DOI:10.11721/cqnuj20140625

基于 RS 和 GIS 的河南省商丘市土地利用变化及其对粮食安全的影响分析*

牟凤云，李帅旗，王　力，刘　曦
(重庆交通大学 河海学院，重庆 400074)

摘要:基于 1990 年和 2004 年的 TM 遥感影像数据,借助遥感图像处理软件 ERDAS、ENVI 和地理信息系统软件 ArcGIS 进行分析,得到商丘市两个时相的土地利用转移矩阵。采用了土地利用动态度、土地利用开发度、土地利用耗减度、土地利用程度综合指数等模型对土地利用状况进行定量分析评价,并通过 Markov 链对商丘市 2018 年、2032 年的土地利用结构进行了预测。研究结果表明,14 年间商丘市主城区土地利用格局发生了巨大变化,尤以耕地和建设用地变化显著,期间耕地面积减少了 208.38 km^2,而建设用地增加了 141.89 km^2。最后,基于耕地压力指数分析了耕地数量的变化对于该农业大市的粮食安全的影响,商丘市的粮食安全问题日益严重,迫切需要保护耕地的数量和质量。

关键词:土地利用;转移矩阵;马尔可夫;粮食安全
中图分类号:F301.24　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1672-6693(2014)06-0120-07

土地利用/覆被类型是自然因素与人为因素共同作用结果。对土地利用/覆被变化(Land use/land cover change,LUCC)过程的数量、结构和景观特性的动态描述研究日趋成熟,定量化成为主流[1]。将遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术引入 LUCC 研究领域,可以快速、准确、及时地获取大面积的土地利用/土地覆盖方面的实时信息,对土地利用变化进行动态监测,为解决复杂的空间问题提供条件,为可持续发展研究提供技术支撑[2]。

我国土地利用/覆盖的变化已成为全球变化研究的重要组成部分。改革开放以来,在研究深度、广度和速度上更是呈急剧增加的趋势。近年来,我国学者开展了许多相关工作,以深化对土地、环境、人口与发展之间相互关系的认识,从整体上把握人类驱动力与土地利用之间的因果关系,从而引导我国合理的土地利用。在利用卫星遥感和地理信息系统技术监测资源和环境动态变化方面也做了很多出色的工作[3]。

2012 年 11 月,国务院批复《中原经济区规划指导意见》将商丘市定位为:国家“三化”(新型工业化、新型城镇化、新型农业现代化)协调发展先行区、国家现代农业示范区、中原经济区承接产业转移示范市及内陆开放高地[4]。在此政策的引导下,商丘市工业化和城镇化步伐必将加快,人口增长与快速城市化过程导致的土地资源减少之间的矛盾将日益突出。商丘市是农业大市,是国家粮食主产核心示范区、豫东粮仓,因而对土地利用变化和粮食安全的研究具有很强的现实意义。

1 研究区概况

商丘市位于河南省最东部(图 1),地理坐标为 114°49′～116°39′E,33°43′～34°52′N,豫、鲁、苏、皖四省结合处。商丘市总面积 10 704 km^2,约占河南省总面积的 6.4%。截至 2011 年底全市总人口 890 万,城镇化水平 31.5%。商丘市是农业大市,是国家粮食主产核心示范区、豫东粮仓,2011 年粮食总产量 608.19 万 t,在河南省 18 个地级市中排名第 3 位。商丘市辖 2 个区、6 个县和 1 个县级市。随着工业化和城镇化的逐步推进,商丘市越来越成为土地利用变化最频繁的热点区域之一。论文的研究区域主要指商丘的两个市辖区即梁园区和睢阳区,这两个区域是商丘市土地利用变化较快的区域,具有代表意义。

* **收稿日期**:2013-05-18　**修回日期**:2013-09-15　**网络出版时间**:2014-11-19 21:49
资助项目:国家自然科学基金(No. 41201546/2012);重庆交通大学研究生优质课程
作者简介:牟凤云,女,副教授,博士,研究方向为国土资源遥感和地理信息系统应用,E-mail:mfysd@sohu.com
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20141119.2149.025.html

2 数据源与研究方法

2.1 数据来源

1）遥感图像：本研究采用的遥感图像通过国际科学数据服务平台和中国科学院对地观测与数字地球科学中心下载获得，图幅编号是 123-36，成像时间分别是 1990 年 9 月 2 日和 2004 年 7 月 22 日。两景图像云量少，质量较好，能满足应用需求。

2）非遥感影像数据：主要包括 1：500 00 商丘市行政区划图、商丘市地形图、商丘市土地利用规划图等，以及 1990 年、2004 年和其他相关年份的商丘市人口、耕地面积、粮食产量等统计资料。

图 1　研究区地理位置

2.2 数据处理

基于地形图，对两期遥感数据进行了几何校正和配准，几何校正的精度控制在 1 个像元内。结合国家土地利用类型标准和商丘市土地资源实际利用情况，将商丘市土地利用类型划分为 4 种，即林地、水体、耕地和建设用地。在遥感图像处理软件 ERDAS 中利用最大似然法（Maximum Likelihood）进行监督分类，通过聚类统计、去除分析、分类重编码方法相结合对监督分类后的图像进行处理，以提高分类的精度。最小分离性和平均分离性的 TD 值均大于 1700，表示两个地物间还是能区分开来的，1990 年和 2004 年分类的 kappa 系数分别为 83.92％和 87.86％，影像都保持较高的分类精度，两个时相的遥感分类图像见封三彩图 2、3。

2.3 研究方法

2.3.1 土地利用动态度　土地利用数量变化特征可以用土地利用变化动态度指数来描述，它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用[5]。包括单一类型动态度和综合变化动态度。土地利用变化动态度方法能够定量描述土地利用变化的幅度和速度，对预测未来土地利用变化趋势有积极的作用[6]。

单一土地利用变化动态度反映的是区域一定时间间隔内某种土地利用类型的数量变化情况，可以通过以下公式计算

$$K_i=\frac{L_{i,T_2}-\Delta L_{i,T_2}}{L_{i,T_1}\times(T_2-T_1)}\times 100\% \tag{1}$$

综合变化动态度反映的是一个地区土地利用数量变化的综合情况，可用下式计算

$$K=\frac{\sum_{i=1}^{n}(L_{i,T_2}-\Delta L_{i,T_1})}{\sum_{i=1}^{n}L_{i,T_1}\times(T_2-T_1)}\times 100\% \tag{2}$$

以上两式中，K_i 和 K 分别代表某一单一土地利用类型变化的动态度和区域综合土地利用变化的动态度；L_{i,T_1} 为研究初期 i 类型土地利用类型的面积；$\Delta L_{i,T_1}$ 为研究期内 i 类型土地利用类型未发生变化的面积；T_1，T_2 分别代表研究初期和末期[7]。

2.3.2 土地利用开发度　土地利用开发度是指单位时间内某类型土地利用实际新开发的程度，以单位时间内新开发的该类型土地面积占初期该类型总面积的百分比来表示[8]

$$LUD=\frac{D_{ab}}{U_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{3}$$

式中，D_{ab} 为从 a 时刻到 b 时刻新开发某类型土地利用的面积，即由其他土地利用类型转变为该类型的面积总和；U_a 表示 a 时刻该土地利用类型的面积，T 为研究时长，以年为单位。

2.3.3 土地利用耗减度　为了测量单位时间内某类型土地利用被实际消耗的程度，以单位时间内已耗减的该类型土地面积占初期该类型总面积的百分比来表示[9]

$$LCU=\frac{C_{ab}}{U_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \tag{4}$$

式中，C_{ab} 为从 a 时刻到 b 时刻某种土地利用类型被消耗的面积，即该种土地利用类型转变为其他土地利用类型的面积总和；U_a 表示 a 时刻该土地利用类型的面积，T 为研究时长，以年为单位。

2.3.4 土地利用程度综合指数和土地利用程度　土地利用程度及其变化可以定量表达该地区土地利用的综合水平和变化趋势。将土地利用的理想状态定为4种土地利用级，并对4种土地利用级赋予其本身类别的值，则可得到4种土地利用程度的分级指数[10](表1)。

表1　区域土地利用程度分级表

土地利用程度	未利用级	低度利用级	中度利用级	高度利用级
土地利用类型	未利用地、其它农用地	林地、水利设施用地	耕地、园地	居民点及工矿用地、交通用地
分级指数	1	2	3	4

表中的4种土地利用级仅仅是4种理想型，在实际状态下，这4种类型都是混合存在于同一区域，各自占据不同的面积比例，并对当地土地利用程度，按其自身的权重做出自己的贡献。据此，土地利用程度的综合量化指标必须在此基础上进行数学综合，形成一个在1～4之间连续分布的综合指数，其值的大小则综合反映了某一区域土地利用程度。

土地利用程度综合指数为

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^{n} A_i \times C_i \tag{5}$$

式中 L_a 为土地利用程度综合指数；A_i 为第 i 级的土地利用程度分级指数；C_i 为第 i 级土地利用程度分级面积百分比，n 为土地利用程度分级数。

土地利用程度综合量化指标是一个从100～400之间连续变化的指标，综合指数的大小反映了土地利用程度的高低。

土地利用程度变化指数

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i * C_{ib}) - \sum_{i=1}^{n} A_i * C_{ia}}{\sum_{i=1}^{n}(A_i * C_{ib})} \tag{6}$$

若 R 为正值，则该区域土地利用处于发展期，否则处于衰退期。

2.3.5 马尔可夫预测模型　马尔可夫(Markov)预测法，是一种预测事件发生概率的方法，它是基于马尔可夫链，根据事件的目前状况预测将来各个时刻变动状况的一种预测方法[11]。马尔可夫过程是一种无后效性的随机过程，而马尔可夫链预测是根据变量目前状态来预测未来如何变化的分析方法，土地利用类型间的转化满足马尔可夫链预测理论的特点，故马尔可夫链理论可用于土地利用动态过程模拟与预测[12]。

$$P = (P_{ij}) = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ P_{31} & P_{32} & \cdots & P_{3n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{vmatrix} \tag{7}$$

其中，$P_{ij} = \frac{C_{i-j}}{LU_i}$；$n$ 为研究区域的土地利用类型数目，P_{ij} 为初始到末期由类型 i 转化为类型 j 的概率，C_{i-j} 表示由研究区域中在研究期内第 i 类土地利用类型转化为第 j 类的面积，LU_i 为研究初期第 i 类土地利用类型面积，P_{ij} 它应满足以下条件

$$0 \leqslant P_{ij} \leqslant 1\ (i,\ j = 1,2,3,\cdots,n),\ \sum_{i=1}^{n} P_{ij} = 1\ (i=1,2,3\cdots,n)$$

根据马尔可夫过程的无后效性及Bayes条件概率公式，有

$$P(n) = P(n-1)P_0 \text{或} P(n) = P(0)P^n$$

式中，$P(n)$ 为经过 $n-1$ 次状态转移到达 n 次转移后的状态概率向量，$P(n-1)$ 为经过 $n-2$ 次状态转移到达 $n-1$ 次转移后的状态概率向量，P 或 P_{ij} 为转移概率矩阵，$P(0)$ 为它的初始状态概率向量。

3 土地利用变化状况分析

3.1 土地利用动态变化分析

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，从而掌握土地的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[8]。利用 ArcGIS 9.3 的统计功能，得到商丘市 1990 年和 2004 年的土地利用状况（表 2）。

可以看出，商丘市土地利用以耕地为主，但耕地面积变化较大，从 1990—2004 年间耕地面积减少了 208.38 km^2，很大程度上是由于商丘市大力推动工业化和城镇化建设所引起；其次面积较大的是建设用地，14 年间建设用地大幅增加，增幅达 73.99%；林地、水体的面积所占比例较小，虽然变化幅度很大，但是面积并没有太大的增加。

表 2　1990—2004 年商丘市土地利用情况

土地利用类型	1990 年各地类面积/ km^2	2004 年各地类面积/ km^2	1990—2004 年变幅/ km^2	变化百分比/%
林地	18.88	52.90	34.02	180.19
水体	10.77	43.01	32.24	301.21
耕地	1 535.70	1 327.32	−208.38	13.55
建设用地	191.78	333.67	141.89	73.99

注：表中的负值代表研究期间该地类面积减少

将相关数据带入（1）、（2）式，可得到不同土地利用类型的单一动态度与综合土地利用动态度（表 3）。

表 3　1990—2004 年商丘市土地利用动态变化指数

土地利用类型	单一类型动态度/%	综合变化动态度/%
林地	12.87	1.69
水体	21.38	
耕地	−0.97	
建设用地	5.40	

由上表可以看出，1990—2004 年间，水体的变化速率最大，耕地变化速率最小，由高到低变化的各土地利用类型依次为：水体、林地、建设用地、耕地。

3.2 各类型土地转换分析

转移矩阵不仅可以反映研究初、末期土地利用类型结构，而且还可以反映研究期内各土地利用转移变化情况，便于了解研究初期各土地利用类型的转出方向和研究末期各土地利用类型的转入来源与数量特征[13]。在 ArcGIS 9.3 空间叠置分析和 Envi 4.5 中的 Change Detection Analysis（变化监测分析）功能支持下，统计了两个时相间 4 种利用类型的土地相互转换情况，得到 1990—2004 年间土地利用转移矩阵（表 4），从变化数量和类型上反映了土地利用变化的总体特征。

表 4　1990—2004 年商丘市各土地利用类型面积转移矩阵　km^2

用地类型	林地	水体	耕地	建设用地	总面积
林地	2.14	0.27	9.86	6.61	18.88
水体	0.27	7.05	1.42	2.03	10.77
耕地	46.07	28.22	1 248.43	212.75	1 535.47
建设用地	4.42	7.47	67.61	112.28	191.78
总面积	52.90	43.01	1 327.32	333.67	1 756.90

注：表中，行表示每个初始状态类别（1990 年）所包含的面积，列表示每个终止状态类别（2004 年）所包含的面积。

3.2.1 林地转换分析　从表中可以看出，林地的变化包括输入和输出两部分。在输出部分，14 年间，共有 16.74 km^2 的林地转换成其他类型的用地，其中有 0.27 km^2 转换成水体，9.86 km^2 转换成耕地，6.61 km^2 转换成建设用地。在输入部分，14 年间共有 50.76 km^2 的其他类型用地转换成林地，即水体 0.27 km^2，耕地 46.07 km^2，建设用地 4.42 km^2。林地的输入部分比输出部分要高 34.02 km^2，即在 14 年间林地面积增加 34.02 km^2，入出显示出不平衡的态势，主要是由耕地转换而来。由公式 4 可以得出林地的耗减度为 6.33%，在各种土地利用类型中最高，这表明林地每年转换为其他类型用地的速率最快，耗减度最大，这些减少的林地转换为住宅用地和开发为新的耕地。

3.2.2 水体转换分析　表中显示，14 年间水体的输入面积明显高于输出面积，在此期间有大量的其他用地转换成水体，这包括 0.27 km^2 的林地，28.22 km^2 的耕地，7.47 km^2 的建设用地，共计 35.96 km^2。而水体转换成其他类型共计只有 3.72 km^2，具体转换成林地 0.27 km^2，转换成耕地 1.42 km^2，转换成建设用地 2.03 km^2。在这些增加的面积中，主要是由耕地面积转换而来。

3.2.3 耕地转换分析　可以看出，14 年间耕地绝大部分用于输出转换为其他类型的用地，收支明显不平衡。输出方面，耕地转换为林地、水体、建设用地的面积分别为 46.07 km^2、28.22 km^2、212.75 km^2；输入方面，林地、水

体、建设用地分别有9.86 km^2、1.42 km^2、67.61 km^2 转换为耕地。输出比输入面积多208.15 km^2(输出面积287.04 km^2,输入面积78.89 km^2),约占1990年耕地面积的13.56%,耕地输出主要转换为建设用地。由公式(3)可以得出耕地的开发度仅为0.37%,远小于其他3种土地利用类型,这是因为在此期间耕地面积大量转换为其他类型的土地,并没有太多其他类型的土地新开发为耕地。

3.2.4 建设用地转换分析 14年间共有221.39 km^2 其他利用类型的土地转换为建设用地,建设用地转换成其土地面积79.5 km^2,呈现出明显的畸形转换趋势,建设用地主要转换成耕地,约占全部输出面积的85.04%,这是因为农村"村村通"工程实施,使得许多分散的居民点变得集中,减少了居民地的占用,而原来的居民地改为耕地,实现了土地的节约使用,其来源也主要是耕地,约占全部转入的96.10%,但是两种转换性质的量明显不同。总体说来,1990—2004年商丘市土地利用类型相互转化明显。随着城市迅速扩张,城市化水平的不断加快,商丘市区发展迅速,城市建设日新月异,各种建设项目占用大量耕地,导致耕地面积锐减,建设用地越来越多。其次,商丘市政府积极调动农民开展平原绿化防沙治沙的积极性,坚持植树造林,使水土流失得到有效控制,植被覆盖率不断提高[14]。

结果显示,1990年商丘市土地利用程度综合指数为309.23,相应地,2004年土地利用程度综合指数为313.53,显然R为正值,这表明商丘市土地利用正处于发展期,且开发利用强度越来越大。

4 未来土地利用预测

通过对1990—2004年商丘市土地利用进行动态变化分析,得到土地利用的特点和变化过程中出现的问题,为了更全面地了解商丘市土地利用的变化状况,并更好地发现土地利用过程中出现的问题,需要对未来一段时间的土地利用状况进行预测,以便了解未来的土地变化趋势,从而能够采取相应的有力措施来缓解土地利用过程中带来的负面问题,使土地利用向更好的方向转变,而马尔可夫预测模型可以很好地模拟未来一段时间内商丘市的土地利用状况。

4.1 土地利用转移概率矩阵

利用马尔可夫预测模型,将相关数据代入公式(7),可得到1990—2004年的土地利用转移概率矩阵(表5)。

表5 土地利用转移概率矩阵

土地利用类型	林地	水体	耕地	建设用地
林地	0.12	0.01	0.52	0.35
水体	0.03	0.65	0.13	0.19
耕地	0.03	0.02	0.81	0.14
建设用地	0.02	0.04	0.35	0.59

4.2 结果预测

借助Matlab 7.0进行编程,将1990年各种土地利用类型的面积和转移概率矩阵作为初始值进行运算,可以得到对2018年和2032年土地利用结构的预测结果(Y_{2018},Y_{2032}分别代表2018年和2032年土地利用结果预测)。

$Y_{2018}=[54.1, 70.1, 1\,222, 410.8]$,即2018年林地、水体、耕地、建设用地面积预测值分别为54.1 km^2、70.1 km^2、1 222 km^2、410.8 km^2。

$Y_{2032}=[53.5, 86.9, 1\,170.8, 445.7]$,即2032年林地、水体、耕地、建设用地面积预测值分别为53.5 km^2、6.9 km^2、1 170.8 km^2、445.7 km^2。

预测结果表明,在未来一段时间内耕地数量将进一步减少,但减少幅度将逐渐下降;建设用地进一步增加,增加的速度将放缓。

5 土地利用变化对粮食安全影响分析

近年来,随着经济技术的进步,城镇化步伐的加快,未利用土地大量开发,耕地面积迅速减少,严重威胁到维持人们生存的农业安全[14]。耕地资源是农民和农业赖以生存和发展的基础条件,耕地数量和质量的变化直接影响粮食产量,从而影响到粮食有效供给和粮食安全水平,所以研究耕地变化对粮食产量的影响至关紧要[15]。粮食是人类生存的最基本要素,土地是粮食生产的最终源泉。保证一定的耕地和基本的粮食供给,不仅关系个人的生存问题,而且直接关系国家或集体的生存安全。商丘市作为典型的农业大市,是国家粮食主产核心示范区、豫东粮仓,对地区甚至全省、全国的粮食安全都起着举足轻重的作用。

依据商丘市1990—2004年间土地利用的变化状况和未来一段时间(2018年、2032年)土地利用状况的预测,通过对其耕地变化状况进行分析,可以得出以下结论:从耕地总量来看,商丘市耕地数量呈减少趋势,耕地面

积占总面积比例不断减少；从耕地结构来看，由于近几年农业产业结构的调整，耕地内部结构也发生了巨大的变化；从人均来看，商丘市人均耕地面积呈快速减少趋势。

耕地压力指数可以衡量一个地区耕地资源的紧张程度，给出耕地保护的阈值，可作为耕地保护的调控基准[16]。公式如下

$$K = S_{\min}/S_a \tag{8}$$

式中：K 为耕地压力指数，$S_{\min}$ 为最小人均耕地面积（hm^2/人）；S_a 为实际人均耕地面积（是区域耕地总面积与人口数量的函数）。$K=1$ 是耕地保护的警戒线，此时必须防止耕地流失，在提高耕地的物质投入水平和生产能力的情况下合理引导耕地的用途转移。当 $K<1$ 时，表明耕地资源有所富余，在这种情况下，可以适度转换耕地用途以保证城市化、工业化对土地的需求，也可以大力调整农业种植结构，退耕还林还草以改善生态环境，甚至可以让耕地休闲，以保持耕地的综合生产能力。当 $K>1$ 时，耕地资源承受着巨大的压力。商丘市隶属于我国中部地区，研究表明，我国中部地区最小耕地面积为 0.117 8 hm^2/人[17]，依据近几年的统计数据计算可得近几年商丘市的耕地压力指数（图 4）。

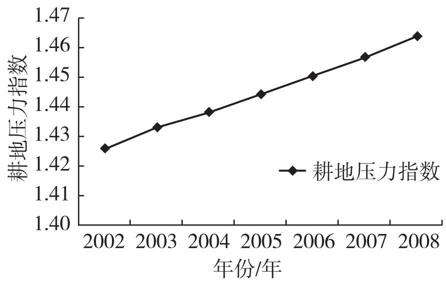

图 4 2002—2008 年商丘市耕地压力指数

由上图可以看出，自进入 2000 年以来，商丘市耕地压力指数一直大于 1，且呈现逐年上升的趋势。这表明耕地资源承受着巨大的压力，危及粮食安全的资源基础。此时，不仅要限制耕地资源向非农利用转移，减少耕地被占用，更要增加物质投入和科技投入来提高土地生产力以确保地区耕地资源可持续利用和粮食安全。

6 结论与讨论

在 RS 和 GIS 技术的支持下，对商丘市 1990 年和 2004 年 TM 影像进行处理和分析，得到其土地利用变化状况并对 2018 年和 2032 年的土地利用结构进行了预测，得出以下结论：

1）14 年间商丘市主城区土地利用格局发生了巨大变化，尤以耕地和建设用地变化显著，期间耕地面积减少了 208.38 km^2，而建设用地增加了 141.89 km^2，土地利用强度逐渐增大。

2）运用马尔可夫转移链对未来商丘市土地利用结构进行预测，结果表明商丘市耕地面积在未来一定阶段仍将继续减少，建设用地将占据大量耕地和其他类型的土地。

3）耕地压力指数表明，商丘市的粮食安全问题日益严重，保护耕地数量和质量任务艰巨，迫在眉睫。

本文对 1990—2004 年间商丘市土地利用变化进行了较为透彻的分析，总结出该区近年来土地利用在时间和地域上的分异性并对未来的土地利用进行了预测，以期能为该区土地资源合理利用与保护提供理论上的支撑和依据，为有关管理部门制定土地资源开发政策法规提供较可靠的科学依据。但也存在许多不足之处，如仅对商丘市土地利用的变化进行分析，对与之紧密相关的变化的驱动力及时空变化特点缺少研究，还需进一步开展工作。此外，论文所采用的 TM 影像的空间分辨率不够、精度受限，提取的用地类型偏少；解译遥感图像采用的是监督分类，不能消除误差；马尔可夫预测模型的准确性要求在各个期间或者状态时，变量面临的下一个期间或者状态的转移概率都是一样的、不随时间变化，并且预测时间间隔不能太大，这些都是需要重视和改进的问题。

参考文献：

[1] 陈颖彪，李雁，千庆兰，等. 基于 TM 数据的广州市番禺区土地覆被格局分析[J]. 地理科学，2012，32(4)：458-463.
Chen Y B，Li Y，Qian Q L，et al. Land cover patterns in Panyu based on TM image[J]. Geographical Science，2012，32(4)：458-463.

[2] 周杨，周廷刚，冯冲. 基于 RS 和 GIS 的 LUCC 研究——以重庆市万州区为例[J]. 长江科学院院报，2012，29(5)：67-71.
Zhou Y，Zhou T G，Feng C. Analysis on LUCC based on RS and GIS：a case study of Wanzhou，Chongqing[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute，2012，29(5)：67-71.

[3] 塔西甫拉提·特伊拜，丁建丽. 土地利用/土地覆盖变化研究进展综述[J]. 新疆大学学报：自然科学版，2006，23(1)：5-14.
Tashpolat · tiyip，Ding J J. Study on the progress of land use /land cover change[J]. Journal of Xinjiang University：Natural Science Edition，2006，23(1)：5-14.

[4] 国务院关于支持河南省加快建设中原经济区的指导意见[EB/OL]. (2011-10-07)[2013-04-09]. http://www.gov.cn/zwgk/2011-10/07/content_1963574.htm.

The State Council on the guidance to support and speed up the construction of the Central Plains Economic Area of Henan province[OL]. (2011-10-07)[2013-04-09]. http://www.gov.cn/zwgk/2011-10/07/content_1963574.htm.

[5] 王秀兰，包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展，1999，18(1)：81-87.
Wang X L，Bao Y H. Study on the methods of land use dynamic change research[J]. Progress in Geography，1999，18 (1)：81-87.

[6] 李忠锋，王彦丽. 定边县土地利用动态变化研究[J]. 干旱区地理，2004，27(4)：520-524.
Li Z F，Wang Y L. Study on land use dynamic change in Dingbian county[J]. Geography，2004，27 (4)：520-524.

[7] 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)：253-259.
Zhu H Y，Li X B，He S J，et al. Spatio-temporal change of land use in Bohai rim[J]. Acta Geographic Sinica，2001，56(3)：253-259.

[8] Meng J J，Wu X Q，Li Z G. Land use/land cover changes in Zhangye oasis of Hexi corridor[J]. Journal of Geographical Sciences，2003，13(1)：71-75.

[9] 张新长，梁金成. 城市土地利用动态变化及预测模型研究[J]. 中山大学学报，2004，43(2)：121-125.
Zhang X C，Liang J C. Study on change of urban land use and forecasting model[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni，2004，43(2)：121-125.

[10] 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，1997，12(2)：105-111.
Zhuang D F，Liu J Y. Study on the model of regional differentiation of land use degree in China[J]. Journal of Natural Resources，1997，12(2)：105-111.

[11] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京：高等教育出版社，2006.
Xu J H. Quantitative geography[M]. Beijing：Higher Education Press，2006.

[12] 何瑞珍，张敬东，胡艳红，等. 基于RS和GIS的郑州市土地利用动态变化及预测[J]. 甘肃农业大学学报，2009(4)：126-131.
He R Z，Zhang J D，Hu Y H，et al. Study on the land use dynamic changes and prediction in Zhengzhou based on RS and GIS[J] Journal of Gansu Agricultural University，2009(4)：126-131.

[13] 朱会义，李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报，2003，58(5)：643-650.
Zhu H Y，Li X B. Discussion on index method to evaluate regional land use change[J]. Geographical Science，2003，58 (5)：643-650.

[14] 贺振. 基于TM影像的商丘市区土地利用变化动态监测[J]. 资源与产业，2010，12(5)：91-95.
He Z. Dynamic monitoring of land use change based on TM image in Shangqiu city[J]. Resources & Industries，2010，12(5)：91-95.

[15] 范玉枝. 山东省土地利用变化对农业安全的影响研究[J]. 小城镇建设，2004(3)：62-63.
Fan Y Z. Land use change on agricultural safety of Shandong province[J]. Small Towns Construction，2004 (3)：62-63.

[16] 鲁奇. 中国耕地资源开发、保护与粮食安全保障问题[J]. 资源科学，1999，14(4)：5-8.
Lu Q. China's arable land resources development，protection and food security[J]. Resource Sciences，1999，14 (4)：5-8.

[17] 蔡运龙，傅泽强，戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报，2002，57(2)：127-134.
Cai Y L，Fu Z Q，Dai E F. Per capita minimum arable land area and land resource allocation[J]. Geographical Science，2002，57 (2)：127-134.

The Analysis of Henan Shangqiu City Land Use Change and Effect on Food Security Based on RS and GIS

MU Fengyun，LI Shuaiqi，WANG Li，LIU Xi

(School of River & Ocean，Chongqing Jiaotong University，Chongqing 400074，China)

Abstract：Based on TM images in 1990，2004，with the help of RS and GIS，the land use transformation matrix of two periods was calculated to evaluate the dynamic change of land use. A series of indexes were used to evaluate the land use change，such as degree of dynamic land use change，degree of exploitation，degree of land depletion，comprehensive index of land use extent. The Markov process had been applied to analyze and predict the variation tendency of land use in 2018 and 2032. The results showed that in the past 14 years，the structure of land use had a great change，especially the arable land and construction land，reduced 208.38 km^2，141.89 km^2 respectively. Also，index of arable land pressure was introduced to analyze the effect of arable land reduction on food security. The analysis results predicted that food security of Shangqiu city is increasingly serious. It is essential to protect the quantity and quality of arable land.

Key words：land use；transformation matrix；Markov；food security

（责任编辑　陈　琴）