

# 近30年来绥化市土地利用类型 动态变化分析

刘旋

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年10月31日; 录用日期: 2023年12月27日; 发布日期: 2024年1月4日

## 摘要

本文应用绥化市1990年, 2005年, 2020年的三期遥感影像, 分析了近三十年绥化市土地利用类型动态变化情况, 分析结果表明: 从1990年到2020年, 绥化市的土地利用类型主要可以划分为: 耕地、林地、草地、城镇和水体, 由于受到自然因素和人为因素的影响, 绥化市的土地利用类型产生明显动态变化: 耕地面积大幅度减少, 林地和水体的面积在近30年内没有大幅变化, 且空间分布也未有明显的改变; 城镇面积有一个明显的增加趋势, 且增加的速度很快; 草地的面积有一个小幅度增加。从土地利用类型的相互转移角度来看, 绥化市近30年间的土地利用类型也发生了一些转化: 耕地的面积明显缩小, 城镇面积明显扩大, 而且城镇面积扩大的速度很快, 其余土地利用类型的面积也有变动, 但变化幅度不大。本研究主要是为了更好地了解绥化市的土地利用现状, 从而使土地利用更加合理, 节约和整合土地资源, 科学制订土地利用布局, 实现经济、社会、生态的全面优化, 进而促进绥化市经济社会健康发展。

## 关键词

土地利用, 动态变化, 转移矩阵, 绥化市, GIS

# Analysis on Dynamic Change of Land Use Types in Suihua City in Recent 30 Years

Xuan Liu

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Oct. 31<sup>st</sup>, 2023; accepted: Dec. 27<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 4<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This article applies three remote sensing images of Suihua City from 1990, 2005, and 2020, and

analyzes the changes of land use types in Suihua City in recent 30 years. The results show that: from 1990 to 2020, the main land use types in Suihua City are: cultivated land, woodland, grassland, town and water body. Due to the influence of some natural and human factors, a series of changes have taken place in the types of land use in the past 30 years. The area of cultivated land has decreased significantly, but the woodland area and water area have not changed significantly, and the spatial distribution has not changed significantly; the area of urban has an obvious increasing trend, and the increasing speed is very fast; the area of grassland has a small increase. From the perspective of mutual transfer of land use types, the land use types of Suihua City have also undergone some transformation in the past 30 years: the area of cultivated land has decreased significantly, the area of cities and towns has expanded significantly, and the urban area has expanded rapidly, and the area of other land use types has also changed, but the change range is not large. This study is mainly to better understand the current situation of land use in Suihua City, so as to make land use more reasonable, save and integrate land resources, scientifically formulate land use layout, realize the comprehensive optimization of economy, society and ecology, and then promote the healthy development of economy and society in Suihua City.

## Keywords

Land Use, Dynamic Change, Transfer Matrix, Suihua City, GIS

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

自从“国际地圈与生物圈计划”和“全球变化人文因素计划”两大国际组织合作在 1995 年发表了“土地利用变化研究计划”以后，土地利用变化便一直作为全球变化研讨的关键性问题[1]，引发了国内外大量学者的关注。土地是人类生活的物质基础，土地利用类型的变动是人类活动对地表自然生态系统产生影响的最直接信号，是人类社会经济活动与自然环境衔接的纽带，人与自然的矛盾是生态和环境问题的根源[2] [3] [4] [5]。工业化和城市化的发展与资源配置的增强对区域土地利用的空间结构产生了深远的影响[6] [7] [8] [9]，随着经济社会的迅速发展，人们对日常生产生活的各项需求，导致部分的土地类型发生了变化，随之产生了一系列的问题。所以土地利用类型的动态变化研究已经成为一个热点研究项目。而在做土地利用类型的动态变化研究时，传统的土地类型变更的检测方法消耗大量的人力物力，且完成时间较长，所以需要研发一些新的方法来对此进行相关研究。马尔可夫模型作为一种效果较好的土地类型变化预测方法，近年来在土地利用变化模拟中得到了普遍的使用。

绥化市是黑龙江省重要的农业生产基地，拥有丰富的寒地黑土资源，土地合理利用对于城市可持续发展至关重要。从我国学者对绥化市土地利用相关研究情况来看贾凤梅等[10]对绥化市土地利用效益动态评价研究；冯翔迪[11]对绥化市土地集约利用评价研究；曲长祥等[12]对绥化市土地集约利用评价及驱动因子分析，以上学者主要研究土地效益和驱动力，但对绥化市土地利用类型变化分析没有涉及。本文以绥化市作为研究区，分别提取 1990 年，2005 年和 2020 年的三期遥感影像数据，同时运用监督分类中的最大似然法结合转移矩阵等方法来进行绥化市近 30 年的土地利用类型动态变化研究分析。本文旨在为当地土地资源的合理开发和利用以及对生态环境的创造提供参考。

## 2. 研究区概况与数据来源

### 2.1. 研究区概况

绥化市地处黑龙江省中部(见图 1)。四面皆与黑龙江省的其他市县相连,该地区的生态环境质量非常好,宜农、宜牧。因此,本地区农、林、牧综合发展。草原与森林面积占总土地面积 1/3。绥化市的整体地势为东北方向高于西南方向,呈三阶梯式。绥化市整体海拔为 160 至 180 米,阶面较宽且平缓,且越向河床方向越歪斜,全区属季风区,中温带,冬季干冷,夏湿热。多年平均气温 1.3℃~4℃。由于受到纬度和地形地貌的影响,研究区内的热量分布呈现东北地区低于西南地区,平原地区高于山地地区的规律。降水量在 400~570 毫米之间。

土地分类合理化对于城市可持续发展具有关键性意义[13]。绥化市位于寒地黑土中央区域,拥有充足的黑土资源,黑土分布密集,土壤质量好,肥力高,适合种植多种粮食作物。因此绥化市是黑龙江省重要的农业生产基地之一,也是中国寒地黑土绿色农业示范区。近年来,随着绥化市对土地资源进行大量的开发,减少了农业用地的面积,降低了耕地质量,导致土壤出现肥力降低,盐渍化以及沙化的情况,影响了区域内水土保持状况。

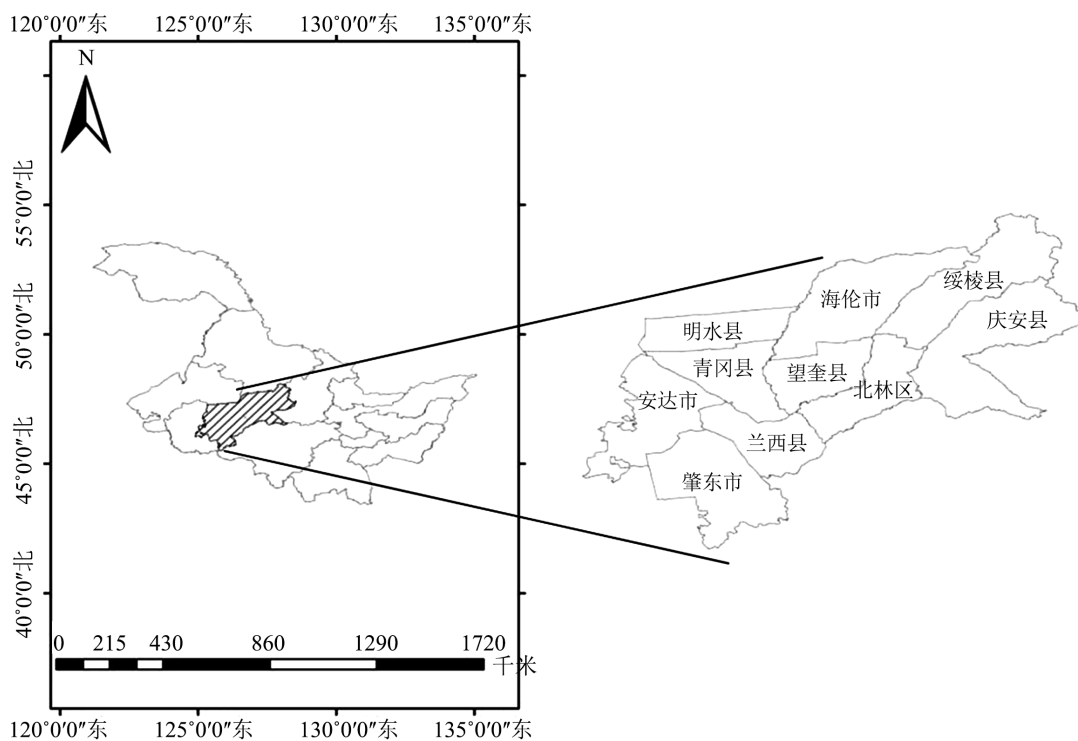


Figure 1. Overview of Suihua City

图 1. 绥化市概况图

### 2.2. 数据来源

本研究采用的数据源包括 1990 年和 2005 年的 Landsat 4-5TM 遥感影像数据和 2020 年 Landsat 8 OLI\_TIRS 遥感影像数据,这里的遥感影像数据都是从地理空间数据云进行下载的,以及绥化市的矢量数据,由于初始获得的影像覆盖范围大于绥化市的范围,所以在处理影像时,需要用绥化市的矢量数据来裁剪整体的遥感影像数据,以此获得的研究区内影像数据无云层覆盖,质量良好。

### 2.3. 数据处理

在对卫星影像的处理过程中, 先将下载的图像进行波段融合, 合成一个完整的影像, 随后对遥感数据进行图像镶嵌、辐射定标、大气校正和裁剪等工作, 根据绥化市的土地利用特征, 以及对相关文献资料的研究, 对绥化市的土地利用类型进行分类, 分别划分为: 林地、耕地、水体、城镇以及草地, 随后对 1990 年、2005 年和 2020 年的三幅影像数据, 进行训练样区的选取以及基于最大似然法的监督分类处理, 随后进行反复的结果检验, 最终得到 1990 年、2005 年和 2020 年的土地利用类型的分类状况并绘制成图, 在利用监督分类进行图像分类的结果中, 通常会出现许多孤立狭小的像元。这些孤立狭小的像元大多是由分类误差引起的。所以可以在分类后的处理过程中, 通过类别合并以及图斑合并来减少这些狭小像元, 从而得到提高结果准确性的效果。

## 3. 研究方法

### 3.1. 最大似然法

最大似然法是监督分类方法之一, 可以根据应用的目的和区域, 将研究区中的各种地物划分类别, 首先需要选取具有代表性和典型性的训练样区, 将训练样区选好后, 计算训练样区的可分离性, 当可分离性达到标准后即可进行分类, 分类时其余的地物类型会根据自身和所选出的训练样区的相似度进行判别。本文中对 1990 年、2005 年以及 2020 年的遥感数据都进行了最大似然法分类。

### 3.2. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵是马尔科夫模型应用在土地利用类型动态变化方面的研究结果。土地利用转移矩阵可以对土地利用类型和土地面积的变化有一个简洁明了的展示。能够在同时展现出两个不同时间段内各种土地利用类型之间的转化情况, 并且间接的反映出各种土地利用类型的增减的状况。当研究区土地利用类型种类不超过 10 类时, 土地利用转移矩阵的表现形式如式(1)所示。

$$C_{ij} = A_{ij} \times 10 + A_{ij}^{k+1} \quad (1)$$

式(1)中,  $C_{ij}$  表示  $k$  至  $k + 1$  时间段内研究区土地资源利用类型变化情况;  $A_{ij}^k$  表示  $k$  时间不同土地资源利用类型分布情况;  $A_{ij}^{k+1}$  表示  $k + 1$  时间研究区不同土地资源利用类型分布情况。本文对 1990 年各类地物分类数据以及 2020 年的各类地物分类数据进行了转移矩阵, 来简单直观的表现出土地利用类型之间的互相变化。

### 3.3. 土地利用单一动态度

研究区内各种土地利用类型的数量在一些因素影响下, 不同时间段内变化的幅度和速度也并不相同。计算土地利用变化速率的快慢可以用土地利用动态度模型, 这个模型是通过对研究区内土地利用类型变化速率的研究, 从而认识到研究区内土地利用发生变动的强弱程度。土地利用动态模型包括单一土地利用动态度和综合土地利用动态度, 由于本文只研究绥化市近 30 年土地利用动态变化状况, 因此仅选取了单一土地利用动态度。单一土地利用动态度指数除了可以形容研究区内土地利用变化速率, 还可以对区域内不同的土地利用类型动态变化进行比较, 公式为:

$$K = \left[ (u_b - u_a) / u_a \right] \times T^{-1} \times 100\% \quad (2)$$

式中:  $u_a$ 、 $u_b$ , 分别是研究初期和研究末期某种地物的面积;  $T$  是研究时长。

动态度是一个相对值, 仅能表现出研究期间研究区内各土地利用类型的变化率, 这个数值的大小不

止与研究期间土地利用类型面积的转变有关，而且还与研究初期的地物面积有关联。它一般用来表示某种土地利用类型的相对稳定性，计算出的数值越小，表明该土地利用类型变动小相对稳定，反之，则意味着该土地利用类型变动较大。

### 3.4. 影响因素

研究区土地利用类型变化影响因素众多，构成了一个较为复杂的社会经济系统，系统内多影响因素之间相互关联相互作用，共同影响研究区土地利用结构。本次研究基于研究区历史人文及经济现状，选择自然因素以及人为因素两个因素研究土地利用变化，对该地区的土地利用发展给出较为科学合理的建议。

#### (1) 自然因素

在土地利用类型发生变化的过程中，自然要素对土地利用类型的变动起到一个重要的作用，绥化市境内有小兴安岭山麓丘陵林地，所以绥化市森林资源富饶，野生动植物资源丰富，绥化市更是一个重要的农业生产基地，耕地面积占比巨大，受地形因素的影响，绥化市的中部地区更适合耕地资源的发展。且由于绥化市的气候属于寒温带大陆性气候，在漫长的寒冬需要大量燃煤以取暖，所以会产生大量的污染，除此以外，大片的耕地收获后的秸秆不能得到有效的处理，从而进行焚烧也会产生大量的空气污染，导致降水和气温发生变化从而使一些地类随之发生变化。

#### (2) 人为因素

改革开放以后，随着经济，工业化和城市化快速加快，这是绥化市 1990 年到 2005 年土地利用类型发生快速变化的主要原因之一。经济迅速发展带来不止有城镇资源的迅速扩大，还有人们对土地资源的不正确使用而导致的土地资源盐碱化以及对草地资源的大肆破坏。而随着经济社会的高速发展，生态环境被破坏，国家开始重视生态环境的保护，从而建造大量的自然保护区并对城市资源进行了合理化的建设，土地利用变化降低，所以这是导致绥化市在 2005 年到 2020 年土地利用动态度减小的主要原因。经济的快速增长会促进城市化进程加快，所以这就是绥化市近 30 年间城镇变化最大的主要原因之一。

## 4. 结果与分析

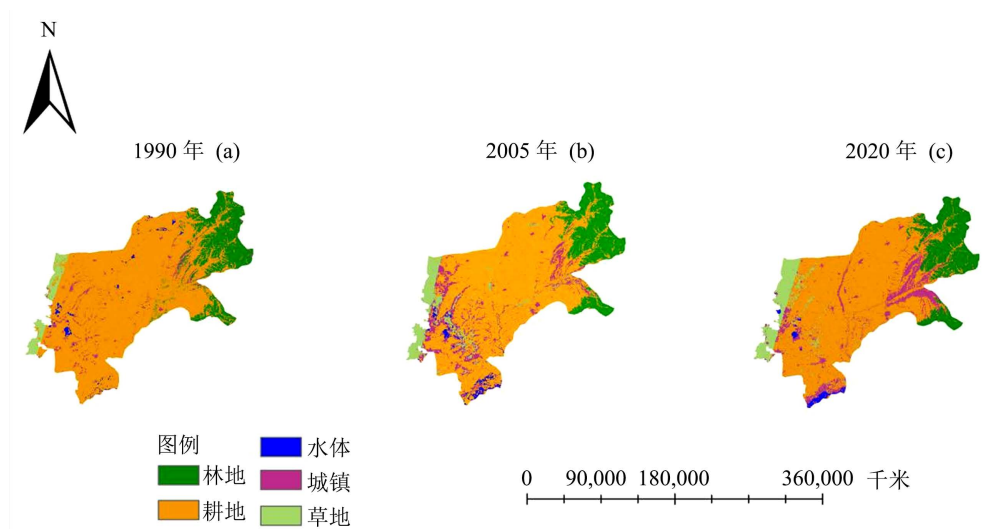
### 4.1. 近 30 年绥化市土地利用类型空间分布

1990 年，2005 年以及 2020 年的绥化市土地利用类型空间分布图(见图 2)，可以看出绥化市的主要土地利用类型为林地、耕地、草地、水体以及城镇，其中绥化市的东北部地区主要分布着林地，因为小兴安岭山麓丘陵林地处于黑龙江省东北部，由表 1 可知，林地在 1990 年占总研究区面积的比重为 13.8%，在 2020 年占研究区总面积的比重为 14.8%，近 30 年的林地面积没有过大的变化，且分布的区域也比较集中；耕地的主体位置是研究区中部，分布面积大且集中，1990 年耕地占研究区总面积比为 78.9%，2020 年耕地占研究区总面积为 66.4%，表明近 30 年间绥化市的耕地面积有一个很明显的缩小；草地主要位于研究区的西部地区，且面积较小，1990 年草地占绥化市总面积的 3.3%，2020 年草地占绥化市总面积的 7.4%，从 1990 年到 2020 年，绥化市草地的面积有明显的增加，有利于发展环境保护工程；研究区中水体分布的比较分散，且并没有占据很大面积，1990 年时水体占研究区总面积的 0.9%，2020 年时水体占研究区总面积的 0.91%，由此对比可以知道，近三十年间绥化市的水体面积并没有发生太大变化；同水体类似，研究区中城镇也呈现出分散状分布，城镇在 1990 年占研究区总面积为 3.2%，在 2020 年占研究区总面积的 10.5%。由此可以看出这三十年间，绥化市的城镇面积有一个较大的扩大，由此可以推知绥化市的城市化的进程越来越快。



**Table 1.** Overview of Suihua City table 1 land area and proportion of Suihua City from 1990 to 2020  
**表 1.** 绥化市 1990 年~2020 土地面积以及所占比例表

土地类型	1990 年		2020 年	
	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(km <sup>2</sup> )	比例(%)
林地	4690.51	13.8	5052.17	14.8
耕地	26911.43	78.9	22640.77	66.4
水体	300.11	0.9	312.34	0.91
城镇	1093.68	3.2	3571.23	10.5
草地	1113.82	3.3	2533.04	7.4



**Figure 2.** Analysis of land use in Suihua City in 1990 (a), 2005 (b), and 2020 (c)  
**图 2.** 绥化市 1990 年(a)、2005 年(b)、2020 (c)年土地利用情况分析图

#### 4.2. 近 30 年绥化市土地利用类型变化分析

土地利用变化中除了可以了解各类地物空间分布的变化外，地物类型间的相互转化进行研究也是十分必要的，在不同时期，不同的土地利用类型受到自然和人为的因素影响也会有不同程度的改变，为了突出的展示出土地利用类型的详细转化过程可以采用转移矩阵的方法。

利用 ENVI 对研究区 1990 年和 2020 年的遥感影像进行转移矩阵，可以得出 1990~2020 期间各土地利用类型互相转化的面积(见表 2)，可以得出以下结论：

(1) 林地的转化，由表 2 可以看出，从 1990 年至 2020 年共有 590.52 km<sup>2</sup> 的林地转变为其他土地利用类型，主要是转变为耕地类型，转变面积有 393.47 km<sup>2</sup>，占林地总转变面积的 66.6%，有面积为 952.18 km<sup>2</sup> 的土地由其他土地利用类型转变为林地，由表 2 可知林地和耕地在 1990 年到 2020 年间存在相互转化的关系，且可以从表格中看出，1990 年到 2020 年林地的面积增加了 361.66 km<sup>2</sup>。

(2) 耕地的转化，1990 年~2020 年一共为 5289.15 km<sup>2</sup> 的耕地转变为其他地类，由表 2 可以看出耕地的面积主要转变为了城镇的面积，转变面积为 2817.20 km<sup>2</sup>，占耕地总转移面积的 53.3%，即 30 年间绥化市的耕地面积总转移量的一半转变为了城镇的面积，由此可见绥化市在近 30 年间有努力的推进城市化进程从而导致了耕地面积的大幅度降低。由其他土地利用类型转变为耕地的面积有 1018.49 km<sup>2</sup>，但从 1990 年到 2020 年耕地的面积仍时有一个较大幅度的降低，由 1990 年的占比总研究区 78.9%减少到 2020 年占

比总研究区的 66.4%。

(3) 水体的转化, 从 1990 年到 2020 年, 由水体转化为其他土地利用类型的面积为 283.47 km<sup>2</sup>, 这 30 年间绥化市的水体面积并没有明显的变化, 1990 年水体面积占总研究区的 0.9%, 2020 年水体面积占总研究区的 0.91%, 由此可以看出水体的总面积并未发生明显的变化, 但仍有部分水体转化为其他类型的土地利用类型, 如耕地, 耕地也有一部分面积转化为水体, 可以发现, 水体与耕地在这 30 年间发生了相互转换, 且对水体的总体面积并未有太大影响。

(4) 城镇的转化, 从 1990 年到 2020 年, 30 年间, 城镇转化为其他地物类型的面积有 696.63 km<sup>2</sup>, 其他地物类型转变为城镇的面积为 3174.18 km<sup>2</sup>, 由表 2 可以看出城镇的面积有一个较大幅度的增加, 其中大部分城镇的面积是由耕地转化而来, 城镇的面积也有小部分转化为耕地, 所以可以看出, 从 1990 年到 2020 年绥化市的耕地和城镇存在相互转化的关系。

(5) 草地的转化, 从 1990 年到 2020 年, 一共有 19.32 km<sup>2</sup> 的草地转变为其他地类, 由此数据可以得知草地并未明显的转化为其他土地利用类型, 由其他土地利用类型转变为草地的面积有 1438.54 km<sup>2</sup>, 主要是由耕地转变而来。显然可以发现绥化市近 30 年间草地的面积增加了许多, 这是由于其他土地利用类型转变为草地的面积远超过草地转变为其他土地利用类型的面积。

**Table 2.** Transfer matrix of land use types in Suihua City from 1990 to 2020 (Unit: km<sup>2</sup>)

**表 2.** 绥化市 1990~2020 土地利用类型转移矩阵表(单位: km<sup>2</sup>)

土地类型	林地	耕地	水体	城镇	草地	合计
林地	4099.99	917.29	0.02	34.87	0.00	5052.17
耕地	393.47	21622.28	66.56	558.43	0.03	22640.77
水体	0.00	223.83	76.64	9.77	2.10	312.34
城镇	193.43	2817.20	146.36	397.05	17.19	3571.23
草地	3.62	1330.83	10.53	93.56	1094.50	2533.04
合计	4690.51	26911.43	300.11	1093.68	1113.82	34109.55

### 4.3. 近 30 年绥化市土地利用动态变化分析

根据土地利用类型转移矩阵结合上文中的单一土地利用动态度计算公式, 结果可得绥化市 1990 年~2020 年单一土地利用动态度(见表 3), 在 1990 年~2005 年期间, 单一土地利用动态度最大的是城镇, 达到 14.6%, 即在前 15 年间, 城镇的变化速度最快, 也就是说城镇这种地物类型并不稳定。在 2005 年至 2020 年期间, 城镇的单一土地利用动态度为 0.2%, 可以看出在后 15 年间, 城镇的变化速度迅速的降低, 即后 15 年间, 城镇逐渐趋于稳定; 其次是草地, 草地的单一土地利用动态度在 1990 年~2005 年为 8.3%, 在 2005 年至 2020 年草地的单一土地利用动态度为 0.08%, 同城镇一样, 草地的变化速度也迅速的降低了, 逐渐趋于稳定; 同样的还有水体, 水体的单一土地利用动态度在 1990 年至 2005 年期间为 3.1%, 但在 2005 年至 2020 年期间也有一个明显的速度上的降低; 耕地也同样是前期的速度变化快于后期; 唯一不同的是林地, 林地的单一土地利用动态度在 1990 年至 2005 年要比 2005 年至 2020 年要低, 可以了解到 2005 年至 2020 年林地的变化速度要比 1990 年至 2005 年较快。但是总体来看, 在绥化市近 30 年间, 城镇的变化速度是最快的, 是最不稳定的存在, 其次是草地, 这三十年间草地的单一土地利用动态度为 4.3%, 最稳定的是水体, 尽管水体在前 15 年的变化速度很快, 但按 30 年时间总体来看水体的稳定的。大部分地类都在前 15 年有一个快速的变化, 而在后 15 年变化速度则慢了去趋于稳定状态。总之, 近 30 年间绥化市各种土地利用类型都产生了改变, 并逐渐趋于稳定。

**Table 3.** Dynamic degree of single land use types in Suihua City from 1990 to 2020  
**表 3.** 绥化市 1990~2020 单一土地利用类型动态度表

土地类型	单一土地利用动态度变化(%)		
	1990 年~2005 年	2005 年~2020 年	1990 年~2020 年
林地	0.07	0.4	0.3
耕地	-1	-0.04	-0.5
水体	3.1	-1	0.1
城镇	14.6	0.2	7.6
草地	8.3	0.08	4.3

## 5. 结论

(1) 1990 年到 2020 年, 绥化市的土地利用类型主要包括林地、耕地、草地、城镇和水体。耕地的占地面积最大, 占绥化市总面积 60% 以上, 且分布集中, 绥化市东北部地区分布着林地, 而西部地区则分布着草地, 除此之外, 水体和城镇在绥化市中的分布比较分散。

(2) 1990 年到 2020 年, 30 年间绥化市耕地面积明显减少, 从 1990 年的占比研究区总面积 78.9% 减少到 2020 年的占比研究区总面积 66.4%, 主要是转变为城镇和草地以及一部分的林地, 且耕地和林地以及城镇之间都由在这 30 年间进行相互转变; 林地面积逐渐增加, 但并不明显, 从 1990 年的占比 13.8% 增加到 2020 年占比 14.8%, 且林地资源主要转变为了耕地和城镇; 城镇的面积有明显的增加, 从 1990 年的占比 3.2% 到 2020 年的占比研究区总面积的 10.5%, 主要是由耕地转化而来, 说明绥化市在 1990 年到 2020 年的 30 年间, 非常注重城市化的发展; 草地资源也有明显增加, 主要是由耕地转化而来, 由 1990 年占比研究区总面积的 3.3% 增加到 2020 年的 7.4%; 绥化市的水体资源面积在 1990 年至 2020 年期间先增加后减少, 但以增加为主, 总体面积基本没有较大的变化。

(3) 绥化市 1990 年到 2005 年的土地利用动态度明显大于 2005 年到 2020 年的土地利用动态度, 1990 年到 2005 年的单一土地利用动态度变化较大的是城镇和草地, 变化速度很快, 而在随后的 2005 年至 2020 年期间, 城镇和草地的变化速度逐渐降低并趋于稳定。从 1990 年至 2020 年, 绥化市单一土地利用动态度最大的是城镇, 其次是草地、耕地、林地, 最小的是水体。

(4) 绥化市在 1990 年至 2020 年间, 土地利用类型发生的变化是明显的。经济发展是必要的, 但同时保护生态环境也是同等重要的, 由于对经济快速发展的追求而导致绥化市耕地面积减少, 土地资源盐碱化, 这对绥化市农牧业的发展会造成消极影响。除了气候降水对于土地利用类型变化产生的自然因素影响外, 人为的进行对土地资源的保护也是极为重要的。

## 参考文献

- [1] 刘纪远, 宁佳, 匡文慧, 等. 2010-2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报, 2018, 73(5): 789-802.
- [2] Liu, H., Fang, C. and Fang, K. (2020) Coupled Human and Natural Cube: A Novel Framework for Analyzing the Multiple Interactions between Humans and Nature. *Journal of Geographical Sciences*, **30**, 355-377. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1732-9>
- [3] Fu, B.J., Wang, S., Zhang, J.Z., et al. (2019) Unravelling the Complexity in Achieving the 17 Sustainable Development Goals. *National Science Review*, **6**, 386-388. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwz038>
- [4] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [5] 陈曦, 常存, 包安明, 等. 改革开放 40a 来新疆土地覆被变化的空间格局与特征[J]. 干旱区地理, 2020, 43(1): 1-11.



- 
- [6] 刘春芳, 王川. 基于土地利用变化的黄土丘陵区生境质量时空演变特征——以榆中县为例[J]. 生态学报, 2018, 38(20): 7300-7311.
- [7] Zhang, N., Luo, Y.J., Chen, X.Y., *et al.* (2018) Understanding the Effects of Composition and Configuration of Land Covers on Surface Runoff in a Highly Urbanized Area. *Ecological Engineering*, **125**, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.10.008>
- [8] Chapman, M.G., Underwood, A.J. and Browne, M.A. (2018) An Assessment of the Current Usage of Ecological Engineering and Reconciliation Ecology in Managing Alterations to Habitats in Urban Estuaries. *Ecological Engineering*, **120**, 560-573. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.050>
- [9] Li, H.W., Li, Y.P., Huang, G.H., *et al.* (2020) Identifying Optimal Land-Use Patterns Using a Copula-Based Interval Stochastic Programming Model for Urban Agglomeration under Uncertainty. *Ecological Engineering*, **142**, Article ID: 105616. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105616>
- [10] 贾凤梅, 徐宁泽, 等. 绥化市土地利用效益动态评价研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(35): 13794-13795.
- [11] 冯翔迪. 绥化市土地集约利用评价研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013: 34.
- [12] 曲长祥, 刘璐, 冯翔迪. 城市土地集约利用评价及其驱动因子分析: 以绥化市为例[J]. 2015, 46(4): 94-100.
- [13] 赵淑娟. 绥化市土地集约利用与生态环境协调发展时空分析[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2019, 37(6): 20-28.