重庆市合川区土地利用变化及生态环境效应评价

尚勇敏, 何多兴, 耿 黎, 杨庆媛
(西南大学 地理科学学院, 重庆 400715)

摘 要: 以 2000—2009 年的土地利用数据为基础,运用土地利用动态度、景观格局指数和生态系统服务价值系数,分析了重庆市合川区土地利用时空变化及其景观格局和生态环境效应。研究结果表明,2000—2009 年,研究区土地利用变化主要表现为耕地和园地面积的大量减少和林地及建设用地面积的快速增加;其中耕地、园地面积分别减少了 8.25% 和 11.50%,而林地、居民点及工矿用地、交通水利用地面积分别增加了 42.17%,16.88% 和 22.25%。景观格局呈现斑块数目减少,斑块密度降低,破碎度和优势度下降,多样性和均匀度增加的特征。区域生态系统服务总价值由 19 713.46 万元增加到 20 462.07 万元,生态系统服务功能在水分调节,废物处理和食物生产功能等方面有所下降,而在气体调节,气候调节,侵蚀控制,土壤形成,生物多样性,原材料提供和娱乐文化等方面的生态系统服务功能有所增强。

关键词: 土地利用/土地覆被变化(LUCC); 景观格局; 生态系统服务价值; 重庆市合川区
文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2012)02-0222-05 **中图分类号:** F301.2

Assessment on Land Use Changes and Associated Ecological Effects in Hechuan District of Chongqing City

SHANG Yong-min, HE Duo-xing, GENG Li, YANG Qing-yuan
(*School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing* 400715, *China*)

Abstract: Based on the land use data of Hechuan District collected during 2000—2009, the effects of land use changes on ecosystem service values and landscape patterns were studied. The results indicate that the areas of agricultural land and garden land decreased substantially, and in contrast, the areas of construction land and woodland increased rapidly. Meanwhile, the landscape pattern analysis showed that the patch numbers and density were lowered, the degrees of fragmentation and dominance of the landscape were dropped, and the index of diversity and evenness increased during this period. In addition, the total regional ecosystem service values grew from 197 134.6 to 204 620.7 thousand Yuan. The ecosystem service function values dropped slightly in the functions of water regulation, waste treatment and food production, while the functions such as atmosphere regulation, climate regulation, erosion control, soil formation, biodiversity, raw materials, and entertainment, showed significant improvement.

Keywords: land use and land cover change; landscape pattern; ecosystem service values; Hechuan District of Chongqing City

土地利用/覆盖变化(LUCC)过程对维持生态系统服务功能起着决定性的作用[1-2],研究区域 LUCC 及其生态效应变化对于深刻认识区域的生态环境、维持生态平衡、优化人地关系及促进区域经济与环境协调发展具有重要意义[3-4]。近年来,与人类社会可持续发展密切相关的 LUCC 生态环境效应研究也逐步得到加强。于开芹[5]对城乡交错带土地利用变化带来的生态服务价值变化进行了研究。范建红[6]从土地利用类型时空变化及主要土地利用类型间相互转化的数量关系,研究了经济发达地区土地利用变化对生态环境的影响。史永亮等[7]结合 TM 遥感影像,采用生态学的空间格局指数,定量分析了阿克苏地区土地利用类型的生态价值以及区域 LUCC 的生态影响。这些成果从不同角度反映了土地利用变化及其生态环境响应特征方面的诸多科学问题。本研究以重庆市合川区为例,对该区 2000—2009 年的土地利用变

收稿日期: 2010-03-17 修回日期: 2011-06-15
资助项目: 教育部人文社科青年基金"基于农户土地利用共生意识的村域土地利用突变及其整合研究"(10YJCZH147); 中央高校基本科研业务费专项资金(XDJK2009C190)
作者简介: 尚勇敏(1986—),男(汉族),四川省江油市人,硕士研究生,主要从事土地利用与国土规划研究。E-mail: yong864@163.com。
通信作者: 杨庆媛(1966—),女(汉族),云南省腾冲县人,教授,博士生导师,主要从事土地资源管理、土地利用规划、土地经济政策等方面的研究。E-mail: yizyang@swu.edu.cn。

化及生态环境响应进行分析,从生态经济学角度研究区域土地利用变化与生态过程的相互关系,以期为开展区域生态规划、土地资源的合理利用和区域经济结构调整提供依据和参考。

1　研究区概况及数据来源

1.1　研究区概况

合川区位于重庆市北部,嘉陵江、渠江和涪江交汇处,该区幅员面积 2 343.21 km^2; 地势东、北、西三面较高,南面较低,分为平行岭谷和平缓丘陵两大类型,分别占该区总面积的 15.32% 和 85.23%。区内生态环境较好,2009 年森林覆盖率达到 35%,植被属川东盆地偏湿性常绿阔叶林亚带。2009 年末,土地利用结构为: 农用地 186 934 hm^2,建设用地 27 788 hm^2,未利用地 19 599 hm^2,分别占总面积的 79.78%,11.86% 和 8.36%。合川区人口众多,2009 年全区总人口为 154.27 万,其中城镇人口 67.64 万人,占总人口的 43.85%,人口密度达 658 人/km^2,是重庆市平均人口密度的 1.65 倍,人均耕地面积仅为 0.09 hm^2,人地矛盾十分突出; 2009 年该区 GDP 达到 202.75 亿元,人均 GDP 达到 15 796 元,在重庆市 40 个区县中列 23 位,处于中游水平。

1.2　数据来源与处理

研究数据主要来源于重庆市合川区 2000—2008 年土地利用现状数据库、变更数据库、2009 年全国第二次土地调查数据以及 2005 年和 2009 年土地利用现状图。为了便于进行土地利用变化的生态环境响应分析,根据研究区土地利用现状和土地资源特点,进行土地利用类型合并,即将土地类型划分为耕地、园地、林地、居民点和工矿用地、交通用地、水域和未利用地共 7 类。土地利用变化、景观格局分析及生态环境效应分析在 MAPGIS 6.5 及 Fragstats 3.3 软件支持下完成。

2　研究方法

2.1　土地利用动态变化定量分析

土地利用动态度是反映研究区域一定时间范围内某种土地利用类型变化速度和强度的指标。土地利用动态度指数综合考虑了研究时段土地利用类型间的转移,其意义在于反映区域土地利用变化的剧烈程度和变化速度,便于在不同空间尺度上找出土地利用变化的热点区域,它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势具有积极的作用[8-9]。其表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t_b - t_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中: K——研究时段内某一土地利用类型动态度; U_a, U_b——研究期初和研究期末某一种土地利用类型的数量; t_a, t_b——研究时段的初末时间,若 t 设定为年时,K 值为土地利用年综合变化率。

2.2　景观格局分析

景观格局指数是反映景观结构组成和空间配置特征的简单定量指标[10-12]。基于 ArcView GIS 地理信息系统软件和景观指数软件 Fragstats 3.3,对合川区土地利用格局及其生态效应进行研究。在 MapGIS 6.7 下,依据土地利用现状分类,将合川区 2005 年和 2009 年土地利用现状图中土地利用类型合并为 7 类,生成土地利用景观类型图。在景观水平上,利用景观指数软件 Fragstats 3.3 选取斑块数(NP),斑块密度指数(PD)、景观破碎度指数(FI)、景观多样性指数(SHDI)、景观均匀度指数(SHEI)和景观优势度(DI)这 6 个指标来定量描述土地利用景观格局变化。

2.3　生态系统服务价值评价方法

生态系统服务价值是指生态系统与生态过程所形成的并维持人类赖以生存的自然环境条件与效用。为了准确量化各种土地类型的服务价值以及各项服务功能的价值和生态系统服务的总价值。参照 Costanza 等对生态系统服务的分类方法,将研究区土地利用生态系统服务分为气体调节、气候调节、水分调节、侵蚀控制、土壤形成、废物处理、生物多样性、食物生产、原材料提供、娱乐文化共 10 类。Costanza 等[13]提出生态系统服务价值估算方法。谢高地等[14-15]在参考 Costanza 成果中可靠部分的基础上,根据中国实际,对国内生态学学者进行问卷调查,制定了中国生态系统生态服务价值当量因子表,即不同用地类型单位面积每年的服务价值。根据谢高地[14]等对生态价值的区域修正系数(重庆市为1.21),制定合川区土地利用生态服务价值当量因子表(表 1),并运用 Costanza 的生态系统服务价值公式计算合川区的生态系统服务价值,其公式为:

$$ESV = \sum_{i=1}^{7}(A_i \times VC_i) \quad (2)$$

$$ESV_f = \sum_{i=1}^{7}(A_i \times VC_{fi}) \quad (3)$$

式中: ESV——年生态系统服务总价值(元/a); A_i——研究区第 i 种土地利用类型的分布面积($i = 1, 2, \cdots, 7$ 为土地利用类型); VC_i——第 i 种土地利用类型的生态服务价值当量〔元/(hm^2 · a)〕。ESV_f——生态系统服务功能(元/a); VC_{fi}——单项服务功能系数〔元/(hm^2 · a)〕。各类土地利用类型的贡献率为:

$$ESVC_i = ESV_i / ESV \quad (4)$$

式中：$ESVC_i$——第 i 种土地利用类型在生态系统服务价值中的贡献率；ESV_i——第 i 个土地利用类型的年生态服务价值（元/a），公式为：$ESV_i = A_i \times AC_i$。

表1 合川区生态系统服务价值当量因子 元/(hm^2·a)

地类	气体调节	气候调节	水分调节	侵蚀控制	土壤形成	废物处理	生物多样性	食物生产	原材料提供	娱乐文化
耕地	434.53	773.49	521.45	0	1 268.91	1425.38	617.02	869.15	86.93	8.64
园地	1 242.98	1 149.47	40.76	782.62	1 268.91	709.25	16.31	350.55	1 125.02	538.05
林地	1 868.65	1 564.46	1 738.21	782.62	2 542.15	1138.58	1 890.36	173.85	1 151.54	573.61
居民点及工矿用地	0	0	-6 559.17	3 418.08	0	-2 135.42	0	0	0	0
交通用地	0	0	0	3 418.08	0	0	0	0	0	0
水域	0	399.76	17 712.33	0	8.64	15 800.36	2 156.98	86.93	8.64	3 771.87
未利用地	0	0	26.03	0	17.39	8.64	295.44	8.64	0	8.64

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

依据2000—2009年合川区土地利用数据，运用公式(1)计算出合川区单一土地利用动态变化度。从表2中可以看出，研究期内，合川区土地利用类型中林地动态变化度最高，其次为交通用地、居民点及工矿用地、园地、耕地、水域、未利用地。说明近年来，合川区通过三江防护林（嘉陵江、渠江、涪江）建设，退耕还林，速生丰产林基地等重点营林、造林工程，营造了一大批优质林地，提高了森林覆盖率；水土流失治理和生态环境建设，使林地结构不断优化。居民点及工矿用地增加了16.88%，交通用地增加了22.25%，反映在城市化进程中，合川区土地变化剧烈，建设用地面积增加迅速。其最重要的驱动力是工业化、城镇化的加速发展导致对建设用地需求的不断增加，合川区城镇化率由2000年的15.8%提高到2009年的52.6%。

表2 2000－2009年合川区土地利用类型动态度

年份	耕地/hm^2	园地/hm^2	林地/hm^2	居民点及工矿用地/hm^2	交通用地/hm^2	水域/hm^2	未利用地/hm^2
2000年	2 388 901	131 223	362 991	318 405	36 543	144 618	132 142
2001年	23 785 741	130 629	372 776	319 148	37 303	144 659	131 733
2002年	2 353 942	141 747	384 058	323 384	37 235	143 561	130 896
2003年	2 340 242	141 466	388 310	332 783	37 834	143 543	130 645
2004年	2 284 123	139 458	439 900	340 445	380 584	143 707	129 131
2005年	2 258 763	137 840	445 457	357 919	441 044	143 336	127 403
2006年	2 247 827	137 862	456 884	358 423	441 044	143 363	126 358
2007年	2 231 867	137 853	471 979	359 300	44 104	143 365	126 354
2008年	2 207 905	1 377 514	488 667	366 791	44 241	143 355	126 112
2009年	2 191 802	116 134	516 075	372 150	44 674	155 198	128 790
土地利用变化率/%	-8.25	-11.50	42.17	16.88	22.25	7.32	-2.54
动态变化度/%	-0.92	-1.28	4.69	1.88	2.47	0.81	-0.28

3.2 土地利用变化的景观格局分析

3.2.1 景观特征和空间格局指数分析 表3为合川区景观格局指数变化情况。从表3可以看出，2005—2009年，合川区土地斑块数目（NP）由36 189个减少到34 627个，斑块密度（PD）由15.44个减少到14.78个，景观破碎度由0.35降低到0.34，反映了研究期内合川区景观破碎度呈降低的特征，景观演化过程中人类活动的干扰程度不断增强。

3.2.2 景观多样性指数分析 多样性指数（SHDI）反映景观类型的多少和各景观类型所占比例的差异；优势度指数（DI）用于度量土地利用类型中一种或几种类型支配整个土地利用类型的程度，它与多样性指数呈反比，对于景观多样性数目相同的地区多样性指数值越大，其优势度越小；均匀性指数（SHEI）反映各种景观类型分配的均匀程度，其值越大，表明各景观类型分配越均匀。

从表3也可以看出，2005—2009年，合川区土地利用多样性指数由1.38增加到1.42，优势度指数由0.31减小到0.27，均匀度指数由0.69增加到0.71，表明研究区耕地等优势景观类型面积下降，各种景观类型空间分布的均匀程度不断提高，对土地利用格局起控制作用的景观类型在减弱。

表 3　2005 – 2009 年合川区景观格局指数变化

年 份	NP	PD	FI	SHDI	SHEI	DI
2005 年	36 189	15.44	0.35	1.38	0.69	0.31
2009 年	34 627	14.78	0.34	1.42	0.71	0.27

注: NP 为斑块数; PD 为斑块密度指数; FI 为景观破碎度指数; SHDI 为景观多样性指数; SHEI 为景观均匀度指数; DI 为景观优势度。

3.3　生态系统服务价值计算及变化分析

根据生态系统服务价值当量因子表(表 1) ,利用公式(2) ,计算得出 2000—2009 年合川区生态系统服务价值变化情况(表 4) 。由表 4 可以看出,2000—2009 年合川区土地利用的生态服务总价值量由 19 713.46万元增加到 20 462.07 万元,增加了 748.61 万元,表明合川区生态系统服务价值量的增加和生态效益上升。研究期内,林地、交通用地、水域的生态系统服务价值量有所增加,分别增加了 1 657.71,22.42 和 340.99 万元,其中林地的价值量增加最快。根据生态系统服务价值当量因子表(表 1) ,利用公式(2) ,计算得出 2000—2009 年合川区生态系统服务价值变化情况(表 4) 。

表 4　2000 – 2009 年各土地利用类型生态系统服务价值量变化　　万元

地 类	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
耕 地	11 572.88	11 522.86	11 403.53	11 337.16	11 065.29	10 942.44	10 889.46	10 812.14	10 696.06	1 618.05
园 地	764.68	761.22	826.00	824.36	812.66	803.23	803.36	803.31	802.72	676.74
林 地	3 930.72	4 036.68	4 158.85	4 204.89	4 763.55	4 823.72	4 947.46	5 110.92	5 291.63	5 588.43
居民点及工矿用地	-1 355.25	-1 358.42	-1 376.45	-1 416.45	-1 449.06	-1 523.44	-1 525.59	-1 529.32	-1 561.20	-1 584.01
交通用地	100.76	102.85	102.66	104.32	104.94	121.61	121.61	121.60	121.98	123.18
水 域	4 660.80	4 662.13	4 626.74	4 626.18	4 631.44	4 619.50	4 620.37	4 620.44	4 620.11	5 001.79
未利用地	38.88	38.76	38.52	38.44	38.00	37.49	37.18	37.18	37.11	37.90
合 计	19 713.46	19 766.08	19 779.85	19 718.90	19 966.82	19 824.54	19 893.85	19 976.28	20 008.40	20 462.07

由表 4 可以看出,2000—2009 年合川区土地利用的生态服务总价值量由 19 713.46 万元增加到 20 462.07万元,增加了 748.61 万元,表明合川区生态系统服务价值量的增加和生态效益上升。研究期内,林地、交通用地、水域的生态系统服务价值量有所增加,其中林地的价值量增加最快,对合川区生态系统服务价值增加的贡献最大。但近年来,合川区耕地、园地面积的不断下降,以及居民点及工矿用地面积的增加,导致耕地、园地和居民点及工矿用地的价值量分别下降了 954.83,87.93 和 228.76 万元。在耕地、园地面积较快下降和居民点及工矿用地较快增加的背景下,研究期内合川区生态服务价值总量的增加则主要源于林地面积的快速增加。生态系统服务价值贡献中,以 2009 年为例,利用公式(4) 可得出各类土地利用类型中耕地的生态系统服务价值贡献最大,约占总价值的51.89%,其次是林地、水域、园地; 水域面积仅占土地总面积的 4.40%,但其产生的生态系统服务价值却占总生态系统服务价值的 24.44%,可见水域对生态系统起着十分重要的生态作用和景观作用。

3.4　生态系统服务功能计算及变化分析

利用公式(3) 可计算出合川区生态系统服务功能变化(表 5) 。从表 5 可以看出,2000—2009 年,合川区生态服务功能中,水分调节、废物处理和食物生产功能有所下降,而气体调节增加了 146.54 万元,气候调节增加了 59.63 万元,侵蚀控制增加了 257.73 万元,土壤形成增加了 96.76 万元,生物多样性增加了 152.75万元,原材料提供增加了 114.76 万元,娱乐文化增加了 95.08 万元。

表 5　2000 – 2009 年合川区生态系统服务功能变化　　万元

服务功能	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	变化量
气体调节	1 516.09	1 526.63	1 546.15	1 547.47	1 603.55	1 601.42	1 614.83	1631.98	1 648.63	1 662.63	146.54
气候调节	2 116.95	2 122.32	2 131.14	2 127.69	2 155.98	2 145.54	2 153.17	2 162.25	2 168.27	2 176.58	59.63
水分调节	1 902.51	1 908.51	1 876.22	1 826.43	1 836.85	1 736.13	1 745.25	1 755.10	1 728.63	1 900.49	-2.02
侵蚀控制	1 290.68	1 300.63	1 326.26	1 356.34	1 409.38	1 476.72	1 485.34	1 497.28	1 528.78	1 548.41	257.73
土壤形成	3 326.80	3 335.69	3 344.97	3 339.37	3 385.65	3 369.40	3 381.65	3 396.26	3 405.85	3 423.56	96.76
废物处理	4 450.93	4 446.95	4 414.05	4 385.63	4 356.21	4 296.39	4 293.79	4 287.82	4 262.50	4 398.52	-52.41
生物多样性	2 027.40	2 037.15	2 040.13	2 039.70	2 090.34	2 085.11	2 096.89	2 111.97	2 125.41	2 180.15	152.75
食物生产	1 773.97	1767.94	1 755.31	1 746.22	1 713.54	1 696.04	1 689.98	1 680.90	1 666.41	1 653.70	-120.27
原材料提供	624.79	632.62	651.45	654.19	696.35	698.27	708.13	721.03	734.76	739.55	114.76
娱乐文化	682.51	686.83	693.35	695.05	718.14	718.70	723.99	730.87	738.35	777.59	95.08
合 计	19 712.64	19 765.26	19 779.03	19 718.08	19 966.00	19 823.72	19 893.03	19 975.46	20 007.58	20 461.18	748.54

由于气体调节和气候调节主要是林地、园地提供,生物多样性功能由水域和林地提供的,研究期内,合川区林地和水域面积都有较大的提高,导致两项功能的增加。土壤形成主要是有林地、园地、耕地形成,尽管研究期内耕地和园地面积下降,但由于林地面积大幅增加,使得土壤形成功能增加。水分调节和废物处理主要是由耕地、园地、林地和水域提供的,而居民点用地对其有很大的削减作用;由于林地、水域面积提高与耕地、园地面积下降相互交替影响,加之居民点用地的快速增加,使得水分调节和废物处理功能略有下降。由于食物生产功能主要是耕地和园地提供的,而侵蚀控制则由居民点用地、交通用地、林地和园地提供,以及原材料提供和娱乐文化功能由园地、林地和水域提供,这共同反映了研究期内建设用地明显增加,耕地、园地面积减少,以及林地和水域面积增加的土地利用变化状况。

4 结 论

(1) 重庆市合川区2000—2009年间土地利用发生了显著的变化,其突出表现是耕地、园地面积的减少以及建设用地和林地面积的较快增加。

(2) 景观格局上,景观多样性和均匀度增加,而优势度减小以及景观破碎度降低,表明人类活动对土地的干扰程度不断增强,农用地加速向建设用地转化;如果人类的干扰强度过度增强,景观的多样性和均匀度将下降,而优势度将增加;虽然在短期内增加了经济效益,但会降低该地区生物的多样性;为此,在发展经济的同时,也应注重生态环境的保护和建设。

(3) 生态系统服务价值上,合川区土地利用变化较快,生态服务价值总量增加了748.54万元,增长了3.80%,而同时期合川区GDP增长了150.21%,经济增长速度明显快于生态系统服务价值的增长速度;为此,需要加强生态建设,积极加大生态建设的资金投入力度。

(4) 生态系统作为一个开放的复杂系统,它与周围环境不断进行着物质、能量和信息交换,本研究没有考虑研究区与周围生态系统的交流,这也是需要进一步深入研究的问题。由于资料不足,本研究仅对2005和2009年进行了景观格局分析,未能全面反映研究时段内景观格局响应。对于2000—2008年,本研究采用土地利用变更数据,而对于2009年采用的是全国第二次土地调查数据,由于调绘方式、统计口径的不同,造成2009年数据较上年变更较大,形成土地利用数据序列上的一个"突变",从而对研究结果造成一定的影响。

[参 考 文 献]

[1] 王宗明,张树清,张柏. 土地利用变化对江平原生态系统服务价值的影响[J]. 中国环境科学,2004,24(1):125-128.

[2] 王耀宗,常庆瑞,屈佳,等. 陕北黄土高原土地利用/覆盖变化及生态效应评价[J]. 水土保持通报,2010,30(4):134-139.

[3] 邹秀萍,齐清文,徐增让,等. 怒江流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应分析[J]. 水土保持学报,2005,19(5):147-151.

[4] 刘琦,任志远,李晶. 区域土地利用变化图谱分析及其生态效应评价:以太原市城区及近郊区为例[J]. 中国农业科学,2007,40(10):2259-2266.

[5] 于开芹,冯永军,郑九华,等. 城乡交错带土地利用变化及其生态效应[J]. 农业工程学报,2009,25(3):213-218.

[6] 范建红,金利霞,金丹华. 经济发达地区土地利用变化对生态环境的影响:以佛山市南海区为例[J]. 热带地理,2008,28(1):58-73.

[7] 史永亮,王如松,周海波,等. 南疆生态脆弱区土地利用变化及其生态影响评价:以新疆阿克苏市为例[J]. 生态学杂志,2006,25(7):753-758.

[8] 唐华俊,陈佑启,邱建军,等. 中国土地利用/土地覆盖变化研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004:33-42.

[9] 曹银贵,周伟,袁春. 基于土地利用变化的区域生态服务价值研究[J]. 水土保持通报,2010,30(4):242-247.

[10] 王仰麟,赵一斌,韩荡. 景观生态系统的空间结构:概念、指标与案例[J]. 地球科学进展,1999,14(3):235-241.

[11] 陈文波,肖笃宁,李秀珍,等. 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.

[12] 段春霞,胡远满,李月辉,等. 大兴安岭北部林区景观格局变化及其影响分析[J]. 生态学杂志,2004,23(2):133-135.

[13] Costanza R, Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.

[14] 谢高地,肖玉,甄霖,等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):10-13.

[15] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2002,18(2):189-196.