中山大学

硕士学位论文

基于遥感和GIS的城市边缘区土地利用变化研究——以广州市萝岗区为例

姓名：林旭芳

申请学位级别：硕士

专业：地图学与地理信息系统

指导教师：张新长

20090609

基于遥感和GIS的城市边缘区土地利用变化研究

——以广州市萝岗区为例

专业：地图学与地理信息系统

作者：林 旭 芳

导师：张新长 教授

摘 要

近年来，随着珠江三角洲经济的迅速发展，该区城市边缘区土地利用变化研究受到越来越多的关注。本文选择萝岗区为分析样本，利用其1988年、1998年和2008年三期TM遥感影像，采用遥感和GIS手段，对该区1988年来土地利用变化的特征、速度、土地利用转移等进行了深入的研究。

本文首先对城市边缘区的概念、特征、以及界定方法进行了介绍，在此基础上分析了将萝岗区划分为广州城市边缘区的依据，并介绍了萝岗区的概况。然后利用纠正过的TM影像和广州市行政区划图对研究区影像进行了几何纠正、研究区提取等数据预处理工作。

本文采用了最大似然监督分类法对萝岗区2008年的TM影像进行了土地利用信息提取，利用萝岗区土地利用现状图、航片、实地采样资料对分类结果进行了精度评估，之后采用基于eCognition的分层分类法对同一时期的遥感影像进行了分类处理和精度分析。对比两种分类方法发现，基于eCognition分层分类方法的总体分类精度比最大似然监督分类法的总体分类精度高0.09，KAPPA系数高0.12。最后采用基于eCognition分层分类法对研究区其它两期TM影像进行了分类处理。

之后，本文统计了萝岗区三个时期各用地类型的面积，计算其面积变化，并在此基础上建立单一土地利用动态度模型对城市边缘区土地利用变化的速度进行分析。结果显示，20年来，萝岗区土地利用变化速度迅猛，耕地、建设用地变化速度最快。

最后，本文对萝岗区建设用地的来源进行了分析，建立城市建设用地来源矩阵进行分析，结果发现，萝岗区城市建设用地扩展的来源主要是耕地、林地和园地。

关键词：土地利用变化，城市边缘区，萝岗区，TM

Study on the Land Use Change in the Urban Fringe Based on RS and GIS

A case of Luogang District in Guangzhou

Major: Cartography & GIS

Name: Lin Xufang

Supervisor: Prof. Zhang Xinchang

Abstract

Recently, with the rapid economic development in the area of Pearl River Delta, study on land use and land cover change in the urban fringe of this area has drawn much more attention. In this paper, we deeply studied the characteristics, speed and the conversion of land use in the urban fringe of Guangzhou by using three TM imagery images of Luogang District.

We first made a brief introduction of the concept, characteristics of the urban fringe, and the methods to defining urban fringe, on the basis of which the foundation of why we divided Luogang District into urban fringe and the overview of Luogang District was drowned. Then in accordance with the administrative map of Guangzhou and a corrected TM remote sensing imagery, we made geometry correction to these images and finally the study area was extracted.

As to Remote sensing image classification, maximum likelihood supervised classification method was firstly used to extract the land use information from the TM imagery of Luogang District in 2008, then land-use map of Luogang District, aerial photos and ground truth samples were used to made accuracy assessment, and then a hierarchical classification based on eCognition was used to extract the land use information from the same imagery. After accuracy comparison, we found that the latter method has a higher accuracy. Then we extracted the land use information from

other two images with the method hierarchical classification based on eCognition.

After that, we make a statistics about the area of land types in all three periods and analyzed their changes, and the single land use dynamic model was used to analyze the speed of land-use change in the urban fringe. The result showed that Luogang District had a rapid land use change in 20 years.

Finally, we studied the source of construction land in Luogang District and built a land-use source matrix for construction land. We found out that the main source for expansion of construction land in the urban fringe is arable land, woodland and garden land.

Key Words: **Land Use Change, Urban Fringe, Luogang District, TM**

论文原创性声明内容

本人郑重声明:

所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名: 林旭芳

日期: 2009年 6月 8日

学位论文使用授权声明

本人完全了解中山大学有关保留、使用学位论文的规定，即:学校有权保留学位论文并向国家主管部门或其指定机构送交论文的电子版和纸质版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆、院系资料室被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，可以采用复印、缩印或其他方法保存学位论文。

学位论文作者签名: 林旭芳　　导师签名: 张新生

日期: 2009年 6 月 8 日　　日期: 2009年 6 月 8 日

第一章 绪论

1.1 选题背景与研究意义

土地是人类赖以生存和发展的基础，是人类从事一切社会经济活动的基本场所。土地利用与土地覆盖变化（LUCC：Land Use and Land Cover Change）客观地记录了人类改变地球表面空间格局的活动，再现了地表景观变化的时空过程。同时，作为全球环境的下垫面影响因子，LUCC 与全球气候变化、人与自然环境的可持续性发展密切相关。20 世纪 90 年代以来，LUCC 研究在国际地圈与生物圈计划（IGBP）和国际全球环境变化人文计划（IHDP）的推动下，已成为全球变化研究的前沿和热点[1]。

改革开放以来，中国经历了一个迅速的经济增长过程，城市化和工业化加速推进，城市化水平已从 1949 年的 10.6%提高到 2006 年的 43.9%，城市数量由原来的 136 个发展到目前的 661 个[2]。城市化的快速发展带动了城市用地规模的高速扩展，使得不同类型、不同性质的农业用地和未利用土地转化为城市建设用地[3]，同时带来了耕地流失和土壤退化[4]，自然景观被工业用地、居住用地等人工化的景观所代替。

城市边缘区是城市化最活跃、土地利用结构变化速度最快、郊区农业景观向城郊结合景观和城市景观演替最为显著的城市外缘地带[5]。同时城市边缘区也是我国城乡规划的薄弱地带。在快速城市化过程中，城市与乡村之间的相互影响与作用日趋强烈，由此激发出的城市边缘区土地资源管理不规范、生态破坏、农田流失[6]等问题日益凸显，引起了学术界的普遍关注。近年来，随着 GIS(Geographic Information System）、遥感（Remote Sensing）等技术的不断发展，卫星数据的分辨率、精确度和可靠性不断增强，处理和管理手段日渐先进，城市边缘区 LUCC 研究在国内外取得了丰硕的研究成果。这些研究分别围绕城市边缘区土地利用结构变化[7]-[8]、城市边缘区景观变化及其驱动机制[9]、城市边缘区 LUCC 发展

趋势、城市边缘区土地利用变化对周围生态环境的影响及城市边缘区环境保护[10]等开展研究。

2005年4月，为加快实施广州城市发展“东进”战略，发挥开发区的辐射带动作用，统筹城乡发展，经国务院批准，在广州开发区的基础上，整合周边农村地区，设立萝岗区。萝岗区位于广州市东部，受珠江三角洲快速城市化的影响，该区城郊景观逐步演化为城市景观，土地利用变化速度加快，表现出了典型的城市边缘区特点。但到目前为止，还没有针对该地区的系统地土地利用变化研究，加强该区土地利用变化研究，对整个珠江三角洲地区的内部地域结构优化、功能区布局优化具有重要意义，同时为该区的城市建设、规划、城乡协调发展提供参考和研究依据。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 城市边缘区的概念

城市边缘区的概念起源可以追溯到19世纪城市地理学家对城市形态的研究。1936年，德国地理学家哈伯特.路易斯（Herbert Louis）在研究柏林城市地域结构时发现，某些原属城市边界的地区，后被建成区所侵吞，成为市区的一部分，他称之为城市边缘带[5]。边缘区概念的广泛传播是在70年代，并在80年代开始被世界各国地理界和规划界广泛接受。然而由于研究背景和研究角度的差异，对该地带的命名出现了多样化的现象。如城乡结合部（Urban-rural fringe）、城市蔓延地区（The area of urban sprawl）、城乡交错带（City-countryside intercourse）和灰色区域等。不同学者在地域上也对城市边缘区给出了各自的定义。比较权威的是由安德鲁斯提出，普莱尔定义的“乡村-城市边缘带”：一种土地利用、社会和人口特征的过渡地带，位于城市建成区与纯乡村地域之间的受城市辐射影响大的过渡地带，兼具有城市与乡村两方面特征，人口密度低于中心城，但高于周围的农村地区[11]。这一定义不仅反映了土地利用特征的变化，同时也对社会、人口等方面的因素进行综合考虑。在地域上也较明显地与城市、乡

村分开。为了研究方便，伯里安特将城市边缘区划分为内边缘带和外边缘带。内边缘带的城市特征已相当明显并占主要地位，大多数土地已纳入城市规划之中，最能反映从城市到农村的土地利用变化；外边缘带则以农村土地利用为特征，但有一定城市景观和城市设施[12]。

1.2.2 城市边缘区的特征

城市边缘区是城市和乡村两大系统相互作用的产物，是非农业活动与农业活动多种因素相互作用的结果。与一般区域相比，城市边缘区的人口密度、生产力布局、经济和产业结构以及人们的经济、社会活动和生产生活、方式都存在着明显的差别，它具有不同于城市和乡村的特性。具体表现在以下几个方面：

（一）城乡过渡性

在空间结构上，城市边缘区由于受城乡之间特定的空间扩散因素与空间过程的影响，其内部各要素、景观及功能的空间变化梯度大，表现为从城市逐渐过渡到乡村。在经济发展上，城市边缘区经济系统是在原有农村基础上叠加城市经济要素而形成的，产业结构与土地利用与典型的农村地区相比，出现了明显的多样化特点，形成了以非农产业为主体，城市与乡村土地利用景观相结合的综合性产业结构体系，并且区域内经济发展对城市的依附性不断加强。

（二）空间动态性

城市边缘区随着社会经济发展而变化，它随城市的增加而增加，其范围也要随着城市的扩大而扩展。由于社会经济的发展存在扩张——过热——收缩——再扩张等周期性变化和波动，常常造成道路建设和住宅建设周期性涨缩，以及边缘区内工业和乡镇企业投资的周期变化，从而导致边缘区空间结构呈现非均匀性的周期性推进现象。

城市边缘区空间结构的动态性表现在：（1）边缘区的范围随着城市的发展而变化，内缘区因城市建设的扩展，一部分变为城市，城市边缘区的内缘区半径越来越大，把整个边缘逐步向外推进，外缘区成为内缘区向外推进并逐步扩大；（2）边缘区的结构和层次日趋复杂，随着大城市的扩展，边缘区发生层次分化，由单一层次发展到多层次，形成同心圈层式结构。（3）边缘区的功能也不断分

异，功能结构趋向复杂与多样，不断改变第一产业为主的功能结构与特征，第二、第三产业发展很迅速。

（三）人文现象多元化

城市边缘区由于是城市和乡村两种不同类型区域的交接地带，多种多样的人文现象在此并存，同一种人文现象内部的构成要素也曾现出多元化的格局。随着城市边缘区的工业化和社会化，这一地带成为吸引人口流动、人口机械增长的主要地区。而且城市边缘区区管理不严，流动人口集中，各种犯罪现象涌现在这里。

城市边缘区的土地利用结构很复杂，不仅具有城市和乡村的土地利用特征，而且因土地利用缺乏有效的统一规划管理，加之土地无偿占有，使得有的用地紧张，有的用地则大量闲置，工业用地、居民用地、商业用地等交错分布。特别是近年来，随着工业化的推进，城市生活压力的增大，越来越多的人希望住在城市边缘区[13]。使得城市边缘区的建筑景观呈现多元化，有与市区大致相同的城市型建筑仍在有一席之地，也有与农村相同的保留原有自然格局的乡村型建筑，还有高低不一、形式多样的乡村型与城市型混杂的半城市型建筑。

（四）城市增长极

由于城市边缘区毗邻城市这个大市场，人流、物流、能流、信息流、价值流等传输迅速，新的经济类型和新的经济模式自然最先出现城市边缘区，新产业、新行业、新技术也首先在边缘区产生。如城市边缘区逐渐发展成为城市蔬菜、副食品的优先发展地带，通过开办各种批发市场、集贸市场及各种展销会等，逐步确立其城乡乃至跨省区物资，商品集散的中心地位[12]。城市边缘区逐步发展成了城市经济新的增长极。

1.2.3 城市边缘区的划分

国外发达的大城市边缘区大体包括近郊和远郊，由内缘区与外缘区组成。目前研究多采用“五流”（人流、物流、技术流、信息流、金融流）分析法，引力模型法、潜能模型法和威尔逊相互作用模型法等来界定城市边缘区的范围[14]。

国内最早关于城市边缘区的划分，是广州市规划局 1988 年拟定的“城乡结合部”的划分原则：①近期城市建设发展的地段；②城市居民和农民混居的地段；

③处于城市重点控制地区附近的农民居住地段；④城市主要出入口公路两旁各50米的地段。顾朝林等认为：城市边缘区的内边界应以城市建成区基本行政单位——街道为界，外边界以城市物质要素（工业、居住、交通、绿地等）扩散范围为界[12]。陈佑启根据“断裂点”分析法的基本原理，考虑交通可达性，选取了5类20个指标，采用要素的距离衰减突变值，对北京市城乡交错带地域范围进行划分[15]。章文波等人基于TM影像的基础上，先采用二级结构分类方法城市用地信息对城市用地信息进行了提取，之后采用均值突变检验中的滑动 t-检验方法对城乡断面上的城市用地比率进行了突变检测，最后根据这些突变点的分布划分出城市边缘区内外边界的位置[16]。这些不同的划分方法是基于不同的专业背景和研究内容，但是其根本目的都是一样的：用较为明确的量化指标划定城市边缘区的内、外边界。但在实际操作中，由于我国统计口径的不连续性、行政区划的不稳定性以及城市发展自身的复杂性，都制约着我们量化城市边缘区边界的研究，难以形成实用的、统一的标准[17]。

1.2.4 本文的城市边缘区划分

上世纪90年代初期，顾朝林等在研究广州市城市边缘区特性时指出：广州市内缘区范围拟包括天河区、海珠区、芳村区花地水道以东，白云区石门金沙度假村-石锦镇-三元里镇-同和镇以南，距市中心一般不超过15公里的地域。外缘区包括黄埔区、白云区、番禺县的沙湾水道以北，芳村区花地水道以西以及南海县的东北部地区，距市中心直线距离约30公里的范围内[12]。萝岗区位于广州市东郊，距离市中心大约30km[18]，其行政范围包括了从白云区划出的九佛、穗北居委会、萝岗街道，以及从增城市划出的镇龙镇，同时还包括了黄埔区的夏港街道、荔联街道的笔岗居委会、穗东街道的东基和西基2个自然村，天河区新塘街道的玉树村，这些区域都位于90年代划分出的广州市外缘区，而且经过十多年的飞速发展，广州市发达的对外交通网已经建立，大大缩短了广州市与周边地区联系的空间距离，广州市边缘区范围划分要求扩大。同时萝岗区依托原来的广州开发区，已经发展成为广州市产业扩散、人口扩散的主要区域，城市边缘区的特征十分突出。

1.2.5 城市边缘区LUCC研究进展

20世纪60年代遥感卫星的出现，使得城市边缘区LUCC的研究方法发生了重大变革，更新时间短的卫星遥感数据成为土地利用变化研究的主要信息源。众多国内外学者针对城市边缘区LUCC的特征、驱动机制开展了广泛而全面的研究工作，这些研究无论在理论上还是在技术上都为城市边缘区的研究提供了很多可借鉴和参考的经验。例如吴铮争等利用北京城市边缘区——大兴区1994年、2001年和2006年的3期TM遥感影像，通过城镇用地信息提取，对城市边缘区的城镇建设用地扩展的时间过程和空间格局特征进行了研究[19]；王静等利用四期遥感数据，采用仿归一化等技术，提取了无锡市城乡结合部的范围，同时提出了无锡市城乡结合部土地利用类型半自动提取模型，并对无锡市城乡结合部的土地利用结构和土地利用变化进行了分析，最后得出无锡市城乡结合部土地开发利用程度较低的局面并未改善、建设征占的土地大部分闲置未用、土地利用率仍然很低的结论[20]；何春阳等人利用1975-1997年北京地区四期遥感影像，采用概率松弛法、变化向量分析法及分类后比较法对北京地区该时期内的城市化基本过程和驱动机制进行了研究，得出北京地区城市化过程主要表现为中心大区和边缘次级中心区的面状城市化、中心大区和边缘次级中心区之间沿交通干线的线状城市化以及中心大区与边缘次级中心区之间的点状城市化三种模式的结论[21]；张新长等以海珠区为例，采用灰色预测模型和基于时间序列的最小二乘法模型对城市边缘区的土地利用现状、土地利用变化特征进行了研究，并对未来土地利用的动向做出了预测[22]；于伯华等利用1990和2000年的北京市顺义区TM影像，对城市边缘区耕地流失的时空格局特征及其驱动机制进行了研究，认为工业发展是耕地流失的第一驱动力，人口城市化和房地产发展等加速了城市边缘区的耕地流失[23]；陈浮等人利用三个时期的TM影像，对马山区的景观组分进行了测量，运用分类后比较法求得研究区景观变化的转移矩阵，并在此基础上对城市边缘区的人为改造活动与景观组分之间的对应关系和空间变化过程进行了研究[24]；巴雅尔等利用长春市的TM遥感数据，结合CorelDraw和ArcGIS软件，对长春市土地利用信息进行了提取，并对长春市边缘区1987-1996年的土地利用情况进行了动态监测与分析[25]。

总的来说，城市边缘区 LUCC 的研究热点主要集中在以下三个方面：一是对城市边缘区土地利用变化特征的描述和刻画，并在特征分析的基础上进行土地利用变化模式的研究；二是城市边缘区土地利用变化驱动力研究，结合各种数据，分析驱动因子，并建立变化预测模型；三是从生态学的角度开展城市边缘区 LUCC 研究，比如城市边缘区 LUCC 的生态效应分析。

1.3 本文的技术路线和方法

在 LUCC 研究中，土地利用/覆盖类型的信息提取是研究的重点之一，提取每一时相的土地利用/覆盖信息，分析各种土地利用类型的动态变化规律是 LUCC 研究必需完成的工作。最常用的土地利用遥感监测的方法基本上可分为两种：逐个像元对比法（pixel-to-pixel comparison）和分类后对比法（post-classification comparison）[26]。第一种方法没有进行分类，而是直接将多时相的遥感图像的像元进行逐个对比来发现变化。该方法可以避免由于分类所带来的误差，但不足的是，从这些方法中很难获取具体的变化类型信息。尽管这些方法能灵敏地探测出某个像元是否发生了变化，但不能从中获取土地利用的转移矩阵（transition matrix）。第二种方法是在对比多时相的遥感图像前进行各个遥感图像的单独分类，然后比较分类结果，找出从某种土地类型到另一种土地类型的信息。该方法不需要严格的光谱标准化，同时能获取各个像元的土地利用转移类型，不但能获取变化的数量和位置，还能获取变化的性质，因而应用广泛。本文也采用分类后对比法进行城市边缘区土地利用变化研究。本文采用的技术路线如图 1-1 所示。遥感图像处理技术是本研究所采用得主要方法和手段。这些方法和手段大致包括遥感图像几何纠正、图像分类和精度评估等几种。本研究还运用数理统计的方法对土地面积变化、土地利用转移等进行了分析。

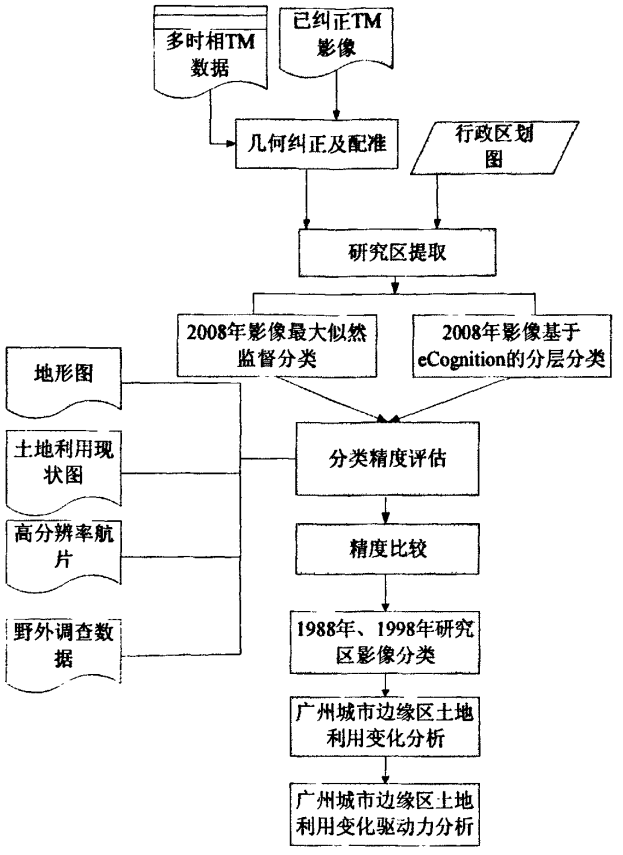


图 1-1　本文技术路线图

1.4　本文的主要内容

第一章，绪论，首先提出本文的研究背景，指出城市边缘区土地利用变化研究的迫切性，并对城市边缘区的概念、特征、及界定方法进行了简单介绍，在此基础上对国内外与边缘区土地利用变化相关的研究进行了盘点，最后简述了本文研究的技术路线和方法；

第二章，介绍研究区的概况以及进行必要的数据预处理工作。简要介绍了萝岗区在珠江三角洲的宏观区位、自然资源特点、以及社会经济发展情况，简单介绍了本研究所采用的数据来源，并对遥感影像数据进行几何纠正和图像重采样，最后在广州行政区划图的基础上提取出研究区域；

第三章，遥感影像分类，首先，介绍了常用的影像分类方法以及本文所要使用的遥感影像分类方法，确立相应的遥感图像分类体系，对萝岗区 2008 年的 TM

影像进行了最大似然监督分类，并结合萝岗区2006年的土地利用现状图、2006年萝岗区彩色航摄像片、萝岗区高分辨率的遥感影像、实地调查资料对分类结果进行精度验证；

第四章，基于eCognition的分层土地利用信息提取。对萝岗区2008年TM影像采用不同的尺度进行分割后，参照监督分类法的所使用的分类体系，在相应尺度上分析影像的特征，选择合适的特征参数，对影像进行分类，并与监督分类的精度进行比较。采用精度较好的分类方法对萝岗区其它两期TM影像进行分类；

第五章，广州城市边缘区土地利用变化及其驱动力分析。对萝岗区20年来土地利用变化进行了定性和定量的分析，并从经济增长、人口增长以及政策方面对广州城市边缘区土地利用变化的驱动力进行了深入分析；

第六章，结论。在上述研究的基础上，给出本次研究的几点结论及创新点，以及本次研究的不足之处。

第二章　研究区概况和数据预处理

2.1　研究区概况

2.1.1　行政分区与地理位置

2005年4月，萝岗区经国务院批准成立，辖区内有夏港、东区、联和、萝岗、永和5个街道和九龙镇。该区位于东经113° 31′ 09″-113° 32′ 30″，北纬23° 03′ 52″-23° 04′ 54″的范围内，是在原广州开发区（广州经济技术开发区、广州高新技术产业开发区、保税区、出口加工区）的基础上，并入了白云区、增城市、天河区、黄埔区的一部分区域。全区管辖面积达393平方公里，总人口为31.35万人。

萝岗区位于广州市的东部，穗港澳黄金三角的中心地带，东部分别与增城市的中新镇、黄埔区荔联街接壤，南部分别与增城市的新塘镇、黄埔区的南岗街、穗东街接壤，西部分别与天河区的珠吉街、黄村街、新塘街和白云区的太和镇、良田镇、钟落潭镇接壤，北部与从化市的太平镇接壤。最早开发的是广州经济技术开发区西区即萝岗区夏港街，位于珠江主流与东江北干流交汇处，北以横滘河为界，东南至东江，西南至珠江。萝岗区内交通干线密集，路网体系发达，到珠三角所有主要城市的道路基本实现高速公路化，在2小时车程半径范围可以到达珠江三角洲的主要城市，包括香港、澳门。



图 2-1 萝岗区地理位置图

2.1.2 气候、土壤及自然资源概况

萝岗区地处北回归线以南，全年气候暖热，各地平均气温在 21° -22° C 之间，7-10 月日照时数最多，平均每月日照时数在 200 小时以上。该区位于最著名的东亚季风区，雨量充沛，年平均降水量 1.703×10^{3}ml，地带性土壤以赤红壤为主，土地肥沃，拥有丰富的果蔬、家禽、稻类等农产资源以及历史悠久的种植、养殖经验，众多物产闻名海内外，比如萝岗糯米糍荔枝、萝岗碧玉荔枝、萝岗甜橙、大果甜杨桃、大果杨梅、黄皮、番石榴、乌白榄、龙眼、高脚菜心、九佛白

兰花、九佛麻鸡、火村冰鲜鸡等。

萝岗区地形属于珠江三角洲冲积丘陵平原区，三面环山，海拔在50-300m之间，地势北高南低，北部多山地丘陵，南部平原丘陵相间，最高山峰为油麻山，海拔443.6m，萝岗区内水资源丰富，拥有中小型水库20多座，大小河流流程80公里。

2.1.3 社会、经济发展状况

2007年萝岗区实现地区生产总值947.66亿元，按可比价格计算，比2006年增长20.18%，占广州市生产总值的13.44%，在全国开发区中连续4年位居首位。2008年，萝岗区全年完成工业总产值2944.79亿元，比2007年增长20.13%，新增工业总产值近500亿元；完成财税总收入264.41亿元，比2007年增长21.28%；完成固定资产投资213.55亿元，突破200亿元大关，出口总额首超100亿美元，达到105.08亿美元，实际使用外资突破10亿美元，增长11.55%[27]。

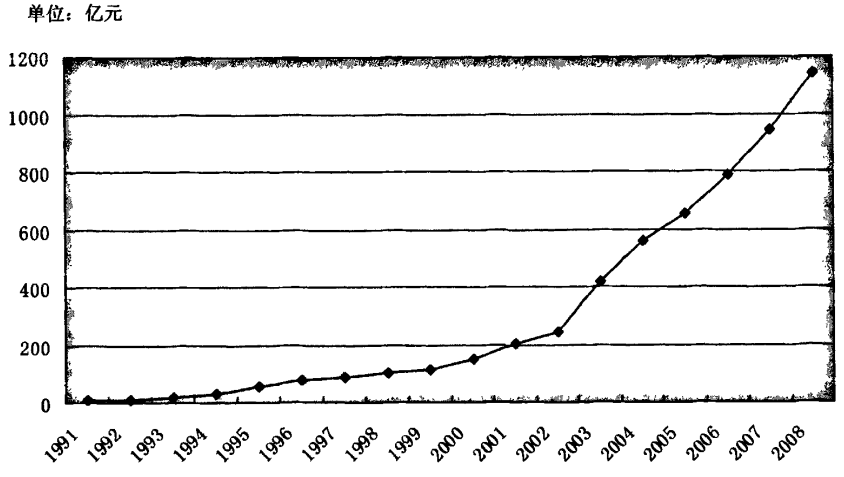


图2-2 萝岗区（开发区）历年地区生产总值图（单位：亿元）

从图2-2看出，1988年以来，萝岗区地区生产总值持续增长，并且在20年的发展中，逐渐形成了精细化工、电子信息、生物医药、食品饮料、金属冶炼及加工、汽车及零部件等六大支柱产业。

2.2 数据预处理

2.2.1 遥感数据源选择

运用遥感技术进行土地利用变化分析是地学研究中采用的最广泛的手段之一。目前用于土地利用情况调查及监测的卫星遥感数据主要有 ASTER 数据、Landsat TM/ETM+数据和以及高分辨率的 IKONOS 数据、SPOT 数据，QuickBird 数据等。Landsat 系列卫星数据光谱信息丰富，空间分辨率适中，价格相对便宜，且一般情况下能达到85%以上的监测精度[28]，是用于土地利用现状调查的常用数据。在遥感数据源时空分辨率的选择上，一些学者[29]给出了具体的要求，一般来说，立足区域角度的土地利用时空变化分析时间间隔在5年以上比较合理[30]。

本文在综合考虑影像数据收集的可能性、现实性以及已有的研究经验的基础上，选择了1988年、1998年、2008年3期Landsat-5 TM数据作为广州城市边缘区土地利用变化监测的主要信息源。具体参数如下表所示：

表2-1 遥感资料表

成像日期	轨道号	分辨率	波段信息
1988/12/10	122/44	30	1，2，3，4，5，7
1998/12/22	122/44	30	1，2，3，4，5，7
2008/03/04	122/44	30	1，2，3，4，5，7

Landsat-5近圆形太阳同步轨道高705km，每一圈运行的时间约为99分钟，每16天覆盖全球一次，第17天返回到同一地点的上空，星上除了带有与前三颗基本相同的多波段扫描仪（MSS）外，还带有一台专题成像仪（TM）。它采用光学机械扫描方式获取地面目标的图像，瞬时视场角为30m，地面上的观测宽度为185km。Landsat TM数据主要应用于陆地的资源探测、环境监测，是学者们进行土地利用/土地覆盖变化研究采用的最为广泛的地球观测数据之一。TM传感器选用可见光到热红外（0.45-12.5um）的谱段，分7个波段，各波段特征及其用途如下：

Band1：波谱范围为0.45-0.52um，称为蓝波段。该波段位于水体衰减系数最

小，散射最弱的部位（0.45-0.55um），对水的穿透力最大（对清水可达30m），用于判别水深、浅海水下地形、水体混浊度、沿岸水、地表水等，进行水系及浅海水域制图。同时它位于绿色植物叶绿素的吸收区（0.45-0.50um），对叶绿素及叶绿素浓度反应敏感。用于海水叶绿素含量监测，特别是常绿与落叶植被的识别，森林类型制图及土壤与植被的区分，也有助于植物胁迫的识别。

Band2：波谱范围为0.52-0.60um，称为绿波段。该波段位于健康绿色植物的绿色反射率（0.54-0.55um）附近，对植物的绿反演敏感，可用以识别植物类别和评价植物生产力。对水体有一定的穿透力，可反映水下特征、水体混浊度、沿岸泥沙流、水下地形、沙洲、沿岸沙地等，并对水体污染特别是金属和化学污染的研究效果好。

Band3：波谱范围为0.63-0.69um，称为红波段。该波段位于叶绿素的主要吸收带（0.67-0.69um），可根据对不同植物叶绿素的吸收来区分植物类型、覆盖度，判断植物生长状况、健康状况等。位于含沙浓度不同水体辐射峰值（0.58-0.68um）附近，对水中的悬浮泥沙反映敏感，用于研究泥沙流域范围及迁移规律。对水体穿透力2米左右。此外，该波段对于裸露地表、植被、土壤、岩性、地层、构造、地貌、人文特征等可提供丰富的信息，为可见光最佳波段。

Band4：波谱范围为0.76-0.90um，称为近红外波段。该波段位于植被的高反射区，光谱特征受植物细胞结构控制，反映大量植物信息，故对植物的类别、密度、生长力、病虫害等的变化最敏感。用于植物识别分类、生物量调查及作物长势测定，为植物通用波段。同时，处于水体强吸收区，水体轮廓清晰，用于勾绘水体，区分土壤湿度及寻找地下水、识别与水有关的地质构造、地貌、土壤岩石类型等。

Band5：波谱范围1.55-1.75um，称为短波红外波段。该波段位于水的吸收带之间（1.4-1.9um），受两个吸收带的控制。反映植物和土壤水分含量敏感，利于植物水分状况研究和作物长势分析。此外，该波段雪比云反射率低，色调暗而形成较大反差，易于区分雪和云。

Band6：波谱范围10.4-12.5um，称为热红外波段。该波段主要用于探测常温的热辐射差异。根据辐射响应的差异，可进行植物胁迫分析、土壤湿度研究、农业与森林区分、水体、岩石等地表特征识别以及监测与人类活动有关的热特征，

进行热测定与热制图。本文中所用数据都不采用该波段。

Band7：波谱范围为2.08-2.35um，称为短波红外波段。该波段位于水的吸收带之间（1.9-2.7um），受两个吸收带的控制。反映植物水分含量敏感。包含了黏土化蚀变矿物吸收谷（2.2um）附近及碳酸岩化蚀变吸收谷附近（2.35um），对于岩石、特定矿物反应敏感。

2.2.2 其它辅助数据

广州地区1/50000地形图多幅；萝岗区2006年航空影像一幅；萝岗区1/10000地形图多幅；实地调查资料；广州市2006年行政区划图和萝岗区2006年土地利用现状图、萝岗区统计年鉴及萝岗区统计网信息。

2.3 几何纠正

卫星遥感影像在成像过程中受到传感器高度和姿势角的变化、大气折光、地球曲率、地形起伏、地球的旋转以及传感器本身结构性能的变化等诸多因素的影响。这些因素的干扰使得影像上的地物产生几何变形，主要表现为位移、旋转、缩放、仿射、弯曲或更高阶的弯曲，或者表现为像元相对地面实际位置的挤压、伸展、扭曲和偏移。因此，为了保证遥感图像后续处理结果的可靠性和准确性以及具有标准的地理空间坐标以便于进行空间分析，必须对遥感图像进行几何校正[31]。遥感图像的几何纠正包括控制点选取、多项式纠正、图像重采样等过程。

2.3.1 控制点选取

控制点的选取是几何纠正中最重要的一步，地面控制点的数量、分布和精度直接影响几何纠正的效果。选取的地面控制点应具备以下特征：1）控制点在图像上有明显的、清晰的定位识别标志，如道路交叉点、河流岔口、建筑边界、农田界线等等；2）被选为控制点的地物不随时间而变化，以保证两幅或多幅不同时间段的图像在几何纠正时，可以同时识别出来；3）选择的控制点应当均匀的

分布在整幅图像内，且要有一定的数量保证[32]。

2.3.2 多项式纠正模型

控制点选择好之后，要分别计算出控制点在基准图像和待配准图像上的像元坐标或者相应的地理坐标。然后选择合适的坐标变换函数（即数学纠正模型），建立基准图像和待配准图像之间的坐标对应关系式，通常又称为多项式纠正模型。对于一般的几何纠正，可以使用一次多项式纠正模型，对于精度要求较高的可以使用二次或三次多项式纠正模型。对图像进行多项式纠正的目的是对待配准图像的像元坐标进行重新定位，使其与基准图像的坐标相对应。

2.3.3 图像重采样

新的输出图像的像元点坐标在原图像的分布是不均匀的，因此需要根据输出图像上的各像元在输入图像中的位置，对原始图像按一定的规则重新采样，进行亮度值的插值运算，建立新的图像矩阵。常用的插值方法有：

（1）最近邻值法，是将最邻近的像元值赋予新的像元。该方法优点是输出图像仍然保持原来的像元值，简单，处理速度快。但是有可能是输出图像中的地物最大产生半个像元的位置偏移；

（2）双线性内插法，是使用邻近的四个点的像元值，按照其距内插点的距离赋予不同的权重，进行线性内插。该方法具有平均化的滤波效果，产生一个比较连贯的输出图像，缺点则是破坏了原来的像元值；

（3）三次卷积内插法，是根据内插点周围的十六个像元值用三次卷积函数进行内插。计算过程较为复杂，计算量大，但是对边缘有所增强，具有均衡化和清晰化的效果[32]。

本文在几何纠正过程中，选择萝岗区已经纠正过的一幅1993年的TM图像作为基准图像，分别选取了60个控制点，对1988年、1998年和2008年的图像进行了几何校正。控制点均匀分布于整幅图像中，配准的均方根（RMS）误差在一个像元内，满足后续图像处理要求，纠正过程使用了最近邻值内插法对原始图像

进行了重采样。

2.4 影像裁减

根据 2006 年广州市行政区划图数字化得到的萝岗区边界数据，对遥感影像进行切割，提取出研究区范围内的影像，如图 3-2 所示。



图 2-3 裁剪后研究区 1988 年影像(RGB/543)

第三章　遥感影像分类

3.1　分类方法介绍

3.1.1　非监督分类法

非监督分类，也称聚类分析或点群分析，是一种在没有先验知识的情况下，仅根据图像本身的统计特征与自然点群的分布状况进行地物分类的方法[33]，非监督分类不需要人工选择训练样本，仅需极少的人工初始输入，计算机即按一定规则自动地根据像元光谱或空间等特征组成集群组，然后分析者将每个组和参考数据对照，将其划分到某一类别中去[32]。常用的非监督分类方法有 K-均值分类法和 ISODATA（Iterative Self-Organization Analysis Technique）分类法即重复自组织分类法。ISODATA 分类方法是在 K 均值算法的基础上，加入了试探性的步骤，它能够吸取中间结果的经验，在迭代的过程中可以进行类别的分离和合并，具有“自组织”性，是目前非监督分类中使用最为广泛的算法。

3.1.2　监督分类法

监督分类又称训练分类法，即用被确认类别的样本像元去识别其他未知类别像元的过程。已被确认类别的样本像元是指那些位于训练区的像元。在这种分类中，分析者在图像上对每一种类别选取一定数量的训练区，计算机计算每种训练样区的统计或其他信息，将每个像元和训练样本作比较，按照不同规则将其划分到与其最相似的样本类[32]。监督分类有两个基本步骤：1）选择训练样本和提取统计信息；2）选择合适的分类算法，常用的几种监督分类算法包括平行算法，

最小距离法，最大似然法等。

3.1.3 其他分类

监督分类和非监督分类是两种基本的分类方法，但由于遥感图像分辨率及其他因素的影响，图像中的像元所对应的地面实体并不只是一个类别，而是两个或者两个以上类别的混合体，因此其分类结果并不理想。随着遥感技术和计算机技术的发展以及人们实践经验的增多，国内外学者发展并形成了许多其他分类方法，比如模糊分类方法[34]、空间结构纹理分类方法、人工神经网络分类方法、基于知识的分层分区分类方法等。

3.1.4 本文所采用的分类方法

本文采用最大似然监督分类法和基于 eCognition 的分层分类法对研究区土地利用信息分别进行提取研究，对比两种分类结果，选择精度较好的分类方法对萝岗区土地利用变化进行分析。

3.2 研究区最大似然监督分类

最大似然监督分类法是一种基于像元处理的方法，也是应用最广泛的一种监督分类算法，几乎所有的图像处理系统和软件系统中都有这一算法。

最大似然监督分类法是建立在贝叶斯准则基础上分类误差概率最小的一种分类方法。其基本思想是：各类的已知像元的数据在平面或空间中构成一定的点群；每一类的每一维数都在自己的数轴上形成一个正态分布，各类的多维数据就构成该类的一个多维正态分布；各类的多维正态分布各有其分布特征，例如：位置、形状、密集或分散的程度等；根据已知各类的已知数据（通过实地调查或其他方法确定地物类别及其训练区所得），可以构造出各类的多维正态分布模型，也就是各类出现各种数据向量的概率；有了各类的多维正态分布模型，对于任何一个未知类别的数据向量，都可以反过来求他属于各类的概率；比较这些概率的

大小，看属于哪一类的概率大就把这个数据向量或这个像元归于那一类。

3.2.1 遥感图像分类体系

遥感图像分类体系的划分是遥感图像分类的重要基础，与土地利用分类体系不完全相同的是，遥感图像分类体系的划分不仅要充分考虑遥感图像实际可解能力和研究区域土地覆盖特征，还要适当地与土地利用分类体系靠近，便于利用遥感技术对土地利用现状进行动态监测。

建设部 1990 年颁布的《城市用地分类与规划建设用地标准》将我国城市地区土地利用类型划分为高密度建设用地、低密度建设用地、旱地、水浇地、灌溉田、菜地、园地、城市绿地、水域和未利用土地 10 个大类；1997 年，全国县级土地利用总体规划及规划修编使用新的分类系统，该系统将我国土地利用分为农用地、建设用地和未利用地三个大类；2002 年 1 月 1 日起开始试行的全国土地分类，在 1997 年的分类系统上修改后，仍然将土地利用划分为农用地、建设用地和未利用地三个大类；同时一些学者在开展珠江三角洲土地利用研究时也分别给出了自己的分类系统，比如黎夏和叶嘉安在研究珠三角的城市扩展时，曾使用的土地分类是：城市用地、沙地、林地、果园、基塘、农田[35]；史培军在深圳市土地利用覆盖变化与生态环境安全分析中将土地利用类型分为：高密度城市用地、中密度城市用地、农田、果园、灌草地、林地、水体、湿地和裸地等 9 个类型[36]；吴燕梅，胡伟平在萝岗区的景观格局梯度分析中，将萝岗区的景观类型划分为林地、基塘水库、乡镇居民点、草地、推平未利用地、城市建设用地、耕地、河流、园地和其他用地共 10 个一级类型[37]；李少英等在研究东莞土地利用变化信息图谱时将东莞的土地类型分为：城市用地、开发用地、水体、农田、林地、果园、基塘、水库、人工草地 9 个类型[38]。

本文结合研究区的特点、前人的研究成果以及影像的实际可解能力，把研究区土地利用类型分为 6 大一级类型，即耕地、水体、建设用地、林地、园地及其它用地。其中耕地包括水田、旱地及其他耕地类型；园地包括果园、蕉地等；水体包括河流、湖泊以及养殖水面等；建设用地包括城乡居民点、交通用地、开发用地等；林地包括有林地、疏林地、草地及人工草地等，其它用地包括撂荒地、

盐碱地、裸地等。

3.2.2 解译标志及训练区选择

科学可行的解译标志是正确解译的基础，因此判读工作开始之前必须建立解译标志。解译标志对整个工作流程极为重要，正确与否直接影响图斑属性值的可信度。遥感图像解译时必须运用地学相关分析方法，综合影像的色调、亮度、饱和度、形状、纹理和结构等特征结合已有资料和野外工作经验判定地物类型。在TM3（B），TM4（G），TM5（R）合成的似真彩色影像图上，山地植被以饱和度较高的绿色调为主，丘陵植被以亮度较高、饱和度中等的青色调为主，平原植被（主要是菜地、蕉地）以饱和度、亮度中等的绿色调为主，水田以亮度值较高的蓝紫色为主，人工建筑物以紫红色为主，水体以饱和度较高的红色调（亮度值变化幅度较大）为主[30]。 本文所使用的解译标志如表3-1所示：

表3-1 萝岗区遥感图像解译标志（RGB/543）

土地利用类型	解译标志
耕地	由于影像获取时间为春、冬季，耕地在影像上表现为淡黄褐色或者土黄色，中间夹杂绿色的植被或者暗蓝紫色的居民地。
林地	其中有林地在影像上呈深绿色，色调不均，呈大片状或不规则的多边形，一般位于有一定海拔的山地上。中间分布着大大小小的山体阴影。疏林地在影像上表现为浅绿色，色泽不均，杂有淡黄色斑点。草地在影像上表现为黄绿色，且分布较少。
水体	湖泊呈藏蓝色，河流呈蓝黑色，较易判读。养殖水面呈暗蓝色，分布比较零星。
园地	在影像上呈紫红色，有亮紫红色水滴形的斑点。
建设用地	农村居民地呈暗蓝紫色，在影像上呈零星排列，周围一般分布着耕地、园地或河流、养殖水面等。城市建设用地中老城区呈蓝紫色，新建城市用地呈亮蓝紫色，内部可见纵横交错的道路，而开发用地呈白色或者黄白色，特别是一些推平的独立工矿用地，分布比较集中，在影像上呈亮白色。

其它	撂荒地、盐碱地、裸地等。

针对以上解译标志，根据2006年的航片、高分辨率遥感图像、实地调查数据，利用ENVI软件，对每种土地利用类型分别选取了训练样本，进行萝岗区2008年的TM影像最大似然监督分类。

3.2.3 分类精度评估

对遥感分类图像进行精度评价非常重要，因为这直接影响到分类图像后续的应用。遥感分类精度主要受两个因子影响。因子之一是混合像元。当遥感数据空间分辨率变高时，混合像元数量减少，分类精度就会提高；因子之二是空间分辨率变高时，同一地物类别内部的光谱响应变异增大，使类别间的可分性降低，从而导致分类精度降低。实际上，随着遥感数据空间分辨率的变化，遥感数据分类精度如何变化最终取决于空间分辨率和遥感图像上地物目标大小之间的相对关系。分类精度评估是将分类图像中的特定像元与已知分类的参考像元进行比较，常用的分类精度评估方法有混淆矩阵评估方法、KAPPA系数法等。本文对萝岗区2008遥感影像分类结果的检验主要参照Google Earth上的高分辨率遥感图像，以及研究区2006年的航片、2006年土地利用现状图和野外实地采样资料，而对远期的遥感影像，由于缺乏土地利用历史数据，只能参照早期编制的萝岗区、广州市地形图和对一些土地利用未发生变化的区域进行验证。为了定量检验本文所用分类方法的总体精度，参考以上数据在分类图像上有代表性地选择耕地、林地、水体、园地、建设用地的典型区块作为检验样本，尽量使检验样本集均匀覆盖研究区。然后，分别计算基于像元的传统分类方法的混淆矩阵和KAPPA系数，获得分类精度。

3.2.3.1 混淆矩阵评估方法

参照2006年萝岗区土地利用现状图、2006年研究区高分辨率航片和Google Earth上的高分辨率影像图以及野外实地调查资料，在萝岗区2008年TM分类影像上，结合每种土地利用类型选取一定量的样本，进行混淆矩阵分析，获得的混

淆矩阵如表3-2：

表3-2 2008年监督分类结果混淆矩阵表

参考地类	分类后地类						生产精度
	水体	建设用地	林地	耕地	园地	样本数	
水体	45	0	14	0	0	59	76.3%
建设用地	10	65	2	0	2	79	82.3%
林地	0	5	68	6	8	87	78.2%
耕地	0	4	2	64	20	90	71.1%
园地	0	4	8	18	66	96	68.8%
样本数	55	78	94	88	96	411	
用户精度	81.8%	83.3%	72.3%	72.7%	68.8%		

混淆矩阵的左边代表的是参考图像上的类别，上部代表的是分类后图像上的类别，在矩阵中列出的是像元数量，表3-2中，在每一行中列出的其他像元数表示在参考类别被错误的指定为其他类的像元数量。混淆矩阵对角线上列出的是被正确分类的像元数量。最右边一列是每类别在参考图像上的总数量，底部一行表示的是每类别在所要评价的图上的总数量。总体分类精度为所有正确分类的像元之和与检验像元总数之比[32]，即

$$P_c = \sum_{k=1}^{n} p_{kk} / p \qquad (3-1)$$

根据上面混淆矩阵计算获得2008年分类结果的总体分类精度为：0.75

3.2.3.2 Kappa参数评估方法

Kappa参数在进行分类精度评估时同样具有独特的特点。Kappa参数是由Cohen于1960创造并于19世纪80年代引用到遥感领域当中的，该方法一经引入便迅速成为分类精度评估的主要方法之一，其主要的原因是该方法对改变监测的置信度进行了必要的补偿。该参数的计算公式为

$$K = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}x_{+i})} \qquad (3-2)$$

式（3-2）中，r 是误差矩阵中的总列数，x_{ii} 是误差矩阵中的第 i 行、第 i 列上像元数量（即正确分类的数数目）；x_{i+}，x_{+i} 分别是第 i 行和第 i 列的总像元数量；N是总的用于精度评估的像元数量[32]。实际工作中常常是将分类数据与实地调查结果、航空相片或土地利用现状图等进行对比，根据以上混淆矩阵计算出2008年TM影像最大似然监督分类结果的KAPPA系数为：0.68

第四章　基于eCognition的分层分类法

4.1　eCognition分类软件介绍

eCognition 是采用面向对象的信息提取技术来进行影像的分类和分析的遥感影像专业分类软件。与传统分类方法比较，它的主要特点是在分类时不仅可以利用其波谱信息，还可以利用其几何信息和结构信息，同时还可以加载人的思维，构建知识库，大大提高地物分类的精度。其最主要的应用是进行高分辨率遥感影像分类，但它也可以对多光谱影像[38]-[40]进行处理。

eCognition 采用的核心思想是决策支持的模糊分类，其基本思想是用从 0 到 1 的连续范围来取代二值的确定逻辑状态“是”与“非”，它给出对象对于所有定义类型的隶属度，最大的隶属度将决定对象的类型归属，如果所有的隶属度均为 0，那么这一对象将不进行分类。eCognition 有两个最主要的特点：

1）多尺度分割

面向对象分类的精度取决于图像多尺度分割的质量[41]，它是图像相邻同质像元的合并和异质像元的分离过程，也可以理解为一个局部优化的过程，因为分割后影像的基本单元已经不是单个像元，而是由同质像元组成的多边形对象，每个多边形对象不仅包含光谱信息，而且还包含形状信息、纹理信息、邻域信息等[42]。

固定空间分辨率的遥感影像数据在多尺度分割前，表示为同一空间尺度的类别信息，该尺度即为影像的空间分辨率，最小的影像对象即为原始的像元，此时影像对象不包含有意义的环境语义信息，很难在其上提取出不同空间属性的类别。而对影像进行多尺度分割后，就形成了由分割尺度参数所决定的影像对象层次网络体系，在这个网络体系中，一个对象层有一个固定的尺度值，多个对象层则体现了多种空间尺度的地物类别属性，从而可以在不同尺度对象层上提取不同属性的类别信息。比如 1m 分辨率的遥感影像可以用来分析房屋，而 1000 米分辨率的可能只能用来分析大区域植被覆盖。总之，面向对象的多尺度分割充分考虑

了地表实体格局或过程的多层次性，克服了数据源的固定尺度问题，使得具有固定分辨率的影像数据可以有不同尺度的影像层次，构成了一个与地表实体相似的层次网络结构，实现了原始像元信息在不同空间尺度间的传递，以适应特定的应用需求。

在对层次关系进行操作时，上下层次对象间的关系显得十分重要，可根据父对象的属性对子对象分类、根据子对象的平均属性对父对象的纹理属性进行分类、根据已分类的子对象的组成对父对象分类等。在影像分割生成多边形对象的过程中，还可以添加矢量图层参与分割。如在提取农作物类别的分割中，如果能获取该区域的耕地面积矢量数据，就可以作为一个专题层参与到影像的分割中，所生成的影像对象在感兴趣的耕地范围内，其它的土地利用类别只作为一个大的背景，这种多元数据参与影像分割与分类的方法大大的增加了影像信息提取的精度和效率。

多尺度分割中的参数设置：

（1）权重

影像各波段权重的设置是影响分割结果质量的重要因素之一。在对影像进行分割时，可以根据各个波段对分割结果的贡献程度而取不同的权重。某个波段的权重值越高，在分割过程中使用这个层的信息越多。

（2）尺度参数

影像分割时候的尺度选择是很重要的，尺度参数直接决定了影像对象的最大的异质度。对于一种确定的地物类型，设定一个分割参数后，要能使分割后的对象（多边形）能将这种地物类型的边界显示得十分清楚，能很好的与其它地物区别开来。

（3）均质因子

eCognition有两个均质因子：光谱因子和形状因子，其中形状因子又包括光滑度和紧致度两个因子。

光谱因子，即影像的像元光谱值，在大多数情况下，光谱因子是生成分割对象的最重要的因子，传统的土地利用信息提取方法就完全依靠像元的光谱值进行，也就是将光谱因子的权重设置为1，而不考虑形状因子。

形状因子中的光滑度描述的是影像目标边界和一个正方形的相似程度，可以

通过平滑边界来优化影像对象，紧致度则可以根据较小的差别把紧凑的目标和非紧凑目标区分开。形状因子的参与有助于避免影像对象过于破碎，从而提高分类精度。

总之，光谱因子是优化波谱均质的变量，形状因子是优化空间复杂度的变量，分割尺度是一个异质阈值。如何设置这些变量的数值要根据具体的要求，如果将颜色权重设为1，而不考虑形状信息的话，会生成锯齿状波谱范围很窄的多边形；如果强调形状信息而忽略光谱信息的话，生成的多边形没有定形，并且与特征边界不严格吻合。紧密度权重过高的话也会生成无定形不具有明显地物特征的多边形；光滑度权重高一些，则会使生成的多边形与地物的自然特征更加吻合[43]。目前，在对新的影像数据进行分割时，最适宜的方法就是尝试，使用不同的参数进行分割，直到取得令人满意的分割结果。在对整个影像数据进行操作前，我们可以截取有代表性的子区做实验，一旦找到了适合的分割参数，则可以把它们用于整个影像，这样可以节省时间、提高效率。

2）模糊隶属度函数

eCognition中，影像对象分类是基于模糊逻辑的分类系统，模糊分类不是仅仅把一个影像对象赋予一个类，它可以提供这个对象对所有可以考虑类的隶属度。模糊逻辑甚至支持某一类通过不同种类的逻辑运算组合不同种的特征来描述。基本思想是：样本的隶属度通过成员函数获得，成员函数把任意特征值范围转换为统一的范围（0…1），描述一个类型的隶属度。它的分类策略是透明的，因此比神经网络更容易接受。

eCognition 支持两种分类技术，模糊最邻近描述类或者隶属度函数法描述类，模糊最邻近就是基于样本的，即简单点击分类的方法，而隶属度函数法则包含了一些概念和专家知识来定义的分类策略。这两种方法可以在基于知识库的继承上结合使用，获得最合适的类策略。由于最近邻分类器比成员函数能更好地处理多维特征空间的联系，因此，在无法描述特征空间时，最近邻分类器是最好的选择。如果仅用一个特征或很少的特征就可以将一个类同其他类区别开时，建议使用隶属度函数分类器。

4.2 土地利用信息提取

4.2.1 多尺度分割参数

将TM的短波红外、近红外、红、绿、蓝共六个波段输入到eCognition软件的多尺度分割模块，输入相应的分割参数，得到分割后的图像对象。分割参数的确定取决于遥感影像空间分辨率和地物的特征，不同的分割参数对应不同的地物综合，分割后图层中，所得到的对象或基元应与待分类或提取的目标地物的大小和形状基本吻合，如果相差较大，则应调整相应的光谱参数和形状参数，以达到对不同地物的有效分割。考虑到所用TM数据的空间分辨率为30 m，地物特征以光谱信息为主、结构信息为辅，本文通过选择训练样区进行多次试验，确定如表4-1所示的分割参数进行多尺度分割：

表4-1 多尺度分割参数表

对象层	分割尺度	形状因子	紧凑度
Level 1	20	0.1	0.5
Level 2	10	0.1	0.5
Level 3	3	0.1	0.7

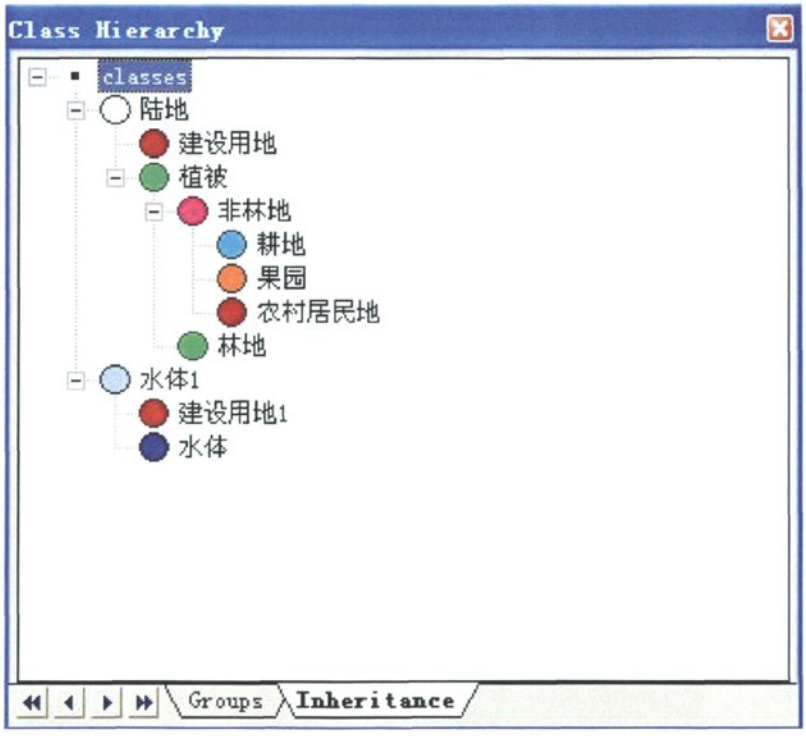
4.2.2 特征选择和分类结构

土地利用信息提取质量的好坏取决于所建立的提取规则是否能够很有效的区分地物，又因为同一类地物由于其大小、分布、密度不同，光谱响应上存在差异，往往会导致分类困难，因而有必要将某一地物细分为若干子类，再利用其光谱等特征分类，可以有效地降低分类难度。具体的规则建立考虑以下三个原则：①各层次类型的规则建立。根据对象的光谱特征、几何特征和拓扑特征定义类型的判定规则。②层内子类型继承父类型。如果存在子类型，子类型应首先继承其父类型的判定规则，然后增加其特有的光谱特征、几何特征和拓扑特征作为判定规则。③对每一层的分类结果进行合并与传递，形成最终的分类判定规则。值得说明的是，在建立分类规则时，需要灵活运用对象的特征，以帮助提取特定地物

信息。鉴于本研究所使用的 TM 数据空间分辨率为 30m，本文在进行特征选择时主要基于地物的光谱特征进行。

类层次结构是 eCognition 的一种语言框架，用来明确表达将要分类的影像对象的知识库。它包含了层次结构中的分类方案下的所有类别。本研究所使用的类层次结构参照上述监督分类使用的分类体系构建，如图 4 － 1 所示：

图 4-1 分类结构图



4.2.2.1 水陆分离

按照 Level1 的参数（即分割尺度为 20，形状因子为 0.1，紧致度为 0.5）对图像进行多尺度分割后得到的图像对象中，河流、湖泊等水体对象多边形与地物大小较为接近，因此本文首先将河流、湖泊等水体信息在 Level1 上提取出来。由于水体在 TM2 波段上的反射比 TM4 波段强，而植被在 TM4 波段上存在一个反射峰，因此选用 TM2 和 TM4 波段构成的归一化差异水体指数模型能很好的突出水体信息，而同时抑制植被等背景地物信息。其计算公式为：

$$NDWI = \frac{G-R}{G+R} \qquad (4-1)$$

式（4-1）中，G为绿光波段反射率，R为近红外波段反射率。在eCognition中构建这一特征。为了选择合适的阈值区分水体和背景地物，在分割后的图像上分别选择河流、湖泊、养殖水面等水体对象进行分析。

表4-2 Level1上水体对象NDWI值

NDWI		
河流	湖泊	养殖水面
0.40	0.26	0.29
0.37	0.30	0.02
0.37	0.33	0.31
0.39	0.41	0.15
0.43	0.35	0.03
0.08	0.29	0.04
0.07	0.26	0.29
0.24	0.27	-0.03
0.40	0.43	-0.01

从表4-2中可以发现大部分水体对象的NDWI值都大于零，只有一小部分养殖水面由于混合像元的原因，其NDVI值小于零，经过多次试验，本文采用NDWI>=-0.04提取水体信息。但是在提取出的结果中发现，部分城市建设用地，特别是交通、城市居住用地、港口用地，被错分到水体当中。

本研究为了更好的提取出水体信息，在eCognition中可以按图像对象在各个波段的平均反射率值显示重新显示，经过多次尝试发现，建设用地对象和水体对象在波段7的平均值相差很大，如表4-3所示：

表4-3 建设用地、水体对象特征对比表

Mean Layer 7		
居住用地	水体	港口用地
31.42	1.55	28.73
38.63	1.58	29.52
50.35	1.58	11.00
40.37	2.04	28.2
33.58	2.24	20.79

因此选用合适的阈值就能将被错分到的建设用地信息提取出来。本文在提取错分到水体中的建设用地信息时，使用了对象均值特征即Mean Layer Value，

阈值选择10，在即水体对象中，当对象的Mean Layer Value〉10时，该对象即被分类到建设用地当中。

陆地信息采用逻辑非的形式（即 not 水体）进行提取，从而将陆地和水体在一个相对较大的尺度上区分开来。

4.2.2.2 植被、建设用地信息提取

Level 2 建立在Level1 的基础上，是对Level1 中的陆地类进行多尺度分割后得到的，采用的分割参数为表4-1所示。在该层中提取植被信息和建设用地信息。植被信息提取主要基于归一化植被指数进行。NDVI（归一化植被指数）是根据红光对叶绿素吸收敏感、近红外波段对绿色植物类别差异敏感的特性，把遥感影像的红光波段和近红外波段进行组合得到的，它是反映植物生长状况及生长空间分布密度的最佳指示因子，可以用来对农作物和半干旱地区降水量进行预测，该指数常被用来进行区域和全球的植被状态研究[46]。计算公式[47]如下，即

$$NDVI = \frac{N - R}{N + R} \qquad (4 - 2)$$

式（4-2）中，N，R分别为近红外和红光波段反射率。通过NDVI计算获得的图像的NDVI分布图中，陆地上的大部分植被的NDVI大于0，而建设用地则小于0，如表4-4所示，因此选用合适的阈值就能把植被和建设用地信息提取出来。本文经过多次实验，当对象的NDVI特征值大于-0.019时，建设用地信息能够较好的提取出来，植被信息则在继承陆地信息的基础上使用了逻辑非规则（即not 建设用地）将其提取出来。

表4-4 Level 2上各土地利用类型NDVI值

NDVI			
林地	园地	耕地	建设用地
0.62	0.28	0.11	-0.003
0.59	0.23	0.09	-0.02
0.48	0.18	0.13	0.007
0.55	0.19	0.10	-0.02
0.47	0.31	0.07	-0.03
0.36	0.31	0.06	-0.05
0.54	0.32	0.09	-0.008
0.32	0.30	0.10	-0.04
0.46	0.13	0.09	-0.04
0.57	0.19	0.08	-0.06

4.2.2.3 林地、园地、耕地、农村居民地信息提取

在 Level2 上提取出植被和建设用地信息后，接下来要在植被的基础上进一步提取出耕地、林地、园地以及小片的农村居民地信息。由于耕地、园地及农村居民地分布比较分散，Level 2 上影像对象多边形一般包含两种或两种以上地物。因此采用表 4-1 中的分割参数进一步分割，得到 Level 3。在 Level 2 上，由表 4-4 可知，林地对应的 NDVI 值较高，耕地、园地对象的 NDVI 值较低。在更小尺度分割后得到的 Level3 上，为了进一步查清林地的 NDVI 值分布情况，如植被提取方法，在图像中选取了林地对象样本，计算其 NDVI 隶属度，发现林地的 NDVI 值分布在 0.25-0.75 区间内，因此构建隶属度函数将其区分开来，如图 4-3：

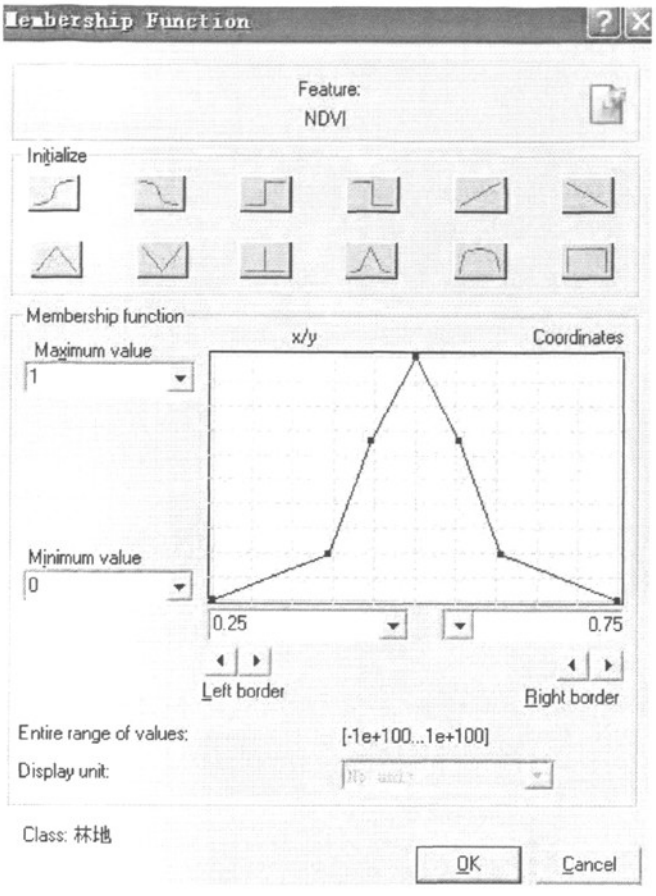


图 4-3 隶属度函数图

由于耕地、园地NDVI值非常接近，利用NDVI来构筑隶属度函数不能将它们区分开来，通过进一步分析和不断尝试，采用Max.Diff.（对象的最大差）特征将其区分，如表4-5所示：

表 4-5 耕地、林地对象特征值对比

Max. diff.	
耕地	园地
1.05	1.26
0.99	1.21
0.94	1.34
1.00	1.28
0.93	1.15
0.92	1.32
0.99	1.33

其中

$$Max.diff. = \frac{\max_{i,j \in K_B} |\overline{c_i}(v) - \overline{c_j}(v)|}{\overline{c}(v)} \qquad (4-3)$$

式（4-3）中，$K_B = \{k \in K : w_k = 1\}$，$w_k$为图层权重，即分割时所有权重为1的图层参与计算Max.diff.值，i，j为图层号，$\overline{c_i}(v)$为该对象在第i层的平均密度，$\overline{c}(v)$为亮度，$\overline{c_j}(v)$为该对象在第j层的平均密度。

通过选取样本和多次试验发现，耕地的Max.diff.落在（0.7，1）的区间内，根据此特征构建隶属度函数将其区别开来。园地的区分参照耕地的分类方法，对Max.diff.特征选取合适的阈值，将园地信息提取出来。

接下来对对农村居民地信息进行提取，居民地的分布具有点多，面广的特点。对农村居民地而言，在TM图像上其房屋宽度不会超过一个像元，而其长度则有可能超过一个像元，这样的农村居民地通常是将房屋及房屋周围的空地以及散生树木一块以混合像元的形式记录下来。居民地反射率值的变化主要是由居民地内的植被所致。其变化周期、强度与周围植被的生长周期及强度变化相关。参考前人的研究方法[45]，对居民地对象进行光谱特征分析，以期准确提取居民地信息。

表4-6 农村居民地反射率表

波段	Mean	Stdev
TM1	67.05	1.986
TM2	28.26	1.331
TM3	30.05	1.905
TM4	34.11	2.918
TM5	58.79	2.284
TM7	33.32	1.975

从表4-2中可以看出居民地对象在TM2，TM4，TM7的平均反射率值很接近。因此将|TM4-TM2|＜K1，|TM4-TM7|＜K2，|TM7-TM2|＜K3加入到特征选择当中，经过多次试验，当K1=8，K2=8，K3=6时，居民地信息能够很好的被提取出来。分类的最后对图像进行归并操作，比如将农村居民地类别归并到建设用地类别当中。最后当然还有些小的对象无法通过以上步骤区分开来，因此采用手工修改的

方式将一些能够目视解译的对象划归到相应类别，剩下的则划分到其它类别中去。根据以上分类步骤获得的萝岗区2008年土地利用分类结果图如图4-4：

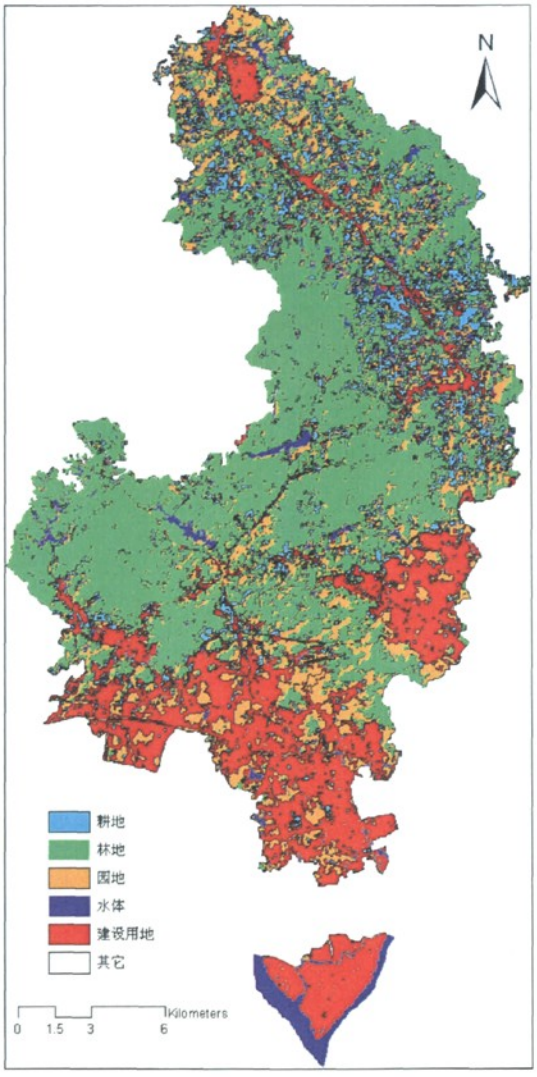


图4-4 2008年萝岗区TM影像土地利用分类结果图

4.3 分类精度评价

采用与上述最大似然监督分类相同的采样资料，对研究区2008年TM影像的eCognition分层分类结果进行混淆矩阵分析和KAPPA参数分析，获得的分类精度如表4-7所示，相比最大似然监督分类法，eCognition分层分类法的总体精度提高了0.09，KAPPA系数则提高了0.12。最后使用基于eCognition分层分类

的方法分别对1998年，1988年萝岗地区的TM影像分别进行分类，获得的萝岗区1998年TM遥感影像的总体分类精度为0.82，KAPPA系数为0.77，萝岗区1988年TM影像的总体分类精度为0.85，KAPPA系数为0.80。分类结果如图4-5，图4-6所示：

	分类后地类						
参考地类	水体	建设用地	林地	耕地	园地	样本数	生产者精度
水体	**57**	2	0	0	0	59	96.6%
建设用地	8	**68**	0	3	0	79	86.1%
林地	0	5	**74**	2	6	87	85.1%
耕地	0	5	3	**72**	10	90	80.0%
园地	0	0	5	15	**76**	96	79.2%
样本数	65	80	82	92	92	**411**	
用户精度	87.7%	85.0%	90.2%	78.3%	82.6%		
	总体精度=0.84				KAPPA系数=0.80		

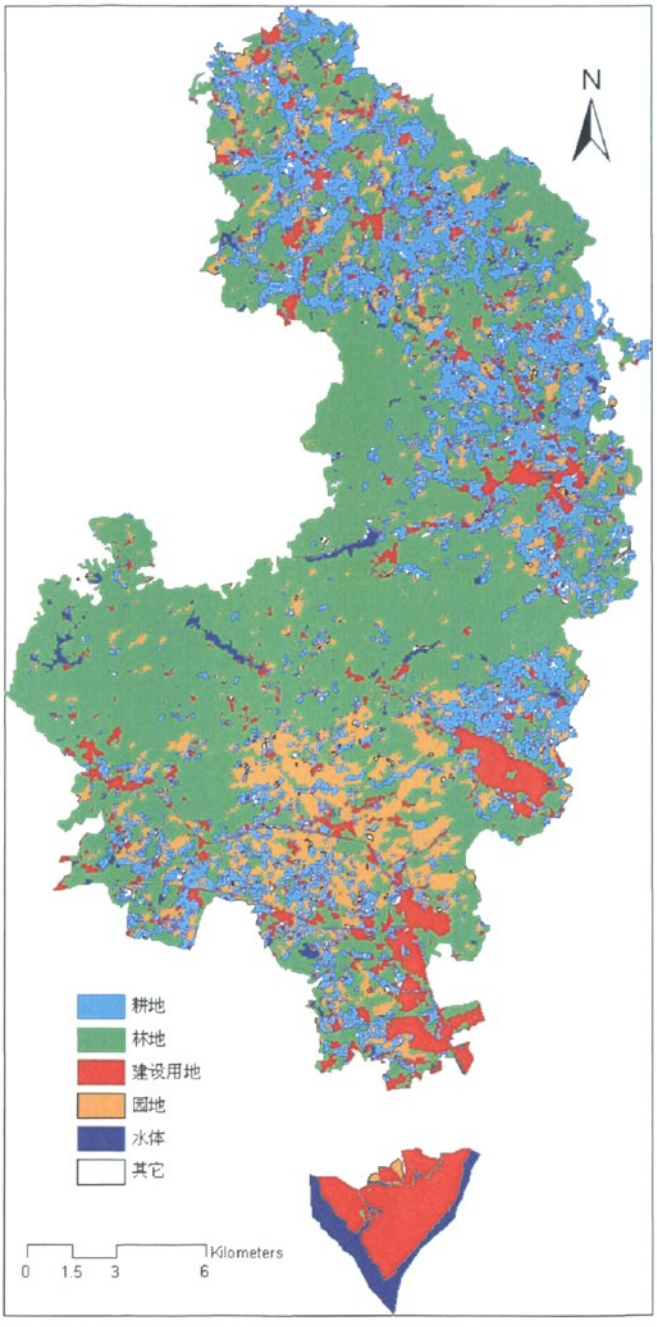


图 4-5　1998 年萝岗区 TM 影像分类结果图

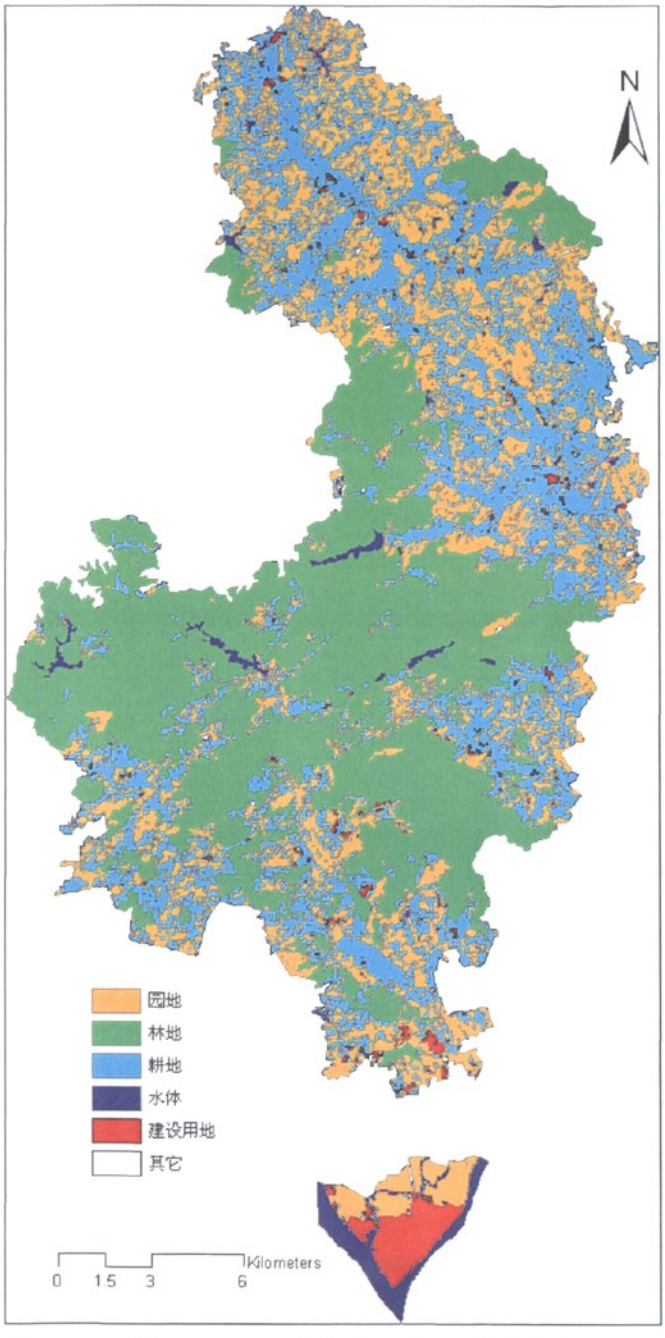


图 4-6 1988 年萝岗区 TM 影像分类结果图

第五章 广州城市边缘区土地利用变化分析

5.1 分类结果统计及分析

根据上述分类结果，对萝岗区3期遥感影像分类数据分别进行统计分析，得到萝岗区1988年-1998年，1998年-2008年两个时间段内的土地利用面积变化表，如表5-1。

表5-1 土地利用面积变化表 （单位：ha）

土地利用类型	1988年	1998年	2008年	1988-1998年变化面积	1998-2008年变化面积
耕地	12537.09	6569.59	4369.01	-5967.50	-2200.59
水体	1270.04	1153.08	1648.48	-116.96	495.40
果园	11033.55	6277.54	10250.06	-4756.01	3972.52
建设用地	261.50	4689.99	8475.26	4428.50	3785.27
林地	14916.65	20655.58	15697.85	5738.94	-4957.74
其它	52773.88	53446.92	52352.06	673.04	-1094.87

表5-1中，1988-1998年变化面积为1998年各土地利用类型减去1988年各土地利用类型的面积，某类土地利用类型1988-1998年变化面积为负值表示该土地利用类型在1988-1998年间转化为其它土地利用类型。从表5-1可看出，耕地面积总体呈减少趋势：1988-1998年间，耕地面积从12537.09ha，减少到6569.59ha，10年间耕地面积减少了5967.50ha，1998-2008年间，耕地面积仍呈现出减少的趋势，从6569.59ha减少到了4369.01ha。这主要是由于广州市政府加强了政府保护耕地的观念，对开发区的耕地保护进行了积极的引导。

园地面积变化是萝岗区土地利用类型变化中较明显的一种。1988-1998年间，园地的面积由11033.55ha，减少到6277.54ha，10年间减少了4756.01ha。而在1998-2008年间，园地面积表现出增长的趋势，从1998年的6277.54ha增长到了2008年的10250.06ha，在这一时期由于农业结构调整，政府大力提倡果树种

植，农民受到市场与政策导向的积极影响大力种植果树，致使这一时期萝岗区的园地面积增长迅速。

林地面积变化幅度非常明显，1988-1998年，林地面积从14916.65ha增加到20655.58ha，共增加5738.94ha，原因是积极利用荒山荒坡造林，并通过对疏林地改造、对未成林地的抚育及调整林业内部结构等等，使得林地大幅度的增加；而1998-2008年，林地面积大幅度减少，从20655.58ha减少到14916.65ha，其中的主要原因是居民点、交通、旅游等开发建设占用了林地，尤其是旅游用地占用最多。

20年间，萝岗区建设用地面积迅速增加，从1988年的261.50ha，增加到1998年的4689.99ha，10年间建设用地面积增加了4428.50ha；1998-2008年间，建设用地面积从4689.99ha，增加到8475.26ha，这主要是由于开发区大力引进外资，进行工业化建设，导致建设用地高速增长。

1988-2008年20年间，水域面积总体表现平稳，基本上无太大变化。1998-2008年间水域面积有小幅度的增加，主要是由于当地居民开挖鱼塘，导致养殖水面增加。

5.2 单一土地利用动态度

土地利用动态度可定量描述区域土地利用时空变化的速度。它对比较土地利用时空变化的区域差异和预测未来土地利用时空变化的趋势都有积极的作用。

单一土地利用动态度可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况，其具体计算方法如下[47]：

$$K = |U_a - U_b| / U_a \times \frac{1}{T} \times 100\% \qquad (5-1)$$

式（5 - 1）中，Ua，Ub表示研究期末、期初某种土地利用类型的面积，T为研究时段长，若T为年时，K就为研究期内某一土地利用类型的年变化率，本文根据分类结果统计得到的数据和式（5-1）进行单一土地利用动态度分析，得到建设用地、园地、林地、耕地、水体的单一土地利用动态度如表5-2所示：

表5-2 土地利用动态度表

土地利用类型	1988-1998年土地利用动态度	1998-2008年土地利用动态度
建设用地	169.3%	8.07%
林地	3.85%	2.40%
水体	0.92%	4.30%
耕地	4.75%	3.35%
园地	4.31%	6.33%

从表5-2可以看出，20年来，萝岗区土地利用变化速度很快，其中建设用地在两个研究时期内变化速度最大，分别达到了169.3%和8.07%，耕地在1988-1998年间土地利用动态度大于在1998-2008年间的土地利用动态度，而园地、水体在后一时期的动态度大于前一时期，这与当地政府大力转变发展方向，转向生态发展，大力倡导种植果园、养殖鱼类有关。

5.3 土地利用转移分析

经济的快速发展带来了城市的快速扩张以及乡村城市化现象，从而导致耕地等用地方式发生转变，大量农田被用来满足城市开发的需要，尤其是沿海一些经济发达城市的边缘区。通过对萝岗区分类数据进行分析，发现20年间萝岗区建设用地逐渐从“点”状区域发展成“面”状区域，从单纯的工业区过渡到综合功能的新城区，形成了新的地域空间结构。一大批工业园区的建立，促使大量耕地、园地、林地被开发、建设成为居住用地、独立工矿用地、旅游景区，土地利用格局发生了剧烈的变化。为了更好的研究耕地、林地、园地的转移情况，建立如下转移矩阵进行分析：

表5-3 萝岗区1988-1998、1998-2008年用地转移表

1988-1998 年建设用地变化			1998-2008 年建设用地变化		
变化类型	变化面积（ha）	占建设用地面积变化比	变化类型	变化面积（ha）	占建设用地面积变化比
耕地-建设用地	1820.07	41.09%	耕地-建设用地	265.14	7.00%
园地-建设用地	1513.17	34.16%	园地-建设用地	1093.2	28.89%
林地-建设用地	541.44	12.22%	林地-建设用地	2131.38	56.3%

从上表中可以看出，1988-1998 年间建设用地占用耕地较 1998-2008 年严重的多，耕地面积转移成建设用地的面积占该时期建设用地面积变化的 41.09%，建设用地占用园地的面积次之。而 1998-2008 年间，建设用地来源主要为林地和园地，其中林地转移成建设用地的面积占该时期内建设用地面积变化的 56.3%。以下为 1988-1998 年、1998-2008 年间耕地、林地、园地等转移成建设用地的空间分布图，如图 5-1，图 5-2 所示。

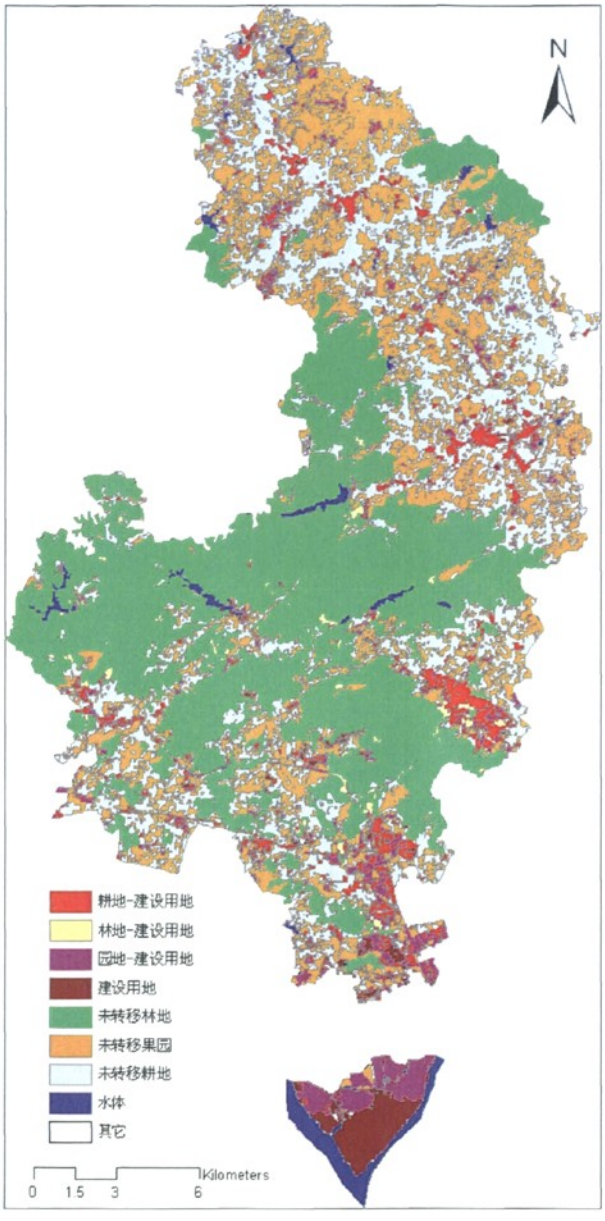


图 5-1 1988-1998 年建设用地来源分布图

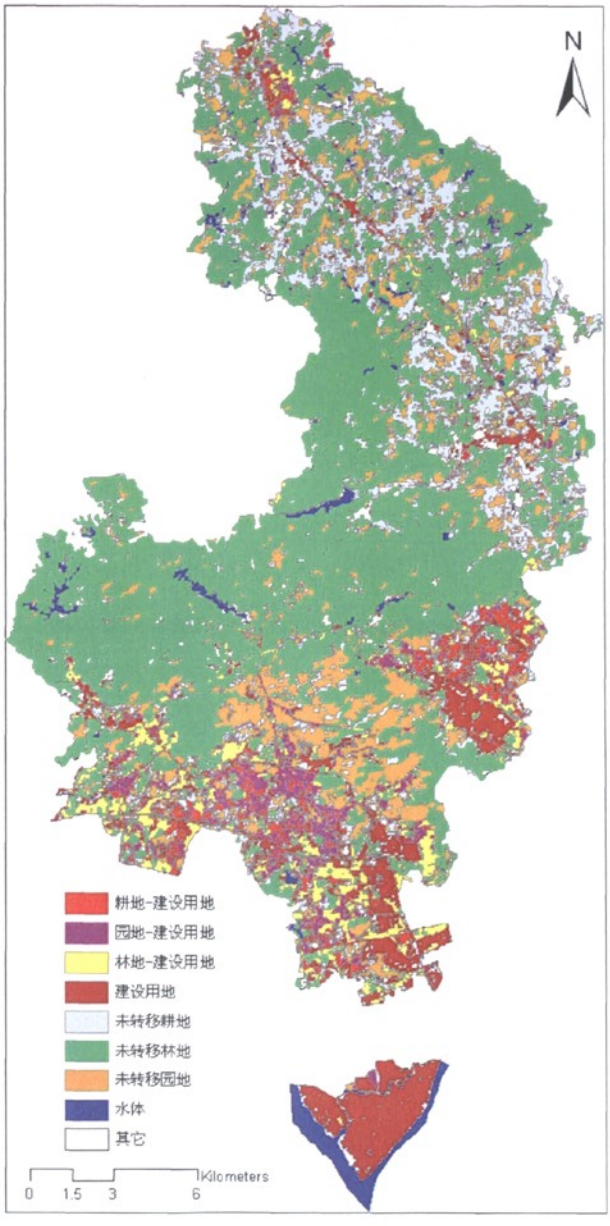


图 5-2 1998-2008 年建设用地来源分布图

5.4 广州城市边缘区土地利用变化驱动力分析

土地利用变化是一个相当复杂的过程，土地利用在结构、比例和空间分布上的变化，同时受到自然、社会、经济等众多因素的影响。这些因素对土地利用变化的作用方式和作用强度各不相同。其中，自然环境条件是土地覆盖与土地利用

分布的基础条件，在某种程度上具有一定的主导作用；而社会、经济、技术等人文因素则对土地利用的时空变化具有决定性的影响[48]。

5.4.1 经济增长

经济的快速增长是土地利用变化的决定性因素，它通过人口、产业集中和地域扩散直接推动城市化进程，使土地利用非农化，改变原来的土地利用结构。如图 5-3 所示，20 年来，凭借优惠的政策、优越的区位条件，萝岗区经济飞速发展，工业化和城市化水平不断提高，工业用地和城市用地不断扩展，导致大量的耕地、林地和园地转为建设用地，用地范围发展到包括西区、科学城、东区、永和区以及萝岗、九佛等街镇在内的连片区域，并逐步形成了以大项目、大企业为依托，以重点行业为龙头的快速发展局面，各项经济指标在全国范围内名列前茅，目前以形成光电子、生物医药、汽车、食品、饮料、精细化工、机械制造、包装材料等产业链，逐渐发展成为广州市吸引外资、发展现代工业和高新技术产业、开展对外贸易的主要基地，是广州市经济发展的东部增长极，是推进广州边缘区城市化、工业化的主要力量。

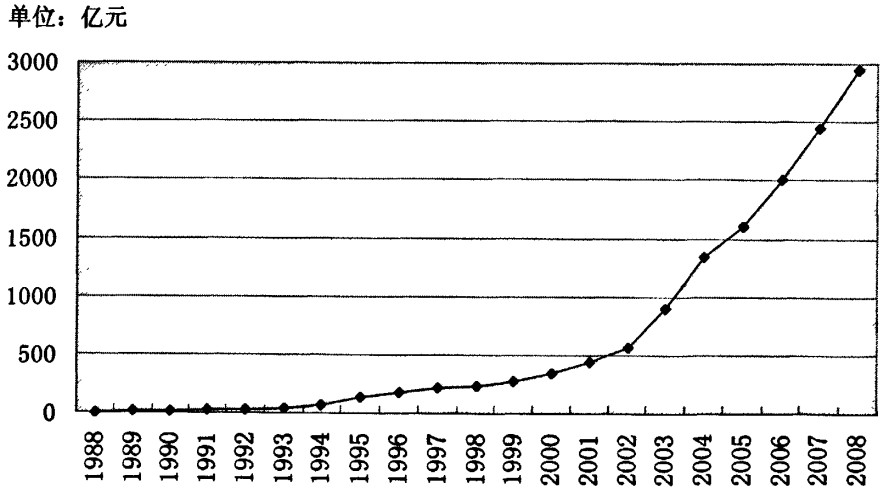


图 5-3 萝岗区历年工业总产值图

同时由上图可以看出，依托着广州开发区，萝岗区作为外商投资基地得到快速发展，其历年工业生产总值持续高速增长，直接带动了萝岗区的土地开发和建设规模，推动了建设用地面积增长。

5.4.2 人口增长

人口作为一个独特的因素，是最具活力的土地利用变化的驱动力之一。人口数量的增加一方面会产生对居住用地及基础设施用地等需求的增长，促使建设用地的迅猛增加。另一方面加大耕地的利用强度，加深了耕地的破碎程度，导致土地质量下降和水土流失加剧。由于政策的扶持，萝岗区（开发区）2003 年常住人口为 14.73 万人，2004 年为 17.8 万人，人口增长了近 20%。外来劳动力剧增，导致居住、交通等城市用地需求扩大，大量农用地转化为城市建设用地。另外城市人口的增加、居民消费结构的改变以及消费水平的提高，加大了对水果、蔬菜、鱼、肉等副食产品的需求，使得用地结构上低产值的林地逐渐转为高产值的果园。

5.4.3 产业结构调整

萝岗区的产业结构是以第二产业为主，近年来第三产业发展迅速。2006 年，萝岗区（开发区）三次产业结构由 2005 年的 0.21：79.30：20.49 调整为 0.19：78.53：21.29。第三产业上升了 0.8 个百分点。下图 5-4 中，萝岗区（开发区）2004 年批发零售等服务业销售额有所下降主要是由于 2003 年“非典”的影响，随后几年都持续增长，直接带动了萝岗区第三产业的增长。

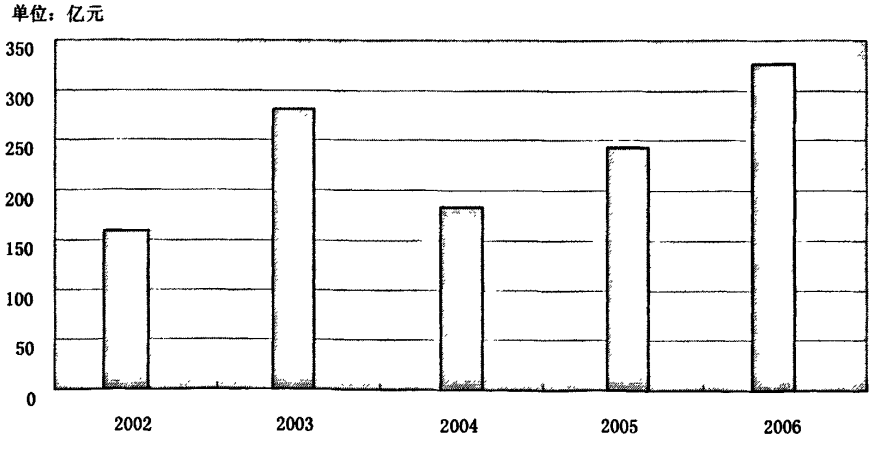


图 5-4 批发零售等服务业销售额图（资料来源：开发区统计年报）

5.4.4 城市规划和政府决策

萝岗区十一五规划中提到，萝岗区要在十一五期间，由功能相对单一的产业区转型功能复合型的城区，而这种转型必然给土地利用带来深刻的变化：

（1）依托广州开发区强大的产业基础和发展能力，萝岗区将逐步成为广州的东进核心、创新高地、和谐新城，城市服务功能和产业服务功能不断增强，逐渐发展成广州东部城市副中心、广州实施东进战略的核心主体和整合广州东部各种发展力量的重要平台，这些政策的实施导致居住、服务等建设用地大量增加。

（2）萝岗区将构建“一核两翼” 的空间结构，一核指萝岗中心区、科学城、黄陂-天鹿湖构成的中部核心城区，形成广州东部的城市副中心，萝岗区的公共服务中心，区域性现代服务业中心、高新技术产业集聚中心；两翼指北翼的九龙镇，作为萝岗未来空间拓展的主要方向，南翼的西区、东区、永和，规划为以综合型的制造业和现代服务业集聚区。本文的研究表明萝岗区土地利用变化最剧烈的地方分布在西区，永和等地，这与政府对萝岗区的上述规划一致。

（3）萝岗区采取了“认同萝岗，确立核心、整合东部”的空间发展战略步骤，其近期重点在于建设高水平萝岗中心区，进一步强化开发区的产业优势，启动北翼九龙镇建设，以确立萝岗区的整体性，建设广州东部强大核心；中远期重点在于整合东部，依托强大的核心功能，加强与广州东部其他地区的联系，整合形成广州东部功能体系、融入珠三角城市网络。这些政策的实施必然导致土地利用地剧烈变化。

第六章　主要结论和研究展望

6.1　主要结论

近年来，萝岗区以原来的广州开发区为依托，已发展成为广州市重要的制造业基地，城市化水平不断提高，土地利用结构也随之发生了剧烈变化。本文利用萝岗区1988-2008年的遥感影像为分析样本，以遥感和GIS技术为分析手段，对萝岗区20年来的土地利用变化进行了全面、系统的定量分析和研究。在此基础上得出以下几点结论：

1）对萝岗区2008年TM影像进行了基于最大似然分类法的监督分类，并对分类结果进行了精度评价，然后在同一幅影像上开展了基于eCognition的分层分类以及分类后的精度评价，对比两次分类结果的精度发现，在eCogniton软件的支持下，在TM图像的不同的尺度上提取土地利用信息的方法具有比最大似然监督分类法更高的分类精度；

2）建立了单一土地利用动态度模型对萝岗区土地利用变化的速度进行了研究，研究结果表明，萝岗区1988-1998年10年间建设用地变化尤为迅速，建设用地类型的单一土地利用动态度高达160%，此外，耕地、园地、林地等在研究期间变化速度也很快：耕地面积在1988-1998年和1998-2008年两个研究时期内均迅速减少，减少幅度（单一土地利用动态度）分别达到了4.75%和3.35%；整个研究区域土地利用变化空间分布具有很强的集聚性，土地利用变化最剧烈的部分位于西区、科学城、永和片区；

3）鉴于萝岗区建设用地类型发生的剧烈变化，本文对萝岗区城市建设用地类型的来源进行了深一层次的探究，即对土地利用转移情况进行了研究，研究结果表明，这些扩展了的城市建设用地，主要来自于减少的林地、耕地和园地，其中，在1988-1998年间，建设用地的来源主要是耕地和园地，1998-2008年间，城市建设用地的来源则为园地和林地。

6.2 研究展望

由于研究水平、知识面有限，作者在进行萝岗区土地利用变化研究中遇到了一些理论上的难点，技术上的问题，而且论文写作时间仓促等都影响了论文研究的深入开展，这些难点、问题只好作为作者进一步开展研究工作的起点。基于以上认识，作者对萝岗区土地利用变化研究工作提出如下展望：

1）使用高空间分辨率影像进行萝岗区土地利用变化研究：论文以TM影像为数据源对城市边缘区土地利用变化开展研究，但TM影像的空间分辨率为30m，存在大量混合像元，部分耕地、林地、园地难以很好的区分，分类精度受到了影响，下一步研究将采用更高空间分辨率的遥感影像进行城市边缘区土地利用变化研究，以期更好地在影像上区分地类，提高土地利用分类精度

2）土地利用类型划分到二级类别：本文在研究过程中仅将土地利用类型划分为5大类开展城市边缘区土地利用变化研究，下一步研究要将土地利用类型划分到二级用地，以期对萝岗区的土地利用变化、转移等进行更深入的研究；

3）加强城市边缘区土地利用变化驱动因子的分析：论文对萝岗区土地利用变化驱动力进行了比较初步的研究，在这项工作中，如何定量地选取有代表性的驱动因子，根据这些驱动因子建立城市边缘区土地利用变化预测模型将是下一步城市边缘区土地利用变化研究的重点。

参考文献

[1]. Turner II B L, Skole D, Sanderson S.Land use and Land Cover Change: Science/Research Plan, IGBP Report No.35, HDP Report No.7, Stockholm and Geneva, 1995.

[2]. 田光进. 基于遥感与GIS的中国城镇用地扩展特征. 地球科学进展, 2003, 18 (04): 505-508.

[3]. 朱英明, 姚士谋, 李玉见. 我国城市化进程中的城市空间演化研究. 地理学与国土研究, 2000, 16 (2): 12-16.

[4]. Shalaby A, Aboel G M, Tateishi R.Desertification impact assessment in Egypt using low resolution satellite data and GIS.The International Journal of Environmental Studies.2004, 61 (04): 375-384.

[5]. 顾朝林. 中国大城市边缘区研究. 北京: 科学出版社, 1995.

[6]. Yuji H, Kazuhiko T, Satoru O. Urbanization linked with past agricultural land use patterns in the urban fringe of a deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. Landscape and Urban Planning, 2005 (73): 16-28.

[7]. 崔功豪, 武进. 中国城市边缘区空间结构特征及其发展——以南京等城市为例. 地理学报, 1990, 45 (04): 400-410.

[8]. Kaoru I, Nozomi O, Satoru O, Kazuhiko T. Transition of the satoyama landscape in the urban fringe of the Tokyo metropolitan area from 1880 to 2001. Landscape and Urban Planning.2006 (78): 398-410.

[9]. Erna L, Gerardo B, Manuel M, Emilio D. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe-a case in Morelia city, Mexico. Landscape and Urban Planning.2001, 55: 271-285.

[10]. Robert L. R, Juliet T H W. Protecting and managing private farmland and public greenways in the urban fringe. Landscape and Urban Planning, 2004 (68): 183-198.

[11]. 陈佑启. 试论城乡交错带及其特征与功能. 经济地理, 1996 (16): 27-31.

[12]. 顾朝林等. 中国大城市边缘区特性研究. 地理学报, 1993, 48(04): 317-328.

[13]. William C S, Olin M A, Sarah T L. Agricultural buffers at the rural-urban fringe: an examination of approval by farmers, residents, and academics in the Midwestern United States. Landscape and Urban Planning, 2004 (69): 299-313.

[14]. 武进, 马清亮. 城市边缘区空间结构演化的机制分析. 城市规划, 1990, (02): 38-42.

[15]. 陈佑启. 试论城乡交错带及其特征与功能. 经济地理, 1996 (16): 27-31.

[16]. 章文波, 方修琦, 张兰生. 利用遥感影像划分城乡过渡带方法的研究. 遥感学报, 1999, 3 (3): 199-202.

[17]. 魏伟等. 中国大城市边缘区的概念辨析及其划分. 《人文地理》. 29-33.

[18]. 广州市城市规划局: http://www.upopph.cn/

[19]. 吴铮争等. 北京城市边缘区城市化过程与空间扩展——以大兴区为例. 地理研究, 2008, 27 (02): 285-293.

[20]. 王静等, 城乡结合部土地利用变化的信息提取技术与分析——以无锡市为例. 地理科学进展, 2004, 23 (02): 1-8.

[21]. 何春阳等. 北京地区城市化过程与机制研究. 地理学报, 2002, 57 (03): 363-371.

[22]. 张新长等. 城市边缘区耕地变化的发展预测分析研究. 中山大学学报 (自然科学版), 2002, 41 (03): 104-108.。

[23]. 于伯华等. 城市边缘区耕地面积变化时空特征及其驱动机制——以北京市顺义区为例. 地理科学, 2008, 28 (03): 348-353.

[24]. 陈浮等. 城市边缘区景观变化与人为影响的空间分异研究. 地理科学, 2001, 21 (03): 210-216.

[25]. 巴雅尔登. 基于遥感的城市边缘区土地利用动态监测. 人文地理, 2000, 15 (05): 75-77.

[26]. 黎夏. 利用主成分分析改善土地利用变化的遥感监测精度——以珠江三角洲城市用地扩展为例. 遥感学报, 1997, 01 (04): 282-289.

[27]. 萝岗区政府网站, http://www.luogang.gov.cn/

[28]. 赵元洪等. 利用多平台遥感数据复合研究城市扩展的动态监测. 环境遥感, 1992, 7(3), 197-201.

[29]. 陈述彭. 遥感地学分析的时空维. 遥感学报，1997，1（03）：161-171.

[30]. 胡伟平，何建邦. GIS支持下珠江三角洲城镇建筑覆盖变化的遥感监测分析. 遥感学报，2003，07（03）：201-206.

[31]. 章孝灿，黄智才，赵元洪. 遥感数字图像处理. 浙江：浙江大学出版社，1997，187-190.

[32]. 赵英时，遥感应用分析原理与方法. 北京：科学出版社，2003：177-178.

[33]. 戴昌达，姜小光等. 遥感图像应用处理与分析. 清华大学出版社（北京），2004：178-183.

[34]. Benz U C，Hofmann P，Willhauck G，Iris Lingenfelder，Heynen M. Multi-resolution，Object-oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-ready Information. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing，2004，58：239-258.

[35]. 黎夏，叶嘉安. 利用遥感监测和分析珠江三角洲的城市扩张过程——以东莞为例. 地理研究，1997，16（4）：57-62.

[36]. 史培军等. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报，2000，55（02）：151-160.

[37]. 吴燕梅、胡伟平. 基于GIS的广州市萝岗区景观格局梯度分析. 生态科学，2007，26（05）：447-551.

[38]. 李少英等，基于多时相图谱的土地利用变化特征分析，遥感信息，2008，（04）：39-44.

[39]. 张峰，吴炳方，黄慧平，李苗苗等. 泰国水稻种植区耕地信息提取研究. 自然资源学报，2003，18（06）：766-772.

[40]. Mitri G H，Gitas I Z.A semi-automated object-oriented model for burned area mapping in the Mediterranean region using Landsat-TM imagery.International Journal of Wildland Fire，2004（13）：367-376.

[41]. Song M，Civco D L，Hurd J D.A competitive pixel-object approach for land cover classification.International Journal of Remote Sensing，2005，26（22）：4981-4997.

[42]. 陈云浩，冯通，史培军，王今飞. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究.

武汉大学学报（信息科学版），2006，31（04）：317-320.

[43]Thomas N，Hendrix C，Congalton R G. A comparison of urban mapping methods using high-resolution digital imagery.Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2003，69：963-972.

[44]. 田庆久等. 植被指数研究进展. 地球科学进展，1998，13（04）：327-333.

[45]. 杨存建，周成虎，基于知识发现的TM图像居民地自动提取研究. 遥感技术与应用，2001，16（01）：1-8.

[46]. 王秀兰，包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨. 地理科学进展， 1999，18 （1）：81-87.

[47].Gillies R R，Kustas W P，Humes K S.A Verification of the 'Triangle' Method for Obtaining Surface Soil Water Content and Energy Fluxes from Remote Measurements of The Normalized Difference Vegetation Index（NDVI）and Surface. International Journal of Remote Sensing，1997，18（15）： 3145-3166.

[48]. 陈佑启. 中国土地利用变化及其影响的空间建模分析. 地理科学进展，2000，19（02）：116-127.

致　谢

光阴似箭，时光如梭，眨眼间，两年的研究生学习阶段将告结束。两年来，在老师们的谆谆教诲和师兄、师姐、同学、好友的大力支持、无私帮助下，我的思想和实际工作能力都有了很大的提高。在毕业论文完成之际，我要向那些帮助过我的人致以最真挚的谢意。

首先要感谢我的导师张新长教授，感谢张老师两年的栽培。张老师渊博的知识，卓越的见解，令我感叹。本文是在张老师的悉心指导下完成的，从论文的选题直到最后论文的完成，张老师都给予了精心的指导，在此向恩师表示最崇高的敬意。

感谢遥感与地理信息工程系的黎夏教授、邓孺孺教授、马林兵副教授以及系里所有的老师，感谢他们在我的学习生活中对我的指导和帮助。他们严谨的治学态度、勤勉不懈的工作作风、和蔼可亲的待人原则，让我印象深刻，他们将永远是我学习的楷模。

感谢何执兼老师，在我的毕业论文写作期间，何老师在数据方面给予了无私的帮助。

感谢遥感与地学应用985平台实验室的所有同学，他们勤奋、刻苦的学习态度值得我一辈子学习。尤其感谢戴技才师兄、王海鹰师兄、康停军师兄以及师弟师妹们对我论文的帮助。

感谢我的家人，他们是我坚强的后盾，我取得的每一个进步都包含着他们的鼓励和支持，感谢男友默默地支持和关心。感谢一直陪伴了我两年的舍友们，在他们的帮助下，我一点点的成长。

向援引的著作、论文作者一并表示感谢。

向参加论文评阅和答辩的各位老师和专家致以诚挚的谢意！

最后，特别感谢国家和学校对我多年的培养和教育。

林旭芳

2009年5月12日于中大