

河南大学

硕士学位论文

1988-2008年郑州市土地利用变化及其驱动力分析

姓名：闫艳

申请学位级别：硕士

专业：土地资源管理

指导教师：秦明周;刘桂芳

20090501

摘要

土地利用变化是目前全球变化研究的热点和前沿问题，区域土地利用变化的研究已经成为“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”和“全球环境变化人文因素计划(IHDP)”的重要组成部分，遥感和 GIS 技术为快速、准确、动态得监测土地资源变化提供了有效的技术支撑。深入分析土地利用变化的社会经济驱动力是认识土地利用、土地覆被变化规律、预测未来土地利用变化趋势和制定土地可持续利用决策的基础。

在 RS 和 GIS 的支持下，结合研究区地形图和行政区划图对郑州市 1988 年、2001 年、2008 年的 Landsat TM 影像进行监督分类，在此基础上分析郑州市 1988-2008 年土地利用变化的转换矩阵、土地利用结构、土地利用程度和土地利用动态度，结合社会经济统计资料，采用 SPSS 软件对研究区 1998-2007 年的农用地和建设用地变化进行驱动力分析。全文共分六个部分。

第一部分：前言。介绍土地利用变化及其驱动力的内涵，对土地利用变化及其驱动力的国内外研究进展进行回顾，并对本文的研究意义、研究内容和研究方法进行概述。

第二部分：介绍研究区概况，并对郑州市 2007 年的土地利用现状和各地类的空间分布格局进行分析。

第三部分：介绍遥感影像数据处理的理论基础，并具体描述提取郑州市土地利用变化遥感数据的步骤，主要包括遥感影像预处理、建立监督分类模版、进行监督分类、分类精度评估、分类后处理等几个环节。

第四部分：应用 ArcGIS 软件对进行监督分类后的郑州市 1988 年、2001 年和 2008 年的 TM 影像数据进行处理，得到研究区三个年份的土地利用分类图和土地利用变化转换矩阵，并对 1988-2008 年的土地利用结构、土地利用程度和土地利用动态度的变化进行分析，分析结果显示农用地在郑州市土地总面积中所占比例从 1988 年的 64.48%下降到 2008 的 42.56%，建设用地在郑州市土地总面积中所占比

例从 1988 年的 18.95% 上升到 2008 的 47.76%，水域、林地和未利用土地所占比例在研究时段内均呈现减少趋势；1988、2001 和 2008 年郑州市的土地利用程度综合指数分别为 298.38、319.15 和 336.71，说明郑州市的土地利用综合水平随着经济发展在逐步提高；1988-2001 年郑州市的综合土地利用动态度指数为 9.72，2001-2008 年郑州市的综合土地利用动态度指数为 10.08，尽管二者均处于土地慢速变化型的范围内，但可以发现，随着经济的快速发展，郑州市的土地利用变化的速度在逐渐加快。

第五部分：郑州市土地利用变化的驱动力分析。以 1998-2007 年的统计数据为基础，分别选取了 13 个对农用地变化有影响的驱动因子和 11 个对建设用地变化有影响的驱动因子建立驱动力影响因素变量体系，采用 SPSS 对郑州市 1998-2007 年的农用地和建设用地变化进行主成分分析，结果将影响郑州市农用地变化的驱动力主要归结为经济发展、农业科技发展、人口发展、社会系统压力，而将影响郑州市建设用地变化的驱动力主要归结为城市基本建设、经济发展、人口发展、城市化，在此基础上采用多元线性回归分析方法建立影响郑州市建设用地变化的驱动力模型，从回归模型可知，郑州市建设用地变化的主要驱动因子分别为财政收入、固定资产投资、人均住宅居住面积和劳动力非农化率，以上因子分别代表了经济发展、城市基本建设、人口发展、城市化等。

第六部分：结论与讨论，作者对本文进行了简单的回顾与总结，并提出了几点思考。

关键词：土地利用变化；遥感；郑州市；驱动力

Abstract

Land use change is the hot spot of global change research and forefront issue, regional land use change research has become an important component of the “the International Geosphere and Biosphere Program (IGBP)” and “Global Environmental Change Human Dimensions Program (IHDP)” , RS and GIS technology provide an effective technical support for land resources with rapid, accurate, and dynamic changes. Depth analysis on socio economic driving forces of land-use change is important to understand LUCC and to predict the future trends in land use change and to make decision for sustainable land use.

With the support of RS and GIS, supervised classification of Zhengzhou City in 1988、2001、2008 Landsat TM images were done combined with topographic map and political map, analysis were done on land use change conversion matrix、land use structure、land use extent and land use dynamic degree, combined with socio economic statistical data, analysis were done on driving forces of agricultural land and construction land use change in 1998-2007 using SPSS. The paper is composed by six parts.

Part I: Preface .Introduction on the land use change and its driving force , review the progress of research on land use change and its driving force domestic and abroad, overview on research significance、content and research methods.

Part II: Introduction of the study area, and analysis on land use current situation and spatial pattern in Zhengzhou City in 2007.

Part III: Introduction to theoretical basis of data processing for RS image, then describes the specific steps to extract land use change data in Zhengzhou City, including preprocessing of RS 、setting up supervised classification template 、supervised classification、classification accuracy assessment、post processing of classification Etc.

Part IV: Three years land use classification maps and land use change matrix were obtained by TM image data processing of supervised classified in Zhengzhou City in 1988、2001 and 2008 using ArcGIS ,then analyze the land use structure, land use

extent and land use dynamic degree in 1988-2008 .The results show that the proportion of agricultural land in total land area in Zhengzhou City dropped to 42.56% in 2008 from 64.48% in 1988,the proportion of construction land in total land area increased from 18.95% in 1988 to 47.76 % in 2008,and the proportion of water、woodland、unused land in total land area also show a decreasing trend,the composite index of land use extent are 298.38、319.15 and 336.71 respectively in 1998、2001 and 2008,it shows that comprehensive level of land use in Zhengzhou City increased as the economy gradually improved; the composite index of land use dynamic degrees in 1998-2001 is 9.27 in Zhengzhou City,and 10.08 in 2001-2008, although both data are in the slow type range , along with rapid economic development, the rate of land use change in Zhengzhou gradually speeds up.

Part V: Analysis on the driving force of land use in Zhengzhou City.¹³ driving factors affecting agricultural land and 11 driving factors affecting construction land were selected based on statistical data in 1998-2007, analysis on the driving force of agricultural land and construction land in 1998-2007 were done using principal component analysis method with SPSS. The results attribute economic development、agricultural science and technology development、population development and social pressure to the main driving force of agricultural land use change ,and city infrastructure、the level of economic development、population development and urbanization to the main driving force of construction land use change,then establish driving force model for construction land use change using multiple linear regression analysis method in Zhengzhou City, we can find that the main driving factors of construction land use change are respectively financial income、investment in fixed assets、residential living space per capita and urbanization from the regression model, the factors above respectively represent the level of economic development、urban infrastructure、population development,and urbanization, etc.

Part VI: Conclusion and discussion, the author briefly review and sum up this article and make some thinking.

Key words: Land Use Change; RS ; Driving Forces; Zhengzhou

关于学位论文独立完成和内容创新的声明

本人向河南大学提出硕士学位申请。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完成的，对所研究的课题有新的见解。据我所知，除文中特别加以说明、标注和致谢的地方外，论文中不包括其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括其他人为获得任何教育、科研机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同事对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位申请人（学位论文作者）签名： 闫艳

2009年6月12日

关于学位论文著作权使用授权书

本人经河南大学审核批准授予硕士学位。作为学位论文的作者，本人完全了解并同意河南大学有关保留、使用学位论文的要求，即河南大学有权向国家图书馆、科研信息机构、数据收集机构和本校图书馆等提供学位论文（纸质文本和电子文本）以供公众检索、查阅。本人授权河南大学出于宣扬、展览学校学术发展和进行学术交流等目的，可以采取影印、缩印、扫描和拷贝等复制手段保存、汇编学位论文（纸质文本和电子文本）。

（涉及保密内容的学位论文在解密后适用本授权书）

学位获得者（学位论文作者）签名： 闫艳

2009年6月12日

学位论文指导教师签名： 李永华

2009年6月12日

1 前言

土地利用是社会发展的一面镜子,从远古时期至今人类作用于自然环境的各种活动无不与作为其生存载体的土地息息相关,在全球变化研究的推动下,土地利用变化及其驱动力研究也日益显示出它的重要性。

1.1 土地利用变化及其驱动力的内涵

参阅已有研究成果可以发现,不同学者对土地利用的定义有所差别:李平等认为:土地利用是指人类为获取一定的经济、环境或政治福利(利益),而对土地进行保护、改造并凭借土地的某些属性进行生产性或非生产性活动的方式、过程及结果^[1]。于兴修等认为:土地利用同时包括改变土地生物物理属性的利用方式和产生这种利用方式的目的^[2]。英国 GC迪肯森等认为土地利用是指土地上的人类活动及土地被利用的目的。现代地理学辞典将土地利用定义为人类根据土地的自然特点,按照一定的经济、社会目的,采取一系列生物、技术手段,对土地进行长期性或周期性的经营管理和治理改造活动^[3]。IGBP在区分土地利用和土地覆被的定义时指出土地利用是指人类对土地自然属性的利用方式和利用状况,包含着人类利用土地的目的和意图,是一种人类活动。

通过以上学者和组织的定义,可以认为土地利用是人类、土地及自然环境之间发生的相互作用,其中包括利用目的、利用方式和利用效果等。

伴随城市化和工业化的快速发展,由人类活动导致的城市土地利用变化日趋加快,无论是出于经济发展对土地需求的增加还是外界环境迫使土地利用方式改变以及由于技术发展而促使土地利用类型发生变化,都最终取决于人类对土地利用类型间边际效用的比较,在整个人类历史发展的过程中,土地利用变化不可避免,由此带来了一系列的社会问题,如生态环境改变、水土流失、生物多样性减少等,如何满足土地在保证粮食安全、经济发展以及生态环境建设过程中的可持续发展是摆在学术界和政府面前的一个重要课题。

土地利用变化是目前全球变化研究的热点和前沿问题,区域土地利用变化的

研究已经成为“国际地圈与生物圈计划(IGBP)”和“全球环境变化人文因素计划(IHDP)”的重要组成部分,遥感和 GIS 技术为快速、准确、动态监测土地资源的变化提供了有效的技术支撑。土地利用变化研究包含多方面的问题,而土地利用变化及其驱动力研究是其中的关键^[7]。

在土地利用变化机制研究中,驱动力问题一直占据着主导地位。驱动力是指导致土地利用方式和目的发生变化的主要生物物理因素和社会经济因素,是土地利用变化的动力因素。驱动力一般分为自然驱动力和社会经济驱动力,在自然系统中,气候、土壤、水文等被认为是主要的驱动力类型。在社会系统中,通常将驱动力分为 6 类,即人口变化、贫富状况、技术进步、经济增长、政治经济结构以及价值观念。有时驱动力与被观察的土地利用变化在空间或时间上相差甚远,经常涉及到宏观经济政策的转变和变化,很难预测^[4],其中,自然驱动力相对较为稳定,发挥着累积性效应,社会经济驱动力(也称人类驱动力)则相对较活跃。土地利用变化的驱动力由该地区土地利用类型变化的驱动因子所决定,该区域人类活动与自然环境的变化是区域土地利用变化的基本驱动力^[5],目前的研究多集中在土地利用变化的社会经济驱动力方面^[6]。因此,深入分析土地利用变化的自然及社会经济驱动力是认识土地利用、土地覆被变化规律、预测未来土地利用变化趋势和制定土地可持续利用决策的基础。

1.2 土地利用研究进展

1.2.1 国外土地利用研究进展

国外土地利用研究最早可追溯到杜能 19 世纪前期对德国南部地区的研究,他提出了土地利用的模式。而国外利用遥感技术对土地利用的研究至少可以追溯至 20 世纪 20 年代。以美国为例,早在 1922 年, Lee 的论文《从空中看到的地球表面》就表述了利用遥感手段研究自然景观与人类活动关系的可行性和重要性^[8],但当时航空摄影技术主要用在拍摄地面军事目标和地形勘测等方面。1930 年英国成立土地利用调查所,斯坦普带领其学生于 1931-1935 年间开展了全国范围的土地利用调查,并完成了全国范围的调查总报告、各郡分报告及土地利用专题图等一系列成果

^[9]。1938 年 7 月在阿姆斯特丹召开的第 15 届国际地理大会强调土地利用及土地利用图的重要性^[10],从 20 世纪 40 年代起,全球范围内广泛开展土地利用调查。1946 年澳大利亚在全国领土 1/3 以上地区完成了大、中比例尺的土地调查,随后,英国、加拿大、荷兰和一些东欧国家,亚洲的日本、印度、拉丁美洲的墨西哥、巴西等国,先后开展了土地资源调查等研究^[9]。

第二次世界大战后,出现了更为广泛和系统的利用航空像片进行区域范围土地调查与制图研究,此后,航空像片被迅速推广到地质勘测部门及区域范围土地利用研究等方面^[11]。20 世纪 50 年代以来,随着空间技术的迅猛发展,出现了从宇宙空间进行侦查或探测的航天遥感技术,后来由于保密级的逐渐放宽,航天遥感在国民经济各部门中得到广泛应用,人们开始探讨利用遥感资料进行大范围土地利用制图的可行性,包括发展适用于遥感数据特点的土地分类系统及分类方法^[12,13]。

20 世纪 70 年代美国发射的第一颗人造陆地卫星(Landsat)开创了利用卫星遥感技术进行大范围土地利用调查的新纪元。此后,各国学者纷纷致力于探讨利用卫星遥感技术动态监测土地利用变化的方法,如 1973 年,美国和加拿大使用 Landsat-1 号卫星数据对五大湖流域进行了土地利用分类以便研究五大湖的各种污染源,美国在 1980-1986 年开展了全球性农业和资源空间遥感调查计划,20 世纪 90 年代中期,利用 TM 影像按州进行土地利用调查^[14]。Quarmby 等利用 SPOT HRV 影像的差值法监测城市扩张,该方法能较好的提取由乡村到城市发展引起的土地利用变化的面积^[15],该阶段土地利用研究不仅包括土地利用的数量、状态与利用方式,并且该研究成为全球变化研究领域的一个重要组成部分,该阶段研究工作的一个重要特点是重视土地利用变化对生态环境状况及全球变化的影响。研究区域主要集中于美洲热带雨林^[16,17]、非洲生态脆弱区^[18,19]、东南亚农业扩展与城市化快速发展区等人地关系矛盾尖锐、生态环境脆弱或经济与人口快速发展地区^[20]。研究内容以揭示土地利用变化对 CO₂ 的排放、全球气候变化、生物多样性、水土流失等影响为重点。

在可持续发展理念得到广泛应用的同时,城市规划的思想理念也产生了极大

的变化,出现了一些新的城市规划理念和城市土地利用思想。如美国面对土地给社会、经济、政治带来的问题,改进土地管理,尤其是改革规划法规,希望以规划的法律能应对土地开发问题,成为学术界和政府都关心的问题^[10]。近年来,国际科学界特别关注人类活动究竟在多大程度上干扰着全球变化,特别是土地利用对全球变化产生累积性的影响^[21],并将土地利用变化这一过程作为一个整体概念来进行研究^[22-25],该研究包含不同时期土地利用格局的比较、土地利用随时间发展的过程监测、以及土地利用变化与自然、社会、经济生态复合系统的耦合关系等方面。

总的来说,国外在以遥感影像为数据源进行土地利用研究的理论和方法上都取得了很大进展,分析处理方法得到改进,遥感监测精度在不断提高;在区域尺度上的研究主要以 TM 影像为数据源,遥感监测的方法以多时相遥感影像复合为主;对地观测的信息获取技术也日渐完善,从可见光发展到红外、微波,从单波段发展到多波段、高光谱,已初步建立全天候、多层次的对地观测体系。当前,国际大范围内土地覆盖和土地利用遥感技术发展的特点是美国处于领先地位,俄罗斯落后于美国,然后是西欧、加拿大、日本等国,许多第三世界国家都把遥感技术作为关键技术在地覆盖和土地利用中加以采用。总之,遥感技术在全球性土地覆盖和土地利用研究中起着越来越重要的作用^[26]。

1.2.2 国内土地利用研究进展

新中国成立之前,国内最早开展土地利用研究的专家以地理学家胡焕庸、任美鏊和农学家张心一为代表。胡焕庸在土地利用调查研究的基础上发表“中国之农业区域”的研究成果^[27],张心一在土地利用调查工作的基础上发表《中国农业统计地图》研究成果,任美鏊对四川的农业生产力水平进行系统研究,1948年将“中国西南部土地利用研究”成果以首篇的形式发表在美国的《经济地理杂志》上^[28,29],以上研究成果奠定了中国土地利用研究在国际上的地位。20世纪50年代后期至60年代初期,国内广泛开展了土地建设规划研究^[30,31]。80年代以后土地利用研究与国土整治工作结合起来提出土地治理与保护的理念^[32],并提出以协调好人地关系矛盾为基本思想的土地利用研究理念^[33]。20世纪90年代以后,我国一项开拓性的

工作是建立土地利用程度、土地利用动态指数定量化模型^[34]及区域土地利用程度变化模型^[35]，这些模型为土地利用变化的定量研究奠定了基础。近年来我国土地利用研究的另一重要成就是开展土地利用变化的实证研究。在大尺度的样带研究方面，中国是国际样带研究的主要发起与组织国之一。中国东北温带森林草原陆地样带(NECT)1993 年被列为 IGBP 陆地样带之一^[36]。同时还开展了社会经济快速发展的热点地区及生态环境脆弱区的土地利用变化研究，如长江三角洲地区^[37,38]、环渤海地区^[39]、珠江三角洲地区^[40]、黄土高原区^[41]及西南喀斯特岩溶区^[42]等地区的案例研究，以及将对城市化最敏感、变化最大和最迅速的城市边缘区的土地利用作为研究对象，探讨城市边缘区土地利用的空间扩展规律及其诱因，例如，北京市、深圳市等地的研究。

我国利用遥感技术对土地利用研究起步较晚，从 20 世纪 70 年代开始才采用航空遥感与卫星相结合的方法进行资源调查。最典型的即是“中科院 780 工程”的“腾冲县大型综合航空遥感试验研究项目”，取得了丰硕的成果，后来的“七五”、“八五”及“九五”期间，国家逐渐将遥感、地理信息系统和 GPS 技术综合应用研究列为国家科技攻关重点项目，进行生态环境、土地利用、灾害等方面的监测研究^[14]。中国科学院遥感卫星地面站应用 1987 年、1989 年和 1992 年的 TM 影像进行了北京地区土地覆被变化研究，中国科学院遥感所将遥感和非遥感数据相结合，应用 GIS 技术，以 80 年代初和 90 年代的 TM 影像经分层数字化的方法研究了全国土地资源的动态变化，苗长虹、钱乐祥利用 1987 年、1996 年和 1999 年的 TM 影像对伊洛河流域的土地利用和土地覆被变化进行了研究。

虽然我国利用遥感技术对土地利用研究起步较晚，但发展很快，到现在已有很多学者以遥感影像数据为基础进行了土地利用变化及其驱动力方面的研究。如张友全等根据 1990 年、1995 年和 2000 年 3 期 TM 影像，结合历史气象数据、水文数据及其它空间、属性数据，运用 GIS 空间分析方法及数理统计方法，全面分析了北京市 1990-2000 年间土地利用变化的空间特征及其驱动力。揭示该区各类土地利用数量变化的幅度、速度和区域差异^[44]。王丽娟等以 1980 年、1995 年和 2000

年的 3 期 TM 影像为基础分析 1988-2008 年兰州市土地利用结构、土地利用动态度和土地利用程度的变化情况,运用灰色关联分析法对土地利用变化的社会驱动力进行了分析,指出城市化、工业化、人口增长、经济发展是其土地利用变化的主要社会驱动力^[45]。张伟华对 1986 年、1996 年和 2001 年 3 个时相的 TM 数据进行分析,对研究区的土地资源数量变化、土地利用结构变化、土地利用程度的时空变化以及土地利用变化的区域差异等方面进行分析,并结合研究时段内的自然因素和社会经济因素,采用灰色关联度对研究区的土地利用动态变化驱动力进行分析^[46]。

目前我国土地利用研究呈现以下两个特点:一是研究内容广泛。不仅注重理论研究,更深入实际,进行具体区域的个案研究;不仅对土地利用的现象和过程进行描述和解释,而且探究和总结了行之有效的研究方法;不仅研究土地利用现状更注重土地利用的动态变化过程,预测其未来的发展趋势;不仅是反映土地利用变化的客观实际,而且还依据具体的社会经济环境提出土地资源的优化配置方案。二是研究方法多样,遥感图像解译数据和地理信息系统(GIS)的应用,为多种来源海量时空数据的综合处理、动态存取、集成管理及建模和模拟等提供了主要手段,多样化的数学模型及指标体系成为土地利用的定量化研究重要手段和数据依据^[43]。

结合国内已有的研究成果可以发现,土地利用变化及其驱动力分析多以遥感影像为数据源结合地形图、地貌图、政区图,以及社会经济统计资料进行研究,研究方法多采用主成分分析法,应用 SPSS 对样本进行分析计算,得出相关系数矩阵、特征值、主成分贡献率与累计贡献率。

1.3 案例区的选择

1.3.1 研究意义

土地是人类赖以生存的基础,合理利用和开发每一寸土地是我国的基本国策之一。城市往往是地区政治、经济、文化发展的中心,发展速度较快随之而来的是土

地利用结构的显著变化,研究这种变化,对于搞好城市规划,实施正确决策,保证城市社会、经济、环境持续协调发展具有十分重要的意义。

改革开放以来,郑州市随着社会经济的快速发展,工业化、城市化、人口增长、技术进步、政策和价值观念等影响土地利用变化的各种社会驱动力非常活跃,导致了土地利用状况在短期内发生了明显的变化。据统计 1978 年郑州市建成区面积为 60 km^2 ,1988 年郑州市建成区面积为 74.58 km^2 ^[47],2007 年年底达到 294 km^2 ,预计 2020 年建成区面积将达到 500 km^2 ,上述变化及趋势不仅表明近年来郑州市城市规模从一个中小城市发展为大城市,城市用地扩张强度偏高,如不加以控制会导致城市蔓延,而且也预示该地区在不同时期具有不同的土地利用结构及其空间分布,为了客观的认识郑州市的土地利用变化过程,在此基础上对未来年份土地利用规划和城市规划提供科学依据,有必要对该研究区 1988-2008 年土地利用变化及其驱动力进行分析。

1.3.2 研究内容

以郑州市 1988 年、2001 年和 2008 年 TM 遥感影像为数据源,结合土地利用现状图、行政区划图等,在 ERDAS 9.0 软件支持下经过数据预处理后对三个年份的影像分别进行监督分类得到每个年份的土地利用分类图,然后应用 ArcGIS 9.2 提取郑州市 1988-2001 和 2001-2008 两个时段内土地利用类型的变化情况,以此对研究区土地利用的时空变化特征有个详细的了解,在此基础上结合郑州市 1998 到 2007 年的统计资料来分析该地区土地利用变化的驱动力。

1.3.3 研究方法

早期国内开展土地利用研究,主要是通过收集、整理文献和历史数据进行有关土地利用时空变化特征的分析。目前,除了采用传统的统计资料,遥感数据经常被用于土地利用变化研究。遥感数据与 GIS 的有机结合,可以使土地利用的过程和结果直观地展现在人们面前,为深入探讨土地利用的驱动机制提供了极大的方便。与此同时,为了更好地理解土地利用系统变化的机制,人们从不同的目的出发构建了大量的土地利用变化模型,如土地利用程度模型、土地利用动态度模型、土地利用类

型的转换矩阵分析模型、土地利用空间格局变化的重心转换模型等^[48]。

本文主要采用文献资料法、RS和GIS图像解译分析、统计分析、对比分析等方法。其中RS和GIS图像解译分析是利用ERDAS IMAGINE 9.0软件对不同时期的遥感影像进行解译，提取土地利用类型的变化信息；应用ArcGIS 9.2软件对各时期的遥感影像解译的结果进行空间叠加分析，得到土地利用转换矩阵。统计分析方法是对统计调查数据应用SPSS 13.0进行主成分分析、相关分析和多元线性回归分析，分别得出研究阶段内对郑州市土地利用变化影响较大的驱动力，并在此基础上建立研究区土地利用变化的驱动力模型。

2 郑州市土地利用现状与空间格局

2.1 郑州市概况

如图 2-1 所示：郑州地处中原腹地是河南省省会，位于河南省中部偏北，城区分为 6 个市辖区：中原区、二七区、管城回族区、金水区、上街区和惠济区，本文研究的郑州市指中原区、二七区、管城回族区、金水区和惠济区，研究区位于东经 $113^{\circ}27'-113^{\circ}52'$ ，北纬 $34^{\circ}36'-34^{\circ}57'$ ，北临黄河，西依嵩山，东南为广阔的黄淮平原。海拔在 80-90 米之间，整个地区西高东低，由西南向东北倾斜，地面绝大部分为第四纪沉积物所覆盖，西南部为黄土丘陵，向北过渡为黄土倾斜平原，东为黄淮冲积平原和一定范围内的砂丘、砂地,土地利用方式多样。该地区属北温带气候，年平均气温 $12.8-15.5^{\circ}\text{C}$,年无霜期大致 190-200d，年降雨量大致为 618-878mm，年均日照时间 2292h。境内河流众多，主要河流有贾鲁河、索须河、须水河、七里河等，但大部分河流属季节性河流，许多甚至终年干涸。土壤以褐土、潮土为多，也有部分水稻土，主要作物有小麦、水稻、玉米和各类蔬菜。

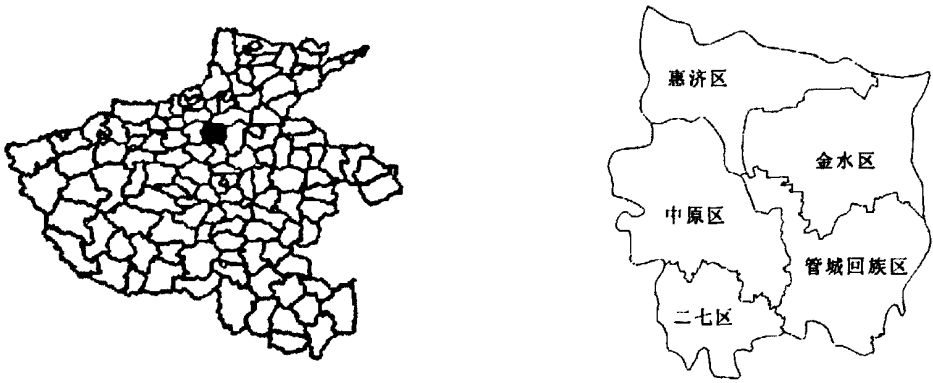


图 2-1 研究区位置示意图

郑州市为全国重要的交通、通讯枢纽，是新亚欧大陆桥上的重要城市，陇海、京广铁路在这里交汇，107、310 国道、郑汴洛高速公路横穿东西，京珠、连霍高速公路穿境而过，被命名为全国文明机场的新郑国际机场与国内外 30 多个城市通航。郑州市拥有亚洲最大的列车编组站和全国最大的零担货物转运站，一类航空、

铁路口岸和公路二类口岸各 1 个，货物可在郑州联检封关直通国外。邮政电信业务量位居全国前列。

据郑州市 2007 年国民经济和社会发展统计公报和 2008 年统计年鉴显示郑州市 2007 年年底总人口为 269.59 万人，其中非农业人口为 202.17 万人，市区人口密度为 2668 人/ km^2 ，市区土地面积约为 1010.3km^2 ，其中建成区面积 294km^2 ，年末耕地总资源为 $329.8 \times 10^3\text{hm}^2$ ，人均耕地面积为 0.72 亩。

2.2 郑州市土地利用现状

土地利用现状是人们在长期改造大自然的过程中,对土地资源不断开发利用和土地资源所固有的属性及其两者共同作用的结果^[49]，不同地域的土地利用结构所反映的自然状况、土地生态环境、社会生产力及社会经济的发展状况是不相同的^[50]，对土地利用现状进行分析，可以知道各类土地的特点和土地的利用结构，从而掌握土地动态变化及可持续利用的趋势，为土地合理开发利用、整治保护，为国家政策制定提供依据。

据郑州市国土资源局土地变更调查统计资料显示，2007 年研究区土地利用二级地类组成比例如图 2-2 所示：

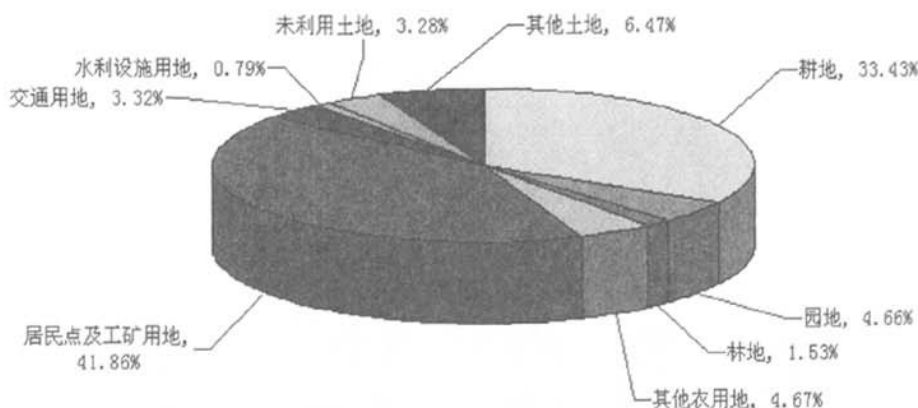


图 2-2 2007 年郑州市区土地利用结构示意图

2007 年郑州市内 5 区面积 1015.66km^2 ，其中耕地（灌溉水田、望天田、水浇地、旱地、菜地）为 339.53km^2 ，占土地总面积的 33.4%；园地为 47.34km^2 ，占

土地总面积的 4.7%；林地（有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、迹地、苗圃）为 15.54 km²，占土地总面积的 1.5%；其他农用地 47.43 km²，占土地总面积的 4.7%；居民点及工矿用地（城市、建制镇、农村居民点、独立工矿用地、特殊用地）为 425.19 km²，占土地总面积的 46%；交通运输用地（铁路用地、公路用地、民用机场、港口码头用地、管道运输用地）为 33.75 km²，占土地总面积的 3.3%；水利设施用地（水库水面、水工建筑用地）为 8.03 km²，占土地总面积的 0.8%；未利用土地（荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、其他未利用土地）为 33.28 km²，占土地总面积的 3.28%，其他土地（河流水面、湖泊水面、苇地、滩涂、冰川及永久性积雪）为 65.57 km²，占土地总面积的 6.46%。

2.3 郑州市各地类空间分布格局

郑州市内五区各二级地类的面积情况大致如表 2-1 所示：

表 2-1 2007 年郑州市各区土地利用结构表(单位：km²)

	耕地	园地	林地	其他农用地	居民点及工矿用地	交通用地	水利设施用地	未利用土地	其他土地	合计
中原区	65.13	1.47	1.51	5.25	110.56	5.98	1.75	2.65	3.02	197.34
二七区	58.27	8.20	0.79	2.12	67.62	5.72	1.55	8.03	1.82	154.12
管城回族区	58.35	29.84	7.69	4.29	75.12	7.66	0.87	8.12	4.58	196.52
金水区	62.28	5.24	2.64	22.15	122.50	7.04	0.00	6.70	11.80	240.34
惠济区	95.49	2.59	2.90	13.63	49.39	7.35	3.86	7.78	44.35	227.34
合计	339.53	47.34	15.54	47.43	425.19	33.75	8.03	33.28	65.57	1015.66

各土地利用类型占土地总面积的比例统计结果如表 2-2 所示：

表 2-2 2007 年郑州市各区土地利用类型占各土地类型总面积比例(单位：%)

	耕地	园地	林地	其他农用地	居民点及工矿用地	交通用地	水利设施用地	未利用土地	其他土地
中原区	19.2	3.1	9.7	11.1	26.0	17.7	21.8	8.0	4.6
二七区	17.2	17.3	5.1	4.5	15.9	16.9	19.3	24.1	2.8
管城回族区	17.2	63.0	49.5	9.0	17.7	22.7	10.8	24.4	7.0
金水区	18.3	11.1	17.0	46.7	28.8	20.9	0.0	20.1	18.0
惠济区	28.1	5.5	18.7	28.7	11.6	21.8	48.1	23.4	67.6

由表 2-2 可知：耕地主要分布在惠济区，惠济区耕地面积占全市耕地总面积的 28.1%，其他依次是中原区、金水区、管城回族区和二七区，其比例分别为 19.2%、18.3%、17.2%和 17.2%。

园地主要分布在管城回族区，管城回族区园地面积占全市园地总面积的 63%，其他依次是二七区、金水区、惠济区和中原区，其比例分别为 17.3%、11.1%、5.5

%和 3.1%。

林地主要分布在管城回族区，管城回族区林地面积占全市林地总面积的 49.5%，其他依次是惠济区、金水区、中原区和二七区，其比例分别为 18.7%、17.0%、9.7%和 5.1%。

居民点及工矿用地主要分布在金水区，金水区居民点及工矿用地面积占全市居民点及工矿用地总面积的 28.8%，其他依次是中原区、管城回族区、二七区和惠济区，其比例分别为 26%、17.7%、15.9%和 11.6%。

交通运输用地在市内 5 区分布大致均衡，中原区、二七区、管城回族区、金水区和惠济区面积比例分别为 17.7%、16.9%、22.7%、20.9%和 21.8%。

水利设施用地主要分布在惠济区，惠济区水利设施用地面积占全市水利设施用地总面积的 48%，其他依次是中原区、二七区、管城回族区和金水区，其比例分别为 21.8%、19.3%、10.8%和 0.1%。

未利用地主要分布在惠济区，惠济区未利用地面积占全市未利用地总面积的 52.7%，其他依次是金水区、管城回族区、二七区和中原区，其比例分别为 18.7%、12.9%、10.0%和 5.7%。

各土地利用类型占各区总面积的比例统计结果如图 2-3 所示：

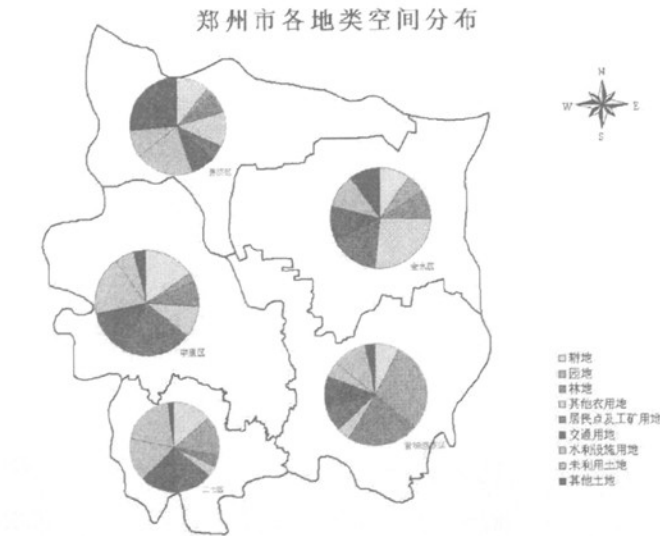


图 2-3 2007 年郑州市各地类空间分布结构示意图

由图 2-3 可知：惠济区的耕地比例最高，达到 42.00%，而管城回族区的耕地比例最低为 25.91%，耕地占各行政区总面积比例的高低依次为惠济区、二七区、中原区、管城回族区和金水区。

林地在各行政区所占比例都较低，相比之下，管城回族区的林地比例最高为 3.91%，其他依次为惠济区、金水区、中原区和二七区。

其他农用地占行政区总面积的比例以金水区和惠济区较高，分别为 9.22%和 6.00%，其他依次为中原区、管城回族区和二七区。

中原区的居民点及工矿用地比例在五个区中最高，高达 56.03%，相比之下惠济区的居民点及工矿用地比例最低为 21.73%，居民点及工矿用地占行政区总面积比例的高低依次为中原区、金水区、二七区、管城回族区和惠济区。

交通用地在各区所占比例相对比较一致，都在 3%上下，水利设施用地比例以惠济区最高为 1.70%，未利用土地占行政区总面积比例以二七区最高，其他土地占行政区总面积比例以惠济区最高，几乎占了五分之一。

从城市各项功能区布局来看，各类用地交错分布。由于历史上郑州市区的规模扩展一直属于典型的“摊大饼”式无序蔓延，工业、居住、商业等各项用地由市中心向外围随机交错分布，造成城市功能用地布局混乱。这种矛盾在旧城区表现最为明显，城市生产活动对周围居民的生活带来了一定的负面影响。尽管在土地使用制度改革政策的驱使下部分工业已迁出市中心区，但旧城内部工业、仓储等生产用地比例仍然很高，使得商业、金融业、信息服务业等第三产业用地紧张，工业、居住与第三产业发展矛盾突出，进而降低了城市土地配置效率和经济效益^[51]。

3 土地利用变化的遥感数据处理

3.1 土地利用变化遥感数据的处理

3.1.1 遥感影像分类的概念及原理

遥感是指通过某种传感器装置，在不与研究对象直接接触的情况下，获取其特征信息，并将这些信息进行提取、加工、表达和应用的一门技术^[52]，遥感对目标进行的信息采集主要利用从目标反射或辐射的电磁波。电磁波在介质中传输时，会与介质发生作用而改变其特征，如波长、传播方向、振幅和振幅面的改变，因此通过对遥感观测到的电磁波特性的分析，可以反演与之发生相互作用的介质的性质，从而识别目标和周围的环境条件。通过传感器获取的某一区域的遥感影像反映了该区域内地物的电磁波特征，利用相应的遥感影像处理方法可以从中获取不同的专业信息^[53]。

遥感影像分类就是利用计算机通过对遥感影像各类地物的光谱信息和空间信息进行分析，选择特征，并用一定的手段将特征空间划分为互不重叠的子空间，然后将影像中的各个像元划分到各个子空间去。

遥感影像分类的理论依据是：遥感影像中同类地物在相同条件下(纹理、地形、光照以及植被覆盖等)应具有相同或相似的光谱信息特征和空间信息特征，因此同类地物的像元特征向量将集群在同一特征空间区域，而不同的地物由于光谱信息特征或空间信息特征不同，将集群在不同的特征空间区域。同类地物的各像元特征向量虽然不是完全集中在一个点上，但也不是杂乱无章分布的，而是相对密集地分布在一起形成集群，当像元数目较大时，近似呈多维正态分布。一个集群相当于一个类别，而每类的像元值向量可以看作随机变量，因而遥感影像分类方法一般是建立在随机变量统计分析的基础上的。

遥感图像的计算机分类，与遥感图像的目视判读技术相比，两者的目的一致，但手段不同，前者是利用计算机模拟人类的识别能力，后者把地学工作人员的专业知识介入到图像分析中去，是遥感解译的基本方法^[54]。而在实际工作中，常常

是二者有机结合起来，互相取长补短。计算机自动分类可以利用各波段、各像元的灰度值最小差异，探测目标的微小变化，精度较高，适于定量分析，速度快，可重复性好，因而越来越得到广泛的应用，尤其是与地理信息系统相结合更是显出其强大优势。计算机分类的快速处理数据的能力也是与遥感大量信息相适应的，目前已成为遥感理论和应用研究领域主流之一^[55]。

3.1.2 土地利用变化遥感分类方法

传统的土地利用变化遥感分类方法包括区域区划分类、分层分类(包括决策树)、统计分类等。其中区域区划分类和分层分类主要根据遥感影像中的地学分异规律，针对影像中属于不同大类或景观区域，通过层次划分采用不同的分类决策规则，从粗到细进行逐步分类。成功典型有腾冲航空遥感实验的景观分异的树状决策模式，通过对河湖沉积相的识别进行江汉平原土地利用分类等^[54]。这种分类方法需要分类者对影像地学规律的认识达到一定程度，才能比较准确地反映真实的地学分布规律。其缺点是很难把握分类规则的标准，其中定性的成分比较多^[56]。而统计分类方法，如动态聚类、最小距离、最大似然分类法等，一般是依赖地物的光谱反射特征，应用统计模式识别方法对像元进行逐点判识，基于统计模式的分类方法大都因以下方面知识不能准确知道或在实际运用中不可能知道而受到影响^[57]：①区域光谱聚类的先验知识；②土地分类和土地覆盖目标光谱变化的先验知识；③多维光谱空间中光谱聚类以及它们分布的统计特征知识；④控制分类过程事先规定的参数等。由于这些缺陷，使得传统的模式识别方法难以获得合适的分类特征，难以形成复杂的判别函数和分割界面，而且更重要的是传统的分类方法没有考虑地物的空间信息，如纹理信息，因此在处理诸如“同物异谱，异物同谱”现象时显得无能为力。

在土地利用与土地覆盖分类研究中，绝大多数是基于光谱信息统计模式的监督和非监督分类方法。一般来说，非监督分类方法简单，不需要待分类别的先验知识，但其判别精度较差，尤其是在待分类别数目较多的情况下更是如此。监督分类精度较高，但需要建立分类模板，对缺乏先验知识的待分类别无能为力。

本文研究所用的分类方法贝叶斯(Bayes)监督分类是一种典型的和应用最广的监督分类方法, 又称最大似然分类法(Maximum liklyhood classification), 它以条件概率密度函数为判别函数, 以 Bayes 准则为判别方法。

遥感地物影像可以用其光谱特征向量作为量度在光谱特征空间中找到一个相对应的特征点。来自同类地物的各特征点在特征空间中将形成服从某种概率分布的集群, Bayes 监督分类假定分类模板数据在光谱空间的分布是服从高斯正态分布的, 把特征点(X)归于某类集群(W_i)的条件概率 $P(W_i / X)$ 作为判别函数, 称为概率判别函数。由于概率是建立在统计意义上的, 所以当使用概率判决函数进行分类时, 错分现象是不可避免的, 我们希望以“错分损失最小”来建立需要的判别规则, 这就是 Bayes 准则。

Bayes 监督分类算法有着严密的理论基础, 对于呈正态分布的数据, 判别函数易于建立, 综合应用了每一类别在各波段中的均值、方差以及多波段之间的协方差, 有较好的统计特性, 一直被认为是最先进的分类方法^[58]。传统的遥感数字图像分类, 多采用此方法, 但实际操作中有不少难点, 分布参数的估计、分类类别的光谱类别数目的确定和各类别的先验概率获得, 尤其当存在类别光谱特征混淆时, 其固定形状的决策界面无法获得较高的分类精度^[58]。随着遥感数据时空维数的不断扩展, 该方法开始暴露出一些弱点^[59]: (1)多源、多维的遥感数据可能不具备正态分布特征; (2)离散的类别数据(如地面实测数据)在很多情况下不具备统计意义; (3)对于高维空间数据, Bayes 准则中所需要的协方差矩阵将难以得到。在 Bayes 监督分类时采取一些措施, 可提高分类精度^[60]: (1)分类前选择最佳波段组合; (2)注意提高分类模板选取质量, 如在反映类别特征较好的图像上选取分类模板、借助专题图件和大比例尺航片确定分类模板; (3)对“同物异谱”现象采用类型细分方法, 分别确定子类分类模板; (4)进行分类模板纯化; (5)分类时加入专家经验知识给出先验概率。

3.2 案例区影像特征

Landsat-5 是美国在 1984 年发射的第二代实验型地球资源卫星, 传感器有 MSS

和专题绘图仪 TM，其中 TM（7 个波段）波谱范围比 MSS 大，波段范围均较窄，因而波谱分辨率比 MSS 图像高，其地面分辨率为 30m（第 6 波段的地面分辨率只有 120m）。TM 数据是以景为单元构成的，每景影像对应的实际地面面积均为 $185 \times 185\text{km}^2$ ，16d 即可覆盖全球一次。按标准分幅，一幅称一景，每一景有一个编号，称为全球参考系统（WRS），由两组数字组成，前者是轨道号，后者是行号。郑州编号是 124-36。由于 TM 影像分辨率高，可用于主要土地利用类型的分类，国内近年来采用 TM 影像分析土地动态变化的研究很多。

本文研究所使用的影像资料是 landsat-5 的 TM 影像数字产品，成像时间分别为 1988 年 5 月 14 日、2001 年 5 月 10 日和 2008 年 3 月 8 日，影像信息如表 3-1 所示。其中 1988 年和 2001 年 TM 影像为河南大学环境与规划学院已有研究资料，均经过辐射校正和几何精校正，为本文的写作提供了很大方便，2008 年遥感影像来源于中国遥感卫星地面接收站，三幅影像质量较好，各地类表现差异明显，由于 TM6 分辨率较低，本文未使用这一波段，在波段 4、3、2 组成的假彩色合成影像上，蓝色、红色、青色构成了影像一级波谱信息，分别表示建设用地、耕地和黄河水面。

表 3-1 郑州市土地利用变化的主要数据列表

数据类型	时间段	分辨率	基本特征	数据来源
Landsat5 TM	1988 年 5 月 14 日	28.5m×28.5m	无云	卫星地面接收站
Landsat5 TM	2001 年 5 月 10 日	28.5m×28.5m	无云	卫星地面接收站
Landsat5 TM	2008 年 3 月 18 日	28.5m×28.5m	无云	卫星地面接收站
土地利用图	1989-1995 年	1: 260000	详查图	河南省土地利用现状图集
统计数据	1988-2007 年	郑州市	统计项目	郑州市统计局、土地局

3.3 提取郑州市土地利用变化遥感数据的具体步骤

利用遥感影像提取研究区土地利用变化信息的技术路程如图 3-1 所示：

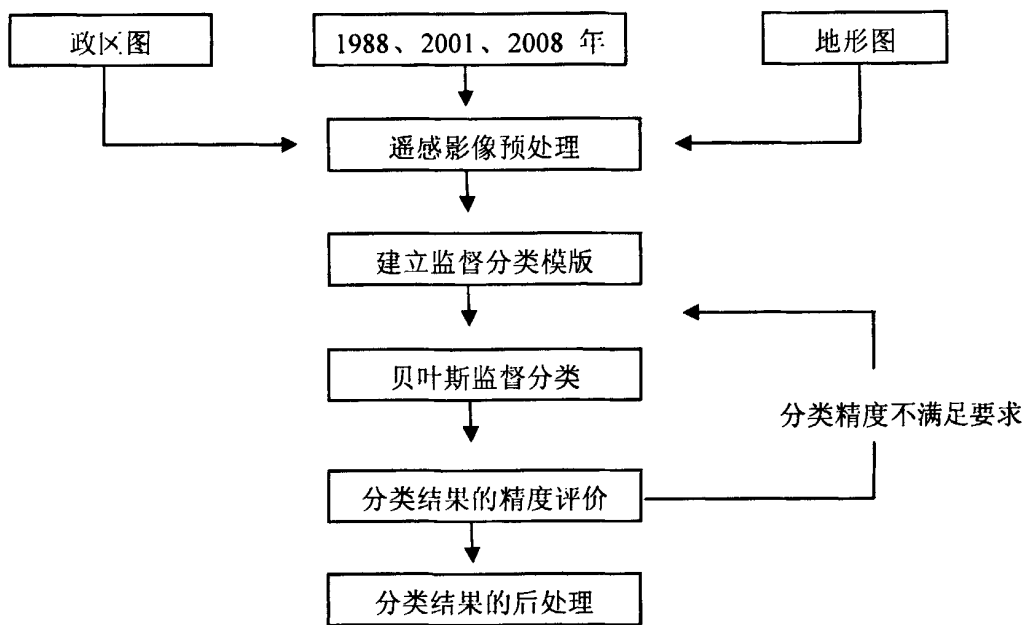


图 3-1 利用 TM 数据提取研究区土地利用变化信息的技术流程

3.3.1 遥感影像预处理

遥感影像的预处理主要包括辐射校正、几何校正和研究区提取。

3.3.1.1 辐射校正

由于整景影像数据量较大，因此将包含案例区的影像用矩形切割下来进行图像处理工作。影像的辐射校正根据使用精度要求可分为两类：绝对辐射校正和相对辐射校正。由于对遥感影像进行绝对校正的过程很复杂，人们一般情况下仅对影像进行相对辐射校正。进行遥感影像相对辐射校正的常用方法有：直方图平移法、统计回归法和图像比较法三种^[61]。考虑到研究中所用到的影像本身质量较好，本研究仅利用直方图平移法对 2008 年的 TM 影像进行相对辐射校正。

3.3.1.2 几何校正

影像的几何校正分为两类，绝对校正和相对校正。绝对校正是指由影像坐标变为某种地图投影或对影像进行编码；相对校正是指影像与影像之间的相对校正，又称影像匹配。本研究 1988 年和 2001 年的影像已经过绝对校正和相对校正，在此仅以 2001 年的影像为参考，对 2008 年的影像进行配准，以达到三幅影像具有相同的地图投影信息。具体做法是在 ERDAS 下打开两个视窗（viewer）分别显示

2008 年经过辐射校正的影像和 2001 年的影像,在第一个视窗的 Raster 模块下打开几何校正 (Geometric Correction) 子菜单,选择 2 次多项式 (Polynomial) 几何校正模型,采用视窗采点模式,对两幅影像进行配准,选择前 6 个控制点时尽量使控制点分布在影像的四个顶点方向及两个控制点连线的中点,一般选用容易识别的地物,如道路的交叉点、拐点或者道路和河流分交点,本文一共选取了 20 个地面控制点和 10 个地面检查点,经检验 RMS (Root Means Squared) 误差小于 1 个像元,接着采用邻近点插值法 (Nearest Neighbor) 对影像进行重采样,几何校正完成。

3.3.1.3 案例区提取

在 ERADS 软件的数据预处理(Data Prep)模块下打开影像分幅剪裁 (Subset Image) 子菜单,将已切割完成的 2001 年遥感影像作为输入文件,将输入波段数目设为 1,输出文件即为掩模文件 1,在接下来的影像解译 (Interpreter) 模块中打开实用 (Utilities) 菜单,选择掩模 (Mask) 对话框,把 2008 年经过几何校正的影像作为输入文件,2001 年的掩模文件 1 作为输入掩模文件,窗口模式选择相交 (Intersection),忽略输出 0 值完成案例区切割。

3.3.2 监督分类






根据郑州市区地域特征和遥感影像的可判读性,参考 1984 年全国农业区划委员会公布的土地利用分类方案,也是原国家土地管理局组织的全国土地利用详细调查分类方案,在郑州市缺失牧草地土地利用类型的基础上,将耕地和园地合并为农用地,居民点及工矿用地和交通用地合并为建设用地,本文将研究区土地利用分为农用地 (包括灌溉水田、望天田、水浇地、旱地、菜地、果园、其他园地)、林地(包括有林地、疏林地、灌木林地、苗圃地、未成林造林地、迹地)、建设用地 (包括城镇、农村居民点用地、独立工矿用地、特殊用地、铁路、公路、农村道路)、水域(包括河流水面、水库水面、坑塘水面、苇地、滩涂、水利设施用地)、未利用土地(包括荒草地、沼泽地、盐碱地、沙地、田坎)5 种类型。

多波段彩色合成就是把三个波段影像数据分别做蓝、绿、红三通道数据的彩色显示,在遥感影像数据的处理中,对于 TM 影像,通常用 TM4 (红)、3 (绿)、

2（蓝）三个波段做所谓的“标准假彩色合成”^[62]。

由于各种类型的判别函数是根据分类模板数据统计得出的，所以分类模板选择的好坏直接影响到最后分类结果的精度。分类模板的选择有三种方法：目视判读法、遥感影像与土地利用现状图相结合进行判读法、实地调查法等^[63]。本研究将三种方法结合起来运用，从三期 TM 影像中分别选择农用地、林地、建设用地、水域和未利用土地五类土地利用类型的分类模板来进行监督分类。在 ERDAS 下进行监督分类一般有以下几个步骤：定义分类模板、评价分类模板、进行监督分类、评价分类结果。在具体建立分类模板的时候，本文应用 AOI 绘图工具分别在三期原始影像中获取分类模板信息，1988 年遥感影像分类模板的具体情况如表 3-2 所示，其他两期遥感影像的分类模板参照同样的方法建立。

表 3-2 郑州市 1988 年遥感影像分类模板

类别名称	颜色	红色	绿色	蓝色	样本类别值	样本像元数目	概率
建设用地		0.160	0.588	0.580	1	3919	1
水域		0.000	0.658	0.733	2	880	1
农用地		0.748	0.157	0.149	3	527	1
林地		0.831	0.241	0.255	4	256	1
未利用土地		0.496	0.745	0.705	5	411	1

评价分类模板利用 ERDAS 的可能性矩（Contingency Matrix）工具，可能性矩阵评价工具是根据分类模板,分析 AOI 分类模板的像元是否完全落在相应的类别中。可能性矩阵的输出结果是百分比矩阵,说明每个 AOI 分类模版中有多少个像元分别属于相应的类别。AOI 分类模版的分类可应用分类原则：平行六面体 (PanallelePiped)、特征空间 (FeatureSpace)、最大似然 (Maximum Likelihood)、马氏距离 (Mahalanobis Distance)。本研究选择的是最大似然分类原则。从分类误差矩阵百分比来说，如果误差矩阵值小于 85%，则模板需要重新建立，1988 年影像误差矩阵如表 3-3 所示，其他两期影像的分类模板评价采用同样的方法。

表 3-3 郑州市 1988 年遥感影像分类模版精度评价可能性矩阵（单位：%）

分类数据	建设用地	水域	农用地	林地	未利用土地	行总计
建设用地	86.96	3.29	0	1.98	1.95	3449
水域	3.19	96.71	0	0	0.73	952
农用地	0.05	0	95.26	1.59	0	508
林地	3.04	0	4.74	94.05	1.22	386
未利用土地	6.76	0	0	2.38	96.11	666
列像元总数	3919	852	527	252	411	5961

3.3.3 分类结果的精确度评价

遥感影像监督分类的精确度直接决定了进行遥感影像分类的价值。分类精确度的表达方式主要有：总准确度、用户准确度、生产者准确度、Kappa 指数等。进行精确度评价的常用抽样方式有系统抽样、随机抽样、分区抽样和系统分区随机抽样四种^[61]。

本文利用 Erdas 软件的精度评价功能(Accuracy Assessment)运用随机抽样(Random)的方法选取了 200 个地面检查点,参考同期地面资料利用目视判读的方法对 TM 影像的分类结果进行精度检验,得到分类混淆矩阵(Error Matrix)、总精确度(Acuuracy Totals)、Kappa 指数等判别指标数据。本文分别对三期 TM 影像分类结果进行精度检验得到的结果为,1988 年总精确度为 85.6%，Kappa 指数为 0.80；2001 年的总精确度为 85.1%，Kappa 指数为 0.788；2008 年总精确度为 78.56%，Kappa 指数为 0.74，Kappa 指数均达到最低允判精度 0.7 的要求^[64]，满足精度要求的分类结果可以进入流程处理的下一个环节，否则必须返回上面的环节，对分类模版进行调整后重新进行分类。

3.3.4 分类结果的后处理

即使是遥感影像的监督分类，也是按照图像的光谱特征进行聚类分析的，它不可避免的带有一定程度的盲目性，所以必须对分类结果进行后处理，分类结果的后处理主要包括聚类统计、去除分析和分类重编码。首先利用 Erdas 软件的聚类功能(Clump)对 TM 影像分类结果进行聚类统计,然后运用去除功能(Eliminate)去除聚类图像中面积小于 6 个像元的小图斑。

4 郑州市土地利用变化特征分析

区域土地利用变化主要体现在土地利用类型的变化、各土地利用类型数量的变化、土地利用结构的空間变化、土地利用的程度变化、土地利用的质量变化以及土地利用变化的区域差异等方面^[65]。本研究主要采用土地利用类型转换矩阵、土地利用程度变化模型和土地利用动态度变化模型对郑州市各土地利用的类型变化、土地利用的程度变化和土地利用的动态度变化进行分析。

4.1 土地利用分类与土地利用变化转换矩阵计算

参考 1997 年河南省土地利用现状图集、2003 年郑州市土地利用现状图、以及 2008 年郑州地区的 Google Earth 图片资料，依照上面的具体步骤分别对 1988 年、2001 年和 2008 年三期 TM 影像进行分析处理，得到三个时期郑州市土地利用分类图（见图 4-1、图 4-2、图 4-3）。从图上对比可以发现，三期土地利用图上建设用地的范围一直在扩张，而农用地面积则一直处于减少趋势，其中 1988—2001 年间，建设用地的扩张方向是沿主城区向四周扩散，主要是向北、向西和向东南扩张，2001—2008 年期间建设用地范围主要向东扩展，在建成区以外沿交通干道周围也出现不少建设用地，林地、水域和未利用土地呈减少趋势。

1988年郑州市土地利用分类图

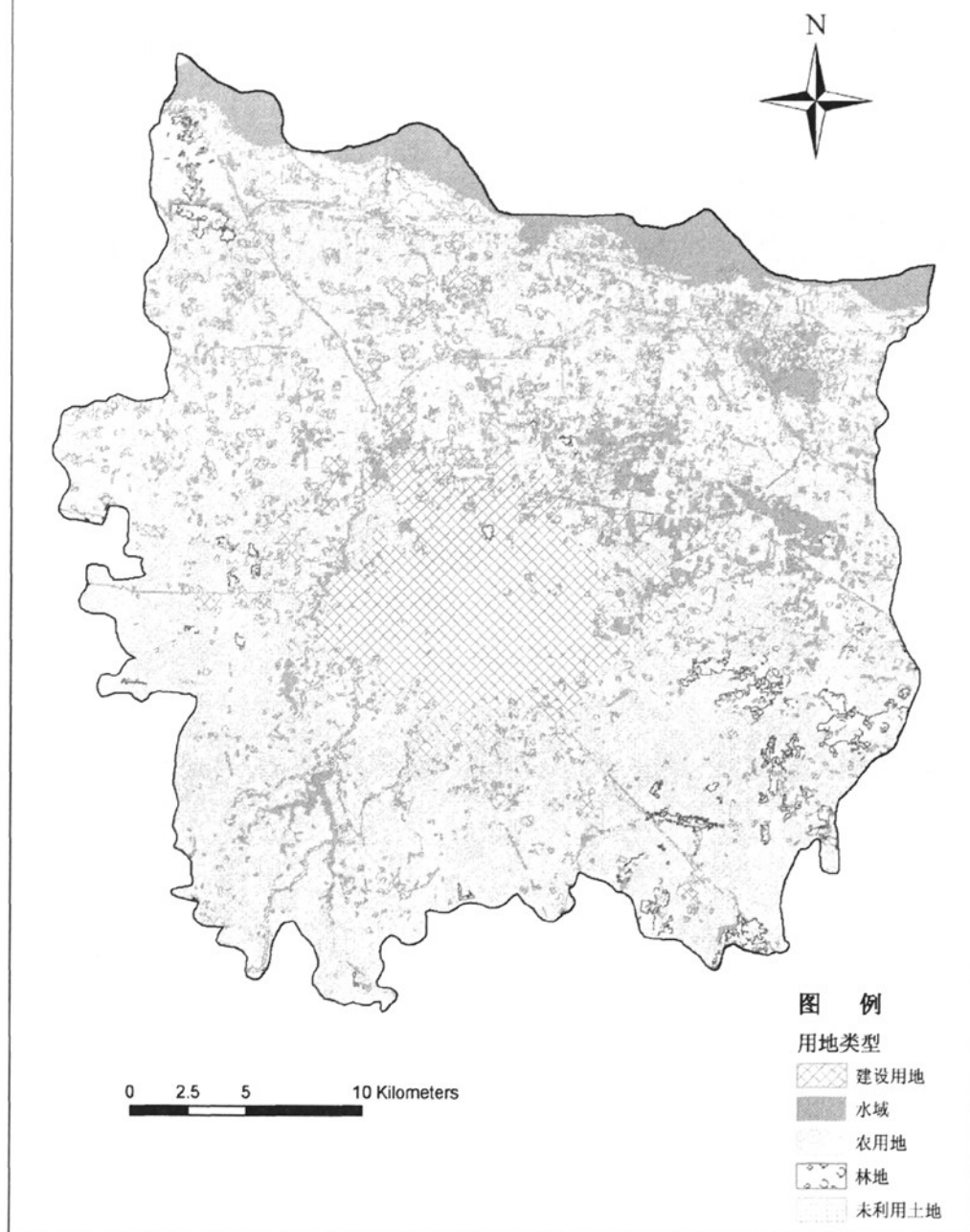


图 4-1 1988 年郑州市土地利用分类图

2001年郑州市土地利用分类图



图 4-2 2001 年郑州市土地利用分类图

2008年郑州市土地利用分类图

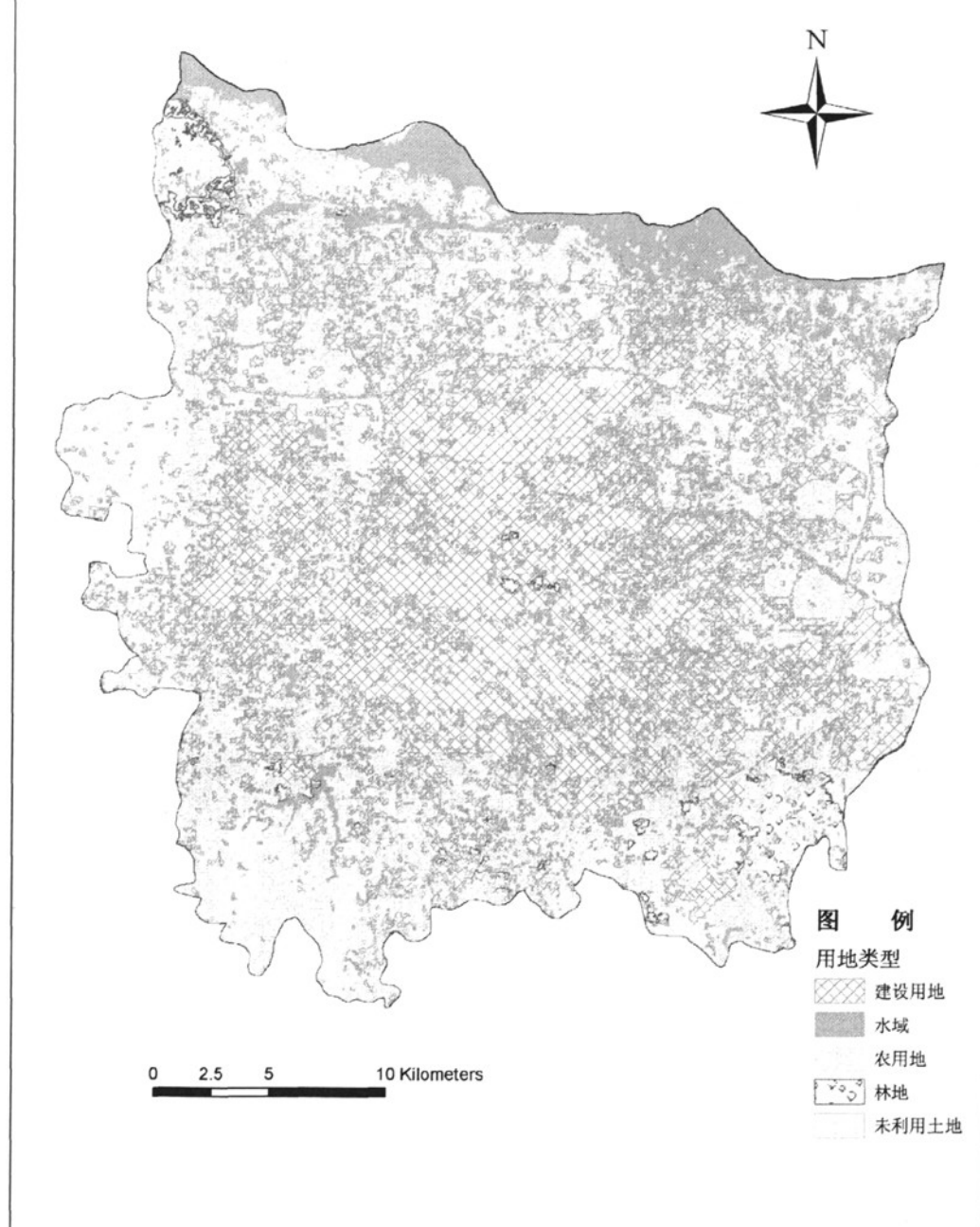


图 4-3 2008 年郑州市土地利用分类图

将符合要求的分类结果进行叠加,即分别将 2001 年和 1988 年、2008 年和 2001 年的 TM 影像分类结果进行叠加,经过处理之后,得到 1988—2001 年、2001—2008 年土地利用类型间相互转换的数量关系矩阵(表 4-1、表 4-2)。由表 4-1、表 4-2 可知郑州市不同土地利用类型的面积在研究时段内发生显著变化的是农用地和建设用地,为分析该变化的空间特征,将经过叠加处理的 TM 影像分类结果做进一步的处理,首先提取出土地类型发生变化的数据,在所有变化的数据中进一步提取出农业用地转换为其他土地类型的有关数据,并将这些数据转换的空间分布表示出来(图 4-4、图 4-5)。

表 4-1 郑州市 1988-2001 年土地利用变化转换矩阵

2001 1988	建设用地	水域	农用地	林地	未利用 土地	合计(km ²) (占有率%)
建设用地	183.45	7.63	0.00	1.18	0.00	192.26
B	95.42	3.97	0.00	0.61	0.00	
C	25.39	8.20	0.00	6.14	0.00	(18.95)
水域	23.59	42.17	31.24	0.92	7.22	105.14
B	22.44	40.11	29.71	0.88	6.87	
C	6.28	45.33	6.35	4.79	20.82	(10.36)
农用地	162.47	33.30	432.06	13.28	13.10	654.20
B	24.83	5.09	66.04	2.03	2.00	
C	43.23	35.80	87.85	69.13	37.77	(64.48)
林地	6.36	0.62	10.91	3.14	1.52	22.55
B	28.20	2.75	48.38	13.92	6.74	
C	1.69	0.67	2.22	16.35	4.38	(2.22)
未利用土地	0.00	9.29	17.59	0.69	12.84	40.42
B	0.00	22.98	43.52	1.71	31.77	
C	0.00	9.99	3.58	3.59	37.02	(3.98)
合计(km ²)	375.87	93.02	491.80	19.21	34.68	1014.57
占有率(%)	37.06	9.17	48.49	1.89	3.42	100
变化率(%)	95.50	-11.53	-24.82	-14.81	-14.20	

注^[60]: 在表 4-1 和表 4-2 中,行表示的是 k 时期的 i 种土地利用类型,列则表示 $k+1$ 时期的 j 种土地利用类型; 黑体部分表示的是 k 时期的土地利用类型转变为 $k+1$ 时期各种类型的面积,即原始土地利用变化转换矩阵 A_{ij} 。 $B_i = 100 \times A_i \div \sum_{j=1}^5 A_j$, 表示 k 时期 i 种土地利用类型转变为 $k+1$ 时期 j 种土地利用类型的比例; $C_j = 100 \times A_j \div \sum_{i=1}^5 A_i$, 表示 $k+1$ 时期的 j 种土地利用

中由 k 时期的 i 种土地利用类型转化而来的比例。行、列的合计分别表示 k 时期和 $k+1$ 时期各种土地利用类型的面积及其占总土地面积的比例。变化率 = $\left(\sum_{i=1}^s A_{ij} - \sum_{j=1}^s A_{ij}\right) \div \sum_{j=1}^s A_{ij}$, 表示 $k+1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期的变化程度。

表 4-2 郑州市 2001-2008 年土地利用变化转换矩阵

2001 1988	建设 用地	水域	农用地	林地	未利用 土地	合计(km ²) (占有率%)
建设用地	357.79	14.53	0.00	3.55	0.00	375.87
B	95.19	3.87	0.00	0.94	0.00	
C	73.84	21.90	0.00	22.06	0.00	37.05
水域	35.20	29.90	26.09	0.37	1.45	93.02
B	37.84	32.14	28.05	0.40	1.56	
C	7.26	45.06	6.03	2.30	9.78	9.17
农用地	86.20	16.44	377.12	8.12	3.92	491.80
B	17.53	3.34	76.68	1.65	0.80	
C	17.79	24.77	87.15	50.47	26.43	48.47
林地	5.39	0.30	11.53	1.52	0.46	19.20
B	28.07	1.56	60.05	7.92	2.40	
C	1.11	0.45	2.66	9.45	3.10	1.89
未利用土地	0.00	5.19	17.96	2.54	8.99	34.68
B	0.00	14.97	51.79	7.32	25.92	
C	0.00	7.82	4.15	15.79	60.62	3.42
合计(km ²)	484.58	66.36	432.71	16.09	14.83	1014.57
占有率(%)	47.76	6.54	42.65	1.59	1.46	100
变化率(%)	28.92	-28.66	-12.02	-16.20	-57.24	

从表 4-1 可知 1988 年到 2001 年发生最大变化的土地利用类型是建设用地，从表 4-2 可知 2001 年到 2008 年发生最大变化的土地利用类型是未利用土地。二者的变化率分别达到了 95.50%和 57.24%。

表 4-1 更好的反映了 1988 年到 2001 年郑州市土地利用的具体变化过程，从中我们可以看出 1988 年到 2001 年郑州市的土地利用变化主要表现为：162.47km² 的农用地转换为建设用地，23.59 km² 的水域转换为建设用地，6.36km² 的林地转换为建设用地；7.63km² 的建设用地转换为水域，33.30km² 的农用地转换为水域，9.29km² 的未利用土地转换为水域；31.24km² 的水域转换为农用地，10.91km² 的林地转换为农用地，17.59km² 的未利用土地转换为农用地；7.22km² 的的水域转换为未利用土地，13.1km² 的农用地转换为未利用土地；其中建设用地的变化较大，13 年间建

设用地面积增加了 183.61km^2 ，变化率为 95.50% ；农用地减少了 162.40km^2 ，变化率为 24.82% ；林地、未利用土地和水域的面积分别减少 3.34 、 5.74 和 12.12km^2 ，其变化率依次为 14.81% 、 14.20% 和 11.53% 。

表 4-2 更好的反映了 2001 年到 2008 年郑州市土地利用的具体变化过程，从中我们可以看出 2001 年到 2008 年郑州市的土地利用变化主要表现为： 86.20km^2 的农用地转换为建设用地， 35.20km^2 的水域转换为建设用地； 16.44km^2 的农用地转换为水域， 14.53km^2 的建设用地转换为水域， 5.19km^2 的未利用土地转换为水域； 26.09km^2 的水域转换为农用地， 11.53km^2 的林地转换为农用地； 8.12km^2 的农用地转换为林地， 3.55km^2 的建设用地转换为林地， 2.54km^2 的未利用土地转换为林地； 1.45km^2 的水域转换为未利用土地， 3.92km^2 的农用地转换为未利用土地；其中未利用土地的变化比较大，7 年间减少了 19.85km^2 ，变化率达到 57.24% ，建设用地增加了 108.71km^2 ，变化率为 28.92% ，水域减少了 26.66km^2 ，变化率为 28.66% ，农用地减少了 59.09km^2 ，变化率为 12.02% ，林地减少 3.12km^2 的，变化率达到 16.20% 。

结合以上分析可知郑州市土地利用变化主要发生在主城区周围，距离主城区越近，土地变化越剧烈，而在距离主城区较远的区域，土地变化相对较弱，由近至远形成农用地到建设用地的转变，主要包括农用地转变为居民住宅用地、交通用地、工矿用地等，未利用土地的变化主要发生在惠济区和二七区，主要原因是黄河流经惠济区，郑州市的快速发展占用了许多滩涂，二七区的大片草地被开发为耕地。

农用地转换为其他用地类型(1988__2001)

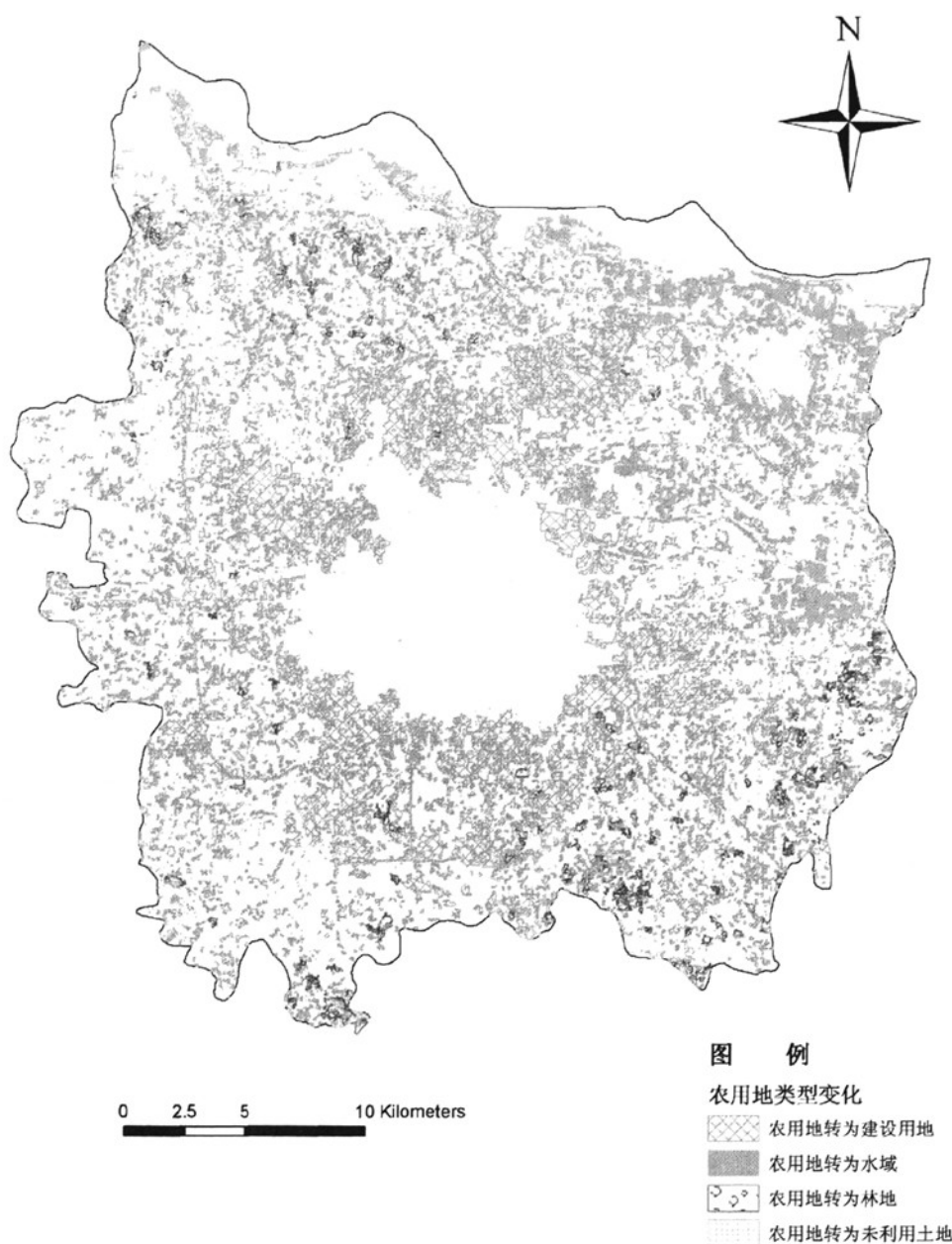


图 4-4 1988—2001 年郑州市农用地转换为其他用地类型图

农用土地转换为其他土地类型(2001__2008)

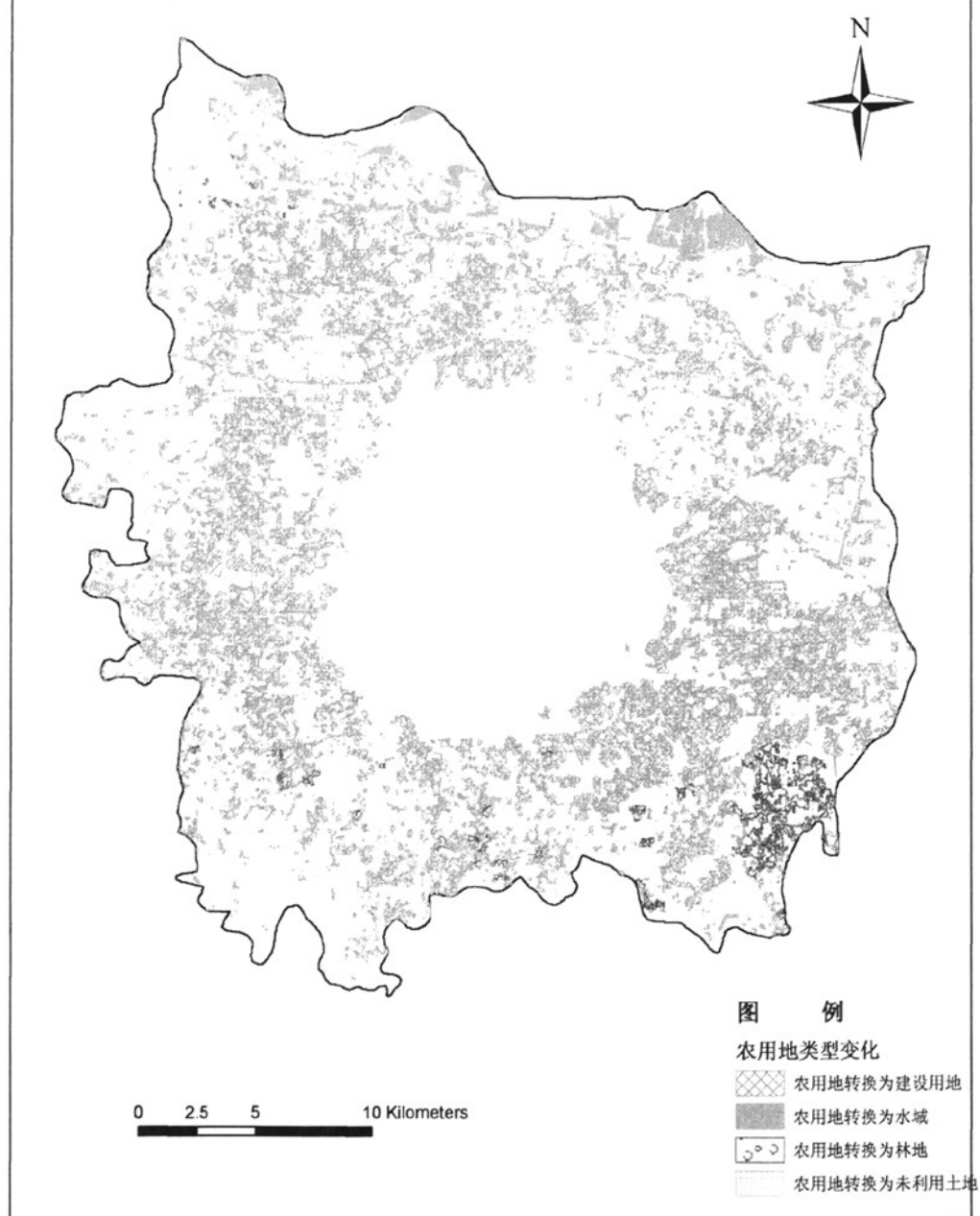


图 4-5 2001—2008 年郑州市农用地转换为其他用地类型图

4.2 郑州市土地利用结构变化分析

运用 ArcGIS 的数据转换和空间数据库等功能,从土地利用分类图得到 3 个年份的土地利用面积数据,结果见表 4-3。从表 4-3 看出,郑州市土地以农用地和建设用地为主,每种土地利用类型的面积及其比例如表所示。农用地在郑州市土地总面积中所占比例从 1988 年的 64.48% 下降到 2001 年的 48.47%,而在 2008 年该比例仅为 42.56%; 建设用地在郑州市土地总面积中所占比例从 1988 年的 18.95% 上升到 2001 年的 37.05%,而在 2008 年该比例则升高至 47.76%; 水域、林地和未利用土地所占比例在研究时段内均呈现减少趋势。各土地利用类型面积在三个年份所占土地总面积比例的变化趋势如图 4-6 所示。

表 4-3 1988—2006 年郑州市土地利用面积

土地利 用类型	1988		2001		2008	
	积 (km ²)	例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)
建设用地	192.26	18.95	375.87	37.05	484.58	47.76
水域	105.14	10.36	93.02	9.17	66.36	6.54
农用地	654.20	64.48	491.80	48.47	432.71	42.65
林地	22.55	2.22	19.21	1.89	16.09	1.59
未利用土地	40.42	3.98	34.68	3.42	14.83	1.46
合计	1014.57	100.00	1014.57	100.00	1014.57	100.00

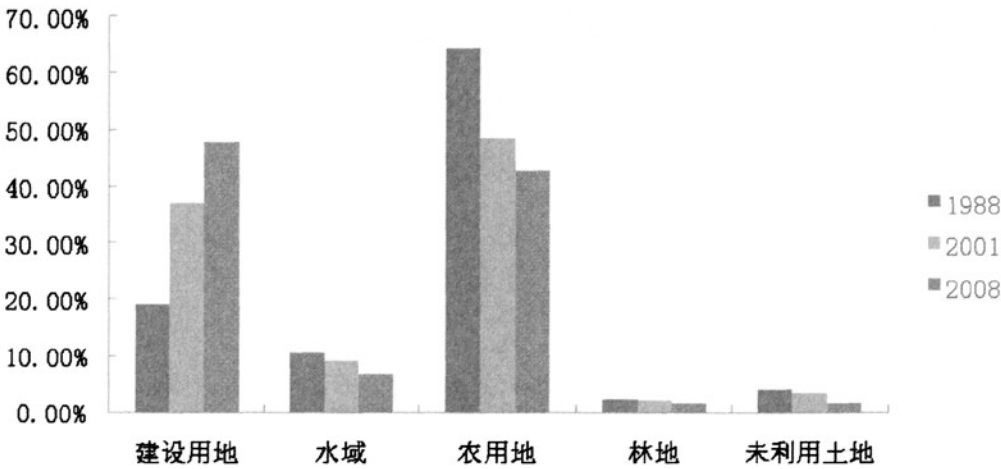


图 4-6 郑州市各土地利用类型占土地总面积比例分布

4.3 土地利用程度变化分析

土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度,它不仅反映土地利用本身的自然属性,也反映了土地系统中人类因素和自然环境的综合效应。区域土地利用程度的变化是区域中多种土地利用类型综合变化的结果,土地利用程度及其变化可以定量地表达该区土地利用的综合水平和变化趋势。在中国资源环境数据库中,刘纪远先生从生态学的角度提出了土地利用程度分级标准^[65],如表 4-4 所示

表 4-4 土地利用类型分级指数表

类型	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	未利用土地、 难利用土地	林地、草地、水地	耕地、园地、 人工草地	城镇、农村居民点、 工矿用地、交通用地
分级指数	1	2	3	4

土地利用程度及其变化可分别用土地利用程度综合指数^[66,67]和土地利用程度时空演变模型^[66]来测量。其表达式为:

土地利用程度综合指数表达式

$$I_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad I_a \in [100, 400]$$

土地利用程度时空演变模型表达式

$$\Delta I_{b-a} = I_b - I_a = \left\{ \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} \right) - \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right) \right\} \times 100$$

式中 I_a 、 I_b 分别为 b 时段和 a 时段研究区土地利用程度综合指数,土地利用程度综合指数介于 100—400 之间; A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数; C_{ia} 、 C_{ib} 分别为 a 时段和 b 时段第 i 等级土地利用程度分级面积百分比。

土地利用程度变化量 ΔI_{b-a} 的意义为:若 $\Delta I_{b-a} > 0$,表明区域土地利用处于发展期;若 $\Delta I_{b-a} < 0$,表明区域土地利用处于衰退期或调整期。当然 ΔI_{b-a} 的值的大小并不反映生态环境的好坏。

将从郑州市 TM 影像中获得的相关数据分别代入土地利用程度综合指数和土地利用程度时空演变模型的表达式,计算后得到相应的结果,如表 4-5 所示,土地利用综合程度综合指数分别为 298.38 (1988 年)、319.15 (2001 年)、336.71 (2008

年), 土地利用程度变化量分别为 20.77 (1988 年到 2001 年)、17.56 (2001 年到 2008 年)。

和土地利用程度综合指数的最大极限值 400 相比,在整个研究阶段内郑州市的土地利用程度综合指数值都比较高,这与郑州市的具体情况即境内多是平原分布而且整个市域经济发展水平在全省范围内较高是相符合的;1988-2001 年土地利用程度变化量为 20.77,说明该阶段郑州市的土地利用处于发展期,同样,2001-2008 年郑州市土地利用变化量为 17.56 也表示该阶段研究区的土地利用处于发展期,但后阶段相对前阶段的变化率相对减少,说明在不同的历史时期,经济发展引起土地の利用变化稍有差异。

表 4-5 1988—2008 年郑州市土地利用程度综合指数、变化量及变化率

年份	综合指数	变化量	变化率/%
1988	298.38		
2001	319.15		
1988-2001		20.77	6.96
2008	336.71		
2001-2008		17.56	5.50

4.4 土地利用动态变化分析

土地资源数量变化模型 土地利用动态度^[66]表示的是某研究区一定时间范围内土地利用类型的数量变化情况。单一土地利用类型动态度表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

综合土地利用动态度表达式为:

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中: U_a, U_b 分别为研究初期和研究末期某一土地利用类型的数量; LU_i 为研究初期第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_{i-j} 为研究时段内第 i 类土地利用类型转为非 i 类土地利用类型面积的绝对值; T 为研究时段,当 T 的时段设定为年时, K 的值就是该研究区某种土地利用类型年变化率, LC 的值就是该研究区土地利用年变化率。

利用从 TM 影像分类结果中获取的郑州市土地利用转换数据进行计算, 结果

如表 4-6 所示:

表 4-6 1988—2008 年各土地利用类型变化量及单一动态指数

土地利 用类型	1988-2001		2001-2008	
	变化量/km ²	单一动态指数/%	变化量/km ²	单一动态指数/%
建设用地	183.61	7.346222	108.71	4.13
水域	-12.12	-0.88673	-26.66	-4.09
农用地	-162.40	-1.90955	-59.09	-1.72
林地	-3.34	-1.13935	-3.12	-2.32
未利用土地	-5.74	-1.09238	-19.85	-8.18

表 4-7 1988—2008 年相邻时期的综合土地利用动态指数

时期	1988-2001	2001-2008
综合土地利用动态指数	9.72	10.08

刘纪远按照土地利用动态度将中国土地利用的时间动态特征划分为 4 种类型^[68]: 土地利用急剧变化型,动态度为 21-24; 土地利用快速变化型,动态度为 13-20; 土地利用慢速变化型,动态度为 4-12; 土地利用极缓慢变化型,动态度为 0-3。

由表 4-7 知 1988 年到 2001 年郑州市的土地利用动态度为 9.72, 2001 年到 2008 年郑州市土地利用动态度为 10.08, 此结果表明在研究时段内, 郑州市土地利用变化越来越快, 但两个时段内的土地利用单一动态度和综合动态度均处于慢速变化型范围之内, 可以预见, 如不加以控制, 在不久的将来, 郑州市的土地利用变化很可能跃入快速变化型范围。

5 郑州市土地利用变化驱动力分析

驱动力是指对土地利用方式和目的的变化具有重要影响的自然和社会因素。在自然系统中,气候、土壤、地貌、水文、植被等被认为是重要的驱动力类型;在社会系统中,人们将驱动力分为六类,主要是人口变化、贫富状况、技术变化、经济增长、政治和经济结构、以及观念和价值。驱动力对土地利用变化的作用方式多种多样,有正向的促进作用,也有逆向的阻碍作用,或者在一定时期起促进作用,而在另一时期起阻碍作用。有时,对一种土地利用变化起促进作用的驱动力可能同时对另一种土地利用变化起阻碍作用。这种作用方式的多样性导致了土地利用变化的复杂性^[69]。

为了弄清楚城市土地利用演变的规律性,找出导致各种土地利用类型随时间变化的根本驱动力,关键在于如何利用科学的方法对整个城市土地利用这样一个复杂的系统工程进行全面的分析,提取城市发展过程中各种影响因素,利用一定的数学模型对这些因素进行筛选,保留主要因素,剔除次要因素,从而对影响城市土地利用和导致各类用地发生变化的各项指标有一个宏观的把握,并在此基础上对城市的未来土地利用趋势进行预测,才能够制定科学合理的土地利用和规划方针^[70]。

5.1 驱动力分析方法

研究方法上采用主成分分析方法对驱动因素进行分析,然后利用多元线性回归分析的方法建立研究区建设用地变化的驱动力模型。

主成分分析方法是多元统计分析中的一种方法,其基本思想是在力保数据信息丢失最小的原则下,对高维空间进行降维处理,即在保证数据信息损失最小的前提下,经线性变换和舍弃一小部分信息,以少数的综合变量取代原始采用的多维变量。主成分分析的具体步骤包括:(1)对原始数据进行标准化处理;(2)计算相关系数矩阵;(3)计算特征值和特征向量;(4)计算贡献率和累积贡献率,并确定主成分;(5)计算主成分因子负荷矩阵。

5.2 驱动力影响因素因子的选取

郑州市城区的土地利用变化最主要的特征是农用地和建设用地的此消彼长,从土地利用的态势上说,二者的变化可以表征该区域土地利用变化主要的方面。区域土地利用变化的主要驱动因素一般包括人口、经济、城市化、农业集约化、土地利用强度、国家政策等,因为国家政策因素对土地利用变化的影响难以量化,故在统计分析时未考虑此因素。针对农用地和建设用地的特点,分别选取了各自的驱动力影响因素变量体系,如表 5-1、表 5-2 所示:

表 5-1 郑州市农用地面积变化驱动力影响因素变量体系

因素类	因素亚类	驱动因素变量
经济类因素	经济总量	GDP(万元)
		财政收入(万元)
	经济结构	第一产业占 GDP 比例(%)
		农业占农林牧渔业比例(%)
人口类	人口总量	总人口(人)
		乡村人口(人)
居民生活类	劳动力	农业从业人员占乡村人口比例(%)
	收入	农民人均纯收入(元)
	消费	城镇居民生活消费支出-农村居民生活消费支出(元)
		社会消费品零售总额(万元)
农业生产类	技术	农业机械总动力(万千瓦)
	产量	农作物总产量(吨)
	产值	农业人口人均产值/非农业人口人均产值(%)

表 5-2 郑州市建设用地面积变化驱动力影响因素变量体系

因素类	因素亚类	驱动因素变量
经济类因素	经济总量	GDP(万元)
		财政收入(万元)
	经济结构	固定资产投资(万元)
		经济非农化率(%)
人口类因素	人口总量	总人口(人)
	劳动力	劳动力非农化率(%)
	人口非农化	城市化率(%)
民生活类因素	住房	人均住宅居住面积(m ²)
	收入	居民人均可支配收入(元)

消费	城镇居民生活消费支出-农村居民生活消费支出（元）
	社会消费品零售总额(万元)

5.3 郑州市农用地变化的社会驱动力分析

根据主成分分析法的思路和基本要求,遵循科学性、可行性、动态性、完备性、可获得性原则,兼顾到郑州市的实际情况,本研究选择郑州市 1998-2007 年的系列资料作为基础数据,对农用地变化选取 13 个驱动力因子进行主成分分析,即选择 X₁—GDP(万元)、X₂—财政收入(万元)、X₃—第一产业占 GDP 比例(%)、X₄—农业占农林牧渔业比例(%)、X₅—总人口(人)、X₆—乡村人口、X₇—农业从业人员占乡村人口比例(%)、X₈—农民人均纯收入(元)、X₉—城镇居民生活消费支出-农村居民生活消费支出（元）、X₁₀—社会消费品零售总额(万元)、X₁₁—农业机械总动力(万千瓦)、X₁₂—农作物总产量(吨)、X₁₃—农业人口人均产值/非农业人口人均产值(%)等 13 个影响因子, Y—耕地面积（千公顷）。将所选取的数据作为分析样本,首先将数据样本做极差标准化处理得到附表 1, 极差标准化公式如下:

$$X = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 100\%$$

式中, X 代表标准化以后的值, X_i 为原始数据, X_{max}、X_{min} 分别代表该指标中的最大值和最小值。

利用 SPSS13.0 软件进行主成分分析,得到相关系数矩阵（附表 2）、特征值和主成分贡献率及累计贡献率（表 5-3）。

表 5-3 主成分分析特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率（%）	累计贡献率（%）
1	10.174	78.236	78.236
2	1.427	10.976	89.212
3	0.808	6.213	95.425
4	0.388	2.987	98.412
5	0.112	0.863	99.275
6	0.054	0.419	99.694
7	0.025	0.194	99.887
8	0.013	0.102	99.989
9	0.001	0.011	100
10	4.91E-16	3.77E-15	100

11	6.75E-17	5.2E-16	100
12	-8.8E-17	-6.8E-16	100
13	-3.9E-16	-3E-15	100

表 5-4 主成分载荷矩阵

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
X_1	-0.632	-0.597	-0.397	0.290
X_2	-0.587	-0.686	-0.241	0.337
X_3	0.678	0.497	0.486	-0.171
X_4	0.604	0.405	0.628	-0.217
X_5	-0.698	-0.497	-0.497	-0.109
X_6	-0.051	0.129	0.909	-0.360
X_7	0.767	0.467	0.357	-0.207
X_8	-0.675	-0.617	-0.321	0.222
X_9	0.032	-0.069	-0.076	0.991
X_{10}	-0.669	-0.603	-0.261	0.315
X_{11}	-0.026	0.833	0.334	-0.426
X_{12}	0.659	0.309	0.666	-0.018
X_{13}	0.734	0.430	0.503	-0.146

由附表 2 可以看出影响农用地变化的 13 个因子之间存在着不同程度的相关，其中 X_1 和 X_8 、 X_1 和 X_{10} 、 X_1 和 X_2 之间具有较大的相关性，其相关系数分别为 0.986、0.979、0.978，可见进行主成分分析的必要性。由表 5-3 可知，第一、第二、第三、第四主成分的累计贡献率已经达到 98.412%，完全符合主成分分析的要求，由此进一步得到主成分分析的载荷矩阵（表 5-4），由表 5-4 可知，第一主成分与 X_{13} 、 X_7 、 X_3 有很大的正相关，与 X_5 、 X_8 、 X_{10} 、 X_1 有很大的负相关，第二主成分与 X_{11} 有很大的正相关，与 X_2 有很大的负相关，第三主成分与 X_6 、 X_{12} 、 X_4 有很大的正相关，第四主成分与 X_9 有很大的正相关。本文将影响郑州市农用地变化的驱动力归纳为经济发展、农业科技发展、人口发展、社会系统压力。

经济发展。构成第一主成分的因子是 X_{13} 、 X_7 、 X_3 、 X_5 、 X_8 、 X_{10} 、 X_1 ，分别代表农业人口人均产值与非农业人口人均产值比例、农业从业人员占乡村人口比例、第一产业占 GDP 比例、总人口、农民人均纯收入、社会消费品零售总额、GDP，其中农用地变化和农业人口人均产值与非农业人口人均产值比例、农业从业人员占乡村人口比例、第一产业占 GDP 比例正相关，说明随着农业人口与非农业人口

人均产值差距的增加、乡村总人口中农业从业人员的减少以及第一产业产值在国民生产总值中比例的减小，农用地呈减少趋势，农用地变化与总人口、农民人均纯收入、社会消费品零售总额、GDP 负相关，说明随着总人口的增加、经济的发展，整个社会对建设用地的需求增大，农民进程务工提高收入的同时，提高了社会消费品零售额，进而导致农用地的减少。第一主成分代表了经济发展水平，其中涵盖了经济总量、经济结构，以及由此引发的城乡居民人均产值差异等

农业科技发展。构成第二主成分的因子是农业机械总动力和财政收入，农业机械总动力在 1998 年到 2003 年之间呈增加趋势，从 2003 年到 2007 年之间则呈减少趋势，1998 年使用农业机械总动力为 56.23 万千瓦，2003 年为 65.32 万千瓦，而 2007 年则为 49.78 万千瓦，伴随着农业机械总动力的减少，郑州市的农用地也呈现减小趋势，二者之间为正相关关系，财政收入从 1998 年的 66227 万元增加到 2007 年的 495718 万元，研究时段内财政收入的增长速度越来越快，农用地变化与其表现出负相关关系。

人口发展。伴随着郑州市人口总量的增加，乡村人口表现出相对减少的趋势，人口总量由 1998 年的 209.30 万人增加到 319.90 万人，而乡村人口则由 1998 年的 57.16 万人减少到 2007 年的 55.57 万人总人口中乡村人口所占的比例越来越小，由于乡村人口的逐渐减小，农作物产量以及农业产值在农林牧渔业总产值中所占的比例的减小，导致农用地的数量也逐渐减小。

社会系统压力。第四主成分的因子是城乡人口消费水平差，随着经济的发展，郑州市城镇居民和农村居民的消费水平差距逐渐拉大，1998 年城镇居民生活消费支出与农村居民生活消费支出之差为 2920 元，到 2007 年二者之差已经增加到 3222 元，也正是基于城乡居民消费能力差异的逐渐增大，越来越多的农民更愿意到离开土地、离开农村从事其他非农行业，从在农用地上生存主体农民的角度考虑，固守农业显然在当今社会的产出效益比较低，为了提高自身的收入和生活质量，在国家政策的驱动以及城市化进程的背景下，越来越多的农用地转变为建设用地，如 1991 年经国务院批准在郑州西部建立了规模高达 23km^2 的高科技新城区，1992 年国务院批准郑州市为内陆开放城市，享受沿海开放城市的优惠政策，由此成立了

郑州市经济技术开发区, 2000 年升格为国家级经济技术开发区,建成区面积已达 11 km²; “九五” 期间国家提出了通过基础设施拉大、扩大内需促进经济发展的方针, 促进了郑东新区建设的全面展开。

5. 4 郑州市建设用地变化的社会驱动力分析

根据主成分分析法的思路和基本要求,遵循科学性、可行性、动态性、完备性、可获得性原则,兼顾到郑州市的实际情况,本研究选择郑州市 1998—2007 年的系列资料作为基础数据,对建设用地变化选取 11 个驱动力因子进行主成分分析,即选择 X₁—GDP(万元)、X₂—财政收入(万元)、X₃—固定资产投资(万元)、X₄—经济非农化率(%)、X₅—总人口(人)、X₆—劳动力非农化率(%)、X₇—城市化率(%)、X₈—人均住宅居住面积(m²)、X₉—居民人均可支配收入(元)、X₁₀—城镇居民生活消费支出-农村居民生活消费支出(元)、X₁₁—社会消费品零售总额(万元)等 11 个影响因子, Y—建设用地面积(千公顷)。将所选取的数据作为分析样本,将数据样本做极差标准化处理后得到附表 3, 利用 SPSS13.0 软件进行主成分分析,得到相关系数矩阵(见附表 4)、特征值和主成分贡献率及累计贡献率(表 5-5)。

表 5-5 主成分分析特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	8.673	78.845	78.845
2	1.963	17.847	96.691
3	0.157	1.424	98.115
4	0.095	0.861	98.976
5	0.065	0.592	99.568
6	0.033	0.302	99.870
7	0.009	0.084	99.954
8	0.004	0.035	99.988
9	0.001	0.012	100.000
10	1.81E-17	1.65E-16	100
11	-8.2E-17	-7.4E-16	100

表 5-6 主成分载荷矩阵

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
X ₁	0.590	0.595	0.543	0.010

X_2	0.661	0.651	0.365	0.060
X_3	0.782	0.440	0.393	0.178
X_4	0.518	0.497	0.675	-0.094
X_5	0.449	0.498	0.637	-0.380
X_6	0.398	0.554	0.670	-0.256
X_7	-0.184	-0.112	-0.433	0.864
X_8	0.450	0.596	0.587	-0.299
X_9	0.608	0.598	0.522	-0.018
X_{10}	0.273	0.098	0.200	0.930
X_{11}	0.546	0.703	0.439	0.030

由附表 4 可以看出影响建设用地变化的 11 个因子之间存在着不同程度的相关, 其中 X_1 和 X_9 、 X_1 和 X_{11} 、 X_1 和 X_2 、 X_1 和 X_4 之间具有较大的相关性, 其相关系数分别为 0.999、0.979、0.978、0.969, 可见进行主成分分析的必要性。由表 5-5 可知, 第一、第二、第三、第四主成分的累计贡献率已经达到 98.976%, 完全符合主成分分析的要求, 由此进一步得到主成分分析的载荷矩阵 (表 5-6), 由表 5-6 可知, 第一主成分与 X_3 、 X_9 有很大的正相关, 第二主成分与 X_{11} 、 X_2 、 X_8 、 X_1 有很大的正相关, 第三主成分与 X_4 、 X_6 、 X_5 有很大的正相关, 第四主成分与 X_{10} 、 X_7 有很大的正相关。本文将影响郑州市农用地变化的驱动力归纳为城市基本建设、经济发展、人口发展、城市化。

城市基本建设。构成第一主成分的因子以 X_3 (固定资产投资) 为代表, 郑州市 1998 年的固定资产投资额为 438866 万元, 以后每年增长速度越来越快, 2007 年固定资产投资已经达到 3597317 万元, 年均增长率高达 79.96%, 随着固定资产投资的增加, 经济活动中涌现出新的经济增长项目, 推动建筑业和工业等行业的不断发展, 因此, 对建设用地的需求也呈现增长趋势, 导致城市建成区的规模不断向郊区延伸, 从郑州市建成区的面积变化可以很好得证明建设用地的逐年增多, 1998 年郑州市建成区面积为 119.79km², 而 2007 年建成区的面积则增加到 294 km², 以年均 16.16% 的速度增长。

经济发展。构成第二主成分的因子是 X_{11} (社会消费品零售总额)、 X_2 (财政收入)、 X_8 (人均住宅居住面积)、 X_1 (GDP), 其中, GDP 与社会消费品零售总额、财政收入、人均住宅居住面积均有很高的相关性, 这些因子可以代表地区的经济

发展水平，郑州市的 GDP 在 1998 年为 529750 万元，2007 年增加到 10260142 万元，随着总人口的不断增加，人均住宅居住面积也由 1998 年的 8.9 m^2 增加到 2007 年的 11.5 m^2 ，单从人均住宅居住面积的提高也可以说明在郑州市每年都会需要不少新增建设用地。

人口发展。构成第三主成分的因子是 X_4 （经济非农化率）、 X_6 （劳动力非农化率）、 X_5 （总人口），经济非农化率因子代表经济发展的工业化和第三产业化的综合程度，而劳动力非农化率代表了在从业人员中从事非农产业人数的比例，二者均和总人口有很高的相关性，即在总人口不断增加的情况下，随着从事非农产业的劳动力的增加，工业化和第三产业程度提高，整个社会对建设用地的需求增长，导致建设用地数量的不断增加。

城市化。第四主成分的代表因子为 X_{10} （城乡居民消费水平差）、 X_7 （城市化率），与对农用地变化的驱动相同，当城乡居民消费水平差距日渐拉大的情况下，相当一部分农民离开农用地进城从事非农产业，随着非农业人口比例的增加，郑州市的城市化水平逐步提高，因为 1998 年、1999 年和 2000 年的非农业人口统计口径与以后年份不同，故在本研究的原始数据中呈现出 1998 年的城市化率高于 2007 年的城市化率，若总 2001 年开始统计，则会出现城市化率逐年提高的情形，但与国内其他大城市相比，在郑州市建设用地的驱动变化分析中，城市化也是一个不可或缺的影响因子。

分析郑州市农用地和建设用地变化的驱动力，可以发现，二者之间有密切的联系，比如经济发展、人口发展都是影响两种主要用地类型变化的驱动力，其次二者之间也有差别，农用地驱动力包括农业科技发展水平和城乡居民消费差异等，而建设用地的驱动力则包括城市基本建设和城市化水平，深入分析可以发现，这些差别是由其共同的驱动力即经济发展和人口发展引起的。

因农用地和建设用地的变化有紧密的联系，二者之间在数量上表现处此消彼长的趋势，本文仅对建设用地的驱动力做进一步的定量分析。在分析了郑州市建设用地的社会经济驱动机制后，本文借助 SPSS 的多元线性回归分析工具得到郑州市建设用地变化的多元线性回归模型。考虑到统计样本的数量不太充足，在进行

回归分析前，首先对建设用地的驱动因子进行了相关分析，根据相关系数大小排序，最终剔除了 X_7 和 X_{10} ，得到郑州市建设用地变化的社会经济驱动力回归模型如下：

$$\text{模型 1: } Y=0.768+0.916X_2$$

($R^2=0.965$ ，通过 5% 显著性检验)

若剔除 X_2 ，使用其余的 8 个变量进行逐步回归分析，可得到 3 个模型：

$$\text{模型 2: } Y=5.418+0.874X_3$$

($R^2=0.918$ ，通过 10% 显著性检验)

$$\text{模型 3: } Y=-2.285+0.667X_3+0.261 X_8$$

($R^2=0.949$ ，通过 10% 显著性检验)

$$\text{模型 4: } Y=-1.151+0.689X_3+0.882 X_8-0.634 X_6$$

($R^2=0.974$ ，通过 10% 显著性检验)

从以上回归模型可知，郑州市建设用地变化的驱动因子分别为财政收入、固定资产投资、人均住宅居住面积和劳动力非农化率，以上因子分别代表了经济发展、城市基本建设、人口发展、城市化等。

在研究中我们注意到一些现在难以量化的因素如国家政策、人们的文化意识观念、价值取向等因素对郑州市建设用地的变化也起到了重要的作用，在构建社会经济驱动力模型时，这些因素是必须加以考虑的，故在此将以上难以量化的因素作为修正因素考虑，即在每个模型中分别加入修正额、修正因素及其系数，以此来完善建设用地变化的驱动力模型，添加上修正因素的驱动力模型分别如下：

$$\text{模型 1' : } Y=0.768+0.916X_2 + \sum C_i H_i + T$$

$$\text{模型 2' : } Y=5.418+0.874X_3 + \sum C_i H_i + T$$

$$\text{模型 3' : } Y=-2.285+0.667X_3+0.261 X_8 + \sum C_i H_i + T$$

$$\text{模型 4' : } Y=-1.151+0.689X_3+0.882 X_8-0.634 X_6 + \sum C_i H_i + T$$

其中 C_i 表示目前难以量化表示的社会经济驱动力因素的系数， H_i 表示目前难以量化表示的社会经济驱动力因素， T 表示驱动力模型修正额。

6 结论与讨论

本文以 RS 和 GIS 技术作支撑,借助郑州市有关图件和实地调查资料,对郑州市的 3 期 TM 影像进行遥感监督分类和处理,结果发现郑州市的土地利用在 1988 年到 2008 年的 20 年间发生了较大的变化,其中农用地在郑州市土地总面积中所占比例从 1988 年的 64.48% 下降到 2008 年的 42.56%,建设用地在郑州市土地总面积中所占比例从 1988 年的 18.95% 上升到 2008 年的 47.76%,水域、林地和未利用土地所占比例在研究时段内均呈现减少趋势;1988 年、2001 年和 2008 年郑州市的土地利用程度综合指数分别为 298.38、319.15 和 336.71,说明郑州市的土地利用综合水平随着经济发展在逐步提高;1988-2001 年郑州市的综合土地利用动态指数为 9.72,2001-2008 年郑州市的综合土地利用动态指数为 10.08,尽管二者均处于土地慢速变化型的范围内,但可以发现,随着经济的快速发展,郑州市的土地利用变化的速度在逐渐加快。

通过对农用地和建设用地的驱动机制研究,将影响郑州市农用地变化的社会经济驱动力归纳为经济发展、农业科技发展、人口发展、社会系统压力等四个综合指标,将影响郑州市建设用地变化的社会经济驱动因素归纳为城市基本建设、经济发展、人口发展、城市化等四个综合指标,并建立了郑州市建设用地变化的驱动力模型,影响郑州市建设用地变化的主要驱动因子分别为财政收入、固定资产投资、人均住宅居住面积和劳动力非农化率,以上因子分别代表了经济发展、城市基本建设、人口发展、城市化等。通过本文的研究,笔者认为在未来的相关工作中有几个问题值得作进一步的思考。

(1) 在郑州市的土地利用变化研究中,首先结合 1988、2001 和 2008 年的 TM 遥感影像,采用计算机分类方法得到每个年份的土地利用类型图以及通过 GIS 软件的处理得到每个研究时段内的土地利用变化转换结果,该过程工作量大,对研究者进行分类的熟练程度以及对研究区域的熟悉程度要求都比较高,如何保证把分类结果控制在允许误差之内便成了一个关键的技术性难题,对于初次接触遥感数字解译软件的研究者更是如此,由此引发的一个问题是,在土地利用变化研究

中，如何提高监督分类模版的精度？

(2) 在对研究区土地利用变化演变不了解的情况下，选择不同的研究时段可能会得出不一样的结果，这就要求在论文的准备阶段多收集有关研究区土地利用变化的资料，特别是政府在特定阶段出台的相关政策，依此来确定研究时段，并对研究时段进行有根据的划分。

(3) 在进行监督分类的基础上对土地利用变化进行驱动分析，该阶段一般选用统计年鉴的资料，如何从统计年鉴众多的指标项目中选择最适合研究区的影响因子是一个关键，通过阅读相关文献，参考已有的研究成果，固然有助于驱动因素体系的建立，但很多情况下在选取影响因子的时候需要对不同的因子进行组合、替换等，故不同的研究者即使对相同的研究区进行分析，最后的分析结果可能会有所差异，鉴于此，对土地利用变化驱动力分析可否建立一个统一的因素因子指标体系？研究前期对驱动因素进行专家咨询打分，这样可以提高研究的科学性和客观性。

(4) 联系到研究区的实际情况，郑州市市内五区的区位和地貌有所差异，历史上形成的土地利用方式也有所不同，因此可以预测针对郑州市内的不同区域，其土地利用变化的驱动力影响可能会与整个研究区的结果不同，由此引发的一个问题是把从遥感影像上解译出来的结果与驱动力分析阶段选用的因子指标值联系起来，具体解决方式可以把研究区分成更为细致的分区，比如按地形地貌分区，按行政边界分区等，在遥感影像分类结果图处理过程中增加一个新的分区图层，通过 GIS 软件的外部数据引入功能将分类结果和驱动力影响指标联系起来，以达到更为详细和精确的分析结果。本文在开始阶段曾设想按此思路开展研究，因为在收集统计数据过程中发现有些指标只有一个全市的总值，不能分解到预想的各个分区，在以后的研究中可以尝试将二者结合起来。

(5) 本文统计数据来源有河南统计年鉴、郑州统计年鉴、中国城市统计年鉴、河南城市统计年鉴、中国分县市人口统计资料、郑州市国土局等，某些指标在不同的统计数据库里有些出入，如郑州市面积在统计年鉴和土地利用现状数据册上就不太一致，而通过遥感影像解译出来又是一个结果，给写作带来一定不便，尤

其是同一来源的数据在相连年份的差别显著，考虑到分析结果不得不选用多种来源的数据，特此说明。

参考文献

- [1]李平,李秀彬,刘学军.我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J].地理研究,2001,20(2):129.
- [2]于兴修,杨桂山.中国土地利用/覆被变化研究[J].地理科学进展,2002,21(1):51-57.
- [3]左大康.现代地理学辞典[M].北京:商务印书馆,1990.
- [4] Semeels S, Lambin EF. Proximate causes of land use in Narok District, Kenya: a spatial statistical model [J]. Agric Ecos Environ, 2001, 85: 65-81.
- [5]摆万奇,赵士洞.土地利用变化驱动力系统分析[J].资源科学,2001,23(3):39.
- [6]陈勇.土地利用变化机制研究现状与展望[J].湖北农业科学,2003,(2):15-17.
- [7] Turner II, Skole D, Sanderson S. Land Use and Land Cover Change .Science/ Research plan[R]. IGBP Report No.35.HDP Report No.7. Stockholm:1995 :52-60.
- [8]Lee W T.The face of the earth as seen from the air: A study in the application of air plane photography to geography[C].New York: American Geographical Society, Special Publication4,1922.
- [9]刘彦随.区域土地利用优化配置[M].北京:学苑出版社:1999.
- [10]邹彦岐,乔丽.国内外土地利用研究综述[J].甘肃农业,2008,7:51.
- [11]Anderson J R.Toward more effective methods of obtaining land use data in geographic research[J].The Professional Geographer,1961,13:15-18.
- [12]Marschner F J.Land Use and Its Patterns in the United States [M].Washington, DC: US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.153(with map 1:5000000),1959.
- [13]Anderson J R, et al.A land use and land cover classification system for use with remote sensor data[R].U.S. Geological Survey Professional Paper 946.Washington,D.C.:U.S.G.P.O.,1976.
- [14]王瑞国.遥感土地利用动态监测变化信息自动提取与实证研究[硕士学位论文].长春:东北农业大学,2007.
- [15] Quarmby N A, Cushnle J L. Monitoring urban land cover changes at the urban hinge from SPOT HRV imagery south-east England [J]. International Journal of Remote Sensing, 1989 (10) :953-963.
- [16]Skole D, Tucker C.Tropical Deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978-1988[J].Science,1993,260:1905-1910.
- [17]Skukla J,Nobre C,Sellers P.Amazon deforestation and climate change[J].Science,1990,247:1322-1325.
- [18]Green GM,Sussman RW.Deforestation history of the eastern rainforests of Madagascar from satellite images[J].Science,1990,248:212-215.

- [19]Imbernon J. Pattern and development of changes in the Kenyan high lands since the 1950s[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1999, 76: 67-73.
- [20]Thomson CN, Hardin P. Remote sensing/GIS integration to identify potential low-income housing sites[J]. Cities, 2000, 17(2): 97-109.
- [21]Turner II BL, Meyer WB, Skole DL. 全球土地利用与土地覆被变化: 进行综合研究[J]. 陈非明, 译. AMBIO(人类环境杂志), 1994, 23(1): 91-95.
- [22]Riebsame WE, Parton WJ. Integrated modeling of land use and cover change[J]. Bioscience, 1994, 44(5): 350-356.
- [23]刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J]. 中国科学(D 辑), 2002, 32(12): 1031-1040.
- [24]朱会义, 李秀彬, 何书金, 等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253-260.
- [25]Lambin E F, Geist H J. Global land use and land cover change: what have we learned so far? [R]. IGBP News Letter, 2001, 27-30.
- [26]中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究(第一集)EMI[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [27]胡焕庸. 中国之农业区划[J]. 地理学报, 1936, 3(1): 1-17.
- [28]任美镔. 我对于“四川省农作物生产力的地理分布”一文的检讨[J]. 地理学报, 1952, 18(3-4): 120-122.
- [29]任美镔. 四川省农作物生产力的地理分布[J]. 地理学报, 1950, 16(1): 1-22.
- [30]北京师大地理系人民公社规划组. 经济地理在人民公社规划中的作用[J]. 地理学报, 1959, 25(1): 40-46.
- [31]张同铸, 宋家泰, 苏永煊, 等. 农村人民公社经济规划的初步经验[J]. 地理学报, 1959, 25(2): 107-119.
- [32]杨树珍. 国土整治与经济规划[J]. 地理学报, 1983, 38(2): 105-112.
- [33]程潞. 我国的国土规划问题[J]. 地理学报, 1983, 38(3): 292-297.
- [34]西藏自治区土地管理局. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [35]刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究: 基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229-239.
- [36]张新时, 杨莫安. 中国全球变化样带的设置与研究[J]. 第四纪研究, 1995, 15(1): 43-52.
- [37]余之祥. 长江三角洲水土资源与区域发展[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997.

- [38]杨桂山.长江三角洲近 50 年耕地数量的变化过程与驱动机制研究[J].自然资源学报,2001,16(2):121-127.
- [39]朱会义,李秀彬,何书金,等.环渤海地区土地利用的时空变化分析[J].地理学报,2001,56(3):253-260.
- [40]叶嘉安,黎夏.珠江三角洲经济发展、城市扩展与农田流失研究-以东莞市为例[J].经济地理,1999,19(1):67-72.
- [41]Chen L,Wang J,Fu B,etal.Land use change in a small athmen to fnorther Loess Plateau, China[J].Agriculture,Ecosystem and Environment,2001,86(2):163-172.
- [42]张惠远,赵昕奕,蔡运龙,等.喀斯特山区土地利用变化的人类驱动机制研究:以贵州省为例[J].地理研究,1999,18(2):136-142.
- [43]王思远.基于地理时空数据库的中国近期土地利用/土地覆盖变化研究[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2002.
- [44]张有全,宫辉力,赵文吉,等.北京市 1990 年-2000 年土地利用变化机制分析[J].资源科学,2007,29(3):206-213.
- [45]王丽娟,陈兴鹏,庞芳兰,等.兰州市土地利用变化及其社会驱动力研究[J].西北师范大学学报,2007,43(2):88-92.
- [46]张伟华.黄河三角洲土地利用动态变化及其驱动力研究 [D].山西师范大学,2008.
- [47]卢晓峰.基于 RS 和 GIS 的郑州市城市扩展研究[J].河南理工大学学报,2008,27(2):182-188.
- [48]贾宇平.国内土地利用与土地覆被变化研究进展[J].太原师范学院学报,2007,6(3): 24.
- [49]姜华根,马焕成,唐建蓉.昭通地区土地利用现状研究[J].西南林学院学报,1999, 19(2):101-104.
- [50]刘启承,熊文强,韩贵锋.用马尔可夫理论预测三峡库区的土地利用趋势[J].重庆大学学报(自然科学版),2005,28(2):107-110.
- [51]秦晶晶.郑州市城市土地资源优化配置机制研究 [D].河南大学, 2008.
- [52]蔡运龙.土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J].地理研究,2001,20 (6) :645-652.
- [53]苗长虹,钱乐详.伊洛河流域土地利用和土地覆被变化与可持续发展研究[M].北京:中国环境科学出版社,2006:26.
- [54]陈述彭,赵英时.遥感地学分析[M].测绘出版社,1990.
- [55]李俊祥..基于 3S 技术的中国东部常绿阔叶林区植被遥感分类研究[D].华东师范大学,2000.
- [56]骆剑承等.遥感地学智能图解模型支持下的土地覆盖土地利用分类[J].自然资源学报.2001.16(2):179-183.
- [57]甘甫平等.基于遥感技术的土地利用与土地覆盖的分类方法[J].国土资源遥感.1999,(4):

40-44.

- [58]孙丹峰等.自组织网络在遥感土地覆盖分类中应用研究[J].遥感学报.19993(2):139-143.
- [59]江东,王建华.人工神经网络在遥感中的应用与发展[J].国土资源遥感.1999.(2):12-17.
- [60]李四海.提高遥感数据分类应用的有效途径[J].国土资源遥感.1995.(4)1-4.
- [61]史培军,宫鹏,李晓兵,等.土地利用/土地覆盖变化研究的方法与实践.北京:科学出版社,2001: 1-35.
- [62]袁金国.遥感图像数字处理[M].北京:中国环境科学出版社,北京 2006:191.
- [63]陈葵.鄱阳湖地区土地利用遥感快速解译.江西农业大学学报,2001,23(3):421-424.
- [64]杨朝现,陈荣蓉,刘秀华.重庆市北碚区土地利用变化及驱动力分析[J].西南农业大学学报:社会科学版, 2003, 1(2): 26-29.
- [65]刘纪远.中国资源环境宏观调查与动态研究[M].北京:中国科学技术出版社,1996.158-188.
- [66]王秀兰,包玉梅.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-86.
- [67]庄大方,刘纪远.中国土地利用程度的区域分异模型研究[J].自然资源学报,1977,12(2): 105-110.
- [68]王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析[J].地理学报,2001,56(6):631-639.
- [69]陈峰云.城市发展中的土地利用研究—以武汉市为例[D].华中师范大学,2003.
- [70]张新长,张文江.城市土地利用时空结构演变的驱动力研究[J].中山大学学报,2006,44(1): 117-121.

附表 1 农用地变化驱动力分析指标标准化后的数据

年份	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	Y
1998	0.00	0.00	88.33	100.00	0.00	74.84	100.00	0.00	83.15	0.00	38.67	100.00	100.00	63.64
1999	2.32	2.63	100.00	97.67	4.67	76.55	92.67	6.62	95.95	17.17	71.22	99.77	91.44	58.87
2000	9.56	7.18	82.68	83.47	8.82	73.88	65.10	18.15	94.88	20.42	100.00	84.80	75.94	0.00
2002	22.62	14.08	64.69	69.55	60.10	80.60	64.18	28.24	0.00	24.39	74.70	71.43	68.25	9.52
2001	15.47	12.24	74.16	72.14	53.09	80.92	66.35	29.69	6.33	28.97	83.69	49.08	54.72	100.00
2003	34.28	22.11	39.41	54.92	67.19	100.00	50.08	35.84	40.90	34.00	93.17	32.00	39.11	54.98
2004	52.83	32.56	26.77	13.25	78.28	0.00	41.93	46.99	79.00	41.12	44.18	0.00	22.49	46.10
2005	63.34	48.00	27.34	4.97	84.74	52.13	25.76	62.43	92.88	69.19	32.07	19.92	16.77	93.07
2006	81.42	68.52	13.30	0.00	91.27	43.07	26.64	73.78	91.53	82.57	32.07	19.95	6.40	61.04
2007	100.00	100.00	0.00	13.19	100.00	57.89	0.00	100.00	100.00	100.00	0.00	12.37	0.00	35.06

附表 2 农用地变化驱动力变量相关系数矩阵

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
X ₁	1												
X ₂	0.978	1											
X ₃	-0.970	-0.911	1										
X ₄	-0.933	-0.843	0.950	1									
X ₅	0.903	0.828	-0.943	-0.920	1								
X ₆	-0.512	-0.413	0.516	0.659	-0.435	1							
X ₇	-0.961	-0.930	0.952	0.915	-0.916	0.432	1						
X ₈	0.986	0.980	-0.947	-0.900	0.909	-0.433	-0.978	1					
X ₉	0.337	0.374	-0.227	-0.275	-0.505	-0.424	-0.234	0.257	1				
X ₁₀	0.979	0.979	-0.913	-0.888	0.865	-0.408	-0.953	0.985	0.345	1			1
X ₁₁	-0.734	-0.771	0.643	0.631	-0.520	0.550	0.573	-0.689	-0.514	-0.696	1		
X ₁₂	-0.869	-0.759	0.946	0.937	-0.946	0.599	0.884	-0.840	-0.080	-0.788	0.484	1	
X ₁₃	-0.963	-0.893	0.983	0.969	-0.963	0.523	0.967	0.967	-0.192	-0.928	0.572	0.957	1

附表 3 建设用地变化驱动力分析标准化后的数据

年份	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	Y
1998	0.00	0.00	9.52	11.76	0.00	0.00	80.30	0.00	0.00	83.15	0.00	5.87
1999	2.32	2.63	0.00	0.00	4.67	8.30	67.65	9.59	5.11	95.95	17.17	0.00
2000	9.56	7.18	1.18	17.45	8.82	30.67	100.00	16.99	8.81	94.88	20.42	5.05
2001	15.47	12.24	1.44	26.03	53.09	50.52	0.00	39.73	18.48	0.00	24.39	11.10
2002	22.62	14.08	1.56	35.57	60.10	54.55	3.80	57.53	24.52	6.33	28.97	17.52
2003	34.28	22.11	12.19	61.04	67.19	62.01	9.79	63.01	34.99	40.90	34.00	25.48
2004	52.83	32.56	41.83	73.78	78.28	82.60	15.37	65.75	50.77	79.00	41.12	27.66
2005	63.34	48.00	53.51	73.20	84.74	85.46	25.29	71.23	62.85	92.88	69.19	43.73
2006	81.42	68.52	47.69	87.35	91.27	87.53	24.73	84.93	77.32	91.53	82.57	52.83
2007	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	34.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

附表 4 建设用地变化驱动力变量相关系数矩阵

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
X ₁	1										
X ₂	0.97	1									
X ₃	0.935	0.953	1								
X ₄	0.969	0.909	0.873	1							
X ₅	0.903	0.828	0.753	0.943	1						
X ₆	0.922	0.848	0.784	0.953	0.979	1					
X ₇	-0.404	-0.302	-0.199	-0.510	-0.743	-0.636	1				
X ₈	0.935	0.881	0.792	0.957	0.984	0.975	-0.659	1			
X ₉	0.999	0.981	0.937	0.965	0.909	0.924	-0.423	0.941	1		
X ₁₀	0.337	0.374	0.493	0.226	-0.055	0.051	0.640	0.020	0.314	1	
X ₁₁	0.979	0.979	0.909	0.911	0.865	0.889	-0.359	0.909	0.982	0.345	1

后 记

时光如梭，三年的硕士生活即将结束，在这三年中不仅学到丰富的专业知识，还领悟到非常多的人生智慧。值此论文完成之际，谨向所有关心我的老师、同学、朋友、家人致以深深的谢意。

首先，我要感谢我的导师秦明周教授。秦老师朴素的工作作风、严谨的科研精神、正直的人格让我终生难忘，给我深深的影响，将激励我在以后人生的道路上不断进步。无论是论文的选题、资料的收集、论文的组织及修改，都凝聚了导师的大量心血，难忘导师在学习、工作和科研实践中的谆谆教诲。同时，也非常感谢秦老师在生活中给予的诸多帮助。

非常感谢刘桂芳教授对我论文选题和写作的过程中给予的指导和帮助。

感谢我宿舍的姐妹杨春玲、卢红岩、曹园园，三年的室友让我们彼此了解和信任，感谢她们对我生活无微不至的关心，感谢她们为我论文的写作提供的帮助和鼓励。

感谢大学同窗李国研、范磊、王秋平、时慧娜、曲丽娟、谢文全，感谢昔日同学远在千里之外为我论文的写作排忧解难。

感谢师弟张鹏岩对我论文写作中的支持和帮助。

我更要感谢我的父母、哥哥和弟弟，他们是我的学习和生活的坚强后盾，没有他们的付出，就没有我的今天。家人为我所做的一切，无法用言语表达，仅以此文献给他们，表达内心深处最真诚的敬意。

最后，还要特别感谢为审阅本文做出辛勤劳动的各位专家！

闫艳

2009年5 月于开封