性质,从市场需求来看,今年热的专业四年以后未必一定就热,尤其是当今科学发展和技术更新都十分迅速,因此,高等院校的人才培养要与社会的需求相适应,要建立招生、培养和就业协调发展的机制,以就业反馈招生和培养,在夯实基础理论的前期下,采取灵活多样的培养模式,如有的学校所采取的“2+2”、“3+1”等柔性培养模式,这样可以为有效地解决毕业生就业开辟途径。

2. 切实加强择业观的教育引导

即将到来的“大众化教育”使大学生人数迅速增长,在毕业生招聘会上反映出一种大学毕业生已供过已求,人满为患的现象。一张张渴望的面孔和一双双期待的眼神,显现出青年人对美好未来的憧憬。然而客观现实与各自的想象差别是如此之大,一次次的被拒绝和搪塞,使他们无不生出许多无奈。一种焦虑和自卑在相当部分的学生身上不同程

度存在,以至于在学生中发出“郁闷”的感叹,有的索性采取消极的回避态度,干脆躲避招聘会,他们害怕碰壁,以至于他们的父母亲不得不一齐上阵,加入到大学生就业的行列。一些媒体又积极参与其中大加鼓动,一时间大学毕业生就业被搅得“周天寒彻”。

在实践中往往发现有业不就,有人不用的现象十分普遍,即一方面学生找不到工作,另一方用人单位又招不到毕业生。分析上述现象的产生原因,既有体制上的问题,也有思想认识和工作上的问题。随着传统的就业岗位人才缺口的基本解决,这种结构上的就业矛盾将变的更加突出。从学校的角度来说,如何引导学生端正思想观念,树立正确的人生观和择业观,对切实解决毕业生就业问题,提高就业率具有十分重要的作用。

(1)加强就业工作队伍建设。就业辅导是一门学问,在计划经济时代,大学毕业生实行的是国家统一分配,在校大学生已享受国家准公职人员待遇,学校的任务就是根据上级下达的计划把学生分配到各个用人单位,并说服毕业生服从分配,期间不存在就业指导的问题。在开展毕业生就业指导方面,国内所有高校还缺乏基本的工作经验和人员储备。因此,迫切需要建立一支具有强烈的事业心和责任感,爱岗敬业,开拓创新的专职就业工作队伍,并使之专业化和专家化,加强对就业工作的学习研究,对未来的就业形势进行预测,帮助学生搞好职业生涯规划和设计,提高就业指导、咨询、服务水平,以适应大学生对就业指导与服务的要求。

(2)积极开展就业思想的宣传教育。长期的计划经济影响,使人们已经习惯于被“包办”,而对自主择业显得很不适应,人们的思维定势还是把大学毕业生作为国家干部来看待,特别是偏远地区和经济欠发达地区,一个家庭要供养一个大学生到毕业需要全家人多少年艰苦努力,有的甚至向亲朋好友或集体、银行举债,他们把唯一的希望都寄托在孩子身上,根本无法接受就不了业这样的事实。因此,高等院校应积极开展就业思想的宣传教育,帮助学生解放思想,转变观念,树立正确的人生观、价值观和择业观,指导学生正确分析形势,客观地评价自己,降低期望值,不盲目攀比,正确看待学习、择业和成才的关系,要以积极的姿态参与社会竞争,接收社会的挑选,找准适合自己发展的工作岗位和生活地区,尽快实现就业。

(3)热情鼓励学生自主创业。前段时间北大毕业生卖肉被媒体炒的纷纷扬扬,期间不乏揶揄之意,似乎北大的毕业生就应该是当科学家,做省长、部长,成名成家,而卖肉的事就非北大学生所为。这种炒作现象的背后实际上反映的是传统的封建“学

而优则士”思想在作怪。人的生存方式是多种多样的,学习是提高人的生存技能,改善生活质量的一种手段,只要自己认为合适而又为社会的法律所允许,别人就应该尊重他的选择,特别是随着社会经济的多元化发展,应当提倡多元化的就业方式,鼓励毕业生自主创业,利用自己所学的知识,开辟新的就业途径。

(4)加强就业心理疏导。双向选择,自主择业已成为历史的必然,可以预见的是今后的就业市场竞争更加激烈,就业压力进一步加大,要允许和承认少量大学毕业生失业事实的存在。这种现实无疑会增加青年学生的心理压力,尤其是对于那些弱势群体压力会更大。因此学校要通过多种渠道,采取多种方式,加强对学生的心理教育和疏导,帮助学生释放心理压力。同时要教育学生学会正确对待压力,把压力变成动力,培养自己的竞争意识,努力学习,立志成才,要勇于面对人生的种种困难和考验,以勇敢者的姿态去迎接各方面的挑战,做生活的强者。

(5)强化道德法制教育。市场经济是法制经济,它要求进入市场的各个主体要遵纪守法,平等互利,公平竞争,依照市场法则规范各种活动。中国是一个具有几千年封建历史的国家,长期的封建专制观念的影响和建国后法制建设的不完备,以及行业不正之风等多种因素的影响,从整体上看,我国公民的法律意识与社会公德意识普遍较弱,表现在毕业生就业过程中的不守诚信,不按照协议办事的现象时有发生,(当然,这种现象在个别用人单位身上也存在)这不仅严重干扰了就业市场的正常有序发展,也给学校的信誉造成很大的伤害,同时也影响学生未来的发展。作为接受高等教育的青年学生,应该成为社会公民中具有法律意识和社会公德意识的先进群体,为其他社会群体做出表率。

3. 努力开拓就业市场

就业市场就如同商场,没有商场,产品就没有展示的场所,实现由产品向商品的转换就会遇到更大的困难。对一所大学来说,如果没有广阔的就业市场,就业渠道不畅通,就不能为学生的就业创造条件,也不可能有很高的就业率,更谈不上高就业质量。因此,努力开拓就业市场,不断拓展就业空间,为学生创造更多的择业机会,已成为高等院校的一项重要任务。

首先是选准市场定位。就业市场的定位非常关键,定位太高则可能事倍功半,收效甚微。定位太低则会在的低层次上徘徊,对提升学校的地位和学校的发展十分不利。作为高校的领导,一定要对就业市场进行认真的研究,找准与学校的地位基本相称

的就业市场,这既是解决眼前的就业问题,更是为学校今后的发展奠定基础,创造良好的社会环境。

其次是发挥特色优势。每所高校都有各自的特色,形成属于自己的风格,这种特色和风格共同构成学校的文化,办学历史愈长,这种文化的积淀就愈加深厚,这正是区别于其它高校的最显著的标志之一。一所高校的毕业生要想被用人单位所接收,首先这所学校必须被用人单位所接受。正如高校录取的新生不可能是来自同一所中学的学生,一家用人单位也同样需要引进不同高校的毕业生,能够吸引用人单位来校招聘的其中一个重要原因就是学校的特色。因此,高校应努力形成属于自身的特色,并充分张扬和发挥其特色优势,以确立其社会中的形象和地位,吸引用人单位的注意力,由此达到推销毕业生的目的。

再次是挖掘校友资源。校友是学校的缩影,用人单位对校友的评价实际上也是对学校的评价,他们的工作状况在一定意义上反映了学校的水平和实力。由于校友在社会上已占据一定的位置,在一个单位或部门树立起其母校的形象,有意无意的扮演了学校在用人单位的广告宣传角色,并对用人单位的招聘施加影响,有的甚至在某一行业或某一领域有着重要影响,从而为母校毕业生进入这些行业或领域就业创造了有利条件,开辟了广阔的空间。因此,校友对毕业生选择职业有着很大的影响和带动作用,是学校可利用的重要社会资源,学校应充分利用这些资源,为毕业生就业服务。

第四是利用地区优势。我国幅员辽阔,地域宽广,不同的地区经济发展和文化风俗差异较大,正是这种地区间和经济文化的差异为毕业生就业构筑了广阔的舞台。一般来说,东部和经济发达地区由于经济发展和技术更新较快,对人才的需求较旺,毕业生择业的机会较多,但同时这些地区人才要求较高,竞争相对激烈。西部和一些经济欠发达地区由于地理和经济的原因,近年来大学毕业生去的较少,存在较大的人才缺口,而且对人才的要求相对东部和经济发达地区要低,因此,为毕业生就业增加了机会,毕业生在这些地区同样可以做出一番事业,实现自己理想。

总之,随着高等教育大众化的不断推进,高校毕业生就业人数将进一步增加,就业形势会日趋严峻,就业竞争将更加激烈,就业压力进一步加大,也可能出现新的问题,遇到新的困难,引发新的矛盾。对此,高等院校应有充分的思想准备,认真分析形势,明确方向,主动应对,不断改善办学条件,提高教育教学质量,培养高素质人才,增强市场竞争力。加强就业指导,千方百计开拓就业市场,以提高就业率,实现毕业生的充分就业。

一种基于小波域隐马尔可夫模型的 SAR 相干斑抑制算法

武昕伟 朱兆达 张弓 郭春生

(南京航空航天大学信息科学与技术学院 401 室, 南京 210016)

摘要 相干斑噪声是 SAR 图像的固有特点。对相干斑抑制的要求是在平滑噪声的同时, 尽量保持原始图像的结构信息。现有的许多相干斑抑制方法各有优点和不足, 没有普遍的适用性。基于图像在小波域的隐马尔可夫模型 (HMMs) 结构, 结合 SAR 图像中相干斑噪声的统计特性, 本文提出了一种新的小波域相干斑抑制方法。仿真及实测数据处理结果表明, 该方法在有效抑制相干斑的同时, 更好地保持了边缘结构。与小波域软阈值去噪方法和 Lee 滤波器相比较, 该方法在噪声平滑及边缘保持上都取得了较大的改进, 并得到了较好的视觉效果。

关键词 合成孔径雷达 相干斑 小波变换 隐马尔可夫树模型

中图分类号: TP751.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2004)04-0385-06

An Algorithm Based on Wavelet-Domain Hidden Markov Models for SAR Speckle Reduction

WU Xin-wei, ZHU Zhao-da, ZHANG Gong, GUO Chun-sheng

(College of Information Science and Technology, Nanjing University of Aero. & Astro., Nanjing 210016)

Abstract Speckle noise is an intrinsic property of Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery. The demand for speckle reduction of SAR images is to smooth the speckle noise while preserving the structure information of the original images. Existing speckle suppression methods possess respective merits and drawbacks, without universal adaptability. Integrating the statistical characteristic of speckle noise in SAR images with wavelet-domain hidden Markov models (HMMs) structure of images, we propose a new wavelet-domain speckle reduction method. Simulation and experimental results using real data show that the proposed method is able to effectively suppress speckle noise and to better retain edge structure. Compared with wavelet-domain soft-thresholding denoising algorithm and Lee multiplicative speckle filter, the wavelet-domain HMMs method offers significant improvements on smoothing speckle and preserving edge. In addition, the proposed method also gets a better visual effect.

Keywords synthetic aperture radar (SAR), speckle, wavelet transformation, hidden markov tree models (HMT)

1 引言

合成孔径雷达是一种能够产生高分辨率微波图像的相干成像系统, 具有全天候、全天时等诸多优点。因此, 在以测绘、土地勘察、地形分类、环境监测为主要目的的民用遥感领域获得广泛应用。然而, 由于相干照射而产生的衰落效应, 使图像内原本具有相同后向散射系数的均质区域表现出颗粒状噪声,

这种噪声称为相干斑^[1]。相干斑的存在增加了图像解译的复杂性, 大大降低了图像分割、目标分类以及其他信息提取的有效性。因此, 在 SAR 图像的后处理中, 相干斑抑制是一个不可缺少的环节。

SAR 图像相干斑抑制方法基本上分为多视处理和空域自适应滤波两大类。多视处理^[2]在抑制相干斑的同时, 降低了图像的分辨率; 而空域自适应滤波^[3]能够有效地平滑均质区内的噪声, 但在异质区往往伴随着边缘模糊、纹理损失等缺点。实际上, 这

类滤波器通常需要在空间分辨率与辐射分辨率之间折衷考虑。

近年来,基于小波变换理论的阈值去噪方法在 SAR 图像相干斑抑制中得到应用^[4~7]。这类方法利用了小波变换中变尺度特性对确定信号的“集中”能力,即如果一个信号的能量集中于小波域少数系数上,那么这些系数的取值必然大于在小波域内能量分散于大量小波系数上的信号或噪声的小波系数值。由于噪声的小波系数往往随着分解层次的增加而很快衰减,因此以小波系数的绝对值作为衡量标准,可以在相应的子带上筛选小波系数,达到抑制噪声的目的。

小波域阈值化去噪方法的主要缺点是没有考虑小波系数之间的相关性,所有小波系数统一被阈值处理,因而通常表现出过分平滑的效果。实际上,尽管正交性的小波基具有去相关的特点,但这种去相关并不彻底,小波系数之间通常保持着残留的相关结构。如何描述小波系数的统计模型,是小波域 Bayes 估计的核心问题。本文基于小波域隐马尔可夫模型(hidden markov models, HMMs)理论,结合 SAR 图像相干斑的统计性质,提出一种新的 SAR 图像相干斑抑制方法。仿真及实测数据处理结果表明,该方法在有效抑制相干斑噪声的同时,保持了原始图像的空间分辨率,并得到较好的视觉效果。

2 相干斑特性分析

相干斑通常被认为是一种随机乘性噪声^[1,3]

$$I(k, l) = R(k, l) \cdot n(k, l) \quad (1)$$

其中, $I(k, l)$ 是 SAR 图像上 (k, l) 点像素的强度, $R(k, l)$ 表示反射率, $n(k, l)$ 表示相干斑噪声, 其统计特性服从均值为 1、方差为 σ_n^2 的 Gamma 分布, 即

$$p_n(n) = \frac{L^L}{\Gamma(L)} \cdot n^{L-1} \cdot \exp(-L \cdot n) \quad (2)$$

其中, L 表示等效视数, $\Gamma(L)$ 是 Gamma 函数, 且

$$\sigma_n = \frac{\sqrt{\text{Var}[I]}}{E[I]} = \frac{1}{\sqrt{L}} \quad (3)$$

式中, $\text{Var}[\cdot]$ 表示方差, $E[\cdot]$ 表示均值。在单视情况下, 式(2)退化为指数分布。

Arsenault 等人证明: 在独立视数足够大时(通常大于 3 即可), 对 Gamma 分布的相干斑噪声取对数变换后, 即 $e = -\ln(n)$, e 的概率密度函数近似为高斯分布^[8]

$$p_e(e) = \left(\frac{L}{2\pi}\right)^{1/2} \cdot \exp\left(-\frac{L \cdot e^2}{2}\right) \quad (4)$$

$$E[e] \approx \frac{1}{2L}, \sigma_e^2 \approx \sigma_n^2 = \frac{1}{L}, (L \gg 1)$$

对式(1)两端取对数变换, 得到

$$v = x + e \quad (5)$$

式中, $v = -\ln(I)$, $x = -\ln(R)$ 。因此, 通过对数变换, 乘性噪声抑制问题可以转化为在加性高斯噪声 e 中估计信号成份 x 。

3 小波域 HMMs

小波变换是图像处理中一个十分重要的工具。对于加性高斯噪声中信号估计问题, Donoho 提出了小波变换软阈值去噪方法^[4]。文献[5]~文献[7]报道了该方法在 SAR 图像相干斑抑制中取得满意的效果。然而, 该方法隐含着小波系数之间统计独立、高斯分布的假定, 对边缘像素与噪声像素采用同一阈值统一处理, 因此必然导致边缘的模糊以及图像细节的损失。为了克服这些缺点, 应该区别对待边缘像素与噪声像素。

众所周知, 对一幅图像进行小波变换, 取值较大的小波系数通常对应图像内快速变化的位置(如边缘), 而取值较小的系数往往对应细节成份^[9]。但对于含噪图像, 小波系数不可避免地受到干扰, 因此很难直接根据系数大小来区别边缘与噪声, 需要借助小波系数的统计特性来识别边缘。

按照小波域统计图像处理的观点^[10], 可以将小波系数 $w = \{w_i\}$ 看作具有联合概率密度函数 $f(w)$ 的随机场的一个实现。但利用联合概率密度函数表示所有小波系数之间的相关性, 实际上无法求解; 另一方面, 如果把小波系数看作是统计独立的, 即 $f(w) = \prod_i f(w_i)$, 则很容易求解联合概率密度, 然而这样一来, 却忽略了尺度间系数的相关性。因此需要折衷考虑, 既要把系数间主要的相关性体现出来, 同时又要便于计算。

小波变换的聚类性质和持续性性质^[11]体现了系数之间的相关性。聚类性质表明了尺度内沿时间方向的相关性; 如果在同一尺度内, 某一系数较大(或较小), 则与其相邻的系数很可能也较大(或较小); 而持续性性质表明了沿尺度方向的相关性: 较大(或较小)的小波系数沿尺度方向具有一定的传递性。小波变换系数之间的这种相关特性, 可以通过 HMMs 进

行描述。

HMMs^[12]在语音识别领域获得了极大的成功,Crouse 等人将其引入小波域来描述小波系数的概率结构^[11],较好地体现了小波系数的聚类、持续及集中特性。基于小波的 HMMs 利用混合密度和概率图表示小波系数的统计特性。

3.1 混合密度

小波变换的能量集中性质表明,对大多数图像小波变换的结果,表现为少数的较大系数值和多数的较小系数值。其中,较大和较小系数值分别与较大和较小方差的概率密度函数对应。显然,不能简单地用高斯分布描述小波系数。在 HMMs 中,采用具有隐状态变量的高斯混合密度描述每个小波系数的概率密度函数。

将每个小波系数 w_i 与一个隐状态变量 $S_i \in$

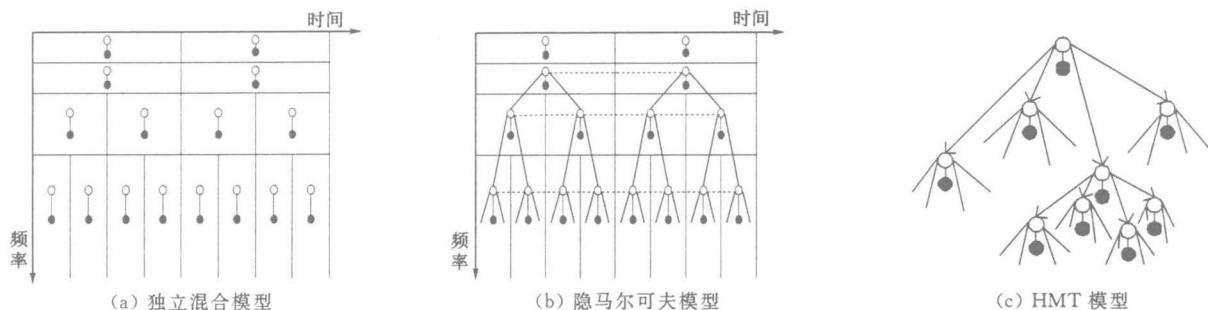


图1 小波域统计模型

((a)每个小波系数(黑点)与一个隐状态变量(白点)对应;(b)隐状态变量之间无任何联系,系数之间不相关,同一尺度内隐状态变量由虚线连接,尺度间隐状态变量由实线连接;(c)四叉树隐马尔可夫(HMT),每个父状态与其4个子状态变量相连。)

3.2 树形结构概率图

由于正交小波变换近似去相关的特点,小波系数之间的相关特性主要由不同尺度间系数的传递性来描述,即小波系数值的大小与其父辈的系数值有关,同时影响它的子代系数值。在 HMMs 中,采用小波系数对应的隐状态变量而不是系数本身来体现系数之间的马尔可夫相关性,如图 1(b)所示。另一方面,由于图像的小波分解本身具有自然的四叉树结构,因此,利用树形结构的概率图模型(hidden Markov tree, HMT 模型)可以很好地描述沿尺度方向小波系数的持续性质。

在 HMT 模型中,对每个小波系数 w_i 采用 M 个状态的高斯混合模型,与每个小波系数对应的隐状态变量与它的下一层上的 4 个子变量相连,系数之间的相关性仅由父子状态变量之间的状态转移概率体现(忽略同一尺度内系数之间的相关性),如图 1(c)所示。HMT 模型由参数 $\theta = [p_{S_1}(m),$

$\{S, B\}$ 联系起来,如图 1(a)所示(用黑点表示小波系数,用白点表示相对应的隐状态变量)。状态 S 对应于零均值、较小方差 $\sigma_{i,S}^2$ 的高斯分布;而状态 B 对应于零均值、较大方差 $\sigma_{i,B}^2$ 的高斯分布,则两状态零均值高斯混合模型完全由状态变量的概率分布以及高斯分布的方差描述为

$$f(w_i) = \sum_{m=S,B} p_{S_i}(m) \cdot f(w_i | S_i = m) \quad (6)$$

式中, $f(w_i | S_i = m) \sim N(0, \sigma_{i,m}^2)$, $p_{S_i}(m)$ 表示状态 S_i 的概率分布函数。

从式(6)中可以看出,尽管在给定状态下,每个小波系数 w_i 是条件高斯分布的,但总体看来,由于状态变量 S_i 的随机性,小波系数却是非高斯分布的。这恰恰体现了小波系数的能量集中性质,因此,非高斯模型更加准确地表述了小波系数的统计特性。

$\xi_{i,p(i)}^{m,r}, \mu_{i,m}, \sigma_{i,m}^2]$ 描述,其中,

- (1) $p_{S_1}(m)$ 为根节点 S_1 的概率分布函数;
- (2) $\xi_{i,p(i)}^{m,r} = p_{S_i | S_{p(i)}}[m | S_{p(i)} = r]$ 为父状态 $S_{p(i)}$ 处于 r 时,子状态 S_i 处于 m 的条件概率,即状态转移概率;
- (3) $\mu_{i,m}$ 和 $\sigma_{i,m}^2$ 分别为在 S_i 处于状态 m 时,小波系数的均值和方差。

4 基于小波域 HMT 模型的相干斑抑制算法

HMT 是一种树形结构的隐马尔可夫模型,因此隐马尔可夫模型的 3 个标准问题^[12]同样也适用于 HMT 模型。

- (1) 似然函数确定 给定一个具有参数 θ 的小波域 HMMs,确定一组被观测小波系数的似然函数 $f(w | \theta)$ 。

(2) 模型训练 给定一组观测小波系数 $\{w_i\}$, 确定最能表述小波系数统计特性的小波域 HMTs 参数 θ , 即求 θ 的最大似然估计 $\hat{\theta}_{ML}$.

$$\hat{\theta}_{ML} = \arg \max_{\theta} f(w|\theta) \quad (7)$$

(3) 状态估计 给定一组观测小波系数 $\{w_i\}$ 和具有 θ 的小波域 HMTs, 确定最可能的隐状态序列 $\{S_i\}$.

引入 HMT 模型进行信号估计的问题, 实际上就是通过模型训练, 利用最大似然准则求出能够最佳拟合观测数据的模型参数, 然后, 按 Bayes 估计原理, 计算信号的估计值. 根据上述讨论的 HMT 模型, 结合 SAR 图像相干斑的统计特性, 提出基于小波域 HMT 模型的相干斑抑制算法, 其主要处理步骤如下:

(1) 原始图像取对数变换, 把 Gamma 分布的乘性噪声变换为加性高斯噪声.

(2) 利用正交小波变换对对数变换图像进行最大层次的分解

$$w = y + e' \quad (8)$$

式中, $w = WT(v)$, $y = WT(x)$, $e' = WT(e)$, WT 表示小波变换.

(3) 用 EM(expectation maximization) 算法^[11]对 HMT 模型迭代训练,

E 步骤 假定一组初始模型参数 $\theta^{(0)}$, 然后对于每次迭代 l , 计算期望值

$$E[\log f(w, S|\theta) | w, \theta^{(l)}]$$

这实际上相当于计算状态概率

$$p(S_i = q | w, \theta^{(l)})$$

M 步骤 对期望值 $E[\cdot]$ 关于 θ 最大化求得 $\theta^{(l+1)}$ 以进行下一次迭代. 在大多数情况下, 这种迭代能够收敛到对数 $\ln f(w|\theta)$ 似然函数的局部最大值.

(4) 用经验 Bayes 估计^[11]进行信号恢复, 得到 y 的最小均方估计(MMSE):

$$E[y_i | w, \theta] = \sum_m p(S_i = m | w, \theta) \cdot \frac{\sigma_{i,m}^2}{\sigma_e^2 + \sigma_{i,m}^2} \cdot w_i \quad (9)$$

(5) 取逆小波变换.

(6) 取指数变换, 重构原始图像.

完整的算法结构框图如图 2 所示.

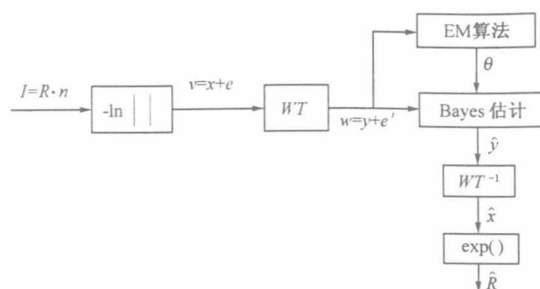


图2 算法结构框图

5 仿真及实测数据验证

为验证相干斑抑制算法的有效性, 分别对光学图像进行仿真及实测机载条带 SAR 图像进行了处理, 并与小波域软阈值去噪方法和 Lee 滤波器的结果进行了比较. 此处选用光学图像的原因在于: 需要一幅无相干斑噪声的 SAR 图像用于定量比较各种方法的性能, 显然, 这在实际中无法得到. 尽管光学图像与 SAR 图像存在区别, 但抛开相干斑产生的机理, 从图像去噪的观点来看, 二者应是相同的.

5.1 仿真图像去噪

首先对如图 3(a) 原始 Lena 图像 (512×512 像素) 引入符合相干斑统计特性的乘性噪声, 即产生均值为 1、方差为 σ_n^2 的 Gamma 分布随机场 (512×512) 与 Lena 图像逐个像素对应相乘. 实验中, 测试了 3 种方差的噪声 (均值为 1), 分别对应于 $L=3.3, 5.4, 10.1$. 图 3(b) 对应于 $L=5.4$ 的噪声图像.



(a) 原始 Lena 图像

(b) 引入乘性噪声的图像 ($L=5.4$)

(c) 小波域软阈值滤波图像

(d) 小波域 HMT 模型滤波图像

图3 小波域相干斑抑制算法结果比较

图 3(c)是用小波域软阈值去噪方法对图 3(b)滤波的结果。此处,选用长度为 4 的 2 阶 Daubechies 小波(db2),2 层分解。对各层高频小波系数采用统一阈值处理,低频层小波系数保持不变,阈值大小为 $2 \cdot \sigma_r$ 。图 3(d)是利用小波域 HMT 模型对图 3(b)滤波的结果,仍选用 db2 小波,作最大层次(9 层)分解。

目视结果表明,小波域软阈值方法和小波域 HMT 模型方法均达到了较为满意的效果。为了定量分析这两种方法的去噪性能,通过在均质区内计算均值与标准偏差的比值的平方(称为等效视数)来衡量相干斑抑制效果,结果如表 1 所示。显然,小波域 HMT 模型法优于小波域软阈值法,噪声得到了更大程度的平滑。

表 1 仿真图像去噪性能(滤波图像等效视数)

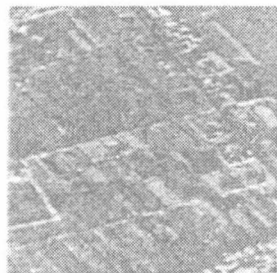
	噪声图像等效视数		
	$L=3.3$	$L=5.4$	$L=10.1$
小波域软阈值去噪滤波	19.7	29.4	53.0
小波域 HMT 模型滤波	20.1	36.8	72.8

为了定量评估滤波图像的边缘保持能力,利用 Frost 等人采用的边缘图方法^[13],其包括如下几个步骤:

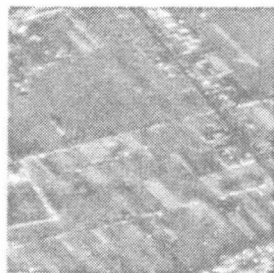
- (1) 仿真一幅噪声图像;
- (2) 对噪声图像滤波处理;
- (3) 采用 Robert 梯度算子进行边缘检测;
- (4) 对梯度图像阈值处理产生二进制图像(边缘图);
- (5) 计算边缘图的品质因数 FOM

$$FOM = \frac{1}{\max(N_A, N_I)} \cdot \sum_{i=1}^{N_A} \frac{1}{1 + \beta \cdot d^2} \quad (10)$$

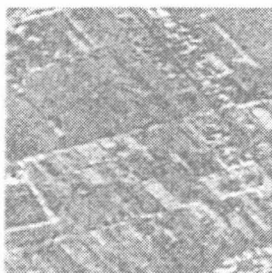
式中, N_A 是滤波图像边缘图包含的非零像素数, N_I 是理想图像边缘图包含的非零像素数, d 是 2 幅边缘图的垂直距离, β 表示惩罚因子,选择 $\beta=0.001$ 。



(a) 原始图像



(b) Lee 滤波器处理结果



(c) 小波域软阈值去噪结果



(d) 小波域 HMT 模型滤波结果

图 4 SAR 图像相干斑抑制结果比较

理想滤波结果应该是 $FOM=100\%$, 实际计算结果如表 2 所示。很明显,小波域 HMT 模型法在边缘保持能力上也优于小波域软阈值法。

表 2 仿真图像边缘保持性能(FOM)

	$L=3.3$	$L=5.4$	$L=10.1$
噪声图像	2.88	3.00	4.72
小波域软阈值去噪图像	5.06	6.44	9.56
小波域 HMT 模型滤波图像	5.14	7.86	13.06

表 1 和表 2 的计算结果表明,基于小波域 HMT 模型的去噪方法充分地利用了小波系数间的相关性,在平滑噪声的同时,更好地保持了边缘结构。

5.2 实测 SAR 数据处理

图 4(a)是一幅机载单视 SAR 图像。图像大小 512×512 像素,分辨率为 $3\text{m} \times 3\text{m}$,成像区域是某城市郊区,包括公路、农田及一些强散射目标。为了便于比较,图 4(b)给出 Lee 滤波器的结果(25×25 窗口)。图 4(c)是利用小波域软阈值去噪的结果,图 4(d)是利用小波域 HMT 模型去噪的结果。3 种算法对相干斑抑制的定量评估如表 3 所示。

表 3 实测 SAR 数据相干斑抑制

	原始图像	Lee 滤波图像	小波域软阈值去噪图像	小波域 HMT 模型滤波图像
等效视数	2.1	13.5	12.8	29.5

显然,小波域 HMT 模型去噪方法大大优于 Lee 滤波器和软阈值法,得到了更好的平滑效果。另一方面,由于没有理想的 SAR 图像,无法计算品质因数,因此不能给出边缘保持能力的定量评价。但目视结果表明:Lee 滤波器由于窗口选择过大,在得到较好的噪声抑制效果的同时,边缘却大大地模糊了;小波域软阈值法对边缘像素与噪声像素统一处理,不可避免地破坏了一些边缘结构;而小波域 HMT 模型法充分地利用了小波系数间的相关性,因此具有更好的边缘保持能力和视觉效果。

6 结 论

统计图像处理的核心是参数的模型化。模型的准确与否自然决定了参数估计的精度。利用小波域 HMT 模型结构对小波系数的非高斯统计特性及系数之间的相关性进行描述,同时结合 SAR 图像中相干斑噪声的统计特性,提出了一种新的小波域相干斑抑制方法。该方法充分利用了正交小波变换后系数之间的残余相关特性。仿真及实测数据处理结果表明,该方法在有效抑制相干斑的同时,更好地保留了边缘结构。与小波域软阈值去噪方法和 Lee 滤波器相比较,本文方法在噪声平滑及边缘保持上都取得了较大的改进。

小波域 HMT 模型去噪方法的缺点是需要对模型参数进行迭代训练,这是十分耗时的。在 P III 450 上(内存 192M),一幅 512×512 像素大小的图像,费时约 20min。因此,如何减少迭代次数是需要进一步研究的问题。

参 考 文 献

- Goodman J W. Some fundamental properties of speckle [J]. Journal Optical Society America, 1976, 66(11):1145~1150.
- Li Fuk-Kwok, Croft C, Held D N. Comparison of several techniques to obtain multiple-look SAR imagery [J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1983, 21(3): 370~375.
- Lee L S, Jurkevich I. Speckle filtering of synthetic aperture radar images: A Review [J]. Remote Sensing Reviews, 1994, 8: 313~340.
- Donoho D L. De-noising by soft-thresholding [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1995, 41(3):613~627.
- Guo H, Odegard J E, Lang M, et al. Wavelet based speckle reduction with application to SAR based ATD/R [J]. IEEE International Conference on Image Processing, 1994, 1:75~79.
- Gagnon L, Smaili F D. Speckle noise reduction of airborne SAR images with symmetric Daubechies wavelets [J]. SPIE Proceedings, 1996, 2759:14~24.
- Gagnon L, Jouan A. Speckle filtering of SAR images—A comparative study between complex-wavelet-based and standard filters [J]. SPIE Proceedings 1997, 3169:80~91.
- Arsenault H H, April G. Properties of speckle integrated with a finite aperture and logarithmically transformed [J]. Journal Optical Society America, 1976, 66(11):1160~1163.
- Mallat S, Hwang W L. Singularity detection and processing with wavelets [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1992, 38(2):617~643.
- Rabiner L. A tutorial on hidden Markov models and selective applications in speech recognition [J]. Proceedings of the IEEE, 1989, 77(2): 257~285.
- Crouse M S, Nowak R D, Baraniuk R G. Wavelet-based statistical signal processing using hidden Markov models [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1998, 46(4): 886~902.
- Romberg J K, Choi Hyeokho, Baraniuk R G. Bayesian tree-structured image modeling using wavelet-domain hidden Markov models [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(7):1056~1068.
- Frost F S, Stiles J A, Shanmugan K S, et al. A Model for radar images and its application to adaptive digital filtering of multiplicative noise [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1982, 4(2):157~166.



武昕伟 1969 年生,副教授,2003 年于南京航空航天大学获通信与信息系统专业博士学位。主要从事信号处理、雷达成像算法及图像后处理方面的研究。



朱兆达 1939 年生,教授,博士生导师。1960 年毕业于南京航空学院。研究方向为雷达信号检测与处理、雷达成像。



张 弓 1964 年生,副教授,2002 年于南京航空航天大学获通信与信息系统专业博士学位。主要从事信号处理、雷达成像、通信电路方面的教学和科研工作。



郭春生 1970 年生,1993 年毕业于东北大学无线电专业,获得工学学士学位,2002 年毕业于南京航空航天大学信息学院通信与信息系统专业,获工学博士学位。研究兴趣为图像分析与识别、通信信号的截获与分析、微波成像等。

SAR IMAGE ENHANCEMENT BASED ON BEAM SHARPENING TECHNIQUE

LI Yong¹, ZHANG Kun-hui², ZHU Dai-yin¹, ZHU Zhao-da¹

(1. College of Information Science and Technology, NUAA

29 Yudao Street, Nanjing, 210016, P. R. China;

2. Department of Electronic Engineering,

Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083, P. R. China)

Abstract: A major problem encountered in enhancing SAR image is the total loss of phase information and the unknown parameters of imaging system. The beam sharpening technique, combined with synthetic aperture radiation pattern estimation provides an approach to process this kind of data to achieve higher apparent resolution. Based on the criterion of minimizing the expected quadratic estimation error, an optimum FIR filter with a symmetrical structure is designed whose coefficients depend on the azimuth response of local isolated prominent points because this response can be approximately regarded as the synthetic aperture radiation pattern of the imaging system. The point target simulation shows that the angular resolution is improved by a ratio of almost two to one. The processing results of a live SAR image demonstrate the validity of the method.

Key words: synthetic aperture radar (SAR); image enhancement; beam sharpening

CLC number: TN911.7 **Document code:** A

Article ID: 1005-1120(2004)02-0147-05

INTRODUCTION

The synthetic aperture radar (SAR) has been successfully improved to be an effective imaging system applied in a wide range of situations. And increasing attention is being paid to the resolution of the radar output images^[1,2].

The beam sharpening technique^[3~5] for noncoherent radar refers to the processing done to the raw noncoherent radar data to create the effects of equivalent antenna with narrower

beamwidth and consequently better angular resolution than that of the real antenna, whose physical resolution is a function of the wavelength and antenna size.

In this paper, the beam sharpening processing for noncoherent radar is introduced into SAR image enhancement to achieve higher apparent resolution. This method combines the beam sharpening technique and estimation of the synthetic aperture radiation pattern. It mainly involves the optimum finite impulse response (FIR) filter whose coefficients are obtained by minimizing the expected quadratic estimation error. The point target simulations are provided to show that the angular resolution is improved by a ratio of almost two to one. Moreover, the method is also tested on live SAR data, and the analyses of the enhancing performance indicate the agreement with the simulations.

1 BEAM SHARPENING

It has been hypothesized that radar observed data could be approximately modeled as the convolution of the signals of ground targets backscatter with the known spatial antenna beam pattern^[6].

Let x be the reflectivity magnitude of the illuminated scene and y the envelope of the received echoes, thus

$$y = Ax + n \quad (1)$$

where $\mathbf{n}$ is the random noise and $\mathbf{A}$ the antenna beam pattern matrix given by

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} h\left(\frac{m}{2}\right) & \cdots & h(1) & h(0) & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & & h(2) & h(1) & h(0) & & 0 \\ h(m-1) & & & h(2) & h(1) & \ddots & 0 \\ h(m) & & \vdots & & & & h(0) \\ 0 & \ddots & & & \vdots & & h(1) \\ 0 & & h(m) & h(m-1) & & & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & h(m) & h(m-1) & \cdots & h\left(\frac{m}{2}\right) \end{bmatrix} \quad (2)$$

under the assumption that the vector of the known antenna beam pattern is

$$\mathbf{H} = [h(0) \ h(1) \ \cdots \ h(m-1) \ h(m)]^T \quad (3)$$

In practice, $\mathbf{H}$ is a finite-length vector with symmetrical elements representing the mainlobe samples of the antenna beam.

From $\mathbf{y}$, inverse techniques can be used to deconvolve the data. So we estimate the image $\mathbf{x}$ with a FIR filter $\mathbf{F}$ such that

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{F}\mathbf{y} \quad (4)$$

where $\mathbf{F}$ can be expressed as

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}(\mathbf{f}) = \begin{bmatrix} f_0 & f_1 & \cdots & f_{\frac{m}{2}} & \cdots & f_{m-1} & f_m \\ f_1 & \ddots & & & \ddots & & f_{m-1} \\ & & f_0 & f_1 & & \ddots & \\ f_{\frac{m}{2}} & & f_1 & f_0 & f_1 & & f_{\frac{m}{2}} \\ & \ddots & & f_1 & f_0 & & \\ f_{m-1} & & \ddots & & & \ddots & f_1 \\ f_m & f_{m-1} & \cdots & f_{\frac{m}{2}} & \cdots & f_1 & f_0 \end{bmatrix} = \sum_{i=0}^m \mathbf{f}_i \mathbf{E}_i \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \text{Tr}\left[E_0\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_0^T\right] & \text{Tr}\left[E_0\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_1^T\right] & \text{Tr}\left[E_0\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_2^T\right] & \cdots & \text{Tr}\left[E_0\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_m^T\right] \\ \text{Tr}\left[E_1\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_0^T\right] & \text{Tr}\left[E_1\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_1^T\right] & \text{Tr}\left[E_1\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_2^T\right] & \cdots & \text{Tr}\left[E_1\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_m^T\right] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Tr}\left[E_m\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_0^T\right] & \text{Tr}\left[E_m\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_1^T\right] & \text{Tr}\left[E_m\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_2^T\right] & \cdots & \text{Tr}\left[E_m\left(AA^T + \frac{\mathbf{I}}{\text{SNR}}\right)E_m^T\right] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_0 \\ f_1 \\ \vdots \\ f_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Tr}(E_0 A) \\ \text{Tr}(E_1 A) \\ \vdots \\ \text{Tr}(E_m A) \end{bmatrix} \quad (8)$$

where the SNR is defined as the signal-to-noise ratio $E(\mathbf{x}^T \mathbf{x})/E(\mathbf{n}^T \mathbf{n})$, under the assumption that the components of $\mathbf{x}$ and $\mathbf{n}$ are independent

Here $\mathbf{E}_i$ represents the constant matrices that $\mathbf{E}_0 = \mathbf{I}$ is the identity matrix, $\mathbf{E}_1$ is a matrix with ones on the first sub and super diagonals, $\mathbf{E}_2$ is a matrix with ones on the second sub and super diagonals, and so on. $\mathbf{f} = [f_0 \ f_1 \ \cdots \ f_{m-1} \ f_m]^T$ is the coefficient vector composed of $m+1$ independent elements of the FIR filter. Therefore, the order of this linear-phase filter is $2m+1$ characterized by a symmetric impulse response.

To obtain the coefficients of the FIR filter, we minimized ϵ , the expected value of the norm of the difference between $\mathbf{x}$ and $\hat{\mathbf{x}}$

$$\epsilon = E\{(\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})^T(\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}})\} \quad (6)$$

in which E denotes the statistical expectation. The solution $\mathbf{f}^*$ of this filtering operation can be found by the standard method of setting gradients $d\epsilon/df$ equal to zero

$$\frac{d\epsilon}{df} \triangleq 0 \quad (7)$$

The final equation is the following

with each other.

The factors playing important roles in Eq. (8) are the matrix $\mathbf{A}$ and the parameter

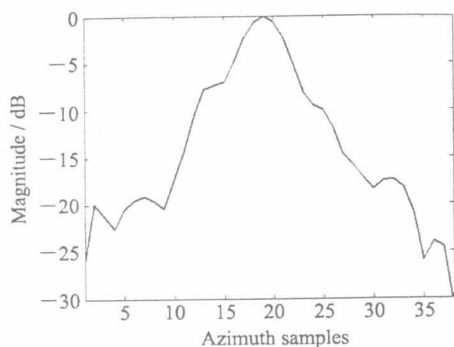
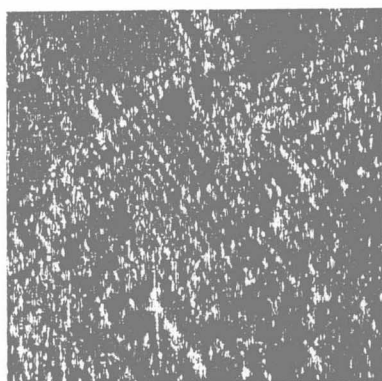
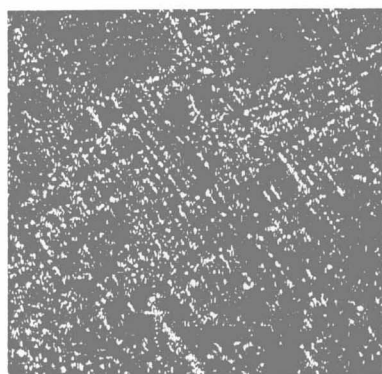


Fig. 2 Estimated synthetic aperture radiation pattern



(a) Original image



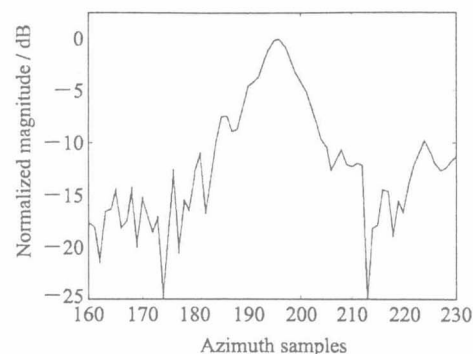
(b) Enhancement image

Fig. 3 Live SAR image

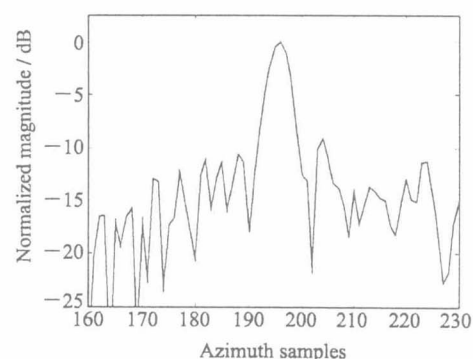
ment approach to a live SAR image with intricate physiognomy. Fig. 3 (a) shows the original SAR image which is severely blurred. The size of the image is 512×512 pixels. Fig. 3 (b) is the result obtained by applying the described approach in the azimuth direction. Careful inspection tells us that the background of the image has been smoothed without destroying gross trends, while the characteristics of the target resolution have been

greatly improved, with a corresponding increase in its amplitude.

These characteristics are more evident in Fig. 4, which shows the response shapes of one prominent point selected from Fig. 3. The -3 dB beamwidth of the mainlobe is obviously improved after employing the enhancement processing. To further investigate the effects of enhancement performance, the azimuth resolution is also measured (Table 2). It can be found that the azimuth resolution is improved by a ratio of almost 1.6. Considering the approximation of the estimation, this result agrees with the simulation list in Table 1.



(a) In original image



(b) In enhancement image

Fig. 4 Azimuth cuts of prominent point response

Table 2 Measurements of the prominent point

Response	Azimuth resolution (pixel)	IF
Original response	6.320	1.582
Enhancement response	3.995	

In this live SAR image processing, the parameter SNR is around 10 dB. It is determined