

高等学校教材

# 遥感数字图像处理 ——原理与方法

朱文泉 林文鹏 编著



高等教育出版社

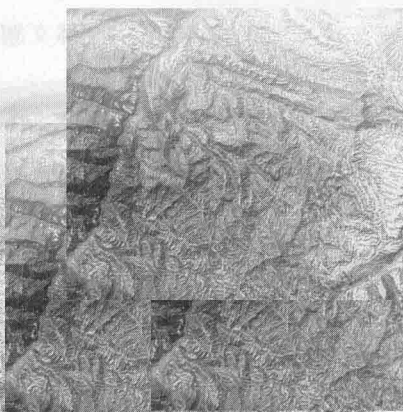
高等学校教材

# 遥感数字图像处理

## ——原理与方法

Yaogan Shuzi Tuxiang Chuli  
——Yuanli yu Fangfa

朱文泉 林文鹏 编著



高等教育出版社·北京

## 内容提要

针对遥感数字图像处理的质量改善、特征提取与选择、信息提取及其处理流程 3 大内容,本书分遥感数字图像处理基础、遥感数字图像质量改善、遥感数字图像特征选择与信息提取 3 部分,由浅入深系统地介绍了遥感数字图像处理的原理与方法,其中不仅包括常用的经典方法,也包括近几年新提出的方法。本书强调从图像含义的角度来理解遥感数字图像处理各种算法的物理意义,并尽量避免数学公式的罗列与推导,借助生活中一些通俗易懂的案例来引导读者理解各种算法。

本书可作为高等学校地学、生态、环境、资源、空间信息等专业的本科生或研究生的教材或参考书,也可作为各专业领域从事相关科学研究与业务应用人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

遥感数字图像处理:原理与方法 / 朱文泉,林文鹏  
编著. —北京:高等教育出版社,2015.9

ISBN 978-7-04-043211-4

I. ①遥… II. ①朱… ②林… III. ①遥感图像-数字图像处理-教材 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 148987 号

策划编辑 徐丽萍  
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 熊玲  
责任校对 李大鹏

封面设计 张志  
责任印制 赵义民

版式设计 张杰

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京市白帆印务有限公司  
开 本 787mm×960mm 1/16  
印 张 22.5  
字 数 400 千字  
插 页 3  
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
版 次 2015 年 9 月第 1 版  
印 次 2015 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 42.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 43211-00

# 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

## 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1249011/>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程充值: 登录后点击右上方“充值”图标, 正确输入教材封底标签上的明码和密码, 点击“确定”完成课程充值。

3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自登录之日起一年内有效, 过期作废。

使用本账号如有任何问题, 请发邮件至: [zhangshan@hep.com.cn](mailto:zhangshan@hep.com.cn)。



## 二、资源使用

与本书配套的易课程数字课程资源按照章、节知识树的形式构成, 每节配有教学大纲、教学要求、教学课件、电子图片、实践操作题等资源, 内容标题为:

1. 教学大纲:对课程脉络及知识点关联性的梳理。
2. 教学要求:每章教学要求及知识重难点整理。
3. 教学课件:教师上课使用的与课程和教材紧密配套的教学 PPT,可供教师下载使用,也可供学生课前预习或课后复习使用。
4. 电子图片:为丰富教材资源,数字课程中配套有与教材中知识点内容紧密结合的彩色图片、遥感图片等,使学生对不同方法的结果区别有更深刻认识,也有利于巩固学习成果。
5. 实践操作题:结合每章教学要求安排实践操作题,使学生在软件操作中实现知识的巩固与运用。此项资源中包括题目、数据、答案三部分,数据可供学生下载,并在其本地电脑中完成操作。



# 前 言

遥感为人类认识宇宙世界提供了一种新途径和手段,遥感图像作为一种重要的信息源已被广泛应用于地学、生态、环境、资源、空间信息等领域。相关学科的学生、教师、科研工作者以及业务应用人员对遥感数字图像处理的需求日益强烈,他们均希望了解遥感数字图像处理的相关理论和方法,并能在实践工作中应用遥感图像来提取自己所需要的信息,因此急需一系列知识系统,容易理解,既利于教学又便于自学的相关教材。

自 2005 年以来,笔者在北京师范大学先后讲授了本科生课程“遥感原理”“数字图像处理”,研究生课程“资源与环境遥感模型实验”“遥感图像处理与实践”4 门课程,选课学生覆盖了地图学与地理信息系统、地图制图学与地理信息工程、土地资源管理、自然资源、生态学、全球环境变化、环境科学、资源科学与工程、资源与环境科学等专业。在授课、与学生交流以及指导研究生利用遥感图像解决实际的研究问题时,发现他们重理论而轻实践。学生记住了各种数学公式,但不知公式在图像处理中的物理含义。他们一旦需要利用遥感图像来解决实际问题时,就显得束手无策。这种情况究其本质原因是学生所学的理论知识与实践脱节,且缺乏系统的实践训练。为此,笔者在教学与指导研究生过程中一直致力于将遥感原理、遥感数字图像处理、遥感软件操作 3 方面的知识有机串联起来。在准备教案时发现,现有遥感原理方面的教材虽然也涉及一些遥感数字图像处理方面的知识,但主要注重对遥感过程和机理的阐释;而现有数字图像处理方面的教材则主要侧重于广泛意义上的数字图像处理,且大多数从计算机信息领域、电子通信领域等角度来阐释数字图像处理的相关原理与方法,对如大数据量、多波段、辐射与几何畸变等遥感数字图像本身的特性则缺乏系统的考虑。正是在这样的背景下,又得到北京师范大学及高等教育出版社的大力支持,笔者开始编写《遥感数字图像处理——原理与方法》《遥感数字图像处理——实践与操作》《遥感数字图像处理——专题应用》系列教材。本系列教材旨在为遥感原理

与遥感实践架起3座桥梁,即建立在遥感原理与遥感数字图像处理之间的桥梁,遥感数字图像处理与遥感软件实践操作之间的桥梁,遥感专业人员与其他非遥感专业的遥感数据应用人员之间的桥梁。

本书是系列教材的第一本。在准备编写此教材时,编写团队广泛收集了各种相关的书籍、网上论坛、网络日志、博客等资料,发现遥感数字图像处理的知识点非常多,如何系统布局就成了本书编写时需要首先解决的问题。从输入和输出过程来看,遥感数字图像处理可以被直观地认为是图像到图像、图像到信息两个过程。图像到图像是输入一幅遥感数字图像,经过加工处理后仍然输出一幅数字图像;图像到信息是输入一幅数字图像,而输出一些经过加工处理后得到的信息。从上述遥感数字图像处理过程的内容来看,遥感数字图像处理的知识点实际上可以被划分为3大部分,即质量改善、特征提取与选择、信息提取。质量改善包括对遥感数字图像的辐射质量、几何质量和视觉效果的改善,如辐射校正、几何校正、图像去噪声、图像增强等;特征提取与选择的目的是为后续的信息提取服务,它一方面涉及如何从遥感光谱数据中提取一些派生的地物属性特征,另一方面涉及如何从光谱及其他派生属性中选择出一些有利于目标信息提取的属性特征;信息提取即从遥感数字图像中提取某些特定的地物信息,如对遥感数字图像进行分类得到各地物的空间分布和面积信息。本书的总体布局正是基于上述3部分内容,并按照遥感数字图像处理基础、遥感数字图像质量改善、遥感数字图像特征选择与信息提取这一顺序进行编排。考虑到无论是遥感数据处理结果还是遥感信息提取结果,最终大多数均以图像或地图的方式表达,本书最后还从地图信息传输过程的角度对遥感制图作了简略介绍。

对于本书章、节、知识点、段落、概念或术语、图表的布局和写作,编写团队也作了精心考虑。在知识点介绍上,兼顾遥感数字图像处理的经典方法和近几年新提出的方法。在行文安排上,借助生活中的通俗案例,通过类比方式逐渐引出遥感数字图像处理的相关概念、理论内涵及其物理含义。在语言表达上,尽量避免罗列各种遥感数字图像处理的数学公式及算法,强调各数学公式和算法在遥感数字图像处理中的物理含义及其普遍的应用规律,力求言简意赅、通俗易懂。由于本书是一本专业书籍,且涉及遥感原理、数字图像处理、计算机基础等多学科知识,书中不免会出现一些其他学科的概念和术语,为此,一般在各术语首次出现时以“扩展知识”的方式作了注解或提供一些背景知识,以方便读者阅读和理解。

本书具有广泛的适用性,可作为高等学校地学、生态、环境、资源、空间信息等专业的本科生或研究生的教材或参考书,也可作为各专业领域从事相关

科学研究与业务应用人员的参考书。如果你是刚刚涉足遥感数字图像处理领域的初学者,且非常希望学好遥感数字图像处理,建议你至少对本书进行三个轮次的阅读。第一次阅读旨在理解各章节、各知识点之间的内在联系,你不必拘泥于具体的算法,从头至尾硬着头皮将全书通读一遍,遇到看不懂的地方不必着急,只要了解该知识点或算法的用途就行。第一次阅读完之后,你应该静下心来梳理一下各知识点之间的联系,此时头脑里形成了一棵关于遥感数字图像处理的目录树,会惊奇地发现某些前面看不懂的知识,通过此次梳理后,可以由后面某些相关的知识点来帮助理解。需特别强调的是,第一次阅读务必在短期内(如2~3个星期)完成,否则读了后面忘了前面,无法对本书内容形成系统的认识。第二次阅读旨在通过书中给出的数字矩阵或数字图像示例来理解某些基本概念及经典算法的原理,此时你可以根据需要有选择性地阅读。书中的某些概念或算法较为抽象,如果你在第二次阅读时能结合书中给出的数字矩阵或数字图像示例进行反复揣摩,势必会起到事半功倍的效果。此时你或许会发现自己第一次阅读时对某些概念或算法的理解是错误的,这说明你对遥感数字图像处理的又提升了一个层次。第三次阅读旨在对遥感数字图像处理的知识进行系统化,并能尝试在实践中进行应用。你可以有选择地对某些感兴趣的知识点进行深入学习,并借助遥感软件进行实践操作,此时你应该会非常兴奋,因为你发现自己已经会对遥感图像进行一些初步的处理和分析。如果你不是初学者,而是已经具备了一定的遥感数字图像处理基础知识,也建议你通读一遍,因为每一本书都有自己的写作风格和描述方式,或许你也会有一些惊奇的发现。如果你没时间通读,那么你也可以把本书当作参考书进行选择性的阅读。

本书是编写团队根据多年教学和科研成果以及相关文献资料编写而成。北京师范大学朱文泉负责本书大纲及编写思路的拟定、各知识点的确定、各章节内容的编写及修订,上海师范大学林文鹏参与了本书第1、2、8、11章的编写。北京师范大学博士研究生张东海、姜楠、郑周涛参与了本书基础资料收集、文稿整理和插图绘制等工作。

感谢网络上的广大同仁对本书所做出的重要贡献,书中某些来自于网络的资料,如网上论坛、网络日志、博客等,由于无法找到原出处,可能并未一一注明。感谢历届学习由笔者主讲的遥感图像相关课程的北京师范大学本科生和研究生,他们对本书的完善做出了重要贡献,书中的某些示例或许来自于他们的作业,也正是他们对知识的渴求,才让我有动力编写此书。最后,感谢北京师范大学刘慧平教授对本书稿所作的详细审阅及提出的建设性修改意见。



经过6轮次的修改,本书终于完稿了,编写团队有了一丝欣慰,但并没有如释重负的感觉,我们深知本书还有许多待完善之处,因此书中若有不足之处恳请读者批评指正。本书配套的数字课程包括教学大纲、电子教案、彩色图片、思考题等板块,以方便教师授课和学生自学。

朱文泉

2015年3月12日

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

### 短信防伪说明

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪。

### 反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

### 短信防伪客服电话

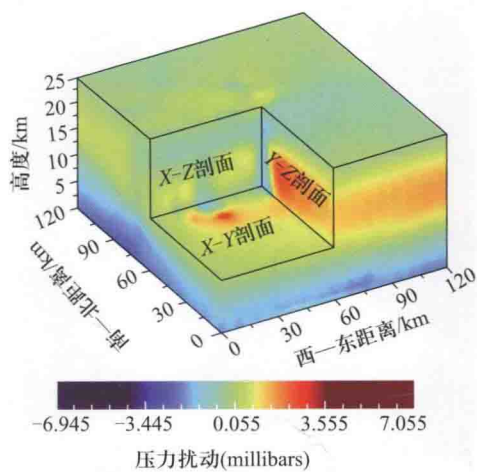
(010)58582300



彩图 1 Landsat 8 OLI 真彩色合成图像



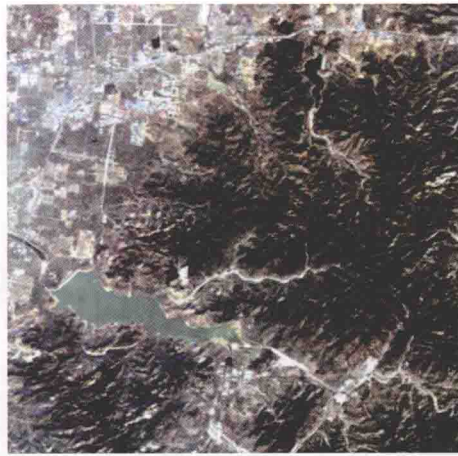
彩图 2 Landsat 8 OLI 假彩色合成图像



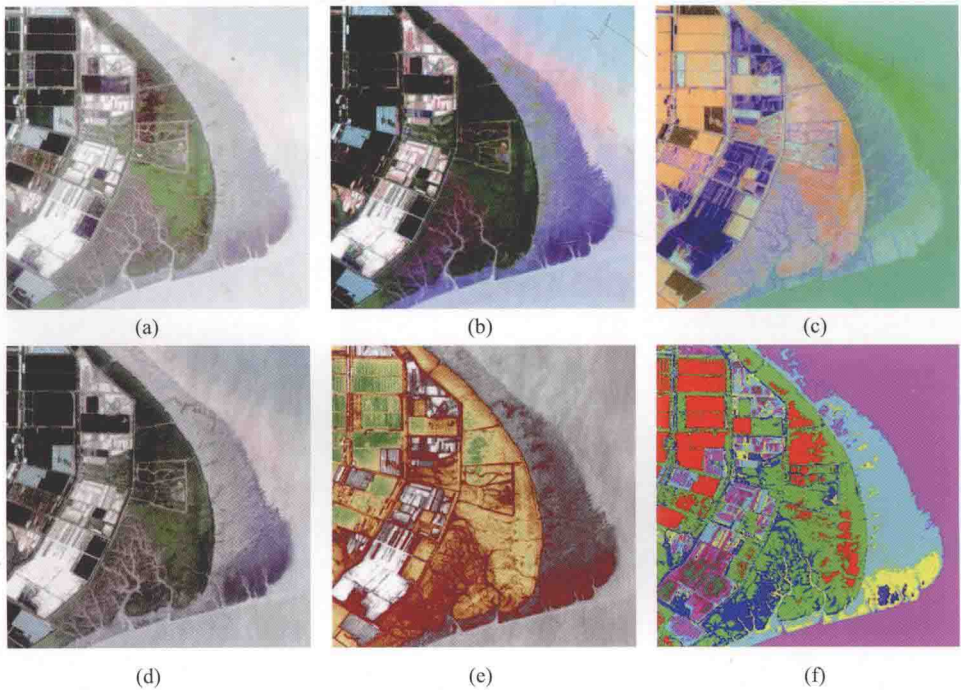
彩图 3 大气压剖面图



彩图 4 某地 Landsat 5 TM 真彩色合成图像  
 图像为辐射定标后的真彩色合成图像,图中 1 号标记为植被参考点,  
 2 号标记为土壤参考点,3 号标记为水体参考点



彩图 5 Landsat 5 TM 图像地形校正效果(原图为彩图 4)

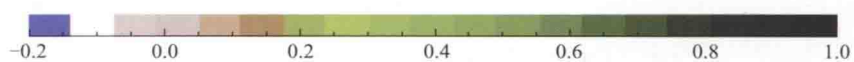


彩图 6 Landsat 8 OLI 图像的增强效果(原图为彩图 1)  
 (a)亮度增强效果;(b)饱和度增强效果;(c)前 3 个主成分彩色合成图;  
 (d)去相关拉伸处理效果;(e)伪彩色图像;(f)密度分割图像



彩图 7 Landsat 8 OLI 原始图像及其融合效果

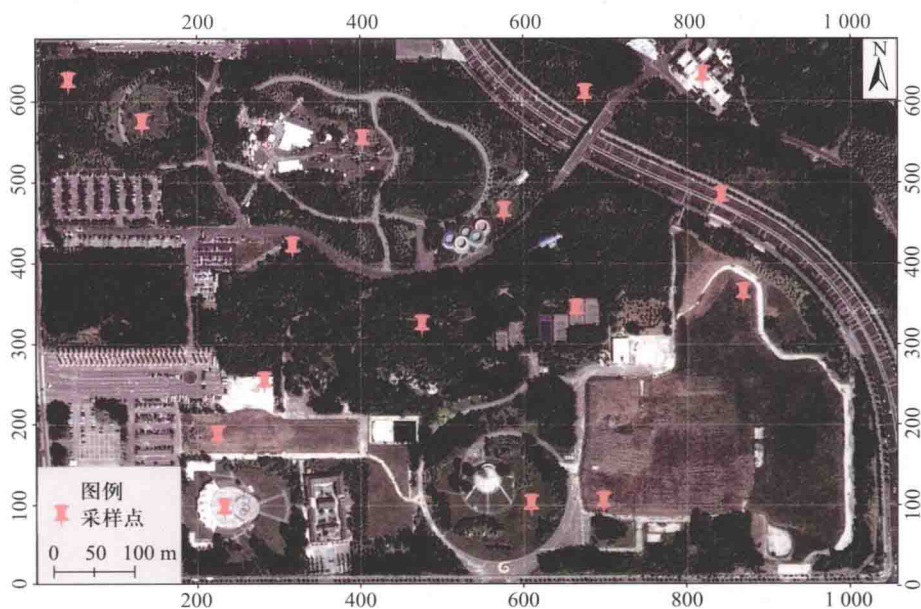
- (a) 15 m 分辨率的全色波段; (b) 30 m 分辨率的多光谱真彩色图像; (c) Brovey 法融合结果; (d) PBIM 法融合结果; (e) SFIM 法融合结果; (f) HSI 融合结果; (g) 主成分变换融合结果; (h) 小波分量直接替换融合结果; (i) 小波分量增强后替换融合结果



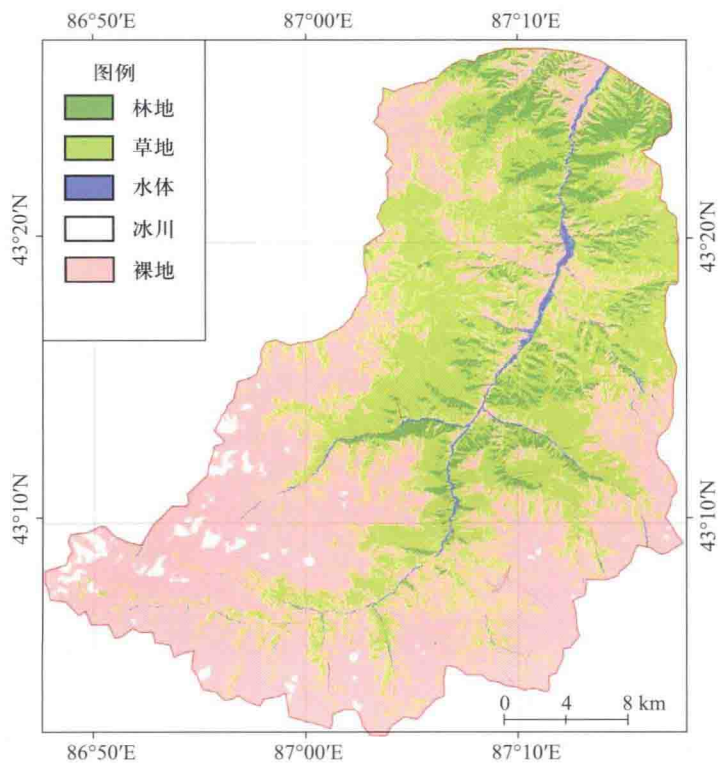
彩图 8 NDVI 颜色表

240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255
224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239
208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223
192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191
160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159
128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143
112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

彩图9 彩色颜色表(红-黄-绿)



彩图10 奥林匹克公园南园土地覆盖类型调查的采样点分布图  
底图为 QuickBird 真彩色图像



彩图 11 某自然保护区土地覆盖分类图



# 目 录

<b>第一部分 遥感数字图像处理基础</b>	
<b>第 1 章 数字图像基础</b> .....	3
1.1 数字图像获取 .....	4
1.1.1 空间分辨率 .....	5
1.1.2 辐射分辨率 .....	6
1.1.3 光谱分辨率 .....	7
1.1.4 时间分辨率 .....	8
1.2 数字图像特性 .....	9
1.2.1 空间分布特性 .....	9
1.2.2 数值统计特性 .....	11
1.3 数字图像输出 .....	15
1.3.1 输出分辨率 .....	15
1.3.2 灰度分辨率 .....	16
1.3.3 颜色空间模型 .....	16
1.4 数字图像种类 .....	17
练习题 .....	20
参考文献 .....	20
<b>第 2 章 数字图像存储</b> .....	21
2.1 信息在计算机上的存储原理 .....	21
2.2 图像文件存储的基本信息 .....	23
2.3 多波段数据存储方式 .....	24
2.3.1 BSQ .....	25
2.3.2 BIP .....	25
2.3.3 BIL .....	26