

# 福建省主要铁路沿线土地利用/覆盖变化研究

徐崇敏<sup>1</sup>, 邹泽耀<sup>1</sup>, 邱荣祖<sup>1</sup>, 林玉英<sup>2</sup>, 胡喜生<sup>1\*</sup>

(1. 福建农林大学交通与土木工程学院, 福建 福州 350108; 2. 福建师范大学旅游学院, 福建 福州 350117)

**摘要:**为研究福建省铁路建设、运营期间对土地利用/覆盖变化的作用过程,选取温福铁路、福厦铁路、龙厦铁路、向莆铁路4条铁路线的福建段为研究对象,基于2000年、2010年和2020年3期土地利用/覆盖监测数据,首先利用GIS缓冲区分析法对铁路2侧土地利用/覆盖的梯度变化规律进行分析,进一步采用土地利用动态度、土地利用程度综合指数以及景观指数,探讨20a来福建省铁路建设和运营期间铁路沿线土地利用/覆盖变化的时空格局。根据铁路2侧20 km范围内土地利用/覆盖单一动态度和综合动态度的梯度变化规律,确定6 km的缓冲范围作为铁路影响域;研究发现:在影响域内,铁路的建设和运营对耕地和建设用地的影响较大,20 a间耕地减少715.49 km<sup>2</sup>,建设用地增加1 015.8 km<sup>2</sup>,分别占研究区域面积的5.96%和8.49%;而林地、草地、水域和未利用土地的变化较小,且耕地向建设用地的转化是主要的土地利用变化类型。铁路建设时期对土地利用/覆盖变化影响较大,发生变化的面积高达983.03 km<sup>2</sup>,占总面积的8.19%,而运营时期对土地利用/覆盖变化的影响较小,发生变化的面积为586.20 km<sup>2</sup>,占比达4.89%。在2000—2010年,研究区域内景观格局指数的变化明显,破碎度增加较明显,聚合度降低较明显,而在2010—2020年间破碎度和聚合度等景观格局指数变化和2000—2010年的变化相反,且变化程度减小,破碎度在铁路建设期间增加了41.23,运营期间减小2.66,而聚合度先减少0.18,后增加0.01。表明铁路运营期间对沿线区域景观格局干扰较小,且景观格局破碎程度有所改善。定量研究铁路建设及运营时期沿线土地利用/覆盖变化,为铁路沿线土地资源优化配置提供科学依据。

**关键词:**铁路;缓冲区分析;土地利用/覆盖变化;景观格局变化;福建省

中图分类号:F301.24;S157.1

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2022.01.003

## Study on land use/cover change along main railway lines in Fujian Province in recent 20 years

Xu Chongmin<sup>1</sup>, Zou Zeyao<sup>1</sup>, Qiu Rongzu<sup>1</sup>, Lin Yuying<sup>2</sup>, Hu Xisheng<sup>1\*</sup>

(1. School of Transportation and Civil Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350108, China;

2. School of Tourism, Fujian Normal University, Fuzhou 350117, China)

**Abstract:** To study the effect of railway construction and operation on land use/cover change in Fujian Province, we selected the sections with Fujian confines of Wenzhou-Fuzhou Railway, Fuzhou-Xiamen Railway, Longyan-Xiamen Railway and Xiangtang-Putian Railway as objects. Based on monitoring data of land use/cover in 2000, 2010 and 2020, the GIS buffer analysis method was used to analyze the gradient changes of land use/cover on both sides of the railway. The dynamic degree of land use, composite index of land use degree and landscape index were further used to explore the temporal and spatial patterns of land use/cover changes along the railway lines during the past 20 years. According to the gradient variation law of single dynamic degree and comprehensive dynamic degree of land use/cover within 20 km on both sides of the rail-

收稿日期:2021-02-03;修回日期:2021-12-27

**基金项目:**国家自然科学基金项目“森林覆盖空间位移的格局、过程与机制”(31971639);福建省自然科学基金项目“基于GTWR的福建省森林覆盖像元变化驱动机制的精准识别”(2019J01406);国家自然科学基金青年项目“道路网络与森林覆盖变化权衡关系的地理变异机理”(41901221)

**作者简介:**徐崇敏(1997-),女,江西九江人,硕士研究生。研究方向:道路交通与环境。E-mail:472036809@qq.com

\* **通信作者:**胡喜生(1979-),男,福建莆田人,博士生导师,博士。研究方向:道路生态、3S技术及工程应用。E-mail:xshu@fafu.edu.cn

ways, the buffer range of 6 km was determined as the railways influence area. It was found that (1) In the affected area, the construction and operation of railways had a considerable impact on cultivated land and construction land. In the past 20 years, the cultivated land has decreased by 715.49 km<sup>2</sup>, construction land increased by 1015.8 km<sup>2</sup>, accounting for 5.96% and 8.49% of the study area. The changes in forest land, grassland, water area and unused land were smaller, with conversion of cultivated land to construction land as main change type. (2) The railways construction had a higher impact on land use/cover changes, with 983.03 km<sup>2</sup> which was involved in accounting for 8.19% of the total area while the operation had a relatively small impact on land use/cover changes, with 586.20 km<sup>2</sup> for 8.19%. (3) From 2000 to 2010, the landscape pattern indices in the study area was changed significantly, in detail, the degree of SPLIT increased, and the degree of COHESION decreased. The changes of such indices as COHESION, SPLIT and AI between 2010 and 2020 were opposite to those of 2000—2010, with the reduced degree. The degree of SPLIT increased by 41.23 during railway construction but decreased by 2.66 during operation while the degree of COHESION first decreased by 0.18 and then increased by 0.01. This showed that during the operation of the railway, the disturbance to the landscape pattern of the area along lines was relatively small, and the fragmentation of the landscape pattern has eased. Quantitative research on the land use/cover changes along the railways during the construction and operation can provide a scientific basis for the optimal allocation of land resources along the railways.

**Key words:** Railway; Buffer analysis; Land use/cover change; Landscape pattern change; Fujian Province

交通运输作为基础性的服务行业,中国正经历着跨越式发展,从交通大国向交通强国迈进,走上中国特色交通可持续发展之路。《中国交通的可持续发展》白皮书中指出,为推动交通运输绿色发展,国家坚持绿色发展理念,需加强公路和铁路沿线自然资源集约高效利用<sup>[1]</sup>。据《2020年铁道统计公报》显示,2020年我国铁路运营里程超14万km,路网密度达152.3 km/万km<sup>2</sup>,然而对铁路沿线的资源开发和土地利用/覆盖变化情况的研究鲜见报道。因此,研究铁路沿线土地利用/覆盖变化情况,对铁路沿线生态保护与修复,减少对周边环境的影响具有重要的作用。铁路建设时期长,空间跨越大,对沿线土地利用影响严重,主要表现在占用耕地、城镇用地的变化、林地的砍伐与破坏、水域的占用、产生未利用土地等<sup>[2-4]</sup>。在生态脆弱地区,铁路的建设使得附近土地利用格局结构发生变化,形成环境阻隔屏障,进而引发生态环境问题<sup>[5-7]</sup>,张梨梨、张大伟等对生态脆弱地区的土地变化情况进行研究,得出生态环境有整体恶化趋势的结论<sup>[8-9]</sup>。铁路建设对周边环境的影响也可以为在复杂山区、生态保护区的铁路选线问题提供参考<sup>[10]</sup>。随着土地利用变化研究的深入,景观格局分析也越来越受关注,对景观破碎度、聚合度以及丰度等分析,结合土地利用变化可以更好地反映铁路沿线土地利用时空变化情况<sup>[11-12]</sup>。任玉兵等对土地利用变化及其驱动因素进行研究<sup>[13-16]</sup>,另有学者利用CA-Markov模型,对未来土地进行预测,为未来土地规划提供参

考<sup>[17]</sup>。土地利用与景观格局变化是揭示人类活动与自然环境相互作用的表现形式<sup>[18]</sup>。福建省按照“构筑快速铁路,加强出海通道,贯通区域线路,完善海西路网”的总体思路,建设高效路网,打造一体化综合交通体系,重点建设沿海铁路,完善、提升区域内部铁路路线网,促进形成多层次、有秩序的海西铁路网络,成为全国首个“市市通高铁”的省份。2020年福建省铁路运营里程达3774.3 km,越来越多的县城也纳入福建省铁路规划中<sup>[19]</sup>。同时,福建省也是我国首个国家生态文明建设试验区。为促进福建省交通行业绿色发展,增加环境友好程度,对铁路沿线周围土地利用变化影响的研究显得尤为重要。然而,目前福建省铁路沿线的土地利用强度时空格局特征尚不清楚。研究选取温福铁路、福厦铁路、龙厦铁路、向莆铁路4条铁路线路福建段为研究对象,利用2000年、2010年和2020年3期土地利用/覆盖监测数据,运用GIS的空间分析技术,探讨铁路建设和运营对铁路周边土地利用变化和景观格局变化的影响规律,为福建省铁路路域土地规划和可持续利用提供科学依据。

## 1 研究区概况

以福建省温福铁路、福厦铁路、龙厦铁路、向莆铁路等4条铁路线的福建段为研究对象,研究线路如图1所示。温福铁路中福鼎站至福州站路段,开始建设时间为2005年,通车时间为2009年9月;福厦铁路中福州站至厦门站路段,开始建设时间为

2005 年 9 月,通车时间为 2010 年 4 月;龙厦铁路中龙岩站至厦门站,开始建设时间为 2006 年 12 月,通车时间为 2012 年 6 月;向莆铁路中建宁县北站至福州站,以及永泰站、莆田站,开始建设时间为 2007 年 11 月,通车时间为 2013 年 12 底。

为研究铁路建设过程以及运营后对周围土地利用的影响,本研究选择 2000 年(建设前)、2010 年(建设中)和 2020 年(营运后)3 期土地利用监测数据,对福建省主要铁路:温福铁路、福厦铁路、龙厦铁路、向莆铁路等的土地利用/覆盖变化情况进行分析。



图 1 研究铁路线路

## 2 研究方法

### 2.1 数据源及预处理

本研究使用的数据主要包括铁路矢量数据及福建省土地利用数据,其中铁路矢量数据来源于 OpenStreetMap,提取铁路线路作为研究对象,并结合高德地图补充、修正;2000 年、2010 年和 2020 年福建省土地利用/覆盖数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心 (<http://www.resdc.cn>),数据的空间分辨率为 30 m,均采用 Krasovsky\_1940\_Albers 投影坐标系。土地利用/覆盖数据集已经过野外调查点随机抽样核查,总体精度达 88.95%。在空间分析前,以 2020 年福建省土地利用/覆盖数据为基准,通过 ArcGIS 软件的地理配准和空间校正工具对 2000 年、2010 年土地利用/覆盖数据以及铁路矢量数据进行二次多项式和最邻近象元法叠加配准,配准的均方根误差小于 0.5 个象元<sup>[20]</sup>。

### 2.2 缓冲区分析

为研究铁路对 2 侧土地利用/覆盖变化的影响,深入分析铁路周围不同距离缓冲带土地利用梯度变化情况,以铁路为中心建立 20 个缓冲带,每条缓冲带宽为 1 km,统计分析铁路周边多环缓冲区的土地利用/覆盖变化,从分析缓冲带内不同时期各种土地利用/覆盖类型的面积变化量和土地利用动态度,经过分析比较,选择出合适的缓冲区范围。

### 2.3 土地利用/覆盖信息提取

根据土地分类系统分类原则<sup>[21]</sup>与研究区的实际情况,将土地利用划分为 6 种类型,包括耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地。耕地主要是指种植农作物的土地,包括熟耕地、新开荒地、休闲地、草田轮作地以及农果、农桑、农林用地。林地主要是指生长乔木、灌木、竹类以及沿海红树林等林业用地。草地主要是指以生长草本植物为主,覆盖度在 5% 以上的各类草地。水域主要是指天然陆地水域和水利设施用地。建设用地主要是指城乡居民点及其以外的工矿、交通等用地。未利用土地主要是指目前还未利用的土地,包括难利用的土地。

### 2.4 土地利用/覆盖时空变化分析

选取土地利用/覆盖变化幅度、土地利用/覆盖类型转移面积、单一土地利用类型动态度、综合土地利用类型动态度、土地利用程度综合指数、景观指数,进行土地利用时空变化分析。

2.4.1 土地利用/覆盖变化幅度分析 土地利用/覆盖变化幅度主要是指时间段内土地面积的变化,体现在不同土地利用类型的总量变化上,其表达式为<sup>[5]</sup>:

$$\Delta A = A_b - A_a \quad (1)$$

式中, $A_b$  为研究初期某种土地利用类型的面积, $A_a$  为研究末期某种土地利用类型的面积。

2.4.2 土地利用/覆盖转移矩阵 土地利用/覆盖转移矩阵是对研究期间土地利用类型变化的描述,它对不同时期的土地利用/覆盖状态进行计算,得到铁路沿线的土地利用/覆盖转移矩阵,进而对研究区在 2000—2020 年间不同土地利用类型的转移方向、转移幅度等情况展开分析<sup>[22]</sup>。其表达式为



$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix} \quad (2)$$

式中,  $S_{ij}$  表示地类  $i$  转变成地类  $j$  的面积,  $n$  表示发生土地利用转移的地类数量,  $j(1, 2, \cdots, n)$  分别表示发生转移前和转移后的土地利用类型。

2.4.3 单一土地利用类型动态度 单一土地利用类型动态度是衡量单种土地利用类型动态变化指标, 体现研究区域在一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况<sup>[23]</sup>, 其表达式为

$$V = \frac{A_b - A_a}{A_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $V$  为研究时段内单一土地利用类型动态度,  $A_a$  为研究初期某种土地利用类型的面积,  $A_b$  为研究末期某种土地利用类型的面积,  $T$  为研究时段长。

2.4.4 综合土地利用类型动态度 综合土地利用类型动态度是反映研究区域内一定时间内综合土地利用类型数量变化程度指标<sup>[23]</sup>, 其表达式为

$$R = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta A_{ij}}{2 \times \sum_{i=1}^n A_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

式中,  $R$  表示研究区域土地利用类型综合动态度,  $\Delta A_{ij}$  为研究时段内第  $i$  类土地利用类型转化为第  $j$  类土地利用类型面积的绝对值,  $A_i$  为研究时段初期第  $i$  类土地利用类型的面积,  $T$  为研究时段长度。

2.4.5 土地利用程度 土地利用程度反映了人类对土地资源开发利用的广度和深度。根据庄大方等<sup>[24]</sup>所提出的综合分析法, 可以计算土地利用程度, 分析相关指数可以掌握铁路沿线土地开发利用的综合水平和变化趋势。其计算公式为:

(1) 土地利用程度综合指数

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

式中,  $L_a$  为土地利用程度综合指数,  $n$  为土地利用程度分级数,  $A_i$  指第  $i$  级土地利用程度分级指数,  $C_i$  是第  $i$  级土地利用程度面积百分比。

(2) 土地利用程度变化量

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a$$

$$= \left\{ \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \right\} \times 100 \quad (6)$$

式中,  $L_a$  和  $L_b$  分别指研究期初和期末土地利用程度综合指数,  $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数,  $C_{ia}$ ,  $C_{ib}$  分别是  $a$  时间和  $b$  时间土地利用程度所占区域面积百分比。若  $\Delta L_{b-a}$  为正值, 则表明该地区处于发展期, 反之处于调整期或衰退期。

2.4.6 景观格局指数分析 研究选取类型水平和景观水平 2 个尺度的景观指数分析研究区域景观格局时空变化, 各景观格局指数的计算均在 Fragstats 软件中完成<sup>[25-26]</sup>。类型水平景观指数选取斑块所占景观面积比例 (PLAND)、最大斑块所占景观面积的比例 (LPI)、斑块个数 (NP)、总边界长度 (TE)、斑块凝聚度 (COHESION)、分裂指数 (DIVISION)、分离度 (SPLIT)、聚合度 (AI) 8 项指标来进行分析。景观水平指数选取 PD, LPI, TE, COHESION, SPLIT, AI, PD (斑块密度), ED (边缘密度), 香农多样性指数 (SHDI) 和香农均度指数 (SHEI) 10 项指标来进行分析。其中 SHDI 能反映景观异质性, 其值越高说明在一个景观系统中, 土地利用越复杂, 破碎化程度越高, SHEI 可以描述景观中各斑块类型分配的均匀程度。对铁路沿线缓冲区内景观格局变化进行研究, 可以有效反映土地利用/覆盖变化情况及空间特征变化。

### 3 结果与分析

#### 3.1 铁路沿线 2 侧土地利用/覆盖总体分析

3.1.1 土地利用/覆盖结构 分析将研究时间段内土地利用/覆盖类型末期减去初期的面积, 即可得到不同缓冲带内土地利用/覆盖类型的面积变化量。

2000—2020 年土地利用/覆盖变化量的变化规律见图 2, 铁路建设时期随着缓冲距离的增加, 建设用地和水域的面积在增加, 但面积变化量逐渐减少, 草地、林地和耕地的面积变化不显著。其中建设用地和耕地面积的变化幅度较大, 1—6 km 缓冲范围内, 面积变化显著减少, 7—20 km 缓冲范围内面积变化趋于平缓。铁路运营时期, 只有建设用地面积在增加, 耕地、林地、草地、水域和未利用土地的面积均在减少, 建设用地在 1—4, 13—18 km 缓冲范围内面积变化显著, 耕地在 1—4 km 缓冲范围内面积变化显著, 在 5—20 km 缓冲范围内面积变化较小, 且变化幅度较第 1 时期有所减小。

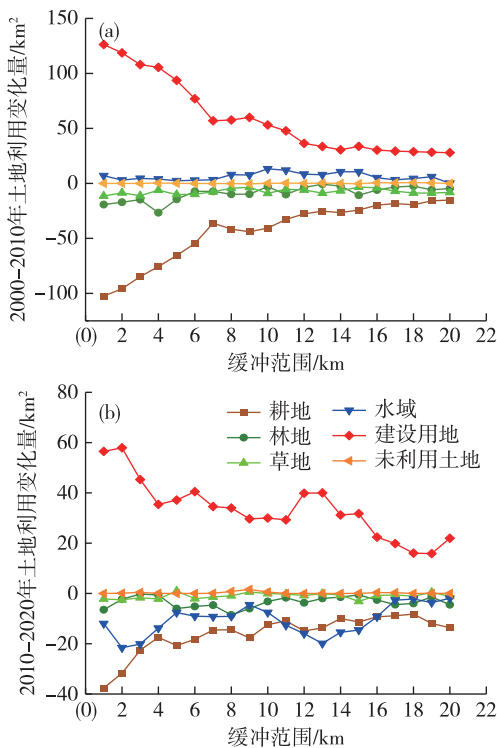


图2 2000—2020年土地利用变化量随缓冲距离变化规律

3.1.2 单一土地利用动态度分析 基于缓冲带内各土地利用类型的面积变化量,通过表达式(3)的计算得到单一土地利用动态度随缓冲距离变化规律,见图3。

2000—2020年单一土地利用动态度随缓冲距离变化规律见图3,铁路建设时期,随着缓冲距离的增加,建设用地呈现出震荡变化且动态度维持在5%—10%,水域动态度在0—2.5%之间变化,到运营时期,建设用地动态度在2%—6%内变化,且在12—20 km范围内建设用地的动态度变化较大,水域的动态度在-3%—0%之间。20 a间在0—20 km范围的缓冲区内,水域、耕地、草地、林地动态度趋于零,而未利用土地动态度变化幅度大,这是因为未利用面积基数小,小面积的变化会使其计算所得动态度变化较大。

3.1.3 综合土地利用动态度 分析将缓冲带内各种土地利用类型的面积和转移面积代入表达式(4)中,可以得出各缓冲带在2个时间段内的综合土地利用动态度,见图4。

2000—2010年期间,7—12 km缓冲范围内综合动态度变化较为稳定,2010—2020年期间,5—12 km缓冲范围内综合动态度变化较为稳定。从整体上看,随着缓冲距离的增加,综合土地利用动态度

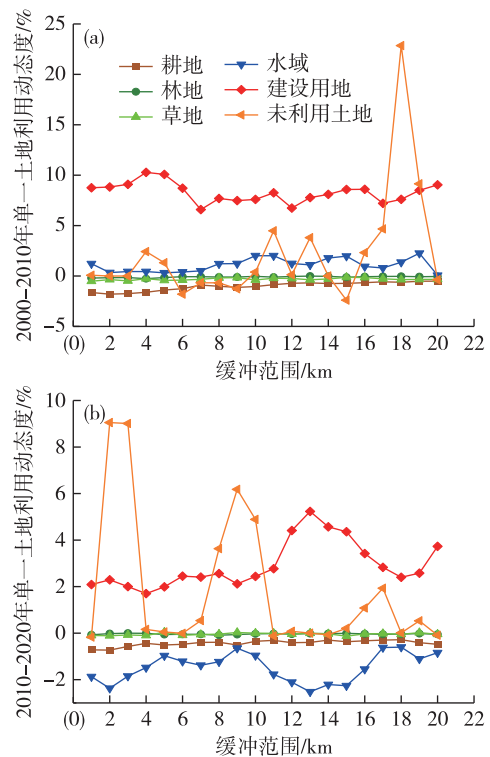


图3 2000—2020年单一土地利用动态度随缓冲距离变化规律

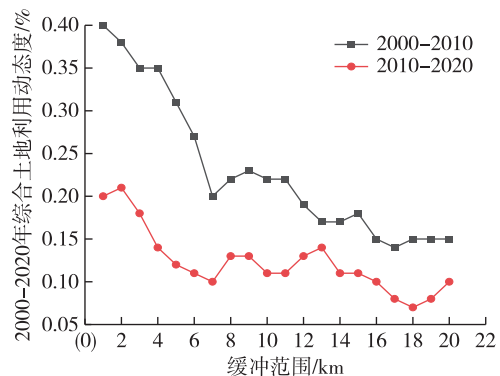


图4 2000—2020年综合土地利用动态度随缓冲距离变化规律

呈整体下降趋势,表明距离铁路越近,土地利用变化程度越剧烈;将2个时间段对比,2000—2010年综合土地利用动态度大于2010—2020年,表明铁路建设时期对周围土地利用变化的影响比运营时期要大。

根据以上对土地利用类型面积变化、单一动态度以及综合动态度的分析,可见在6 km左右缓冲范围,各种土地利用类型的动态度变化幅度较平缓,故确定6 km为铁路影响域,作为以下分析的研究

区域。

3.2 铁路影响域土地利用/覆盖变化分析

以 6 km 的缓冲范围作为研究区域,总面积为 11 995.39 km<sup>2</sup>。经处理后,2000 年,2010 年和 2020 年的土地利用/覆盖情况见图 5。由图 5 可以看出,林地、耕地、草地和建设用地是研究区域内主要的土地利用/覆被类型,且建设用地的面积逐年扩大,集中在龙岩站、漳州站、角美站、厦门站、厦门北站、晋江站、泉州站和福州站附近。

3.2.1 土地利用/覆盖变化幅度分析 统计出各土地利用/覆盖类型的面积和比重,可以掌握研究区域内的土地利用结构,见表 1。所研究铁路沿线 6 km 范围内土地利用/覆盖类型以耕地和林地为主,2020 年这 2 种土地利用类型的面积占比之和达到 69.68%。2000—2010 年耕地、林地、草地的面积有不同幅度的减少,分别为 529.03,113,60.98 km<sup>2</sup>,

建设用地和水域面积有所增加,分别为 677.47,25.25 km<sup>2</sup>,可以看出铁路在建设过程中占用的土地利用类型以耕地和林地为主,且会带动周围土地向建设用地转变。从图 5 中可以看出,在火车站周围,如福州站、厦门站和龙岩站周围建设用地明显增多;在铁路线路 2 侧,多是耕地和林地转变成建设用地。2010—2020 年水域的面积减少较多,为 106.87 km<sup>2</sup>,这表明铁路运营期间对水域的影响日趋明显;耕地、林地、草地和建设用地的变化趋势和 2000—2010 年基本一致,但是变化幅度明显减小。20 a 里建设用地面积明显增长,增长了 1 015.8 km<sup>2</sup>,耕地、林地、草地和水域有不同程度的减少,而未利用土地面积基本不变,表明铁路建设及运营会对环境变化造成一定影响,且第 2 个时间段土地利用/覆盖除水域外,面积变化幅度都小于第 1 个时间段,说明运营时期内铁路对周边环境的影响要小。



图 5 2000 年、2010 年和 2020 年铁路影响域土地利用分布现状

表 1 2000—2020 年铁路影响域土地利用类型面积及占比

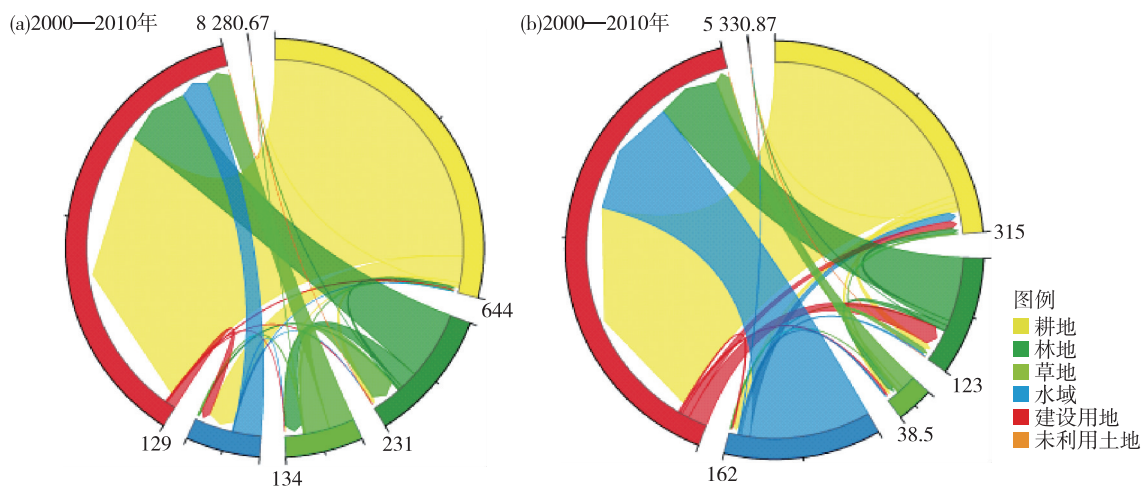
土地类型		2000 年	2010 年	2020 年	2000—2010 年 变化幅度/%	2010—2020 年 变化幅度/%	2000—2020 年 变化幅度/%
耕地	面积/km <sup>2</sup>	3 200.86	2 671.83	2 485.37	-529.03	-186.45	-715.49
	占比/%	26.68	22.27	20.72			
林地	面积/km <sup>2</sup>	6 020.74	5 907.73	5 873.34	-113.00	-34.39	-147.40
	占比/%	50.19	49.25	48.96			
草地	面积/km <sup>2</sup>	1 440.95	1 379.97	1 368.76	-60.98	-11.22	-72.20
	占比/%	12.01	11.50	11.41			
水域	面积/km <sup>2</sup>	546.26	571.51	464.64	25.25	-106.87	-81.61
	占比/%	4.55	4.76	3.87			
建设用地	面积/km <sup>2</sup>	783.09	1 460.56	1 798.89	677.47	338.33	1 015.80
	占比/%	6.53	12.18	15.00			
未利用土地	面积/km <sup>2</sup>	3.50	3.79	4.39	0.29	0.60	0.89
	占比/%	0.03	0.03	0.04			
总计面积/km <sup>2</sup>		11 995.39	11 995.39	11 995.39			

3.2.2 土地利用/覆盖转移矩阵 分析基于经过处理的 3 期土地利用/覆盖分类数据,通过 GIS 处理、EXCEL 数据统计可以得到 2000—2010 年时期和 2010—2020 年时期的土地利用/覆盖转移矩阵,再利用 Origin 软件绘制转移矩阵弦图(如图 6)。研究区内各种地类相互转化种类多,2000—2010 年土地变化涉及 983.03 km<sup>2</sup>,占总面积的 8.20%,2010—2020 年土地变化涉及 586.20 km<sup>2</sup>,占总面积的 4.89%,变化最大的转换类型是耕地向建设用地的转化。2000—2010 年总计 806.66 km<sup>2</sup> 的建设用地面积增加,占该时期总变化面积的 82.06%。2010—2020 年总计 497.93 km<sup>2</sup> 的建设用地面积增加,占该时期总变化面积的 84.94%,但较上一时期的扩张规模有所降低,从图 5 可以看出,建设用地的增加主要分布在火车站周围,福厦铁路中,泉州—厦门站路段中建设用地增加明显。另外由耕地转出的土地面积也占很高比例,2000—2010 年总计

633.54 km<sup>2</sup> 的耕地转出,占该时期总变化面积的 64.45%。这主要是由于铁路建设占用了大面积耕地,同时铁路建设也促使铁路沿线及站点周围交通设施发展和地区规划建设,居民活动向交通便利的地方靠拢,导致大面积耕地转向建设用地。2010—2020 年总计 288.49 km<sup>2</sup> 的耕地转出,占该时期总变化面积的 49.21%,耕地转出比例大幅减少,是由于耕地后备资源匮乏,耕地保护形势严峻,福建省认真贯彻“合理利用土地和切实保护耕地”的基本国策,制定《福建省土地利用总体规划(2006—2020 年)》等相关耕地保护政策,统筹土地资源开发利用和保护,协调土地资源利用与生态建设。

### 3.3 铁路影响域土地利用/覆盖变化动态度分析

3.3.1 单一土地 利用动态度分析为研究各土地利用类型在 2000—2010 年和 2010—2020 年的面积变化程度,根据表达式(3),分别计算出 2 个时期单一土地利用动态度(如图 7)。



注:由扇形中引出的箭头为由该种土地利用类型转出的面积,如图中由黄色扇形引出指向红色扇形的箭头,即代表由耕地转向建设用地的面积

图 6 2000—2020 年铁路影响域土地利用转移矩阵弦图(单位:km<sup>2</sup>)

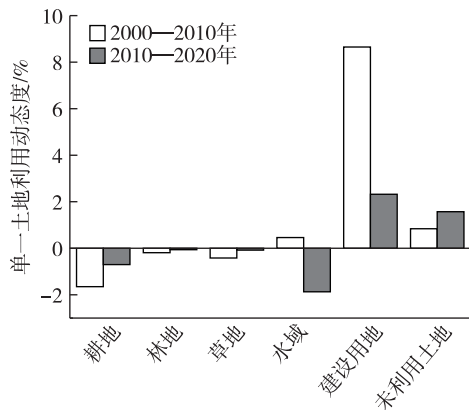


图 7 2000—2020 年铁路影响域单一土地利用类型动态度

单一土地利用动态度主要反映了该研究区某种地类的年变化率,2000—2010 年建设用地动态度最大,为 8.65%,耕地次之,为-1.65%。2010—2020 年建设用地、未利用土地和水域变动较大,动态度分别为 2.32%、1.57%和-1.87%。

在 20 a 间,耕地、林地、草地和水域的单一动态度为负数,建设用地和未利用土地的单一动态度为正数,说明前者变化趋势是减少,后者增多。建设用地的动态度为 6.49%,变动幅度大,面积增加多;而耕地的动态度为-1.12%,耕地面积大幅减少,由图 6 可知,有较多耕地面积转化为其他类型土地,未



利用土地的新增主要由林地和水域转入。由图 7 可以清晰的展示各地类单一动态度的情况。

3.3.2 综合土地 利用动态度分析根据表达式(4),计算出 2000—2010 年和 2010—2020 年时期的综合土地利用动态度,分别为 0.41%和 0.24%,第 2 时期综合动态度较第 1 时期下降,表明铁路运营时期对周围土地利用的影响较铁路建设时期要小,铁路周边土地利用类型变化速度下降。

### 3.4 土地利用/覆盖程度变化分析

表 2 为根据前人研究<sup>[24]</sup>得到的土地利用程度分级赋值表,将其计算得出的土地利用程度面积百分比带入表达式(5),(6)可以计算铁路沿线 3 个时间节点的土地利用程度综合指数和 2 个时间段土地利用程度变化量,见表 3。

如表 3 所示,2000 年,2010 年和 2020 年研究区域土地利用程度综合指数逐年递增,说明研究区域的利用程度逐年提升,且 2000—2010 年土地利用程度指数增加幅度高于 2010—2020 年,说明土地利用程度增长速率减慢,人类活动对土地利用影响程度由快变慢,铁路建设时期对土地利用程度影响大,开通运营后影响程度降低。由表达式计算得到的土地利用程度是一个范围为 100—400 的综合指数,

由表 3 可知,2020 年土地利用程度为 250.68,故该区域土地利用程度还有较大的开发空间。

表 2 土地利用程度分级赋值

土地利用类型	分级指数
未利用土地级(未利用土地、难利用土地)	1
林草水用地级(林地、草地、水域)	2
农业用地级(耕地、人工草地)	3
城镇聚落用地级(居民点、城镇、工矿用地、交通用地)	4

表 3 2000—2020 年铁路影响域土地利用程度综合指数

土地利用程度	综合指数
2000 年	239.71
2010 年	246.59
2020 年	250.68
2000—2010 年土地利用程度变化量	6.88
2010—2020 年土地利用程度变化量	4.08
2000—2020 年土地利用程度变化量	10.96

### 3.5 土地利用/覆盖景观格局变化分析

3.5.1 类型水平格局特征 从图 8 中可以看出建设用地在 20 a 间的占比增长约 8.8%,斑块数量变化不大,但最大斑块面积占比增加,分离度降低,而聚合度上升,说明建设用地的面积逐渐扩大,斑块

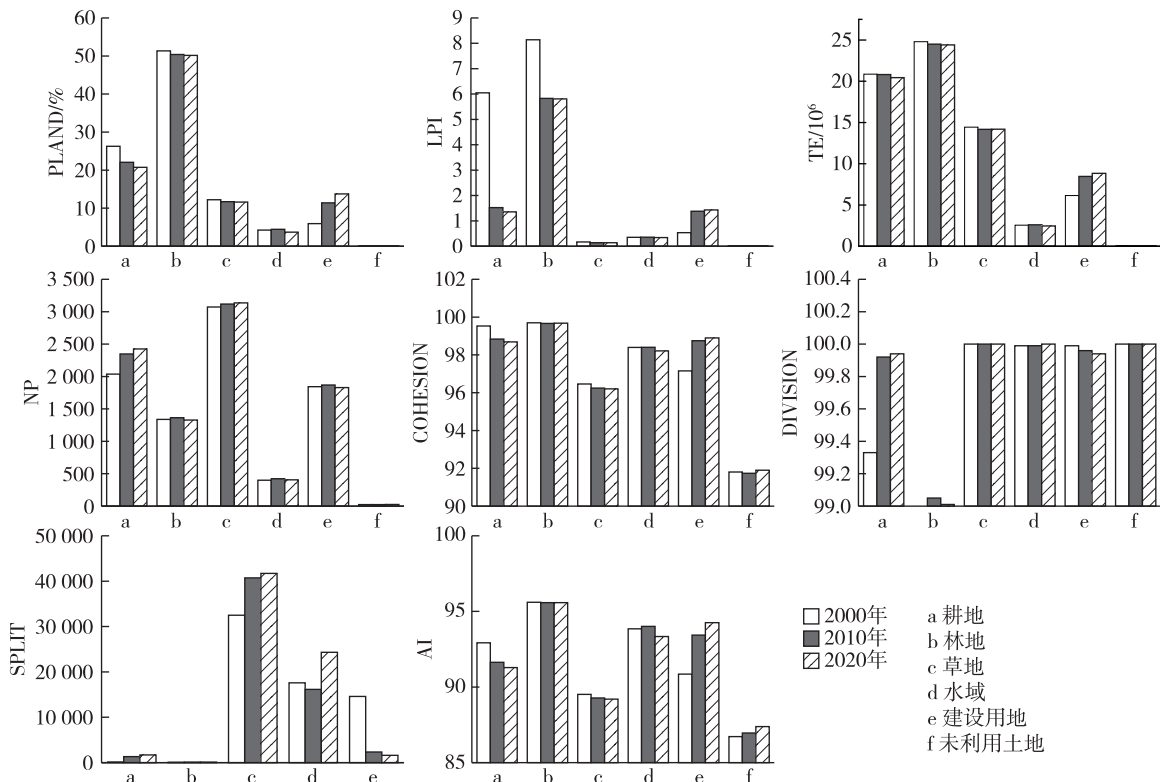


图 8 2000—2020 年铁路影响域景观类型水平格局指数



之间的联系更加紧密,聚合度越来越高。耕地类型所占比逐年递减,20 a 间减少约 5.5%,最大斑块面积占比减少 4.7%,斑块数量大幅增加,分离度逐渐增大,聚合度降低,且 2000—2010 年比 2010—2020 年的变化幅度要大,表明由于铁路建设,耕地的变化明显,破碎程度增大。林地类型所占比最大,高达 50% 左右,在 20 a 里林地占比减少约 1.16%,LPI 的值有所减少,斑块数量、分离度和聚合度变化不大,这主要是因为林地多分布于山区,且铁路运营期间是封闭状态,通常以隧道、铁路桥形式穿越林地,故铁路建设及运营对林地影响较小。草地和水域类型的土地占比逐年减少,但减少量在 1% 内斑块数量、总边界长度变化不大,分离度升高,聚合度降低,这表明这 2 种土地利用类型在空间上逐渐分散。由于未利用土地的面积小,分散广,所以分离度高;从图 6 中可知,由林地转为未利用土地,使其面积增加,故未利用土地分离度逐渐降低,聚合度增加,但幅度不大。

从时间段来看,2010—2020 年各指数变化比 2000—2010 年变化幅度小,可以看出铁路在建设期间对周围类型水平格局指数影响大,而在运营期间铁路属于封闭式运行,对周围土地利用类型的变化影响较小。

3.5.2 景观水平格局特征 从表 4 中可以看出,2000—2010 年景观格局特征参数 NP, LPI, TE, SPLIT 等变化幅度较大,SHDI 和 SHEI 值都呈上升趋势,表明土地利用更加丰富,破碎化程度更高,各斑块类型在景观中趋于均衡化分布;2010—2020 年 NP, LPI 维持原来的变化趋势,TE, ED, COHESION, SPLIT, AI 与原来变化趋势相反,且变化幅度小,SHDI 和 SHEI 值都没变,说明在这一段时间里,景观格局总体各斑块类型分配的均匀程度变化不大,多样性也维持稳定。这些指标的变化,在一定程度上表明铁路建设期间对景观格局影响较大,使土地利用/覆盖类型变化大,造成景观破碎,聚合度下降,分配均匀程度也下降。而在铁路运营期间,铁路沿线土地利用/覆盖总体景观格局的指标趋于稳定,并且有破碎度下降、聚合度上升的现象,这得益于国家及福建省政府相关土地利用规划政策的实施,如《福建省土地利用总体规划(2006—2020)》要求统筹土地开发和保护,保持农用地数量基本稳定,适度扩大建设用地规模,在不破坏生态环境的前提下,合理开发未利用地。

表 4 2000—2020 年铁路影响域景观格局特征指数

指数	2000 年	2010 年	2020 年
NP	8 715	9 143	9 150
PD	0.76	0.79	0.79
LPI	8.14	5.83	5.81
TE	34 415 920	35 293 880	35 190 800
ED	29.95	30.67	30.55
COHESION	99.48	99.30	99.31
DIVISION	0.98	0.99	0.99
SPLIT	51.26	92.49	89.83
AI	93.8	93.66	93.68
SHDI	1.25	1.32	1.32
SHEI	0.70	0.74	0.74

4 结论与讨论

4.1 结论

(1)本研究铁路沿线 6 km 范围内土地利用/覆盖类型以耕地和林地为主,2020 年时,这 2 种类型合计占比达 69.68%。2000—2020 年耕地及建设用地的面积变动较大,耕地减少 715.49 km<sup>2</sup>,建设用地增加 1 015.8 km<sup>2</sup>,占总研究区域面积的比例分别为 5.96% 和 8.47%。

(2)在铁路快速建设及运营期间,土地利用类型转化面积广,主要是耕地的转出和建设用地的转入,并且耕地的单一动态度降低,建设用地的单一动态度升高,综合土地利用动态度降低,土地利用程度也逐年升高。

(3)因耕地和林地所占比率高,转出的面积大,故这 2 种土地利用类型的斑块数增加快,分离度递增,其中耕地的变化明显,聚合度降低,而林地变化不明显,这主要是因为铁路运营以封闭形式穿越林地,对林地影响程度小。而土地利用类型向建设用地转化面积大,建设用地面积激增,面积占比、斑块数量和聚合度增加,分离度降低。未利用土地面积主要来源于林地转入,且面积小,故未利用土地的小面积变化会引起部分指标的较大变化,且其斑块数量有少量增加,聚合度增加,分离度降低。

(4)从景观水平总体分析,斑块数量上升,聚合度降低幅度不大,破碎度在 2000—2010 年显著上升,2010—2020 年有所下降,说明在铁路运营期间,景观破碎程度有所改善。

(5)铁路建设对土地利用变化的影响较大,运营期间,土地利用变化情况有所改善,但耕地面积仍然在减少,建设用地面积在增加,草地变得更加

破碎,水域面积占比很小,维持铁路沿线区域土地利用/覆盖情况及生态的稳定,需合理规划建设用地,划定耕地红线,规范林地、草地占用,扩大水域面积。

#### 4.2 讨论

(1)本研究以陆域范围内铁路线周围土地利用变化情况为主要研究内容,研究结果表明铁路建设及运营对线路周围土地利用/覆被类型有较大影响,但影响土地利用类型变化的因素众多,如地形、坡度、人口、交通设施和建筑物的建设等多种驱动力因素引起土地利用/覆被类型变化<sup>[27-28]</sup>。驱动力因素存在一定的区域差异,故对于铁路沿线及火车站周围土地利用变化的驱动力机制有待进一步深入系统地探讨<sup>[29-30]</sup>。

(2)本研究从2000年(建设前)、2010年(建设中)和2020年(营运后)3个时间节点对4条铁路线路影响域范围内进行土地利用/覆被时空变化分析,但由于福建省内铁路建设及运营时间段的不一致,故未将其他铁路线路周围土地利用变化情况纳入本研究范围。但是全面研究福建省铁路周边土地利用变化情况,对其他线路的研究也具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 《中国交通的可持续发展》白皮书发布[J].中国建设信息化, 2020(24): 3.
- [2] 宁佳.西伯利亚大铁路东部沿线区域土地利用变化研究[D].长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2012.
- [3] 刘长龙,常军,刘娜,等.高速铁路的建设对沿线区域土地利用变化影响研究——以京沪高铁山东段为例[J].西安理工大学学报, 2020, 36(3): 367-375, 423.
- [4] PATARASUK R, BINFORD M W. Longitudinal analysis of the road network development and land-cover change in Lop Buri Province, Thailand, 1989-2006[J]. Applied Geography, 2012, 32(2): 228-239.
- [5] 国巧真,蒋卫国,王志恒.高速铁路对周边区域土地利用时空变化的影响[J].重庆:重庆交通大学学报(自然科学版), 2015, 34(4): 133-139.
- [6] 李海文,鲍学英.川藏铁路高原脆弱区沿线受损生态空间修复状况综合评价[J].铁道科学与工程学报, 2020, 17(9): 2412-2422.
- [7] 赵留辉.兰张三四线涉及傍河饮用水水源环境环保选线研究[J].铁路节能环保与安全卫生, 2020, 10(4): 13-17.
- [8] 张梨梨.格尔木—南山口铁路沿线土地利用/覆盖变化研究[D].北京:中国地质大学, 2014.
- [9] 张大伟,胡长群,何怀江,等.吉林省辽河流域土地利用类型演变过程研究[J].森林工程, 2020, 36(5): 45-53, 61.
- [10] 崔晓旭,王宗鹏,李晓霞,等.复杂山区高速铁路环保选线策略研究[J].铁路节能环保与安全卫生, 2020, 10(3): 18-21.
- [11] 黄勇,李阳兵,应弘.渝宜高速(重庆段)对土地利用变化驱动及景观格局的响应[J].自然资源学报, 2015, 30(9): 1449-1460.
- [12] 余艳红.景观格局指数在生态环境影响评价中的应用——以丽江至香格里拉铁路生态影响评价为例[J].环境科学导刊, 2010, 29(2): 82-85, 108.
- [13] 任玉兵.渝利铁路沿线区域土地利用与景观格局变化研究[D].重庆:重庆交通大学, 2017.
- [14] 于晓凤.基于RS和GIS的土地利用/覆被变化及其驱动力研究[D].重庆:西南大学, 2016.
- [15] 张雷.“一带一路”重点工程生态-经济影响研究[D].北京:中国地质大学, 2020.
- [16] WUC, LIN Y, CHIANG L, et al. Assessing highway's impacts on landscape patterns and eco-system services: A case study in Puli Township, Taiwan[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 128: 60-71.
- [17] WANG S W, GEBRU B M, LAMCHIN M, et al. Land use and land cover change detection and prediction in the Kathmandu District of Nepal Using Remote Sensing and GIS[J]. Sustainability, 2020, 12(9): 3925.
- [18] 于涛,包安明,刘铁,等.不同等级道路对玛纳斯河流域土地利用与景观格局的影响[J].自然资源学报, 2019, 34(11): 2427-2439.
- [19] 张颖.从鹰厦铁路开“驶”,驶入高铁时代[N].福建日报. 2021-07-13(3).
- [20] 徐新良,刘纪远,张树文,等.中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集(CNLUCC)[Z].中国科学院资源环境科学数据中心数据注册与出版系统(<http://www.resdc.cn/DOI>), 2018.
- [21] 陈百明,周小萍.《土地利用现状分类》国家标准的解读[J].自然资源学报, 2007, 22(6): 994-1003.
- [22] 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(05): 643-650.
- [23] 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.
- [24] 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): 106-111.
- [25] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报, 2002, 13(1): 121-125.
- [26] 李秀珍,布仁仓,常禹,等.景观格局指标对不同景观格局的反应[J].生态学报, 2004, 24(1): 123-134.
- [27] 吴桐.新建型高铁站前核心区土地利用研究[D].济南:山东建筑大学, 2019.
- [28] 吴琛璐,王强,董政,等.福建省海岸带土地利用/覆盖变化及其驱动力[J].水土保持通报, 2018, 38(3): 318-323.
- [29] 张佰发,苗长虹.黄河流域土地利用时空格局演变及驱动力[J].资源科学, 2020, 42(3): 460-473.
- [30] 邹红艳,谭清美,朱平.城乡一体化进程中耕地利用变化的驱动因素及区域比较[J].农业工程学报, 2013, 29(21): 201-213.