

# 尺度变换的正确率分析

布仁仓<sup>1,2</sup>, 李秀珍<sup>1</sup>, 胡远满<sup>1</sup>, 常 禹<sup>1</sup>, 贺红士<sup>1</sup>

(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:**采用优势规则和随机规则为基础的尺度分析方法,对分类的 TM 数据(景观类型图,包含 8 类型)进行了尺度变换分析。随着尺度的增加,优势规则分析方法使景观中优势景观类型的面积增加,相反,面积较小的非优势景观类型的面积减少。随机规则使各景观类型的面积基本上保持不变。随着尺度的增加,随机 *Kappa* 指数、位置 *Kappa* 指数和标准 *Kappa* 指数减少。在优势规则分析法中数量 *Kappa* 指数减少,但在随机规则为基础的处理中它保持 100%。优势规则处理中的正确率大于随机规则处理的。由景观类型的面积百分比引起的数量正确率在优势规则处理中增加,但在随机规则处理中保持 9.64% 不变;相反数量错误在优势规则处理中明显增加,但在随机规则处理中少量增加。偶然正确率保持 12.50% 不变。位置正确率减少,相反位置错误明显增加。层和亚层水平上的位置正确率和错误的变化不明显,而网格水平上的位置正确率和错误大幅度减少。网格水平上的位置正确率和错误率决定了整个位置正确率和错误率,同时位置正确率和错误率基本上决定了整个正确率和错误率。标准 *Kappa* 指数大于等于 70% 作为选择依据,认为 210m 是优势规则处理法的尺度阈值,150m 是随机规则处理法的尺度阈值,欲提高尺度阈值,必须改变研究范围或分类系统。

**关键词:**尺度分析;优势规则;随机规则;*Kappa* 指数

## Analyzing the agreement of maps through spatial aggregations

BU Ren-Cang<sup>1,2</sup>, LI Xiu-Zhen<sup>1</sup>, HU Yuan-Man<sup>1</sup>, CHANG Yu<sup>1</sup>, HE Hong-Shi<sup>1</sup> (*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 659~665.

**Abstract:** Spatial aggregation of raster data based on majority and random rule were used in this study. To access the agreement of aggregation/scaling-up effects on landscape patterns, a classified TM imagery (8 cover types) covering 1.37 million ha with 30m resolution was aggregated incrementally from 30m to 990m. For proportions of most common cover types in majority rule-based aggregation increased slowly, whereas proportions of less common cover types decreased rapidly with increasing resolutions. For random rule-based aggregation, proportion of each cover type remained constant value. *Kappa* index for no ability, for location, for quantity and standard *Kappa* index decreased with increasing scales in majority and random rule-based aggregations. For Majority rule-based aggregation, *Kappa* index for quantity decreased gradually, but for random rule-based aggregation, it maintained 100%. Agreements of maps obtained from majority rule-based aggregation are higher than those from random rule-based aggregation. Agreements due to quantity increased in majority rule-based aggregation, but it maintained a fixed value 9.64% in random rule-based aggregation with increasing resolutions. Agreement due to chance maintained 12.50% in all aggregations. Agreement due to location obviously decreased, whereas error due to location substantially increased. There were no apparent changes in agreement and error due to location at stratum and substratum levels in all aggregations. To the contrary, agreement and error due to location at grid cell levels substantially increased in all aggregations. Agreement and error due to location at grid cell levels determined the agreement and error due to location,

**基金项目:**中国科学院引进国外杰出人才资助项目;国家重点基础研究发展规划资助项目(973)(2002CB111506);中国科学院知识创新工程资助项目(SCXZY0102, SCXZD0101)

**收稿日期:**2003-03-09; **修订日期:**2003-08-24

**作者简介:**布仁仓(1970~),男,蒙古族,内蒙古人,硕士,助理研究员,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:** The Project is Supported by Chinese Academy of Sciences; National 973 Project (No. 2002B111506)

**Received date:** 2003-03-09; **Accepted date:** 2003-08-24

**Biography:** BU Ren-Cang, Master, Assistant professor, mainly engaged in landscape ecology, GIS, RS landscape modelling and indices.

furthermore, agreement and error due to location determined the agreement and error of the whole map. If standard kappa was higher than 70% was considered satisfactory, the critical value in spatial scale was 210m for majority rule-based aggregation, and it was 150m for random rule-based aggregation. If a higher critical value was needed in study, the extent or classification system should be altered according to objective of study.

**Key words:**aggregation; majority rule; random rule; *Kappa* index

文章编号:1000-0933(2004)04-0659-07 中图分类号:Q149 文献标识码:A

现代自然地理学和生态学研究的对象如全球变暖和景观动态分析等都需要从陆地或全球的角度,在不同空间尺度上分析或考虑这些问题。如果把小尺度上观测到的数据转换到大尺度上,由于数据量和运算时间等限制更需要合适的尺度分析方法。因此,尺度分析方法的研究势在必行。

空间尺度包括范围(Extent)和粒度(Grain)<sup>[1]</sup>,范围指整个研究区的大小,是空间尺度的上限,而粒度指最小空间分辨率(Resolution),是空间尺度的下限。尺度研究通常在范围固定的基础上评价分辨率变化对景观的影响。分辨率有两种,即图分辨率(Map resolution)和测量分辨率(Measurement resolution)<sup>[2,3]</sup>。图的分辨率指图上的最小的空间分辨率,测量分辨率是指数据采集过程所用的分辨率<sup>[1]</sup>。以往的研究中,测量分辨率和图分辨率是相等,忽略了不相等的情况,本研究中图分辨率保持不变,只增加了测量分辨率<sup>[1~9]</sup>。

空间尺度变换(或尺度分析)是指从一个空间尺度推断另一个空间尺度上的景观格局或过程,从小尺度推断大尺度上的格局叫做尺度扩张(Scaling-up/Aggregation),从大尺度到小尺度的分析过程叫做尺度缩小(Scaling-down)。尺度缩小难度大,而且正确程度很低,所以一般用尺度扩张。最常用的尺度分析方法有优势规则为基础(Majority rule-based)和随机规则为基础(Random rule-based)的方法<sup>[1,3~9]</sup>。在优势规则中,从输入网格(Grid cells)中选取网格数量最多的景观类型作为输出网格的景观类型,如果存在两个或多个优势类型,随机选其中之一作为输出网格的景观类型。在随机规则中,从输入网格中随机地选择一个网格,并且把此网格的类型作为输出网格的景观类型。在以往的研究中,计算了不同尺度上的景观格局指数,进行了一些比较,没有考虑空间信息的丢失程度。本研究采用各类 *Kappa* 指数量化了空间信息的丢失量。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地区

研究区位于辽宁省西部朝阳市北部,以及内蒙古赤峰市南缘,总面积为 137 万 hm<sup>2</sup>。地理位置为 119°21'29"E~120°47'30"E,41°08'56"~42°11'04"N(彩版)。对本地区的陆地资源卫星(TM5)影像数据(1998 年 6 月,共 3 景)进行分类,获得景观类型图,共有 8 个类型。此图的分辨率为 30m(空间尺度),由 3970 行 3850 列构成的。耕地以旱地为主,占景观的 30.81%。灌丛由荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)、酸枣(*Zizyphus jujube* var. *spinosa*)、多花胡枝子(*Lespedeza floribunda*)、花木蓝(*Indigofera kirilowii*)和虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)<sup>[10]</sup>等为建群种的灌丛组成,覆盖景观的 28.04%。草地的主要建群种有长芒草(*Stipa bungeana*)、羊草(*Leymus chinensis*)、大针茅(*Stipa grandis*)<sup>[10]</sup>等,占整个景观的 18.77%。针叶林主要成分是油松(*Pinus tabulaeformis*)<sup>[10]</sup>,主要分布在丘陵的阴坡或高山的山脊和较陡峭的阳坡,占景观的 6.27%。阔叶林主要建群种有蒙古栎(*Quercus mongolica*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、山杨(*Populus davidiana*)、小叶杨(*Populus simonii*)和刺槐(*Robinia pseudoacacia*)<sup>[10]</sup>,覆盖整个景观的 6.35%。居民点零星分布在整个景观中,占整个景观的 4.93%。裸地占整个景观的 4.76%,水体占 0.07%,包括一些水库和较大的河流。从植被和地理环境条件判断出本地区属于农牧交错带,对它进行景观尺度分析非常重要。

### 2.2 尺度分析方法

本文采用优势规则为基础(Majority Rule-Based)和随机规则为基础(Random Rule-Based)的尺度分析方法<sup>[1,3~9]</sup>。在优势规则中(之后简称 RuleM),从输入网格(Cells)中选取网格数量最多的景观类型作为输出网格的景观类型,如果存在两个或多个优势类型,随机选其中之一作为输出网格的景观类型。在随机规则中(之后简称 RuleR),从输入网格中随机地选择一个网格,并且把选定网格的类型作为输出网格的景观类型。在所有尺度分析中,尺度从原来的 30m 增加到 990m。为了避免网格分割带来的复杂性,尺度的相互间隔设为 30m,产生了不同尺度上的景观类型图(彩版),共 33 幅。

### 2.3 Kappa 指数

作者根据 *Kappa* 指数的计算方法开发了一整套计算 *Kappa* 指数的软件包(KappaMap)。*Kappa* 指数一般用来评价遥感图像分类的正确程度<sup>[11~16]</sup>和比较不同时期两幅图<sup>[17,18]</sup>,由 Cohen 在 1960 年提出(公式 1)<sup>[11]</sup>。如果把原图当作真实图(参考图),与尺度分析过程中产生的图(模拟图)进行空间叠加,得到景观类型在两幅图上的比率列联表(表 1)。

$$Kappa = (P_o - P_c) / (P_p - P_c)$$

(1)

式中,  $P_o = P_{11} + P_{22} + \dots + P_{JJ}$ , 是对比真实图和模拟图, 得出的各类型比率正确程度的观测值(见表 1);  $P_e = R_1 \times S_1 + R_2 \times S_2 + \dots + R_J \times S_J$ , 是在模拟图上, 偶然引起的比率正确程度的期望值(见表 1);  $P_p = R_1 + R_2 + \dots + R_J$ , 真实图上的比率正确程度的真实值, 真实图和模拟图完全一样的情况下等 1(见表 1)。

如果真实图与模拟图完全一样, 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  $Kappa<0$ 。一般情况下, 满意的  $Kappa$  指数大于等于 70%。

由于以上的标准  $Kappa$  指数没有说明错误产生的原因, 因此 Pontius 等人进一步发展了  $Kappa$  指数的家族, 它们可以量化数量错误 (Quantity Error) 和位置错误 (Location Error)<sup>[19,20]</sup>。数量错误是由于两幅图上的景观类型的百分比的差异而引起的, 而位置错误是由于景观类型的空间位置错位而引起的。在尺度分析中, 由于处理方法的不同, 两个错误同时或者其中一个影响新形成的图。尺度分析保持景观类型面积的能力分为 3 个等级(表 2), 即无(简称 NQ)、中等(简称 MQ)和完全(简称 PQ)。在 NQ 情况下, 尺度分析无法保持景观类型面积, 模拟景观中各类型占据相同的面积; 在 PQ 情况

下, 完全准确地确定景观类型原面积, 模拟图和真实图中的各景观类型面积相同; MQ 是位于 NQ 和 PQ 之间的情况。尺度分析的空间定位能力, 同样划分为 3 个等级, 即无(简称 NL)、中等(简称 ML)和完全(简称 PL)(表 2)。在 NL 情况下, 尺度分析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, 尺度分析完全准确地确定了景观类型的空间位置, 模拟图上的每个象元类型与真实图上的象元类型相同; ML 是位于 NL 和 PL 之间的情况。

表 2 比率正确程度的分类

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 NL None NL	中等 ML Medium ML	完全 PL Perfect PL
无 NQ	$1/J$	$(1/J) + KLocation(NQPL - (1/J))$	$\sum_{j=1}^J \min((1/J), R_j)$
中等 MQ	$\sum_{j=1}^J (S_j \cdot R_j)$	$P_o$	$\sum_{j=1}^J \min(S_j, R_j)$
完全 PQ	$\sum_{j=1}^J (R_j^2)$	$PQNL + KLocation(1 - PQNL)$	1

表中,  $J$  为景观类型总数;  $j$  为某个景观类型;  $S_j$  为类型  $j$  在模拟图中的百分比(见表 1);  $R_j$  为类型  $j$  在真实图中的百分比(见表 1);  $KLocation$  为  $(P_o - MQNL)/(MQPL - MQNL)$ , 关于它的详细内容见以后的部分。

$NQNL$  (表 2 中 NQ 行和 NL 列对应的值)尺度分析无能力准确地确定数量和位置, 各景观类型的面积相同, 各景观类型在空间上随机分布, 所以  $NQNL=1/J$ 。这样一来, 真正尺度分析所提高的比率正确率等于  $P_o - NQNL$ 。

$MQNL$  (表 2 中 MQ 行和 NL 列对应的值)尺度分析在数量上有中等保持能力, 而在位置上无法保证, 景观类型在空间位置上随机分布, 因此在数量上由于尺度分析而提高的比率正确率为  $MQNL - NQNL$ , 在空间位置上提高的比率正确率为  $P_o - MQNL$ 。

$PQNL$  (表 2 中 PQ 行和 NL 列对应的值)尺度分析在数量上完全准确地保持了各景观类型的原面积( $S_j=R_j$ ), 但无能力准确地确定空间位置, 景观类型在空间位置上随机分布。用同样的方式, 可以说明其余组合。

对整幅图的  $Kappa$  指数的参数进一步分析, 可得出以下  $Kappa$  指数:

标准  $Kappa$  指数( $KStandard$ ), 以  $MQNL$  作为期望值

$$KStandard = (P_o - MQNL)/(1 - MQNL)$$

(2)

随机  $Kappa$  指数(简称  $KNo$ ), 是以  $NQNL$  作为期望值的  $Kappa$  指数

$$KNo = (P_o - NQNL)/(1 - NQNL)$$

(3)

位置  $Kappa$  指数(简称  $KLocation$ ), 以  $NQNL$  作为期望值, 以  $MQPL$  作为真实值的  $Kappa$  指数

万方数据

$$KLocation = (P_o - MQNL)/(MQPL - MQNL)$$

(4)

数量  $Kappa$  指数(简称  $KQuantity$ ), 以  $NQML$  作为期望值, 以  $PQML$  作为真实值的  $Kappa$  指数

$$KQuantity = (P_o - NQML)/(PQML - NQML) \tag{5}$$

在空间位置上发生的错误和正确率可以在层(Stratum)、亚层(Substratum)和网格(Grid Cell)等 3 个水平上进一步细算。一幅图的二分之一叫做层,四分之一叫做亚层。可以在每个层、亚层和网格水平上计算上述 *Kappa* 指数以及其参数<sup>[20]</sup>。

2 结果与讨论

2.1 景观类型的百分比

在 RuleM 中,当尺度为 30~120m 之间时,所有景观类型的面积没有明显的变化,但从 150m 开始具有明显变化(图 1a)。当尺度增加到 990m 时,耕地面积增加了 7.44%,灌木林面积增加了 1.93%,草地面积仅仅增加了 0.10%。剩余类型的面积均减少,居民点、裸地、阔叶林和针叶林的面积分别减少了 3.00%、2.08%、1.78%和 2.06%。面积最小的水体面积减少了 0.04%。

在 RuleR 中,各景观类型基本保持了原面积(图 1b)。在分析的最后尺度(990m)上,耕地、草地、针叶林、阔叶林、沙地和水的面积分别增加了 0.19%,0.24%,0.09%,0.08%,0.05%和 0.02%。灌木林和居民点的面积分别增加了 0.53%和 0.14%。

从景观类型的百分比上比较两种方法可知,在 RuleM 中,优势景观类型(占据面积大)面积增加,非优势景观类型面积减少。当尺度足够大时,非优势类型可能从景观中完全消失。但这条规律并非一成不变,如草地面积基本上没变化,因此在 RuleM 中优势规则和景观格局共同决定着面积变化。在 RuleR 中,所有景观类型都基本上保持了原有的面积,但是尺度足够大时(如 20km),很可能非优势类型从景观中消失。从景观类型的百分比看,随机规则为基础的处理方法比较好,基本上保持景观类型的面积。

2.2 Kappa 指数分析

*Kappa* 指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。如果两幅图之间的正确率低,表明它们之间的差异大,相似性减少。在尺度分析中引用 *Kappa* 指数可以量化尺度增加过程中丢失的信息。

随着尺度的增加,*Kappa* 指数有很大的变化(表 3)。两个不同处理过程中,随着尺度的增加 *KNo* 减少(表 3)。在 RuleM 处理中减少的程度比较慢,最后保留了 51%,这是由于 RuleM 保证了较高的 *KLocation* (50%),即网格在空间位置上错位较少,因此提高了 *KNo*。在 RuleR 中,*KNo* 只剩下 37%,因为空间位置上的错位较大(*KLocation* = 30%)。至于数量上,RuleR 基本上保持了 100%的 *KQuantity*,其变化幅度仅为 2%,这是由于此处理保持了景观类型的原面积。RuleM 保留了 86%的 *KQuantity*,即数量上丢失了 14%的信息。至于位置上,RuleM 中 *KLocation* 减少到了 50%,而 RuleR 中减少到了 30%,即 RuleM 处理过程最后丢失了 50%的空间位置信息,而 RuleR 处理过程丢失了 70%的空间位置信息。在 RuleM 中,标准 *Kappa* 指数 (*KStandard*)减少到了 44%,因为高的 *KLocation* 减少了其空间信息的丢失。在 RuleR 中,标准 *Kappa* 指数减少到了 30%,在此处理中虽然 *KQuantity* 保持得好,但由于低的 *KLocation* 增加了其空间信息的丢失。

从以上看出,RuleM 处理中空间信息的丢失小于 RuleR。RuleR 保持了最高的数量上的正确率,但空间位置上丢失的信息大。RuleM 有较高数量和空间位置的正确率。因此根据不同研究目的,可以选用不同的 *Kappa* 指数。如果关注的焦点是空间位置,可以选用 *KLocation* 作为评价指标。如果关注的焦点是面积百分比,可以选用 *KQuantity* 作为评价指标。

2.3 正确程度分析

在以上 *Kappa* 指数分析基础上,进一步归纳,计算出整幅图的正确率和错误率(图 2)。随着空间尺度的增加,正确率减少,错误率增加。在 RuleM 处理中,在 990m 的尺度上,正确率减少到了 57%,错误率增加到了 43%,即 43%的空间属性信息和位置信息丢失。因为 RuleM 保证了高的位置和数量正确率。在 RuleR 处理中,正确率减少到了 45%,丢失了 55%的空间信息,这是低的位置正确率的结果。

偶然性、数量和空间位置在不同程度上影响着尺度分析。随着尺度的增加,偶然正确率不变,等于 12.50%,因为景观中的景观类型数没变(图 3)。在 RuleM 中,由面积百分比引起的数量正确率从 9.64%增加到 11.99%,但在 RuleR 中,数量正确率基本上保持了初始值 9.64%。由于在 RuleM 中,虽然景观类型的面积有变化,但是空间上错位的网格较少,因此数量正确率增加。在 RuleM 系列中,由于空间位置的错位而引起的位置正确率从 77.86%减少到 32.85%,在 RuleR 系列中减少到了 23.02%,这充分表明了 RuleR 中空间错位比较大。

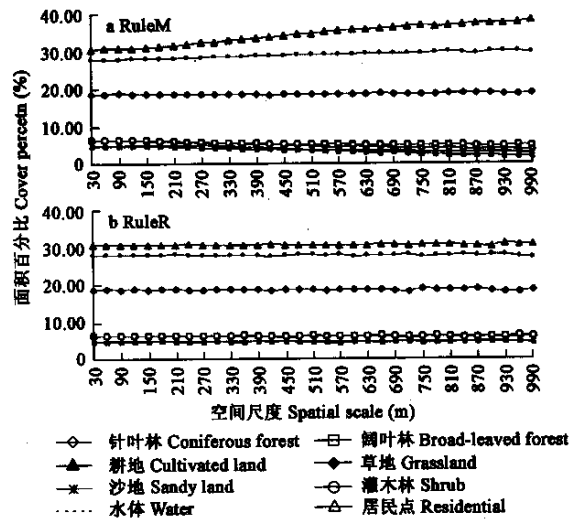


图 1 不同尺度上的景观类型面积百分比  
Fig. 1 Cover percent of each landscape type

表 3 不同尺度上的各类型 Kappa 指数

Table 3 The Kappa indices in different measurement scales

尺度(m) Scale	RuleM(%)				RuleR(%)			
	KNo	KLocation	Kquantity	KStandard	KNo	KLocation	KQuantity	KStandard
30	100	100	100	100	100	100	100	100
60	92	91	100	91	90	89	100	89
90	88	86	100	86	84	82	100	82
120	83	82	99	81	79	77	100	77
150	80	78	99	77	75	71	100	71
180	77	75	98	74	70	67	100	67
210	74	72	97	71	67	63	100	63
240	72	69	97	68	64	59	100	59
270	70	67	96	66	61	56	100	56
300	68	66	95	63	59	54	100	53
330	66	64	94	62	57	51	100	51
360	65	63	94	60	55	49	100	49
390	63	62	93	58	53	47	100	47
420	62	61	92	57	51	46	99	45
450	61	60	91	56	50	44	100	44
480	60	59	91	55	49	43	100	43
510	60	58	90	54	48	41	99	41
540	59	57	90	53	47	40	100	40
570	58	56	90	52	45	39	99	39
600	57	56	89	51	45	38	99	38
630	57	55	89	50	44	37	99	37
660	56	54	88	49	43	36	99	36
720	55	53	88	48	42	35	99	34
750	54	53	87	47	41	34	99	34
780	54	52	88	47	41	33	100	33
810	53	52	87	46	40	33	100	33
840	53	52	87	46	40	32	99	32
870	53	51	87	45	39	32	99	31
900	52	51	87	45	38	31	99	31
930	52	50	86	44	38	31	99	30
960	51	50	86	44	37	30	98	30
990	51	50	86	44	37	30	99	30

相反,随尺度增加数量错误和位置错误增加。数量错误在 RuleM 中从 0 增加到 9.43%,在 RuleR 中增加到 0.66%。位置错误在 RuleM 中从 0 增加到 33.24%,在 RuleR 中增加到 54.21%。

从以上分析看出,位置正确率在正确程度分析中占重要地位,如在 RuleM 处理中,57%的正确率中位置正确率占了 58%以上。位置正确率基本上决定了整个正确率,所以对位置正确率和位置错误进行进一步的分析是很重要的。

在层水平上,两种处理法的结果相同,而且位置正确率没有变化,等于 0.22(图 4)。在亚层水平上,RuleM 处理法使位置正确率从 1.03%增加到 1.37%,RuleR 处理法使它从 1.03%增加到 1.08%。在 RuleM 中,网格水平上的位置正确率从 76.60%减少到 31.28%,在 RuleR 中,减少到 21.80%。从以上 3 个水平上的分析看出网格水平上的位置正确率决定了整个位置正确率,即在层和亚层水平上,空间错位不太明显,但在网格水平上来看,网格的空间错位明显的大。在 RuleM 中,层水平上的位置错误从 0 增加到 0.12%,在 RuleR 中其增加到 0.14%。在 RuleM 中,亚层水平上的位置错误从 0 增加到 1.12%,在 RuleR 中其增加到 0.27%。在 RuleM 中,网格平上的位置错误从 0 增加到 32.00%,在 RuleR 中其增加到 53.80%。从以上位置错误率分析看出,网格水平上的位置错误率也决定了整个位置错误率。

2.4 尺度阈值数据

尺度分析中空间信息不断地丢失,因此应根据研究目的选择适当的尺度。但是实际分析中可以根据正确率选择尺度阈值



(Critical Value)。标准 *Kappa* 指数大于等于 70% 作为选择依据, 认为 210m 是 RuleM 处理法的尺度阈值, 150m 是 RuleR 处理法的尺度阈值。如果认为这些尺度阈值不够大, 可以增加研究范围或改变分类系统, 因为每个尺度域 (Scale Domain) 对应于特定的分类系统。尺度域是指某种生态过程、格局以及分类系统所对应的尺度范围。小的过程和详细的分类系统对应于小的尺度域, 空间尺度一旦大于此尺度域, 这些过程和格局无法表现在景观中。换句话说, 尺度域是两个相邻尺度阈值之间的范围。对于 RuleM 来讲, 尺度域是 30~210m, 对于 RuleR, 其尺度域是 30~150m。

3 结论

在 RuleM 中, 优势景观类型面积增加, 非优势景观类型面积减少。当尺度足够大时, 非优势类型可能从景观中完全消失。在 RuleR 中, 所有景观类型都基本上保持了原有的面积, 但尺度足够大时, 很可能非优势类型从景观中消失。在允许的尺度域内, 若关注面积百分比, 应选用 RuleR 规则。

*Kappa* 指数能测定尺度分析中丢失的信息, 随着尺度的增加 *KNo*、*KLocation* 和 *KStandard* 都减少。在 RuleM 处理中 *KQuantity* 减少, 但在 RuleR 中基本上保持了 100% 的 *KQuantity*。如果关注面积百分比的变化, 应该选用 *KQuantity*, 如果关注空间位置, 选用 *KLocation*。

RuleM 处理法的正确率较 RuleR 处理法的高。数量正确率在 RuleM 中增加, 但在 RuleR 中保持不变。数量错误在 RuleM 中明显增加, 但在 RuleR 中变化不明显。偶然正确率保持 12.50% 不变。位置正确率减少, 相反位置错误明显增加。层和亚层水平上的位置正确率和错误小量减少, 而网格水平上的位置

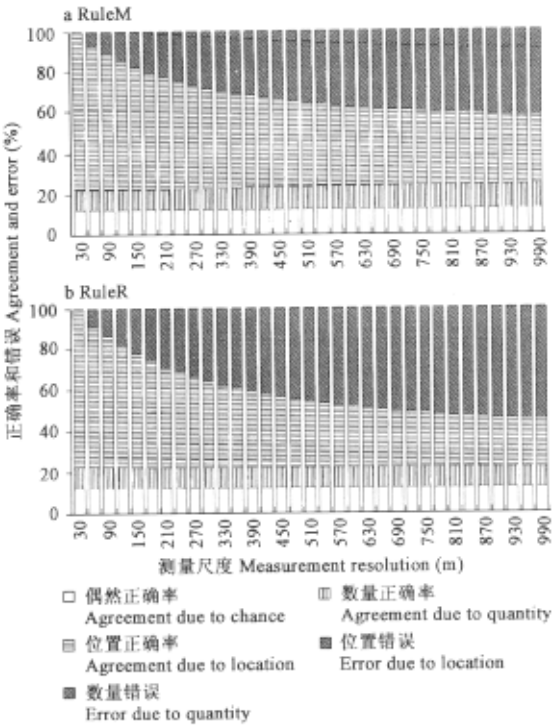


图 3 不同尺度上的数量和位置正确率以及其错误

Fig. 3 Agreement and error due to quantity and location in different measurement scales

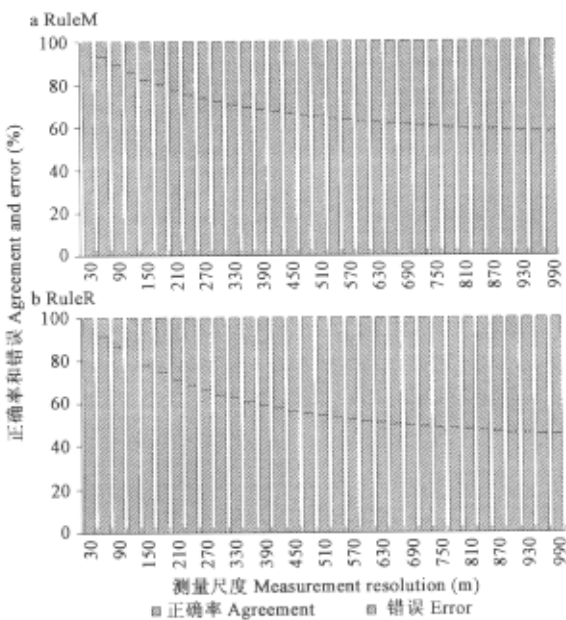


图 2 不同尺度上的正确率以及其错误

Fig. 2 Agreement and error in different measurement scales

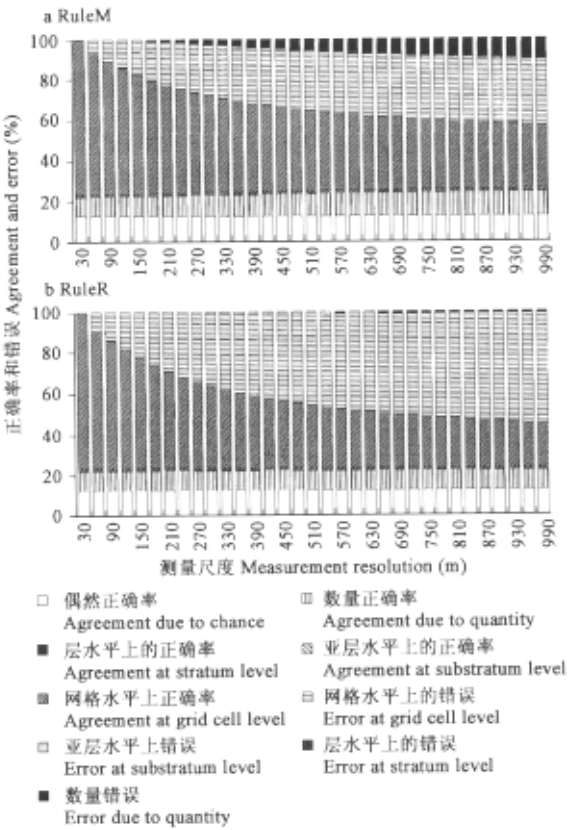


图 4 数量和不同水平上的位置正确率以及其错误

Fig. 4 Agreement and error due to quantity and location at different levels

正确率大幅度减少。网格水平上的位置正确率和错误率决定了整个位置正确率,进而位置正确率基本上决定了整个正确率。标准  $Kappa$  指数以大于等于 70%作为选择依据,认为 210m 是 RuleM 处理法的尺度阈值,150m 是 RuleR 处理法的尺度阈值。

每个尺度域(Scale Domain)对应于特定的分类系统,欲提高尺度阈值,必须改变研究范围或分类系统。此研究中,RuleM 的尺度域是 30~210m,RuleR 的尺度域是 30~150m。

References:

[ 1 ] Turner M G,O'Neill R V,Gardner R H,*et al.* Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1989,**3**:153~162.

[ 2 ] Turner M G,Dale V H,Gardner R H. Predicting across scales: Theory development and testing. *Landscape Ecology*,1989,**3**(3/4):245~252.

[ 3 ] He H S,Stentura T V,Mladenoff D J. Effects of spatial aggregation approaches on classified landsat TM satellite imagery. *International Journal of Geographic Information Sciences*,2002,**16**(1):93~109.

[ 4 ] Benson B J,MacKenzie M D. Effects of sensor spatial resolution on landscape structure parameters. *Landscape Ecology*,1995,**10**:113~120.

[ 5 ] Cullinan V I,Thomas J M. A comparison of quantitative methods for examining landscape pattern and scale. *Landscape Ecology*,1992,**7**:211~227.

[ 6 ] He F L,Legendre P,Bellehumeur C,*et al.* Diversity pattern and spatial scale: a study of a tropical rain forest of Malaysia. *Environmental and Ecological Statistics*,1994,**1**:265~286.

[ 7 ] Moody A,Woodcock C E. The influence of scale and the spatial characteristics of landscape on land-cover mapping using remote sensing. *Landscape Ecology*,1995,**6**:363~379.

[ 8 ] Wickham J D,Ritters K H. Sensitivity of landscape metrics to pixel size. *International Journal of Remote Sensing*,1995,**16**:3585~3594.

[ 9 ] Bu R C,Wang X L,Xiao D N. The scale effects on the Yellow river delta landscape. In: Xiao D N ed. *Evolution of Landscape Ecology Studies*. Changsha: Hu'nan Scientific & Technological Press, 1999. 127~135.

[10] Dong H D. *The vegetation regionalization of Liaoning*. Shenyang: Liaoning University Press, 1987. 252~370.

[11] Cohen J. A Coefficient agreement for nominal data. *Educational And Psychological Measurement*,1960,**2**(1):37~46.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 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.

[15] Robert L B,Dale J P. Coefficient kappa: some uses, misuses, alternatives. *Educational and Psychological Measurement*,1981,**41**:687~699.

[16] 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.

[17] Stehman S V. Comparing thematic maps based on map value. *International Journal of Remote Sensing*,1999,**20**(12):2347~2366.

[18] Robert A M,Rik L. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic,*Ecological Modeling*,1992,**62**:275~293.

[19] Pontius J. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000,**66**(8):1011~1016.

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

参考文献:

[ 9 ] 布仁仓,王宪礼,肖笃宁. 景观尺度变换分析——以黄河三角洲为例. 见:肖笃宁主编. 景观生态学研究进展. 湖南:湖南科学技术出版社,1999. 127~135.

[10] 董厚德. 辽宁省植被区划. 沈阳:辽宁大学出版社,1987. 252~370.

## 布仁仓, 等: 尺度变换的正确率分析

BU Ren-Cang, *et al*: Analyzing the agreement of maps through spatial aggregations

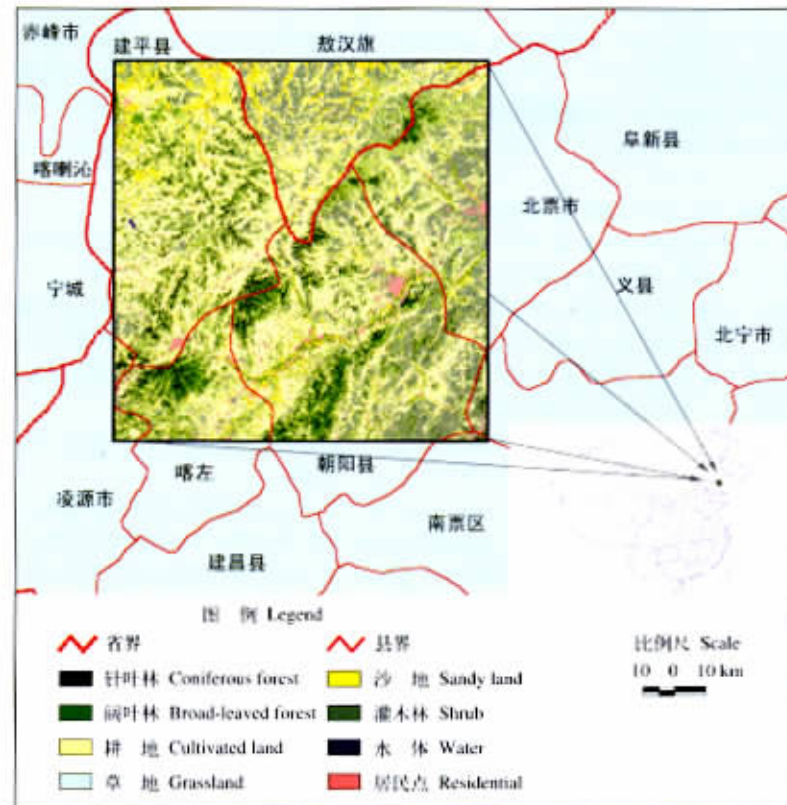
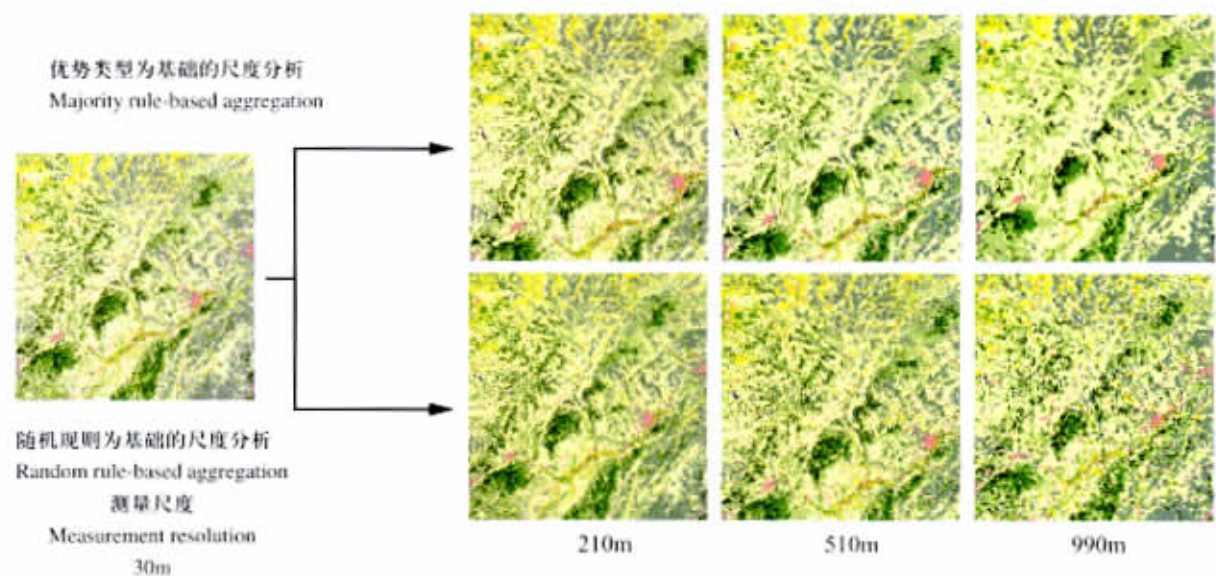


图1 研究区概况  
Plate 1. Map of study area



图II 尺度变换示意以及部分结果图  
Plate II. Sketch and some result maps of different aggregations