

泉州土地利用变化与区域比较^①

全斌^{1,2}, 宋慧², 李朝奎¹, 任红鸽², 郭涛², 白一君², 雷师²

(1 湖南科技大学地理空间信息技术国家地方联合工程实验室, 湖南湘潭 411201;

2 湖南科技大学建筑与城乡规划学院, 湖南湘潭 411201)

摘要: 近几十年, 中国城市化取得了很大的进展。随着经济的快速发展和人口的增加, 定量分析福建省东南沿海泉州城市空间结构演化, 不仅可为评估区域未来环境提供理论基础, 而且可为建设国家海峡西岸经济区和实施“一带一路”战略提供科学依据。本文采用地理信息系统(GIS)、遥感和区域比较方法, 研究了泉州市 1995—2010 年 15 年间土地景观格局的变化。结果表明: 2010 年泉州土地利用面积以林地和耕地为主, 分别约占总面积的 60% 和 15%; 近 15 年间, 城市建设用地翻了两倍, 但耕地、林地大量减少, 转出的耕地中, 约有 57.4% 转化为建设用地; 建设用地的增加较多发生在泉州的沿海与沿河地区, 并随时间推移而有减缓的趋势, 土地利用综合动态度与土地利用程度也随之依次降低; 土地利用综合动态度表现出从中国东部、中部向西部地区呈递减趋势。尽管 15 年间, 泉州市城市扩张发生了显著的变化, 但是, 由于地理位置与人口的影响, 它与中国沿海其他城市如深圳、东莞相比, 仍处于落后水平。泉州土地景观呈现土地利用上的日益多样化、土地结构上日益破碎化以及形状上复杂化的趋势。人口数量与结构、经济发展水平及国家建设海峡西岸经济区的政策是影响该区土地利用变化的主要驱动力。

关键词: 土地利用/土地覆盖变化(LUCC); 城市化; GIS; 区域比较; 泉州市

中图分类号: F293.2

随着全球变化研究的深入和发展, 各国科学家越来越感到人类活动对环境变化的影响, 尤其人类的生存与发展对土地的开发利用以及引起的土地覆被变化被认为是全球环境变化的重要组成部分和主要原因, 土地利用/土地覆被变化(land use/cover change, LUCC)成为科学研究的前沿之一^[1]。其中, 集中反映人类活动与居住环境的城市土地利用及其变化会对人类居住的城市生态环境造成极大的影响, 因此, 城市土地利用/覆被变化 (urban land use/cover change, ULUCC)是当前研究的一个热点^[2-4]。在国际上, 科学家们纷纷采用 GIS、遥感与时空模型相结合的方法研究不同国家和地区, 如: 美国、印度、马来西亚、土耳其等, 以及区域的土地利用格局与变化^[5-10], 并提出了快速城市化背景下的农地保护政策。在过往的 20 年里, 欧洲科学基金会(The European Science Foundation)也对以上研究主题予以重点资助, 并出版了《Remote sensing and urban analysis》^[11]。2012 年出版的《Applied urban ecology: a global frame work》^[12]

集成了部分最新的世界城市变化研究成果。美国地质调查局(USGS)城市动态研究部、美国国家环境保护局(USEPA)利用遥感监测技术对城市动态性开展年际变化监测, 于 2006 年出版了技术报告《Rates, trends, causes, and consequences of urban land-use change in the states》。2007 年, 美国 Arizona State University 在世界范围内实施的城市环境监测项目 Urban Environmental Monitoring (UEM)初选 100 个城市, 最后确定 8 个城市进行重点研究^[13]。中国科学家们在这方面也有了大量的研究成果^[14-18]。但这些成果大多是基于单个区域和城市案例的研究, 跨区域的多城市比较研究尚不普及。

福建省泉州市座落在闽东南经济发达地区, 是福建省三大中心城市之一。以其为代表的海西经济区人口密集, 港口众多, 旅游资源丰富, 城市化水平较高。因此, 选择该区研究如何利用有限的土地资源, 并使之与经济、人口等相协调发展成为重要的科学问题。虽然以往一些学者也对该区进行了遥感监测下的城

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201211039-4)、湖南省自然科学基金项目(14JJ2098)和国家高端外国专家项目(GDW20154300243)资助。

作者简介: 全斌(1968—), 男, 湖南衡阳人, 博士, 副教授, 主要从事 GIS 与土地利用变化研究。E-mail: quanbin308@aliyun.com

市扩展分析^[19-21],如吴巍等^[22]对泉州中心城区进行模拟与预测研究,但在该区域进行比较研究方面的案例还不多。为此,本研究采用遥感、GIS 与景观指数和时空模型相结合的方法,以泉州为例,尝试不仅跨区域在中国东、中、西部城市(或区域)进行定量比较,并依据经济梯度原理,预先假定其土地利用动态从东到西呈递减趋势,同时也与其同处沿海的经济相对发达城市,如深圳、东莞加以比较,以期深化理解中国古代海上丝绸之路的起点——泉州的土地利用/覆盖格局及城市化进程,为评估与预测该区未来环境变化提供科学依据,同时也为海峡西岸经济区建设与土地利用政府决策提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

泉州市(24°22'~25°56'N, 117°25'~119°05'E)位于福建省东南部,台湾海峡西岸(图 1)。北接省城福州,南毗厦门,东隔台湾海峡与台湾岛相望,离台湾最近处约 180 km,西接漳州、龙岩,总面积为 11 220.5 km²。该市地处低纬,东临海洋,属亚热带海洋性季风气候,大部分地区平均气温为 19.5~21.5℃,年降水量为 1 681.6~1 800 mm,自东南向西北部递增,干、湿季分明。根据《泉州市统计年

鉴》(2010 年),全市总人口为 6 852 668 人,近几年泉州市国民经济保持较快增长,已连续 13 年位列福建省经济榜首,是东南沿海经济第一强市。2011 年末,全市国内生产总值为 4 270.89 亿元。

1.2 数据来源

本研究所采用的数据为覆盖泉州市的 Landsat TM 遥感影像,包括 1~5 波段的近红外可见光影像数据、6 波段的热红外数据以及 7 波段中红外数据。本研究选择 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年的遥感影像作为土地利用动态变化分析的基础数据源。研究区所覆盖的行列号为 P119R42、P119R43、P120R42 和 P120R43,坐标系为 WGS-1984 坐标系,投影为横轴墨卡托投影。采集时间分别为 1995 年 4 月 2 日、2000 年 3 月 25 日、2000 年 4 月 18 日、2004 年 10 月 5 日、2005 年 11 月 5 日、2009 年 12 月 06 日和 2010 年 5 月 24 日 6 期多时相遥感影像。其他数据源还包括数字高程数据,它是选取经过精确匹配的覆盖研究区的国家基础地理信息中心建立的 1:10 万地形数据(<http://nfgis.nsd.gov.cn/>)。

1.3 土地利用分类系统

本研究根据全国农业区划委员会《土地利用现状调查技术规程》及 TM 遥感影像的分辨率特点,充分考虑了研究区的实际土地利用状况,划分土地利用类型一级类型 6 个,二级类型 19 个,见表 1。

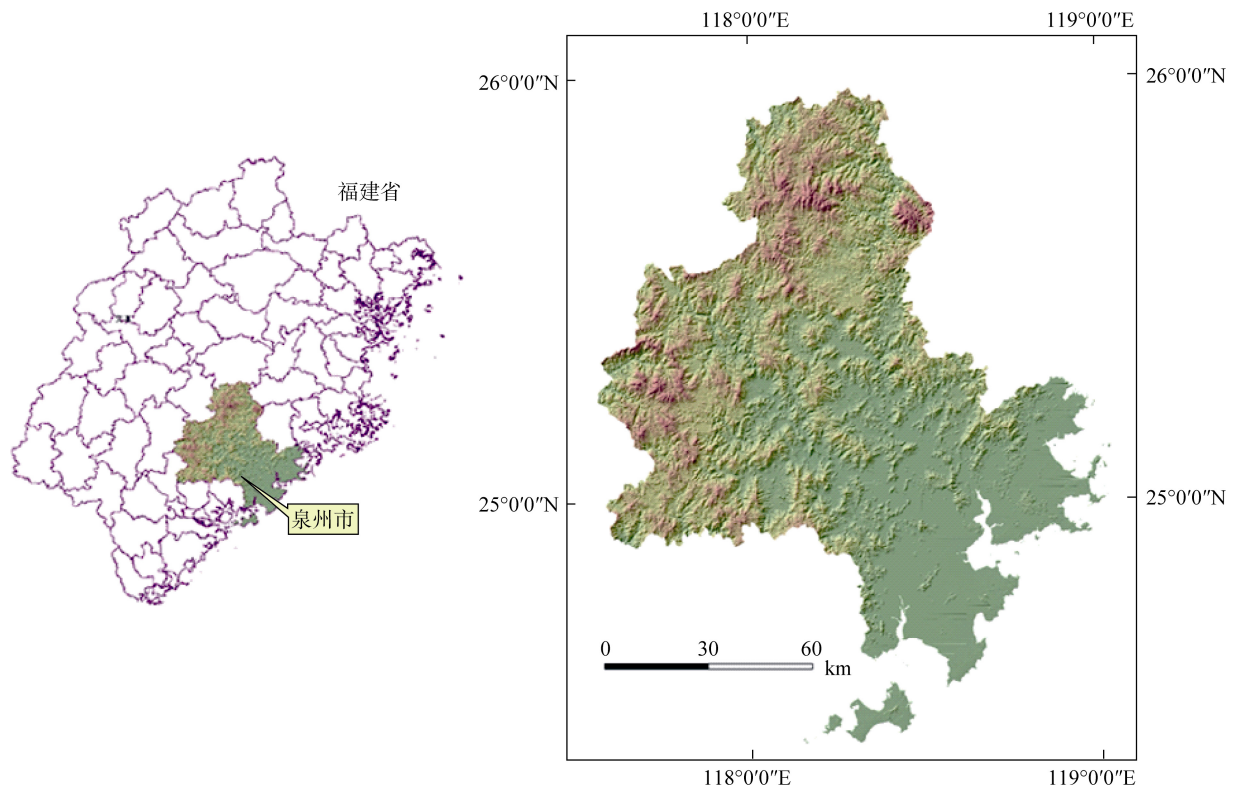


图 1 泉州市在福建省的位置

Fig. 1 Location and altitude of Quanzhou City in Fujian

表 1 土地利用分类系统
Table 1 The classification system of land use

一级类型	二级类型	分类代码
耕地	水田	11
	旱地	12
园地	果园	21
	茶园	22
	其他园地	23
林地	有林地	31
	灌木林	32
	其他林地	33
建设用地	城镇与独立工矿用地	41
	农村居民地	42
	盐田	43
	公路	44
	港口码头	45
水域	河流	51
	水库	52
	滩涂	53
	其他水域	54
未利用土地	荒草地	61
	其他未利用地	62

1.4 遥感影像预处理

使用的软件命令为 ENVI 4.8 中的 Basic Tools-Layer Stacking Parameters 对 TM 影像的全部波段进

行了合成。选择研究区 1 : 10 万地形图作为参考,使用 ERDAS IMAGINE 9.2 中的 Auto Sync 模块,打开 Resample Settings,选择重采样方法为“Nearest Neighbor”,采用自动采集控制点的方法。结束后,需要查看控制点的 error,本研究控制在 0.5 个像元以内,完成 TM 影像的正射校正处理。将各个时期的影像转换为 Albers 投影,以便于精确地提取景观类型的面积统计值。为了便于分类软件 eCognition 的解译工作,采取图像裁剪的技术划分为不同的片区,分片区进行分类解译工作,最后以研究区的矢量边界在 ArcGIS 9.3 和 ENVI 4.8 中对 TM 影像进行掩模裁剪。为了有效地准确地进行判读与分类,所有的影像统一显示格式为标准假彩色合成,基于此建立相应的判读标志。分类结果进行精度评价包括对象的类别精度和面积精度以及 Kappa 系数。采用野外实地调查和目视判读手动提取样点的方法进行精度检验,对面向对象方法的分类结果进行混淆矩阵分析。经检验 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年这 4 期数据的一级地类的分类总体精度分别为 89%、92%、95% 和 96%,二级地类的 Kappa 系数均为 0.823 4 以上,如表 2。最后,将分类成果输出成矢量数据,并在 ArcGIS 9.3 中对成果图进行图幅拼接、同类融合、拓扑检查、边界裁切等处理,检查、修正和补充分类结果的属性值。最终得到研究区的 4 期土地利用图。

表 2 4 期遥感影像分类精度检验
Table 2 Classification accuracy test of four phases of remote sensing images

时间	数据源	抽样数	一级正确数	二级正确数	判读精度	Kappa 系数
1995 年	Landsat TM 影像	100	89	80	89%	0.823 4
2000 年	Landsat TM 影像	100	92	85	92%	0.853 7
2005 年	Landsat TM 影像	100	95	89	95%	0.902 1
2010 年	Landsat TM 影像	100	96	90	96%	0.917 8

1.5 土地利用模型

1) 单一土地利用动态度,反映研究区一定时期内某种特定的土地利用类型的数量变化的速率,表达式为:

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

式中:K 为研究时段内某一种土地利用类型的单一土地利用动态度;U_a、U_b 分别为研究初期 a 及研究末期 b 该土地利用类型的面积;T 为研究时段,当设定为年时,K 的值就是研究区此类土地利用类型的年变化率^[23]。

2) 土地利用综合动态度,模型为^[24]:

$$S = \left\{ \sum_{ij} (\Delta S_{i-j} / S_i) \right\} \times 100 \times (1/t) \times 100\% \quad (2)$$

式中:S_i 为监测开始时间第 i 类土地利用类型的面积;ΔS_{i-j} 为在监测期间第 i 类土地利用类型转化为其他土地利用类型的面积总和;t 为时间段(a);S 为与 t 时段对应的研究样区土地利用变化速率。土地利用综合动态度反映不同区域土地利用变化的总体活跃程度,为研究方便,将其扩大 100 倍。

3) 土地利用程度综合指数,模型为:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i) \quad (3)$$

式中:L_a 为某区域土地利用程度综合指数;A_i 为某区域第 i 级土地利用程度分级指数;C_i 为某区域第 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^[25]。

4) 土地利用程度变化。特定范围内的土地利用程度变化是各土地利用类型变化的结果,可以定量地揭示区域土地利用的综合水平和变化趋势^[26-27]。一般包括变化量和变化率,模型为:

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{i,b}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{i,a}) \right] \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{i,b}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{i,a})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{i,a})} = \frac{\Delta L_{b-a}}{L_a} \quad (5)$$

式中: ΔL_{b-a} 为土地利用程度变化量; R 为土地利用程度变化率; L_b 、 L_a 分别是 b 时间和 a 时间的区域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; $C_{i,b}$ 、 $C_{i,a}$ 为某区域 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度分级百分比。如果 $\Delta L_{b-a} > 0$ 或 $R > 0$, 表示区域土地利用处于发展时期,反之,处于调整期或衰退期。本研究选择刘纪远等^[28]提出的土地利用分级方法,即将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为 4 级,并赋予分级指数(表 3),从而给出土地利用程度的定量表达式。

表 3 土地利用程度分级指数
Table 3 The value of land use degree gradation

分级类型	土地类型	分级指数
未利用土地级	未利用土地	1
林、园、水用地级	林地、园地、水域	2
农业用地级	耕地	3
城镇聚落用地级	建设用地	4

1.6 生态景观指数

景观指数类型多样,景观指标选取是进行景观特征分析的前期工作,根据本研究的需要,在总结前人研究成果的基础上,选用斑块个数、斑块密度、蔓延

度指数、香农多样性指数、面积加权平均形状指数与面积加权平均分维数 6 个指数作为景观层次指标,进行年际变化分析。景观指数含义如表 4 所示。具体方法是先将研究区各年份的土地利用矢量图转换为 Grid 格式存储,栅格大小为 30 m × 30 m,再使用 Fragstats 3.3 软件进行景观格局指数的计算。

2 结果与分析

2.1 泉州市 1995—2010 年土地利用时空变化

由表 5 可见,泉州市土地覆被以林地和耕地为主,2010 年林地占总面积的约 60%,而耕地占约 15%。由表 5 可见,1995—2010 年 15 年间,6 个一级地类

表 4 景观指数及其描述
Table 4 Landscape indices and their descriptions

景观指数	缩写	描述或生态意义
1 斑块个数 (number of patches)	NP	值越大,破碎度越高;值越小,破碎程度越低,被用来描述整个景观的异质性
2 斑块密度 (patch density)	PD	每平方公里(即 100 hm ²)内的斑块数目。斑块密度高,景观异质性高
3 蔓延度指数 (contagion index)	CONTAG	描述景观里不同斑块类型的团聚程度,值越小表明景观由许多分散的小斑块组成,值越大表明景观由少数团聚的大斑块组成
4 香农多样性指数 (shannon's diversity index)	SHDI	表示景观中斑块的多度和异质性,值越大,表明景观多样性越高,说明景观向着多样化发展,景观异质性增加
5 面积加权的平均形状 (area-weighted mean shape index)	AWMSI	在景观级别上,其值表示各个因子(area-weighted mean shape index)
6 面积加权的平均斑块 (area-weighted mean patch fractal dimension)	AWMPFD	一般来说,受人类活动干扰小的自然景观的分数维值高,而受人类活动影响大的人为景观的分数维值低

表 5 泉州市 1990—2010 年用地总量变化表

Table 5 Areas and percents for six land use types in 1995, 2000, 2005 and 2010 and land use changes from 1995—2010 in Quanzhou City

土地利用类型	1995 年		2000 年		2005 年		2010 年		1995—2010 年 净增减面积 (km ²)
	面积 (km ²)	比重 (%)	面积 (km ²)	比重 (%)	面积 (km ²)	比重 (%)	面积 (km ²)	比重 (%)	
耕地	2 160.40	19.45	2 001.27	18.00	1 832.44	16.47	1 696.38	15.26	-464.02
园地	845.32	7.61	838.94	7.55	731.95	6.58	712.73	6.41	-132.59
林地	6 854.85	61.73	6 754.30	60.76	6 789.54	61.04	6 694.54	60.22	-160.31
建设用地	6 01.93	5.42	909.13	8.18	1 142.88	10.27	1 359.48	12.23	757.55
水域	141.30	1.27	154.83	1.39	157.95	1.42	163.56	1.47	22.26
未利用土地	501.02	4.51	458.22	4.12	468.89	4.22	490.36	4.41	-10.66

的面积变化中, 2 种地类的面积净增, 4 种地类的面积净减。在面积增加的地类中, 建设用地增加的面积居首, 增长速度也最快, 从 1995 年的占总土地面积 5.42% 增加到 2010 年的 12.23%, 增长了一倍以上, 15 年共增加达到 757.55 km²。另一个面积增加的是水域, 它增加了 22.26 km², 其中以渔塘与滩涂养殖为主。在面积净减的地类中, 耕地、林地减少的面积较大, 耕地面积从 1995 年占总面积的 19.45% 减少到 2010 年的 15.26%, 减少 464.02 km²。林地与园地面积分别减少了 160.31 km² 和 132.59 km²。耕地、林地和园地的净减少量绝大部分用作扩大城镇建设, 反映了建设用地侵占农用地和生态用地的现象。如果从时间序列上的变化看, 建设用地与耕地的年变化量都在 1995—2005 年间变化最大, 而在 2005—2010 年波动幅度相对较小。这反映了土地变化幅度随着时间的推移, 而逐渐减缓放慢, 可能与政府重视土地宏观规划有关。

由于土地利用变化中城镇建设用地变化十分突出, 现将 1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年泉州市城镇建设用地, 利用 ArcGIS 软件将 4 个时期的建设用地数据提取叠加, 进行专题地图的制作, 以直观展现出建设用地的变化趋势(图 2)。由图 2 可见, 泉州市建设用地扩张迅猛, 尤其以向东南部扩张为主, 城市发展表现为以老城区为中心向外蔓延, 以及沿交通干线与河流扩张的趋势, 从而导致占用大量城市周边地区非建设用地的土地, 使耕地、园地、林地的面积减少。

2.2 泉州市 1995—2010 年土地利用类型转换

1995—2010 年泉州市土地利用的转类变化如表 6 所示。从表 6 可计算出, 在 1995—2010 年间, 减少的耕地中, 57.4% 转化为城乡工矿用地, 其余 26% 和 9.67% 分别转化为林地和园地。而建设用地转化为耕地的较少, 说明在泉州城镇扩张的过程中, 牺牲

耕地的面积最为广阔, 建设用地侵占耕地的现象较明显。在失去的林地面积中, 有 13.97% 的比例转化为建设用地, 也说明城市化进程占用了起生态保护作用的林地。此外, 园地与林地之间、建设用地与水域之间、林地与未利用土地之间也广泛转化, 表明随着经济社会的加速发展, 土地转化格局也呈现多样化、复杂化的态势, 各地类相互间的转移频繁, 并且随着工业化、城镇化的迅速推进, 导致全区耕地、林地、园地面积持续减少, 人地矛盾日趋尖锐。

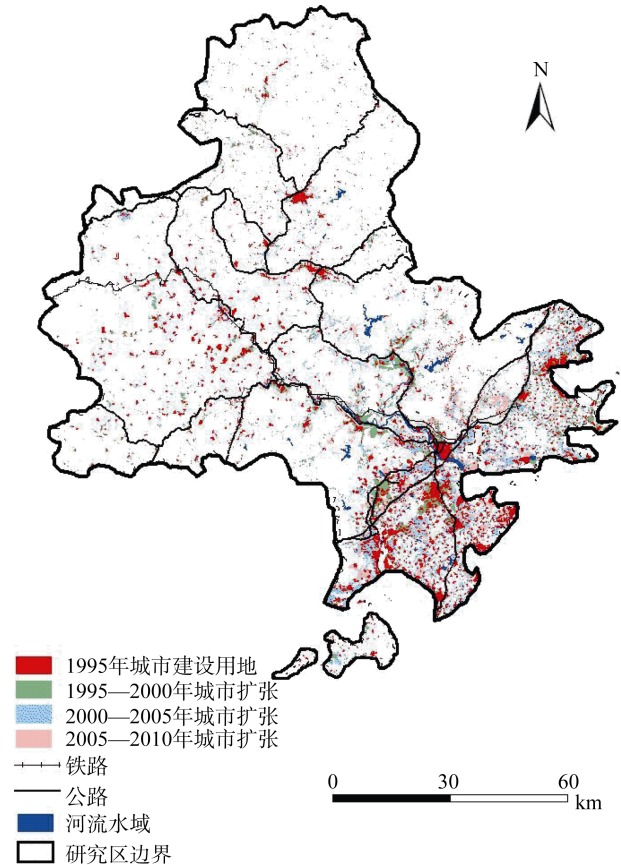


图 2 1995—2010 年泉州市建设用地动态变化图
Fig. 2 Dynamic change of construction land in Quanzhou City from 1995 to 2010

表 6 1995—2010 年泉州市土地利用的转类变化
Table 6 Land use conversions in Quanzhou City from 1995 to 2010

1995 年	2010 年						1995 年 合计
	耕地	园地	林地	建设用地	水域	未利用地	
耕地	1 090.53(50.51)	103.32(4.79)	277.97(12.88)	613.64(28.42)	24.48(1.13)	48.95(2.27)	2 158.89
园地	126.40(14.96)	369.88(43.78)	253.13(29.96)	76.19(9.02)	6.56(0.78)	12.62(1.49)	844.78
林地	371.67(5.43)	203.07(2.97)	5 928.15(86.60)	128.21(1.87)	44.31(0.65)	170.79(2.49)	6 846.20
建设用地	58.33(9.73)	17.50(2.92)	26.49(4.42)	486.24(81.10)	6.61(1.10)	4.42(0.74)	599.59
水域	14.27(10.60)	1.83(1.36)	16.28(12.10)	26.88(19.97)	72.85(54.12)	2.51(1.86)	134.62
未利用地	31.70(6.35)	16.72(3.35)	179.81(36.04)	20.40(4.09)	3.92(0.79)	246.38(49.38)	498.93
2010 年合计	1 692.90	712.31	6 681.83	1 351.56	158.74	485.67	

注: 括号外数值为 1995 年某类土地转换为 2010 年同类或另一类土地的面积(hm²), 括号内数值为该土地转换面积(即括号外数值)与该类土地利用 1995 年总面积之比(%).

2.3 泉州市土地利用动态度分析

表 7 为研究区各个时期不同土地利用类型的单一土地利用变化动态度与土地利用综合动态度。由于本研究土地利用动态分析所选时间间隔大体相等,因此,能够通过动态度的比较反映各个时期的单一土地利用的变化速度。总体来看,1995—2010 年间单一动态度绝对值最大的即为建设用地,为 8.39。单一动态度绝对值最小的为未利用土地,值为 -0.14。除建设用地和水域的单一动态度为正值外,其他各土地利用类型均为负值。说明建设用地和水域的面积有所增长,而其余各土地利用类型的面积都是在降低。按照单一土地利用变化动态度绝对值即某一土地利用的变化幅度,由大到小排序,依次是建设用地、耕地、园地、水域和未利用土地。1995—2000 年,建设用地的单一动态度达到最大值 10.21,表明在此期间泉州市城市化发展迅速,大量土地被用于经济生产和建设,导致城镇规模扩大,建设用地增幅显著。这一时期耕地的单一动态度值为 -1.47,其绝对值小于水域和未利用土地,这主要由于耕地的面积基数较大,其面积变化量虽然很大但年均动态变化相对不大,而水域和未利用土地的变化则相反。2000—2005 年间,建设用地的单一动态度依然是各土地利用类型中最大的,值为 5.14,而对比 1995—2000 年期间的值,有了非常显著的降低。这一阶段,园地的动态度为 -2.55,说明此时期,园地面积较大幅度减少;耕地动态度的绝对值为 1.69,变化幅度依然维持在比较高的水平。2005—2010 年间,动态变化度最高的依然是建设用地,动态度为 3.79,较前两个 5 年,其动态度表现为前紧后松,即前期变化较快,后期开始放缓。

表 7 泉州市土地利用变化动态度(%)
Table 7 Single and comprehensive dynamic changes of land use in Quanzhou City

土地利用类型	单一土地利用变化动态度(K)			
	1995—2000 年	2000—2005 年	2005—2010 年	1995—2010 年
耕地	-1.47	-1.69	-1.49	-1.43
园地	-0.15	-2.55	-0.53	-1.05
林地	-0.29	0.10	-0.28	-0.16
建设用地	10.21	5.14	3.79	8.39
水域	1.91	0.40	0.71	1.05
未利用土地	-1.71	0.47	0.92	-0.14
土地利用综合动态度	7.87	5.18	3.85	6.11

由表 7 不同时间段土地利用综合动态度变化可知,近 15 年泉州市中心城区的土地利用类型的综合动态度呈现出先高后低的变化趋势,人类活动对土地利用类型的综合利用在初始的 1995—2000 年期间影响剧烈,综合动态度值为 7.87,其后逐渐减低。说明在研究初期,城镇建设发展迅猛,各土地利用类型的综合变化程度大。随着时间的推移,城镇规模逐渐成型,扩张速度减缓。

2.4 泉州市土地利用程度指数分析

表 8 表明,1995—2010 年,泉州市的土地利用程度综合指数大体随着时间呈上升趋势,由 1995 年的 225.78 增大至 2010 年的 235.31,表明土地利用处于发展期;土地利用程度变化率 R 呈现下降的走势,说明研究区土地利用变化程度在研究初期比较剧烈,之后逐渐趋于平稳发展。整个研究期内的土地利用程度变化量 ΔL_{b-a} 和变化率 R 均为正,且 ΔL_{b-a} 和 R 值在 1995—2000 年同时达到了最大值,分别为 4.45 和 0.019 7,体现出该时期土地利用发展变化最为剧烈。

表 8 泉州市土地利用程度综合指数及其变化
Table 8 Land use intensity index and its change in Quanzhou City from 1995 to 2010

研究区	L_a				ΔL_{b-a}			R		
	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	1995—2000 年	2000—2005 年	2005—2010 年	1995—2000 年	2000—2005 年	2005—2010 年
泉州市	225.78	230.24	232.81	235.31	4.45	2.57	2.50	0.019 7	0.011 2	0.010 7

2.5 城市化过程中的景观格局变化

泉州市景观水平格局指数年际变化如表 9 所示。从表 9 可见,随着泉州中心城区不断扩张,景观斑块密度值(PD)也逐渐增大,在 2005—2010 年间,其值增加最大,表明景观破碎化度最高。伴随城市化进程加快,香农多样性指数值(SHDI)逐渐增加,土地利用得到多样化的开发,景观异质性增加。

面积加权的平均斑块分维数(AWMPFD)在 1995—

2000 年间与 2005—2010 年间均保持不变,而在 2000—2005 年下降,表明此段时间内自然景观斑块受人类活动的干扰越来越强烈,作为斑块镶嵌的景观形状变得规则有序。面积加权平均形状指数(AWMSI)的值从 1995—2005 年间逐渐增高,而 2005—2010 年有略微的下降,表明景观斑块的形状开始变得越来越复杂,然后受人为调控的影响,逐渐又变得规则。描述景观里不同斑块类型团聚程度的蔓延度指

数(CONTAG)连续下降表明快速城市化导致景观由许多越来越多的分散小斑块组成(表 9)。总之,泉州市景观指数时空格局的年际变化表明泉州市斑

块数目逐渐增多,景观更加复杂,破碎化程度加大,后期(2005—2010 年)景观受到人为调控的作用有所加强。

表 9 泉州市景观格局指数年际变化
Table 9 Landscape index changes in Quanzhou City

年份	斑块个数 NP	斑块密度 PD	面积加权的平均形状因子 AWMSI	面积加权的平均斑块分维数 AWMPFD	蔓延度指数 CONTAG	香农多样性指数 SHDI
1995	7 955	0.72	28.95	1.29	62.34	1.17
2000	9 221	0.83	32.72	1.29	60.65	1.20
2005	11 388	1.02	37.35	1.27	59.18	1.21
2010	13 781	1.24	35.81	1.27	58.77	1.23

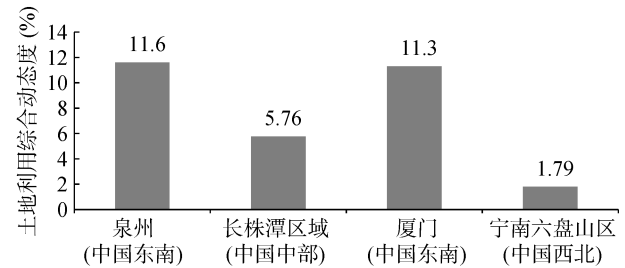
3 讨论

3.1 土地利用综合动态度的区域比较

将泉州与厦门、长株潭地区、宁夏南部六盘山区的土地利用综合动态度进行比较,结果如图 3 所示。厦门与泉州相邻,同处于中国东南部福建省经济发达的沿海地带,长株潭地区位于湖南省东中部地区,六盘山区位于宁夏回族自治区南部,属于黄河中上游西北黄土高原丘陵沟壑区。从图 3 可见,福建泉州市与厦门市土地利用综合动态度大致相当,但都远高于湖南长株潭地区,而位于中国中部地区的长株潭地区,它的土地利用综合动态度却又高于六盘山区。可见,土地利用综合动态度从中国东部、中部、西部地区表现递减趋势,这可能与东、中、西部的经济发展与城市化的程度与阶段有些关联。厦门、泉州经济发达,位于工业化的高速发展期,第三产业比重大,如统一按研究期间段 1990—2010 年测算,厦门城市化水平高达 75%~80%;泉州城市化水平高达 65%~71%;六盘山区属于工业化初期阶段,土地利用粗放经营,城市化水平在 10%~16%;长株潭则经济发展与城市化水平居中,大约为 47%~59%。如果按照焦秀琪^[29]提出的城市化水平在 30% 以下为初期阶段,30%~70% 为中期阶段,70% 以上为后期阶段,那么,在研究期间内,六盘山区处于城市化初期阶段,厦门属于城市化后期阶段,而长株潭与泉州处于城市化中期阶段。但目前我国东、中部地区已经出现了城市化快速发展,以长株潭为代表的中部地区在 1990—2007 年间仍保持加速城市化态势^[30],因此,在中西部地区新一轮城市发展过程中,应吸取东部地区的经验与教训,注重生态环境的保护,走可持续的城市化道路。

3.2 泉州市城市化进程轨迹与驱动力

运用香农多样性指数、蔓延度指数和面积加权平均形状指数构建城市化进程的时空轨迹,跟踪泉州市城市化的动态性(图 4)。图 4 表明,泉州市土地利



(数据来源:厦门市与宁夏六盘山区 1990—2000 年土地利用综合动态度引自文献[31—32],湖南长株潭 1990—2007 年综合动态度数据引自文献[30],泉州数据时段为 1995—2010 年)

图 3 1990—2010 年间泉州市与中国其他典型区土地利用变化综合动态度比较

Fig. 3 Comparison of comprehensive dynamic of land use among Quanzhou City, southeastern, central and northwestern China

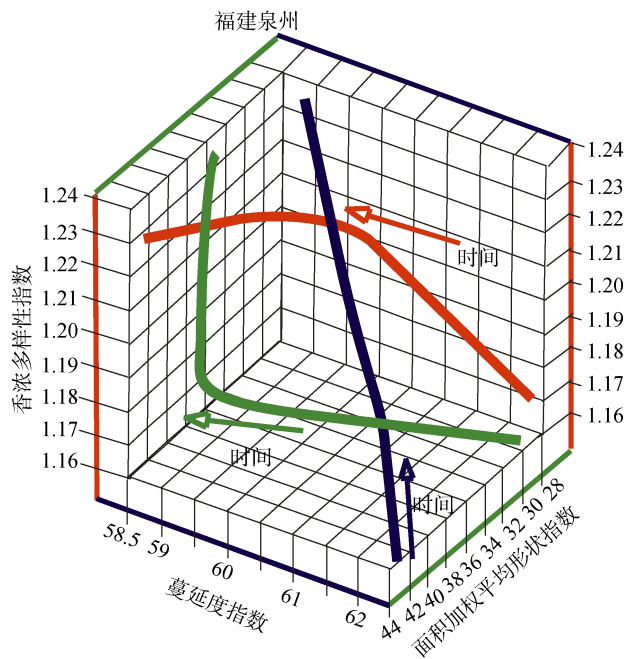


图 4 基于景观指数三维表达的泉州市城市化过程轨迹

Fig. 4 A three-dimensional representation of the urbanization trajectory of Quanzhou City

用景观日益呈现多样化、结构破碎化和形状复杂化的趋势。这一状况主要与人口和社会经济因素有关。图

5 显示, 1995—2010 年泉州市随着经济快速发展, 总人口数量有一定幅度的上升, 非农业人口增多, 导致建设用地面积逐年增加。

由图 6 可知, 1995—2010 第一产业、第二产业、第三产业 GDP 均呈现增长趋势, 其中第二产业、第三产业 GDP 增长迅速。泉州市耕地面积随着 3 个产业 GDP 的增长不断下降, 而建设用地面积不断增

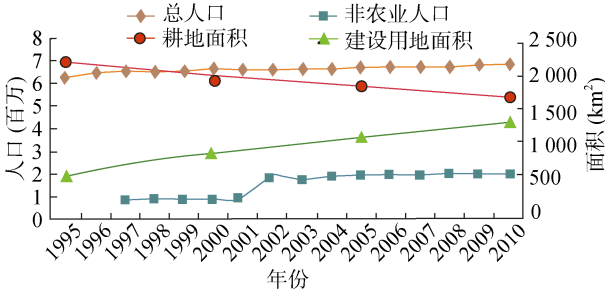


图 5 泉州市 1995—2000 年耕地和建设用地面积与人口变化关系图

Fig. 5 Changes of population and areas of cropland and construction land in Quanzhou City from 1995 to 2010

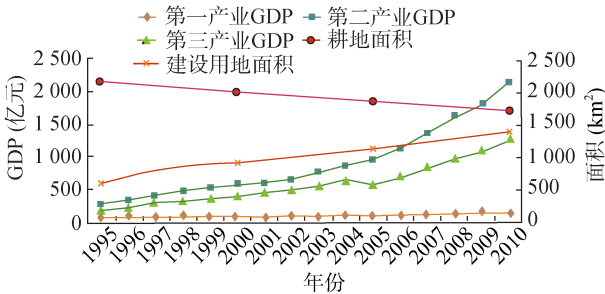


图 6 泉州市耕地和建设用地面积与各产业 GDP 变化关系图

Fig. 6 Changes of GDP and areas of cropland and construction land in Quanzhou City from 1995 to 2010

加。这表明经济的发展, 也在一定程度上促进了建设用地面积的扩张。

3.3 泉州市与中国沿海及珠江三角洲城市化比较

虽然泉州城市过程与轨迹向前发展, 泉州城市面积从 1995 年到 2010 年翻了两倍多, 但是其城市土地增长率在 1995—2000 年和 1995—2010 年间分别为 10.21%、8.39%(表 7) 均低于 Seto 等^[33]所报道的 1970—2000 年中国沿海地区 13.3% 的水平。将泉州与珠江三角洲的东莞与深圳作进一步的比较分析。2005 年以前, 泉州的城市土地扩张平均程度比东莞与深圳低。Chen 等^[34]报道在 1990—1999 年以及在 2000—2005 年内, 深圳的城市面积增长率分别是 19.4% 和 7.4%, 而东莞是 20.9% 和 11.9%。可见, 对比表 7 的泉州, 尽管没有完全在时间段相一一对应, 但整体明显看出东莞与深圳要高出很多。泉州城市化扩张水平与程度仍处于低级阶段, 与其所处的地理位置与人口的增长程度有关。就地理位置而言, 东莞与深圳地处珠江三角洲经济繁华带, 可从紧邻的香港与广州经济发展中获益。泉州北有省会城市福州, 南有经济特区厦门, 削弱了它的腹地影响力。其次, 人口对其有一定的影响。表 10 列出了 1990—2010 年 3 个城市的人口及其增长率。1990 年泉州的常住人口为 573.44 万, 是深圳(167.78 万)和东莞(195.62 万)的 3 倍左右。而到了 2010 年, 泉州的人口(812.58 万)均小于深圳(1 037.20 万)和东莞(822.48 万)。整体上看, 深圳和东莞的各时间段人口增长率要高于泉州。人口的增加和涌入, 刺激了人们对城市土地的需要量, 也进一步加速了城市的扩张。

表 10 泉州、深圳与东莞 1990—2010 年常住人口及其 4 个时间段的增长率比较

Table 10 Comparison of resident population and its increase rates in Quanzhou, Shenzhen and Dongguan, 1990—2010

时间	泉州		深圳		东莞	
	常住人口(万)	人口增长率(%)	常住人口(万)	人口增长率(%)	常住人口(万)	人口增长率(%)
1990	573.44		167.78		195.62	
1995	648	13.0	449.15	167.7	336.45	72.0
2000	728.07	12.4	701.24	56.1	644.84	91.7
2005	762	4.7	827.75	18.0	656.07	1.7
2010	812.58	6.6	1 037.20	25.3	822.48	25.4

4 结论

泉州市土地覆被以林地和耕地为主, 2010 年林地占总面积约 60%, 而耕地占约 15%。研究期 15 年内建设用地增加的面积居首, 增长速度也最快, 从 1995 年的占总土地面积 5.42% 增加到 2010 年的 12.23%, 增长了一倍以上, 15 年共增加达到 757.55 km²;

而耕地减少突出, 从 1995 年占总面积的 19.45% 减少到 2010 年的 15.26%, 减少 464.02 km²。从土地利用地类转换看, 1995—2010 年间, 减少的耕地面积中有 57.4% 转化为建设用地, 而建设用地转化为耕地的较少, 泉州城镇扩张的过程中, 以牺牲耕地的面积最为广阔, 建设用地侵占耕地的现象较明显。泉州市土地景观呈现日益多样化、破碎化以及形状复

杂化的趋势。跨区域比较土地利用综合动态度，一定程度上验证了原先的假定，即：从中国东部、中部、西部地区梯度推移而表现递减的趋势。但是，泉州城市扩张速率与沿海其他城市比较，仍然处于较低水平。与深圳与东莞相比，泉州城市扩张速率由于地理位置与人口数量等关系而相对落后。

致谢：论文写作期间，正逢中国台湾开南大学张康聪(Kang-tsung Chang)教授与美国克拉克大学地理系教授 Robert Gilmore Pontius Jr 受邀来我院讲学，作者分别与他们讨论，十分感谢他们给予的启发、帮助与指导！

参考文献：

- [1] Lambin EF, Geist HJ. Land-use and Land-cover Change: Local Processes and Global Impacts. Berlin: Springer-Verlag, 2006: 1-222
- [2] Matson PA, Parton WJ, Power AG. Agricultural intensification and ecosystem properties[J]. Science, 1997, 277(25): 504-509
- [3] Turner II BL. Local faces, global flows: The role of land use and land cover in global environmental change[J]. Land Degrad. Rehab., 1994, 5(2): 71-78
- [4] Meyer WB, Turner II BL. Land-use/land-cover change: Challenges for geographers[J]. GeoJournal, 1996, 39(3): 237-240
- [5] Thompson AW, Prokopy LS. Tracking urban sprawl: Using spatial data to inform farmland preservation policy[J]. Land Use Policy, 2009, 26: 194-202
- [6] Dewan AM, Yamaguchi Y. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization[J]. Applied Geography, 2009, 29: 390-401
- [7] El-Raey M, Fouda Y, Gal P. GIS for Environmental assessment of the impacts of urban encroachment on Rosetta Region, Egypt[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 60: 217-233
- [8] Hadeel AS, Jabbar MT, Chen XL. Environmental change monitoring in the arid and semi-arid regions: a case study Al-Basrah Province, Iraq[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 167: 371-385
- [9] Malaviya S, Munsu M, Oinam G, Joshi PK. Landscape approach for quantifying land use land cover change (1972-2006) and habitat diversity in a mining area in Central India (Bokaro, Jharkhand) [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2010, 170: 215-229
- [10] Turan SÖ, Kadioğullari Aİ, Günlü A. Spatial and temporal dynamics of land use pattern response to urbanization in Kastamonu[J]. African Journal of Biotechnology, 2010, 9(5): 640-647
- [11] Donnay J, Barnsley MJ and Longley PA. Remote Sensing and Urban Analysis[M]. London: Taylor & Francis, 2001
- [12] Richer M, Weiland U. Applied Urban Ecology: A Global Framework[M]. Chichester: Wiley-Blackwell Publishing Ltd., 2012
- [13] Banzhaf E, Netzband M. Monitoring urban land use changes with remote sensing techniques[A]// Richer M, Weiland U. Applied Urban Ecology: A Global Framework[C]. Chichester: Wiley-Blackwell Publishing Ltd., 2012: 18-32
- [14] 刘纪远, 张增祥, 李秀彬, 庄大方, 张树文. 20世纪90年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 1-613
- [15] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 匡文慧. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 26(12): 1411-1420
- [16] Xu K, Kong CF, Liu G, Wu CL, Deng H B, Zhang Y, Zhuang Q L. Changes of urban wetlands in Wuhan, China, from 1987 to 2005[J]. Progress in Physical Geography, 2010, 34(2): 207-220
- [17] Luo J, Wei YHD. Modeling spatial variations of urban growth patterns in Chinese cities: The case of Nanjing[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 91: 51-64
- [18] 陈曦. 中国干旱区土地利用与土地覆被变化[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-543
- [19] 庄剑顺. 人文因素影响的泉州市土地利用/覆被变化研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2006
- [20] 潘卫华. 遥感监测下的城市扩展分析——以泉州为例[J]. 福建地理, 2005, 20(1): 16-19
- [21] 全斌, 朱鹤健, 陈松林. 基于 GIS 和 RS 的晋江市土地利用变化与可持续利用研究[J]. 生态环境, 2003, 12(4): 423-426
- [22] 吴巍, 周生路, 魏也华, 刘克华, 陈江龙, 管卫华. 中心城区城市增长的情景模拟与空间格局演化——以福建省泉州市为例[J]. 地理研究, 2013, 32(11): 2041-2054
- [23] 郝仕龙. 土地利用/土地覆被变化研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009: 1-151
- [24] 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
- [25] 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): 83-89
- [26] 钱李. 基于 RS 和 GIS 的区域土地利用变化预测研究——以无锡市惠山区为例[D]. 南京: 南京林业大学, 2010
- [27] 吴秋敏, 吕恒. 江苏省近 30 年来的土地利用变化的区域差异分析[J]. 地球信息科学, 2009, 5(11): 670-676
- [28] 王思远, 张增祥, 周全斌. 基于遥感和 GIS 技术的土地利用时空特征研究[J]. 遥感学报, 2002, 6(3): 223-228
- [29] 焦秀琪. 世界城市化发展的 S 型曲线[J]. 城市规划, 1987(2): 34-38
- [30] Quan B, Xiao ZK, Römkens MJM, Bai YJ, Lei S. Spatiotemporal urban land use changes in the changzhutan region of Hunan Province in China[J]. Journal of Geographic Information System, 2013, 5(2): 136-147
- [31] Quan B, Römkens MJM, Bingner RL, Momm H, Wilcox D. Changes in spatiotemporal land use patterns in selected hydrogeomorphic areas of China and the USA[J]. International Journal of Geosciences, 2013, 4(3): 537-548
- [32] 全斌. 中国西北与东南土地利用变化及比较[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2010: 1-220
- [33] Seto KC, Fragkias M, Güneralp B, Reilly MK. A meta-

analysis of global urban land expansion[J]. PLoS ONE, 2011, 6(8): e23777
[34] Chen J, Chang K, Karacsonyi D, Zhang X. Comparing

urban land expansion and its driving factors in Shenzhen and Dongguan, China[J]. Habitat International, 2014, 43, 61–71

Land Use Change and Regional Comparison of Quanzhou City

QUAN Bin^{1,2}, SONG Hui², LI Chao-kui¹, REN Hong-ge², GUO Tao², BAI Yi-jun², LEI Shi²

(1 National-Local Joint Engineering Laboratory of Geo-Spatial Information Technology, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China; 2 School of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411201, China)

Abstract: Urbanization in China develops fast in recent decades. Land use/cover change (LUCC) is the key reason causing the evolution of Quanzhou City's eco-environment. Therefore, quantitative analysis for the spatiotemporal patterns of Quanzhou's urbanization can provide not only theoretical basis for future regional environment assessment, but also scientific basis for the construction of Western Taiwan Straits Economic Zone and geopolitical strategy "One Belt One Road". However, due to the complexity of urban LUCC and the restriction of multi-disciplinary integration, the inter-regional land use quantitative analysis based on remote sensing imagery interpretation is relatively immature. This study adopts Geographic Information System (GIS) and the remote sensing method, with the land-use data of 1995, 2000, 2005 and 2010 recorded from remote sensing images as main data sources, to comparatively study the land-use quantitative characteristics, dynamic and change process of Quanzhou City in Fujian Province, China with the views of cross region in the latest 15 years. The results showed that in 2010, as the main land use types in Quanzhou City, forest land and cropland accounted for 60% and 15% of the total area respectively. Our data show that construction land in Quanzhou City increased more than twofold from 1995 to 2010, the areas of cropland and forest land decreased distinctly and about 57.4% of the converted cropland became into construction land. Most urban land expansion concentrated in the coastal areas, including the city districts and areas with the dominance of labor intensive industries. The comprehensive dynamic degrees of each period were 7.87, 5.18 and 3.85 in a descending order; correspondingly, the land use degree showed a decreasing tendency of being tense at first but loose afterwards in the different periods. According to contemporaneous trans-regional comparative analysis, the comprehensive land use dynamic degree of is 5.8 for Quanzhou City, 5.5 for Changzhutan region of Central China, 11.3 for Xiamen, and 1.79 for Liupan Mountain Region of southern Ningxia, which reveals a decreasing tendency from Eastern and Middle China to Western China, and this is related to the economic development, periodicity and regionality of land use. Although urban land expansion in Quanzhou City is remarkable since 1995, it falls behind Shenzhen and Dongguan in the Pearl River Delta, the most populated and developed regions in China. Geographic location and population growth are the main driving factors. From 1995 to 2010, Quanzhou's landscape became increasingly more diverse in land use, more fragmented in the structure and more complex in shape. Number and structure of population, economic development and the national policies of developing Western Taiwan Straits Economic Zone are the main driving forces that influence the regional land use. Therefore, the major tasks ahead will be the better control of urban expansion in the eastern and central region, and better coordination of allocating land to different uses.

Key words: Land use/land cover change (LUCC); Urbanization; Geographical information system; Cross-regional comparison; Quanzhou City