

基于 Kappa 系数的景观变化测度

——以辽宁省中部城市群为例

布仁仓^{1,2}, 常 禹¹, 胡远满¹, 李秀珍¹, 贺红士¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:分析了辽宁省中部城市群 1988~1998 年间的景观变化, 结果表明沼泽地从景观中完全消失, 沙地的变化弹性最大, 耕地的变化最小。优势景观类型(耕地)的转化方向较多, 非优势景观类型(沙地)转化的方向少。某些景观类型之间较稳定地相互转化(林地和耕地), 但某些景观类型之间转化极不稳定(耕地和沼泽地)。总体上, 景观的变化趋势是: 居住用地面积增加, 占居了周围的耕地, 促进了耕地向菜地的转化。面积大的景观类型变化小(林地和耕地), 相反, 面积小的类型变化大。Kappa 系数分析结果表明, 位置、数量、随机和标准 Kappa 系数都降低, 即景观在数量上丢失 3.86% 的信息, 位置上丢失 5.95% 的信息, 丢失的综合信息为 6.89%。而且建议进行综合信息评价时用随机 Kappa 系数, 因为它既不考虑数量, 又不考虑位置的影响。虽然 Kappa 系数从位置、数量和综合信息方面揭示了景观变化, 但是这些分析是单方面的, 而且没有说明在整个图的一致率中由于空间位置、数量和偶然因子所引起的一致率和变化率。景观变化过程中, 不考虑空间位置和数量的情况下, 景观在空间上随机分布, 某个象元属于某个类型的概率等于 $1/J$ (J =类型总数)(8%)。随景观中类型数量的减少, 偶然一致率所占的比重增加, 因此建议对单个类型不要进行一致性分析。位置一致率在整个一致率中所占的比重最大(60%), (数量一致性为 25%), 由此判断出位置一致率决定整个景观的一致率。也就是说, 如果景观没有任何空间位置上的变化, 就不会有数量上的变化, 更不会有景观的变化。但是景观没有数量上的变化, 不等于景观没有空间位置上的变化, 更不等于景观没有变化。

关键词:转移矩阵; 一致性分析; 景观动态; Kappa 系数

Measuring spatial information changes using Kappa coefficients: a case study of the city groups in central Liaoning Province

BU Ren-Cang^{1,2}, CHANG Yu¹, HU Yuan-Man¹, LI Xiu-Zhen¹, Hong S. He¹ (1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, 110016, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 778~784.

Abstract: To analyze the landscape change of city groups in central Liaoning Province, we classified the remote sensing images of 1988 and 1998 into 12 cover types. The transformation matrix between each two stages was created in GIS (Geographical Information System). Marsh disappeared from the landscape and reed fields showed a declining trend (only remained 6.13%) in this period and could disappear in future. The most change was seen from sandy land which increased by 397.39% and the least change was seen for the cultivated land that decreased by only 2.85%. The result showed that dominant types could change to many classes, but the minor cover types could only transform to a few classes. For example, cultivated land transformed into 10 classes within this ten years. The transformation rates were stable between some cover types, but were not stable between the other cover types. However, the rate and classes for a particular class to transform to were determined by the policy and landscape pattern. The transformation matrix shows that the urban and rural area increased by converting

基金项目:国家重点基金资助项目(40331008); 国家 973 重点基础研究发展规划资助项目(2002CB111506); 中国科学院国外杰出人才引进资助项目

收稿日期:2003-11-19; **修订日期:**2004-07-03

作者简介:布仁仓(1970~), 男, 蒙古族, 内蒙古人, 博士生, 副研究员, 从事景观生态学, 地理信息系统, 遥感, 景观模型和指数研究。E-mail: BuRC@iae.ac.cn

Foundation item: Key Project of NFNS (No. 40331008); National 973 Project (No. 2002CB111506); Sponsored by Chinese Academy of Sciences

Received date: 2003-11-19; **Accepted date:** 2004-07-03

Biography: BU Ren-Cang, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in landscape ecology, GIS, RS and landscape modeling.

from the cultivated land, while the vegetable land increased with the increasing population. The transformation rate and dynamic shows that the more dominant the classes were in the landscape, the less they would transform into other classes.

The indices of Kappa coefficient family decreased within this period. Kappa coefficient for quantity decreased to 96.14%, which means only 96.14% information on quantity remained and 3.86% information lost in this period. Kappa coefficient for location decreased to 94.05%, which means the landscape retained only 94.05% information on location and lost 5.95% location information in these changes. If the purpose of the study is to examine the information loss on quantity, Kappa coefficient for quantity should be used, whereas if the purpose of study is to examine the information loss on location, Kappa coefficient for location should be used. Standard Kappa coefficient and Kappa for no ability to maintain quantity and no ability to specify location decreased to 90.48% and 93.11%, respectively. In comparison, the Kappa for no ability to maintain quantity and no ability to specify location is better than the standard Kappa coefficient, because it assumes that the landscape has no ability to keep quantity and location.

The overall proportion agreement is 93% between two maps and this result means there was no significant change in the landscape. The agreement due to quantity was 25% and the transformation rate due to quantity was 3%. And also the agreement due to location was 60% and transformation rate due to location was 4% in this period. The agreement due to chance was 8%, because the whole class number was 12. Therefore, the overall proportion agreement is determined by the agreement due to location.

Key words:transformation matrix;agreement analysis;landscape dynamic;Kappa coefficient

文章编号:1000-0933(2005)04-0778-07 中图分类号:Q149 文献标识码:A

由于全球变暖,土地沙化等环境恶化现象的出现,近年来景观变化分析成为了景观生态研究的热门问题之一。以往的景观动态变化研究主要集中在两个方面:第一,动态模型方法,此方法一般采用两期或多期空间数据建立转移矩阵,分析景观类型的面积变化率^[1~6],建立动态模型^[6]。此外,用空间直观景观模型模拟不同时期的景观格局,分析景观动态变化。第二,格局时序比较方法,此方法比较不同时期的景观格局,计算景观格局指标,分析景观格局在时间尺度上的变化^[1,3,7~10],或者把研究区分成几个地段,对景观格局指标进行比较^[11]。然而,这些研究只能阐明景观类型的面积变化或景观数量信息的变化、相互转化程度、变化速率等与面积有关的问题,却未揭示景观变化过程中空间位置和综合信息的变化。景观空间信息一般包括数量(景观类型面积百分比)、空间位置信息以及数量和空间位置共同作用下产生的综合信息。

Kappa 系数一般用来评价遥感数据的分类精度,分析两个图件的相似性^[12,13,14]。Kappa 系数从空间位置和数量角度,定量地阐明景观变化过程中数量、位置和综合信息的变化,即景观在变化过程中丢失的空间信息量,揭示传统方法无法回答的空间位置上的变化。在此基础上,进一步分析两期景观图的一致性和变化率,从而完善景观动态变化的研究方法。

1 研究方法

1.1 研究地区

研究区位于辽宁省东部的辽东山区和辽河平原的交错带内(山地与平原交错带)。辽东山区植被属于温带针阔混交林,是长白山植物区系的南缘;辽河平原内除了小面积的自然植被外其余完全开发成了耕地;该区属大陆性季风气候,具有中纬度西风带气候特色。雨热同季,日照丰富,寒冷期长,春秋季短,东湿西干,平原风大。整个研究区包括沈阳市市区、鞍山市市区、抚顺市市区、本溪市市区和整个辽阳市(图 1)。各城市之间距离仅几十公里,属于典型的城市群,研究其景观变化对今后这些城市的发展、转型和“振兴东北老工业基地”具有非常重要的意义。

1.2 数据来源

采用 ER MAPPER(5.5)遥感图像处理软件,对 1988 年陆地资源卫星遥感数据(TM5)进行了景观类型划分,经过监督分类和人机交互式解译共分出 12 个类型,分类精度为 900m²(30m×30m)。在此基础上,对 1988 和 1998 年的陆地资源卫星遥感数据据进行相减,查找有变化的象元,进行人机交互式解译,获得 1998 年的景观类型图。



图 1 研究区示意图
Fig.1 Map of study area

最后,在地理信息系统(ARC/INFO 6.0)的支持下,对两期空间数据进行空间叠加,获取景观类型的变化数据和图件。

1.3 Kappa 系数

Kappa 系数一般用来评价遥感图像分类的正确程度^[15~19]和比较图件^[20,21],由 Cohen 在 1960 年提出(1)式^[22]。把 1988 年和 1998 年的景观类型图进行空间叠加,得到景观类型在两幅图上的转移矩阵(表 1)。计算 Kappa 系数的公式一般是:

$$Kappa = \frac{(P_o - P_c)}{(P_p - P_c)}$$
(1)

式中, $P_o=P_{11}+P_{22}+\cdots+P_{JJ}$,两期图件上类型一致部分的百分比,即观测值(见表 1); $P_c=R_1\times S_1+R_2\times S_2+\cdots+R_J\times S_J$,在 1998 年景观类型图上的期望值(见表 1); $P_p=R_1+R_2+\cdots+R_J$,1988 年景观类型在 1998 年图上的变化程度,即真实值,两个图完全相同的情况下等于 1(见表 1)。

如果两期图完全一样,则 $Kappa=1$;如果观测值大于期望值,则 $Kappa>0$;如果观测值等于期望值,则 $Kappa=0$;如果观测值小于期望值,则 $Kappa<0$ 。通常,当 $Kappa\geq 0.75$ 时,两图件间的一致性较高,变化小;当 $0.4\leq Kappa\leq 0.75$ 时,一致性一般,变化明显;当 $Kappa\leq 0.4$ 时,一致性较差,变化较大。

表 1 两图件的转移矩阵 (CJ 代表景观类型 J)

Table 1 Contingency table for comparison of two maps, where CJ is class J

1998 年景观图 1998's Landscape map	1988 年景观图 (1988's Landscape map)				
	C1	C2	...	CJ	合计 Total
C1	P_{11}	P_{12}	...	P_{1J}	$S_1=\text{SUM}(P_{1j})$
C2	P_{21}	P_{22}	...	P_{2J}	$S_2=\text{SUM}(P_{2j})$
...	...	...	...	...	...
CJ	P_{J1}	P_{J2}	...	P_{JJ}	$S_J=\text{SUM}(P_{Jj})$
合计 Total	$R_1=\text{SUM}(P_{j1})$	$R_2=\text{SUM}(P_{j2})$	...	$R_J=\text{SUM}(P_{jJ})$	1

Pontius 等人进一步发展了 Kappa 系数的家族,它们可以量化数量错误(Quantity Error)和位置错误(Location Error)^[3,10]。数量错误是由于两幅图上景观类型百分比的差异而引起的,而位置错误是由于同类象元空间错位而引起的。在景观变化过程中,保持景观类型面积的能力可分为:无(简称 NQ)、中等(简称 MQ)和完全(简称 PQ)(表 2)。在 NQ 情况下,无法保持景观类型面积,景观类型空间上随机分布,各类型占据相同的面积;在 PQ 情况下,完全保留了景观类型原面积;MQ 的情况位于 NQ 和 PQ 之间。同样在景观变化过程中,保持象元空间位置的能力可分为:无(简称 NL)、中等(简称 ML)和完全(简称 PL)(表 2)。在 NL 情况下,无法确定景观类型的空间位置,各景观类型在空间上随机分布;在 PL 情况下,完全准确地保持了景观类型的空间位置,两个图件完全相同;ML 的情况是位于 NL 和 PL 之间。

表 2 百分比正确程度的分类

Table 2 Proportion correct classification

保持数量能力 Ability to keep quantity	确定位置的能力 Ability to keep location		
	无 None, NL	中等 Medium, ML	完全 Perfect, PL
无 None, NQ	$1/J$	$(1/J)+KLocation\times(NQPL-(1/J))$	$\sum_{j=1}^J\text{MIN}((1/J),R_j)$
中等 Medium, MQ	$\sum_{j=1}^J(S_j\times R_j)$	P_o	$\sum_{j=1}^J\text{MIN}(S_j,R_j)$
完全 Perfect, PQ	$\sum_{j=1}^J(R_j^2)$	$PQNL+KLocation\times(1-PQNL)$	1

表中, J = 景观类型总数; j = 某个景观类型; S_j = 类型 j 在 1998 年图上的百分比(见表 1); R_j = 类型 j 在 1988 年图上的百分比(见表 1); $KLocation=(P_o-MQNL)/(MQPL-MQNL)$, 见公式 4。利用以上数据,可以计算不同的 Kappa 系数。

(1)标准 Kappa 系数 简称 $KStandard$,以 $MQNL$ (景观变化的驱动力仅有中等保持数量的能力,而没有保持空间位置的能力)作为期望值,评价综合信息变化的 Kappa 系数:

$$KStandard = \frac{P_o - MQNL}{1 - MQNL}$$
(2)

(2)随机 Kappa 系数 简称 KNo ,是以 $NQNL$ (景观变化的驱动力既没有保持数量的能力,又没有保持空间位置的能力)作为期望值的 Kappa 系数,评价景观综合信息的变化:

$$KNo = \frac{P_o - NQNL}{1 - NQNL}$$

(3)

(3)位置 Kappa 系数 简称 $KLocation$,以 $NQNL$ (景观变化的驱动力既没有保持数量的能力,又没有保持空间位置的能力)作为期望值,以 $MQPL$ (景观变化的驱动力既有中等保持数量的能力,又有完全保持空间位置的能力)作为真实值的 Kappa 系数,用来评价空间位置信息的变化:

$$KLocation = \frac{P_o - MQNL}{MQPL - MQNL}$$

(4)

(4)数量 Kappa 系数 简称 $KQuantity$,以 $NQML$ (景观变化的驱动力没有保持数量的能力,而有中等保持空间位置的能力)作为期望值,以 $PQML$ (景观变化的驱动力既有完全保持数量的能力,又有中等保持空间位置的能力)作为真实值的 Kappa 系数,可用来评价数量信息的变化:

$$KQuantity = \frac{P_o - NQML}{PQML - NQML}$$

(5)

2 结果与讨论

2.1 景观类型的相互转化分析

从表 3 和表 4 可看出,景观中变化最大的类型是沙地,即弹性最大的景观类型(增加 397.39%)。沿河岸的耕地、林地及河道被河水带来的沙子覆盖,引起土地沙化,如果不加以整治很可能成为辽宁省中部地区土地沙化和扬沙天气的沙源。沼泽地从景观中完全消失,属稳定性最差类型。气候和人类活动使沼泽地转化成了截然不同的类型:干旱的气候使沼泽地干枯,变得适合于耕种,转化成了耕地;水产品养殖业的发展,使沼泽地进一步积水,成为了水域。除沼泽地外,苇地也同样存在类似问题,不久的将来很可能完全消失。变化最小的类型是耕地(减少 2.85%),因为耕地是人们主要的经济来源,只要产出比投入大,就不会自动放弃耕种,因此变化小。

表 3 景观类型之间的转化矩阵
Table 3 The transformation matrix between classes

1988 年 1988												
类型 Class	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	93.77	6.70	2.52	4.18	0.26	1.20	1.34	0.52	6.18	61.03	6.22	93.38
2	0.76	71.81	0.02	0.08	0.10	0.08	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00
3	2.66	0.18	96.24	30.12	0.11	0.33	0.59	0.14	1.77	28.14	12.49	1.53
4	0.49	0.00	0.37	64.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00
1998 5	0.55	19.18	0.31	0.21	99.49	0.28	0.11	0.00	0.38	0.00	0.00	0.00
6	1.22	2.08	0.17	0.36	0.00	98.10	0.52	13.11	0.54	0.58	0.00	0.27
7	0.08	0.00	0.17	0.70	0.00	0.00	97.37	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	86.22	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.15	0.06	0.11	0.15	0.01	0.00	0.01	0.00	87.63	3.10	8.39	4.81
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00
11	0.32	0.00	0.09	0.18	0.00	0.00	0.06	0.00	2.51	1.04	72.91	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1 耕地 Cultivated land; 2 菜地 Vegetable plot; 3 林地 Forest; 4 草地 Grassland; 5 城镇 Urban area; 6 农村居民点 Rural area; 7 工矿用地 Mining area; 8 机场 Airport; 9 水域 Water; 10 苇地 Reed field; 11 沙地 Sandy land; 12 沼泽地 Marsh

从景观类型之间转化的方向(类型)来看,有些类型转化的方向多,如耕地,它同时转化为 10 个类型,这同时表明耕地在整个景观中的地位(优势类型);而有些类型,所转化的类型比较少,简单,如沙地,只能向防护林、耕地和水域转化。这些类型之间转化的方向完全取决于景观的土壤、生物学特性和景观格局。例如如果耕地下面没有矿产资源,不会转化成工矿用地,从格局看,如果耕地周围没有草地,耕地就不会扩展。

从景观类型之间转化的稳定程度看,有些类型之间较稳定地相互转化,如林地和耕地,耕地向林地转化(2.52%),耕地向林地转化(2.66%);但有些类型之间的转化极不稳定,如耕地和沼泽地,93.38%的沼泽地转化为耕地,而只有 0.32%的耕地转化为沼泽地。不过这些转化的稳定性不是一成不变,这与政府决策和人们的需求关系密切。因为本研究所用的数据只是一个时间段的,所以无法揭示其变异程度。

总体上,在这一段时间内景观的变化趋势是:人口的增加和生活质量的提高使居住用地面积增加(城镇增加 11.30%,农村居民点增加 7.24%),占居了周围的耕地;对蔬菜的需求越来越大,更多的耕地转化成了菜地。与此同时,在居民点周围的耕地上建起了具有防护和美观作用的林地。此外,面积大的景观类型,其变化小(林地和耕地),相反,面积小的类型,其变化大(沙地

和苇地)。充分表明了面积大的类型占居大的空间区域,适应性强,抗干扰的能力强;而面积小的类型只占据了局部小环境,对环境变化敏感,抗干扰能力差。

3.2 Kappa 系数变化分析

Kappa 系数不仅能评价遥感图像的分类正确度,而且也能用来比较两幅图的一致性。如果两幅图之间的一致性差,表明它们之间的差异大,Kappa 系数减少。Kappa 系数用来评价景观变化过程中数量和位置信息的变化量(表 5)。

$K_{Quantity}$ 为 96.14%,表明在不考虑空间位置变化的情况下,景观丢失了 3.86%的数量信息,即整个景观中 3.86%的面积发生过类型变化;如果用传统的方法分析景观变化,可得出景观面积变化率为 4.96%。传统方法不考虑期望值,观测值等重要的参数,因此得到的数据比较大,也就是说观测数据和期望值之间的差距比较大。

$K_{Location}$ 为 94.05%,表明在景观面积比值固定的情况下,景观在空间位置上丢失了 5.95%的信息,即景观中 5.95%的象元发生过空间位置变化。对于位置问题传统方法没有进行过研究,但把观测值(93.68%)当作位置保持能力的话,6.32%的景观在空间位置上发生了变化。

以上用数量和位置的角度分别说明了其变化,但欲说明综合信息的变化,它们远远不够。 K_{No} 和 $K_{Standard}$ 分别综合位置和数量信息,量化综合信息的变化。 K_{No} 和 $K_{Standard}$ 分别降低到 93.11%和 90.48%,如果景观有中等保持面积的能力,丢失 9.52%的空间信息;如果景观没有保持数量和位置的能力,丢失 6.89%的空间信息。至于这两个系数, K_{No} 比 $K_{Standard}$ 客观,因为它认为景观没有保持数量和位置的能力。

从以上分析,认为如果评价景观类型面积百分比的变化,最好选用 $K_{Quantity}$,因为它与空间位置无关,最能说明景观类型面积变化;如果评价景观空间位置上发生的变化,最好选用 $K_{Location}$,在面积百分比不变的情况下最能说明景观中象元的空间位置变化;如果综合性评价景观变化,选用 K_{No} 和 $K_{Standard}$,它们综合了以上两个系数的参数,根据假设选择其中之一就可以。

2.3 一致性分析

虽然 Kappa 系数从位置、数量和综合信息方面揭示了景观变化,但是这些分析是单方面的,而且没有说明在整个图的一致率中由于空间位置、数量和偶然因子所引起的一致率和变化率。综合以上数量、位置及景观类型数,进一步归纳,计算出整幅图的一致率和变化率(图 3)。

景观变化过程中,不考虑空间位置和数量的情况下,景观在空间上随机分布,某个象元属于某个类型的概率等于 $1/J$ (J = 类型总数),因此偶然性(随机)保留了 8%的一致性。随景观中类型数量增加,偶然一致率所占的比重在减少。从这一点可看出,如果计算某一个景观类型的变化,偶然因子引起的一致率为 50%,占居了一半的一致率,很难说明数量和位置的变化,因此建议不要对单个类型进行一致性分析。

在景观变化过程中,不考虑保持位置能力的前提下,真正保留下来的数量一致性为($MQNL - NQNL$)25%。在各种干扰或驱动力作用下,景观在数量上有了($PQPL - MQPL$)3%的变化,也就是说景观若没有数量变化,就不会丢失这些信息。

在保证了 25%的数量一致性基础上,景观变化过程中真正保留的位置一致率为($P_o - MQNL$)60%。景观在空间位置上有了($MQPL - P_o$)4%的变化,这是空间位置错位的结果。

真正保留下来的空间一致性为($P_o - NQNL$)93%,等于偶然、数量一致率和位置一致率之和。如果把一致性分析用在景观动态变化模型的验证中,它最容易查找模型的不足之处。假如把 1998 年的景观当成模型的结果,只要提高模型的保持空间位置能力,景观一致性最大程度上可提高 3%;只要提高模型的保持数量能力,景观一致性可提高 4%。

3 结论

从景观变化的常规分析看,沼泽地从景观中完全消失,沙地的变化弹性最大,耕地的变化最小。优势景观类型(耕地)的转化方向较多,非优势景观类型(沙地)转化的方向少。某些景观类型之间较稳定地相互转化(林地和耕地),但某些景观类型之间转

表 4 景观类型变化

景观类型 Landscape type	面积 Area(hm ²)		变化程度 Range
	1988 年 1988	1998 年 1998	
1	551.19	535.47	-2.85%
2	10.43	11.97	14.77%
3	445.25	458.04	2.87%
4	43.93	32.53	-25.95%
5	57.70	64.22	11.30%
6	89.01	95.45	7.24%
7	14.01	15.27	8.97%
8	0.51	0.44	-13.78%
9	18.65	17.93	-3.85%
10	2.77	0.17	-93.87%
11	0.65	3.24	397.39%
12	0.62	0.00	-100.00%

表 5 各类 Kappa 系数的计算结果

Table 5 The values of different Kappa indices		
$\frac{P_o - NQML}{PQML - NQML}$	$\frac{0.9368 - 0.3432}{0.9606 - 0.3432}$	$K_{Quantity} = 96.14\%$
$\frac{P_o - MQNL}{MQPL - MQNL}$	$\frac{0.9368 - 0.3384}{0.9748 - 0.3384}$	$K_{Location} = 94.05\%$
$\frac{P_o - NQNL}{1 - NQNL}$	$\frac{0.9368 - 0.0833}{1.0000 - 0.0833}$	$K_{No} = 93.11\%$
$\frac{P_o - MQNL}{1 - MQNL}$	$\frac{0.9368 - 0.3384}{1.0000 - 0.3384}$	$K_{Standard} = 90.48\%$

化极不稳定(耕地和沼泽地)。不管怎样,景观类型之间的这些变化取决于政府决策、人们的需求和景观格局本身。

辽宁中部城市群的景观总体上呈现的趋势是:居住用地面积增加,占居了周围的耕地,从而促进了耕地向菜地的转化。面积大的景观类型变化小(林地和耕地),相反,面积小的类型变化大,因为面积大的类型占居大的空间区域,适应性强,抗干扰的能力强;而面积小的类型只占居了局部小环境,对环境变化敏感,抗干扰能力差,变化波动性大。

各类 Kappa 系数分析结果表明,它们能全面的揭示景观空间信息的变化。与传统方法相比,它们既能说明数量变化,又能说明位置和综合信息的变化。如果评价景观类型面积百分比的变化,最好选用 $K_{Quantity}$;如果评价景观空间位置上发生的变化,最好选用 $K_{Location}$;如果综合性评价景观变化,选用 K_{No} 和 $K_{Standard}$,它们综合了以上两个系数的参数。而且 K_{No} 比 $K_{Standard}$ 客观,因为它认为景观没有能力保持数量和位置的能力,具体采用时根据前提假设选择其中之一。

虽然 Kappa 系数从位置、数量和综合信息方面揭示了景观变化,但是这些分析是单方面的,而且没有说明在整个图的一致率中由于空间位置、数量和偶然因子所引起的一致率和变化率。

景观变化过程中,不考虑空间位置和数量的情况下,景观在空间上随机分布,某个象元属于某个类型的概率等于 $1/J$ (J = 类型总数)(8%)。随景观中类型数量的减少,偶然一致率所占的比重增加,因此建议对单个类型景观不要进行一致性分析。

位置一致率在整个一致率中所占的比重最大(60%), (数量一致性为 25%),由此判断出位置一致率决定整个景观的一致率。也就是说,如果景观没有任何空间位置上的变化,就不会有数量上的变化,更不会有景观的变化。但是景观没有数量上的变化,不等于景观没有空间位置上的变化,更不等于景观没有变化。

References:

[1] Bai W Q, Zhang Y L, Bao W K. Landscape patterns and dynamics in the upper reaches of the Dadu River. *Journal of Natural Resources*, 2003, **18**(1):75~80.

[2] Liu H Y, Zhang S H, Lu X G. Processes of wetland landscape changes in Naoli River Basin since 1980s. *Journal of Natural Resources*, 2002, **17**(6):698~705.

[3] Lu L, Cheng G D, Li X. Landscape change in middle Heihe River Basin. *Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(1):68~74.

[4] Song D M, Xiao D N, Zhang Z C, et al. Landscape changes of Minqin oasis in Gansu Province and its driving force. *Journal of Applied Ecology*, 2003, **14**(4):535~539.

[5] Wang X L, Hu Y M, Bu R C. Analysis of wetland landscape changes in Liaohe delta. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, **16**(3):260~265.

[6] Xie Z X, Xiao D N. Dynamic models of suburban landscape: a case study on Donling District of Shenyang. *Journal of Applied Ecology*, 1996, **7**(1):77~82.

[7] Guo J P, Yang H X, Zhang Y X. Studies on spatial pattern and dynamics for landscape elements in guandishan forest region, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(4):468~473.

[8] Lu H H, Wang W J, Xie B G. A Study on Landscape Change s of Ecotone in Contiguous Area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia Using Remotely Sensed Data. *Research of Environmental Sciences*, 2001, **14**(6):50~53.

[9] Wang G X, Guo X Y, Cheng G D. Dynamic Variations of Landscape Pattern and the Landscape Ecological Functions in the Source Area of the Yellow River. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(10):1587~1598.

[10] Wu B, Ci L J. Temporal and spatial patterns of landscape in the MuUs Sandland, Northern China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(2):191~196.

[11] Jia B Q, Ci L J, Ren Y P. The analysis on the oasis landscape dynamics. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(11):1948~1951.

[12] Pontius J, Suedmeyer B. Assessing map accuracy by components of chance, change, quantity, stratification, location and resolution. At: www.clarku.edu/~rpontius, 2001.

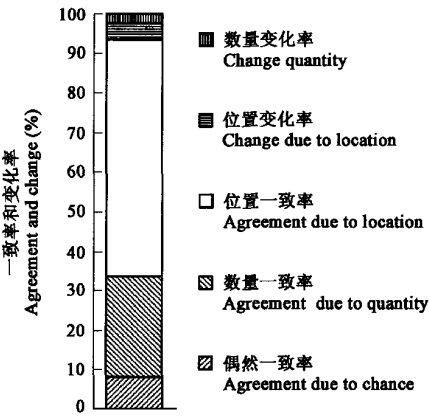


图 3 1988 年和 1998 年的景观的一致率和变化率
Fig. 3 The agreement and transformation between 1998's and 1998's landscapes

- [13] Pontius J. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000, **66**(8):1011~1016.
- [14] Bu R C, Li X Z, Hu Y M, *et al.* Scaling effects on map agreement, *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(4):659~665
- [15] Congalton R G, Mead R A. A quantitative method to test for consistency and correctness in photointerpretation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1983, **49**:69~74.
- [16] Congalton R G, Oderwald R G, Mead R A. Assessing landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1983, **49**:1671~1678.
- [17] Naesset E. Use of the weighted Kappa coefficient in classification error assessment of thematic maps. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1996, **10**(5):591~604.
- [19] Robert L B, Dale J P. Coefficient kappa: some uses, misuses, alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 1981, **41**:687~699.
- [19] William D H, Carl W R. Correct formulation of the kappa coefficient of agreement, *Photogram metric Engineering and Remote Sensing*, 1987, **53**(4):421~422.
- [20] Robert A M, Rik L. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic. *Ecological Modeling*, 1992, **62**:275~293.
- [21] Stehman S V. Comparing thematic maps based on map value. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, **20**(12):2347~2366.
- [22] Cohen J. A Coefficient agreement for nominal data. *Educational and Psychological Measurement*, 1960, **2**(1):37~46.

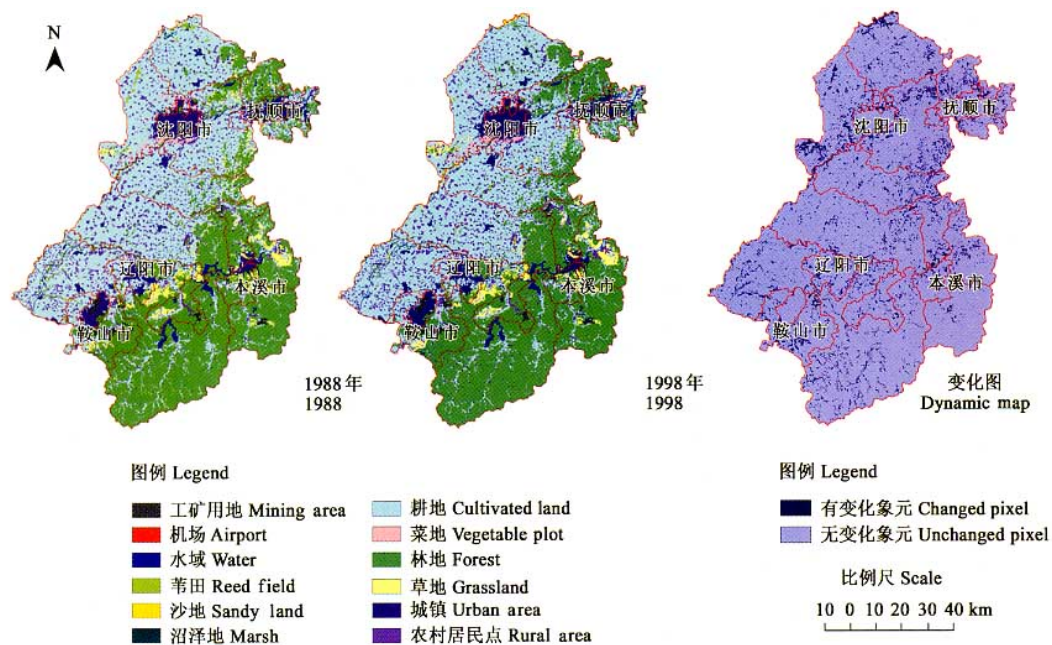
参考文献:

- [1] 摆万奇, 张德铨, 包维楷. 大渡河上游地区景观格局与动态. *自然资源学报*, 2003, **18**(1):75~80.
- [2] 蒋卫国, 王文杰, 谢志仁, 等. 基于 RS 和 GIS 的三江平原湿地景观变化研究. *地理与地理信息科学*, 2003, **19**(2):29~31.
- [3] 卢玲, 程国栋, 李新. 黑河流域中游地区景观变化研究. *应用生态学报*, 2001, **12**(1):68~74.
- [4] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城, 等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析. *应用生态学报*, 2003, **14**(4):535~539.
- [5] 王宪礼, 胡远满, 布仁仓. 辽河三角洲湿地的景观变化分析. *地理科学*, 1996, **16**(3):260~265.
- [6] 谢志霄, 肖笃宁. 城郊景观动态模型研究——以沈阳市东陵区为例. *应用生态学报*, 1996, **7**(1):77~82.
- [7] 郭晋平, 阳含熙, 张芸香. 关帝山林区景观要素空间分布及其动态研究. *生态学报*, 1999, **19**(4):468~473.
- [8] 刘红玉, 张世奎, 吕宪国. 20 世纪 80 年代以来挠力河流域湿地景观变化过程研究. *自然资源学报*, 2002, **17**(6):698~705.
- [9] 王根绪, 郭晓寅, 程国栋. 黄河源区景观格局与生态功能的动态变化. *生态学报*, 2002, **22**(10):1587~1598.
- [10] 吴波, 慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究. *生态学报*, 2001, **21**(2):191~196.
- [11] 贾宝全, 慈龙骏, 任一萍. 绿洲景观动态变化分析. *生态学报*, 2001, **21**(11):1948~1951.
- [14] 布仁仓, 李秀珍, 胡远满, 等. 尺度变换的正确率分析. *生态学报*, 2004, **24**(4):659~665.

布仁仓, 等: 基于 Kappa 系数的景观变化测度

——以辽宁中部城市群为例

BU Ren-Cang, *et al*: Measuring spatial information changes using Kappa coefficients: a case study of the city groups in central Liaoning Province



图版 I 辽宁中部城市群 1988~1998 年景观变化图

Plate I The landscape changes from 1988 to 1998 in city groups of middle Liaoning Province

任丽轩, 等: 石灰性土壤上 HCO_3^- 诱导花生缺铁失绿机制

REN Li-Xuan, *et al*: Mechanisms of bicarbonate induced iron-deficiency chlorosis of peanut on calcareous soils



图版 I 营养液中铁和 HCO_3^- 的不同处理对花生铁营养的影响

Plate I Effects of iron and HCO_3^- addition to solution on iron chlorosis of peanut

在土壤中不施加 HCO_3^- 时, 营养液的处理不同, 花生新生叶的叶色有明显的差异, 当营养液中加 HCO_3^- 而不供铁时呈现缺铁失绿症状(中), 而铁和 HCO_3^- 同时加(右)或者同时不加(左)时, 均不表现缺铁失绿症状

New leaves of peanut showed iron chlorosis when grown in the solution with HCO_3^- but without iron (middle) and no chlorosis symptoms of peanut when grown in