

岷江上游景观边界效应影响因子分析^{*}

问青春^{1,2}, 李秀珍¹, 贺红士^{1,3},

陈欣¹, 仇伟光², 张丽华², 李丽光⁴, 李月辉¹

(1. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 辽宁省环境监测中心站, 辽宁 沈阳 110031; 3. 美国密苏里大学, 哥伦比亚 65211; 4. 中国气象局大气环境研究所, 辽宁 沈阳 110015)

摘 要: 边界效应受多种因子影响, 在不同时空尺度下表现出不同的边界效应深度。目前关于边界效应深度影响因子的研究只有少量定性报道, 缺少定量分析。以岷江上游林农边界为例, 分析了生物量边界效应深度的影响因子。应用 GIS 软件, 将边界类型图与数字高程图、土地利用图、降雨数据的叠加, 获取边界所处海拔、坡度、坡向、降雨以及边界两侧斑块面积。在 SPSS 软件中对已获得的边界效应深度与以上诸因子进行多元线性回归分析。研究结果表明: 林农边界效应深度与海拔和坡度存在显著线性回归关系, 呈负相关, 即海拔越低、坡度越小边界效应深度越大; 坡向对边界效应深度影响较小, 降雨和林块面积对边界效应深度影响不明显。

关键词: 岷江; 边界效应深度; 影响因子; 多元线性回归

中图分类号: X24 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2009) 06-0095-05

Analysis of Edge Influence's Affecting Factors in Min River upper Reaches' Landscape

WEN Qingchun^{1,2}, LI Xiuzhen¹, HE Hongshi^{1,3},

CHEN Xin¹, QIU Weiguang², ZHANG Lihua², LI Liguang⁴, LI Yuehui¹

(1. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. Liaoning Environmental Monitoring Center, Shenyang 110031, China;

3. University of Missouri-Columbia, Columbia 65211, USA; 4. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016, China)

Abstract: A variety of factors affect edge influence, edge influence depths vary in different time and space scales. At present, only small amount of qualitative researches on edge influence depth's affecting factors were reported, furthermore quantitative analysis researches lack, thus more researches, especially quantitative researches, are needed. This paper analyzed affecting factors of biomass edge influence depth using data of the upper reaches of Min River forest and farmland boundaries. Using GIS software, we overlap boundary type map, digital elevation map, land-use map and rainfall data map to get elevations, slopes, aspects and precipitations of the edges and patch areas on both sides of the edges, which are further processed with DEI using multiple linear regression analysis method in SPSS. The results show that edge influence depth between forest and farmland is affected by elevation and slope evidently and there is negative correlation between them. When elevation and slope of the boundary is less, the DEI is broader. Aspect impacts DEI less obviously, while precipitation and patch area have no evident impacts on DEI.

Key words: Min River; depth of edge influence; affecting factor; multivariate linear regression

^{*} 收稿日期: 2008-11-26

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (2006CB403201)

作者简介: 问青春 (1979 年生), 女, 博士, 工程师; 通讯作者: 李秀珍; E-mail: lixz@iae.ac.cn

边界效应深度受边界所处方位、地势、边界年龄等多种因素的影响,且存在季节性差异和日变化^[1]。Murphy^[2]的研究表明,北半球的植被边界很明显地表现出南向边界效应进入林内的深度大于北向边界效应进入林内的深度,而东西向的边界效应深度介于南北向之间;Fraver^[3]在美国 North Carolina 的 Roanoke 河流域对阔叶林边缘进行基于单个物种百分比盖度、外来物种相对盖度和物种丰度的边界效应深度定量判定,结果表明南向边界效应深度(60 m)较北向边界效应深度(20 m)大40 m;渠春梅等^[4]发现方位对植物长期水分利用效率边缘效应有影响,边缘的产生对片断化森林西面植物水分利用效率的影响最大,北面最小。Bruner^[5]的研究却表明,基于物种丰度和树干密度的边界效应深度为15 m,并无方位变化,可见方位对于不同边界的影响强度是不同的。刘文杰等^[6]人则发现边界效应与季节、斑块大小有关,干季林缘与林内的最高气温、总辐射、净辐射、最小相对湿度差值均高于或大于雨季,而林缘与林内的地表最高温差值则是雨季大于干季;斑块间相比,则是小气候边缘效应随斑块面积减小而增强。

边界效应深度和强度受多种因子的影响已成定论,但对于边界效应深度与其影响因子之间的定量关系目前还未见报道,而这方面的研究对于将坡面尺度上单条边界效应的研究上推到景观尺度上边界网络效应的分析具有重要意义。本文以岷江上游林农边界为例,探讨边界效应深度与其影响因子之间的定量关系,以期对研究区林农边界网络生态效应研究起到前期铺垫作用。

1 研究区概况

岷江上游地区位于东经102°00′-104°00′,北纬30°45′-33°10′之间,地处中纬度亚热带北缘与暖温带交接地带,地势由西北向东南降低,地表切割由北向南加剧,大致以松潘南部的镇江关向西至黑水一线以北为高原地貌,以南为高山峡谷。高原面积约占该区总面积的1/3,海拔3 000~4 500 m;高山峡谷区内高山耸峙,河流深切,沟谷深邃,地表起伏巨大,海拔由730 m左右直至5 000 m以上。

2 研究方法

选取均匀分布于研究区10个小流域的20条林农边界作为样本。考虑海拔、坡度、坡向、降水、边界两侧斑块面积的大小6个因子对边界效应深度

的可能影响。

在应用野外调查数据验证NDVI反映生物量可信性的基础上,通过遥感方法获取农田和林地生物量信息(NDVI),应用移动窗口法进行斑块水平的边界效应分析,得到边界效应对边界两侧斑块类型的影响深度^[7]。

应用ArcMap中空间分析模块下的表面分析功能从研究区的数字高程图提取出坡度和坡向图层,根据不同坡向接受阳光辐射能量的多少,计算了转换后的坡向图^[8-9]:

$$\text{trasp} = \frac{1 - \cos((\pi/180)(\text{aspect} - 22.5))}{2}$$

其中trasp为坡向,值域为[0, 1],0表示接受的太阳能最少,1表示接受的太阳能最多;aspect:原始坡向图,值域为[0, 360]。

在ArcMap中应用属性表的连接功能统计出边界两侧林地斑块和农田斑块的面积,在空间分析模块中应用Zonal Statistics命令从研究区数字高程图、坡向图、坡度图、降雨分布图中得到每条边界的海拔、坡向以及边界两侧斑块的平均坡度、降水。

在统计软件SPSS13.0中应用多元线性回归分析方法分析农田部分和林地部分边界效应深度与以上各因子的回归关系,并得出边界效应深度与其影响因子的线性回归方程。

3 结果与分析

3.1 边界效应对农田生物量的影响深度与诸影响因子多元线性回归结果

表1是多元线性回归中20个样本的自变量海拔、坡向、坡度、降雨、林地斑块面积和因变量边界效应深度(DEI)的值,表2至表3是回归分析的结果。

选用向后剔除法,在强迫引入所有变量之后,将与边界效应深度相关性较小的林块面积、降雨、坡向3个变量逐个剔除,共生成4个模型,模型复相关系数R值均大于0.78,回归效果较好(表2)。

4个模型的方差分析结果均显示相伴概率P值小于0.05,说明自变量(坡度、坡向、海拔、降雨、林块面积)与因变量(农田的边界效应深度DEI)之间存在显著线性回归关系,且从模型1至模型4,随着对因变量影响较小的因子被剔除,模型相伴概率P值变小,自变量与因变量的回归关系变得更加显著;统计值F逐渐变大,即模型拟合优度逐渐增高,模型4的拟合效果最好,其中剩

余的 2 个自变量（坡度和海拔）与边界效应深度存在极显著回归关系（ $P < 0.01$ ）（表 2）。

表 1 多元线性回归分析中的样本（农田部分）
Table 1 Samples for multivariate linear regression analyze (farmland part)

样本	边界效应 深度/m	海拔/m	坡向	坡度/°	降雨 /mm	林块 面积/m ²
1	75	2 742	0.85	22.8	888	1 209 280
2	60	2 707	0.76	22.1	824	409 655
3	90	1 542	0.41	32.9	1 018	3 544 468
4	90	2 581	0.17	21.4	821	497 675
5	75	2 717	0.47	21.3	938	6 567 773
6	60	2 722	0.17	22.1	825	415 637
7	45	2 355	0.30	30.3	733	424 825
8	60	2 762	0.28	24.4	874	948 674
9	105	2 165	0.12	28.6	696	769 467
10	105	2 184	0.40	24.4	914	2 674 990
11	45	3 088	0.76	23.3	712	223 475
12	90	2 290	0.46	30.4	981	235 206
13	90	2 006	0.49	22.8	896	625 326
14	90	1 768	0.34	31.7	1 198	997 905
15	120	1 909	0.84	22.6	956	597 448
16	105	1 338	0.94	24.0	1 537	670 945
17	90	4 000	0.04	0.0	1 290	361 525
18	60	2 762	0.28	24.4	874	948 674
19	75	1 677	0.41	33.1	1 021	3 644 862
20	105	3 203	0.56	3.4	494	914 671

* 因变量为边界效应深度 DEI

表 2 多元线性回归分析中选用模型摘要
(农田部分)¹⁾

Table 2 Model summary in multivariate linear regression analyze (farmland part)

模型 ²⁾	剔除变量	复相关系数 R	相伴概率 P 值	统计值 F
1	—	0.799	0.008	4.932
2	林块面积	0.799	0.003	6.605
3	降雨	0.797	0.001	9.258
4	坡向	0.781	0.000	13.282

1) 因变量为边界效应深度；2) 模型 1 引入所有自变量，模型 2 剩余坡向、坡度、降雨、海拔 4 个自变量，模型 3 剩余坡向、坡度、海拔 3 个自变量，模型 4 剩余坡度、海拔 2 个自变量

表 3 给出各自变量与因变量的回归系数以及回归系数的显著性检验结果，相伴概率 P 值显示海

拔与坡度两个因子和边界效应深度具有极显著的回归关系（ $P \leq 0.001$ ），根据拟合效果最好的模型 4，海拔和坡度与边界效应深度的回归系数分别为 -0.04 和 -2.789，常数项为 243.652，据此得到边界效应深度与海拔和坡度的线性回归方程：

$$DEI = -0.04E - 2.789S + 243.652$$
$$(R = 0.781, P < 0.001)$$

其中 DEI 为农林边界效应对农田生物量的影响深度，E 为边界海拔，S 为边界坡度。

表 3 各因子与边界效应深度的回归系数
(农田部分)

Table 3 Coefficients between variables and DEI (farmland part)

模型	因子	回归系数 B	相伴概率 P 值
1	常数项	272.846	0.000
	海拔	-0.045	0.001
	坡向	-14.131	0.339
	坡度	-3.024	0.001
	降雨	-0.006	0.724
	林块面积	1.73E-008	0.994
2	常数项	272.881	0.000
	海拔	-0.045	0.000
	坡向	-14.139	0.320
	坡度	-3.023	0.000
	降雨	-0.006	0.714
3	常数项	261.212	0.000
	海拔	-0.043	0.000
	坡向	-13.906	0.314
	坡度	-2.943	0.000
4	常数项	243.652	0.000
	海拔	-0.040	0.000
	坡度	-2.789	0.000

根据回归方程可以看出，边界效应深入农田部分的深度与边界海拔和坡度均呈负相关，即海拔越低、坡度越小，林农边界效应进入农田部分的范围就越深。

3.2 边界效应对林地生物量的影响深度与诸因子多元线性回归结果

表 4 是回归分析中样本的自变量海拔、坡向、坡度、降雨、田块面积和因变量边界效应深度（DEI）的值。

表 4 多元线性回归分析中的样本 (林地部分)¹⁾

Table 4 Samples for multivariate linear regression analyze (forest part)

样本	边界效应 深度/m	海拔/m	坡向	坡度/°	降雨 /mm	田块 面积/m ²
1	60	2 763	0.85	30.2	821	513 257
2	60	2 072	0.76	31.2	803	1 465 524
3	75	1 833	0.41	46.8	1 166	946 417
4	60	2 689	0.17	32.2	853	1 157 023
5	75	2 982	0.47	19.6	1 061	2 810 472
6	75	2 640	0.17	23.3	802	1 368 542
7	75	2 692	0.30	27.6	859	2 187 131
8	45	2 876	0.28	37.3	912	865 608
9	90	2 315	0.12	31.9	812	553 452
10	60	2 507	0.40	19.6	1 004	2 992 879
11	75	3 220	0.76	21.2	706	358 624
12	45	2 122	0.46	32.5	918	258 464
13	75	2 324	0.49	42.1	1 011	2 136 664
14	90	1 937	0.34	32.7	1 305	335 037
15	75	1 995	0.84	29.5	1 000	400 682
16	90	1 408	0.94	21.8	1 600	430 086
17	60	4 000	0.04	0.0	1 290	260 279
18	45	2 876	0.28	37.3	912	865 608
19	45	1 848	0.41	47.1	1 201	899 417
20	60	3 223	0.56	15.9	494	230 575

1) 因变量为边界效应深度 DEI

在多元线性回归分析模块下选用向后剔除法, 强迫引入所有变量之后, 程序自动依次剔除降雨、田块面积、坡向等变量, 共生成 4 个模型, 表 5 给出各因子与因变量边界效应深度间的回归系数及其显著性检验相伴概率 P 值, 在拟合效果最好的模型 4 中, 海拔与边界效应深度呈显著回归关系 ($P < 0.05$), 回归系数为 -0.016 , 坡度与边界效应深度之间的回归关系也较显著 ($P = 0.052$), 回归系数为 -0.75 , 常数项为 128.313, 据此得到边界效应深度与海拔和坡度的回归方程:

$$DEI = -0.016E - 0.75S + 128.313$$

$$(R = 0.522, P = 0.067)$$

其中 DEI 为农林边界效应对林地生物量的影响深度, E 为边界海拔, S 为边界坡度。

林地部分边界效应深度与各因子线性回归模型表现出与农田部分相似的结果, 即边界效应深度与海拔和坡度之间存在显著线性回归关系, 相关系数均为负数, 即海拔越高、坡度越大边界效应范围越窄。Lovejoy 和 Murcia 等认为影响边界效应最主要的因素是方位和地势, 方位决定太阳辐射, 太阳辐

射量小则边界效应弱^[10], 地势则通过影响到林下层的入射光来影响边界效应^[11]。本文研究结果则表明, 海拔和坡度对边界效应深度的影响较坡向更显著。岷江上游地处高寒地区, 且山高坡陡, 除了光热, 土壤水分也是影响植被生境的主要限制性因子, 与坡向相比, 海拔和坡度可能是影响这两种因子的更重要因素, 因而成为影响边界效应深度的更主要因子。

表 5 各因子与边界效应深度的回归系数 (林地部分)¹⁾

Table 5 Coefficients between variables and DEI (forest part)

模型	因子	回归系数 B	相伴概率 P 值
1	常数项	134.195	0.020
	海拔	-0.017	0.106
	坡向	-5.062	0.747
	坡度	-0.793	0.099
	降雨	0.000	0.994
	田块面积	8.32E-007	0.839
2	常数项	134.488	0.001
	海拔	-0.017	0.044
	坡向	-5.094	0.727
	坡度	-0.794	0.063
	田块面积	8.30E-007	0.833
3	常数项	135.632	0.000
	海拔	-0.017	0.037
	坡向	-5.532	0.693
	坡度	-0.793	0.055
4	常数项	128.313	0.000
	海拔	-0.016	0.028
	坡度	-0.750	0.052

1) 因变量为边界效应深度 DEI

4 小 结

应用 SPSS 软件对基于生物量的林农边界效应深度与海拔、坡度、坡向、降雨和斑块面积等因子进行多元线性回归分析。结果表明, 林农边界效应进入农田部分的深度与海拔和坡度两个因子呈极显著回归关系, 林农边界效应进入林地部分的深度与诸自变量因子的模拟结果与农田部分相似, 与海拔和坡度成较显著回归关系; 林地部分和农田部分的边界效应深度与海拔和坡度均呈负相关, 即海拔越低、坡度越小, 林地和农田受边界效应的影响范围越深。

参考文献:

- [1] KAPOV V, WANDELLI E, CAMARGO J L, et al. Edge-Related changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia [M]// LAURANCE W F, BIERREGARD R O. Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. London: The University of Chicago Press, 1997: 33-34.
- [2] PALIK BJ, MURPHY PG. Disturbance versus edge effects in sugar-maple/beech forest fragments[J]. Forest Ecology and Management, 1990, 32: 187-202.
- [3] FRAVER S. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke River Basin, North Carolina[J]. Conservation Biology, 1994, 8(3): 822-832.
- [4] 渠春梅, 韩兴国, 苏波, 等. 西双版纳片断化热带雨林常绿乔木幼树水分利用效率的边缘效应研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(1): 1-5.
QU Chunmei, HAN Xingguo, SU Bo, et al. Edge effects of plant water use efficiency indicated by foliar $\delta^{13}C$ value in a fragmented seasonal rainforest in Xishuangbanna[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(1): 1-5.
- [5] BRUNER M C. Vegetation of forest island edges [D]. Wisconsin: University of Wisconsin, 1977.
- [6] 刘文杰, 唐建维, 白坤甲. 西双版纳片断化望天树林小气候边缘效应比较研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 616-622.
LIU Wenjie, TANG Jianwei, BAI Kunjia. Microclimate edge effects within and between *Shorea chinensis* forest fragments in Xishuangbanna [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(5): 616-622.
- [7] 问青春, 李秀珍, 贺红士, 等. 岷江上游林农边界效应对植被生物量的影响[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(2): 87-91.
WEN Qingchun, LI Xiuzhen, HE Hongshi, et al. The influence of edge effect on vegetation biomass of forest-farmland boundary in the upper Min River [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2007, 46(2): 87-91.
- [8] 吴泽民, 黄成林, 韦朝领. 黄山松群落林隙光能效应与黄山松的更新[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 12-18. [J], 2000, 11(1): 12-18.
WU Zemin, HUANG Chenglin, WEI Chaoling. Light effect of gaps in Huangshan pine community and regeneration of Huangshan pine [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(1): 12-18.
- [9] 卢志军, 马克平. 地形因素对外来入侵种紫茎泽兰的影响[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 761-767.
LU Zhijun, MA Keping. The influence of topographical factors on the invasion of the alien species, *Eupatorium adenophorum* [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(6): 761-767.
- [10] LOVEJOY T E, BIERREGAARD R O, RYLANDS A B et al. Edge and Other Effects of Isolation on Amazon Forest Fragments [M]// SOULE M E. Conservation Biology: the Science of Scarcity and Diversity. Mass: Sinauer Associates, 1986: 257-325.
- [11] MURCIA C. Edge effects in fragmented forests: Implication for conservation [J]. TREE, 1995, 10: 58-62.