

基于改进型 PCNN 与模糊算法的湿地生态承载力评价^{*}

付 强 ,李伟业 ,冯 艳

(东北农业大学 水利与建筑学院 ,哈尔滨 150030)

摘 要:在脉冲耦合神经网络(PCNN)模型两大基本特性(耦合机制、脉冲输出)的基础上对其进行了改进,连接输入部分等于上一次点火时的脉冲,直接体现了前后神经元之间的联系;动态阈值等于生态承载力评价标准的等级范围,这样调节阈值更容易对样本进行分类;省略了不必要的参数,减少了模型的复杂度;将 PCNN 与多目标模糊模式识别模型结合,提出了基于模糊 PCNN 的生态承载力评价新模型,并采用 13 个评价指标对三江平原 6 个地理分区的生态承载力评价指标标准和 PCNN 模型调整后的数据分别计算它们的隶属度,最后得出各个地理分区的生态承载力综合评价结果。结果表明三江平原大部分生态系统较稳定,资源与环境承载能力比较高,但是湿地生态系统健康状况比较差,湿地生态环境质量下降比较快,需要加强改善沼泽湿地生态环境,提高水资源的利用效率等措施。同时表明改进型 PCNN 与多目标模糊模式识别模型结合应用于生态承载力评价中是可行的,既拓宽了 PCNN 的应用领域,又为生态承载力的评价问题提供了新的研究方法。

关键词:脉冲耦合神经网络;多目标模糊模式识别模型;湿地;生态承载力

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)04-0056-04

Evaluating Ecological Carrying Capacity of Wetland Based on Improved Pulse Coupled Neural Network and Fuzzy Algorithm

FU Qiang ,LI Wei-ye ,FENG G Yan

(School of Water Conservancy and Building Engineering , Northeast Agricultural University , Harbin 150030 , China)

Abstract :Pulse Coupled Neural Network (PCNN) ,called as the third generation of neural network ,with the basic characteristics of coupling and pulse output ,is widely implemented on image processing and obtained the certain result. In this paper ,the PCNN model is improved as follows : the value of link load part equals to the pulse in the last ignition action in order to reflect the relationship between the before and after neural cell directly ,dynamic threshold equals to the classification range of ecological carrying capacity evaluation criterion to classify the samples easily and unnecessary parameter is omitted to reduce the complexity of PCNN model. After the combination of PCNN and multi-objective and fuzzy pattern identified model ,the new ecological carrying capacity evaluation model is put forward based on fuzzy PCNN. And 13 evaluation indexes were adopted in ecological carrying capacity evaluation criterion and data adjusted through PCNN model of 6 geography zonings in Sanjiang Plain to calculate their degrees of membership relatively. At last ,integrative evaluation results of ecological carrying capacity for every geography zoning were obtained. The result shows that most ecological systems of Sanjiang Plain are quite stable and carrying capacity of resources and environments are very high. At the same time ,health status of wetland ecological systems is not so good ,and the quality of marsh ecological systems is decreasing fast. So wetland ecological systems are required to improve and the utilization efficiency of water resource is also needed to advance. The experiment results show the feasibility of this model in the status evaluation of agriculture water resource utilization ,expanding the application areas of PCNN model and providing a new alternative for water resource evaluation.

Key words :Pulse Coupled Neural Networks ; multi-objective and fuzzy pattern identified model ; wetland ; ecological carrying capacity evaluation

生态承载力作为评价可持续发展能力基础支持系统的方法之一,其理论及研究方法已倍受国内外研究者的关注,

^{*} 收稿日期:2007-11-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 30400275)

作者简介:付 强(1973 -) ,男,汉族,辽宁省锦州人,教授,博士生导师,主要从事农业水土资源系统分析、湿地水管理及农业系统工程建模与优化技术研究。E-mail : fuqiang @neau. edu. cn

成为生态学与水土资源学、环境科学与生态经济学研究的交叉前沿领域^[1]。生态承载力评价对象是一个开放的、多层次、复杂的区域符合生态系统,生态承载力强调以生态系统整体为研究对象,不仅要强调生态系统整体调节能力的重要性,同时也要注意资源要素、环境要素的重要性,在保证人类生存和发展所需的生态环境处于不受或少受破坏与威胁状态的同时,还要满足自然生态环境状况和资源的持续供给能力能够维持社会经济的生存与可持续发展的需求^[2-7]。

近年来,脉冲耦合神经网络(PCNN——Pulse Coupled Neural Networks)被大量应用于图像处理、图像分割、图像平滑、图像去噪、图像融合中,还有少部分用在最短路径寻优、结构布局优化等方面,但在生态承载力评价领域的应用至今还是一个空白。本文在 PCNN 的强自适应捕获点火,内部耦合,动态调整阈值控制脉冲发放等基本特性的基础上,对模型进行了简化处理,并且结合了模糊算法实现了对生态承载力各项指标的分类和评价。

1 PCNN 模型结构及原理

PCNN 是近十余年在国内外兴起的新型神经网络,国际上称 PCNN 为第三代人工神经网络。1990 年,由 Eckhorn 等对猫的视觉皮层神经元脉冲串同步振荡现象的研究^[8],得到了哺乳动物神经元模型^[9-10];2000 年 Kilter 和 Leo^[11]提出了一种便于对两个相邻神经元点火特性的相关性进行分析的神经元模型;同年,Bressloff 和 Coombes^[12]对具有强耦合的 PCNN 的动态行为进行了研究,指出在弱耦合情况下稳定的相位锁定状态是如何随着耦合强度的增加而进入不稳定的。由此发展形成了 PCNN 模型。

1.1 PCNN 基本模型

经过大量的应用研究,G. Kuntimad 和 H. S. Ranganath 对基本的 PCNN 模型进行了简化(如图 1)。PCNN 神经元主要由连接部分、调制部分、脉冲产生 3 部分组成。

1.1.1 连接部分

反馈输入

$$F_{ij}(n) = x_{ij} \tag{1}$$

连接输入

$$L_{ij}(n) = V_{L_{k,l}} W_{ij,k,l} Y_{kl}(n-1) \tag{2}$$

式中: F_{ij} ——网络的反馈输入; x_{ij} ——第 i 个输入样本的第 j 个分量(本文中为评价指标); L_{ij} ——网络得到连接输入; $W_{ij,k,l}$ ——神经元 ij 与 kl 的连接权; n ——样本数量; V_L ——连接幅度系数; $Y_{kl}(n-1)$ ——神经元点火与否的信息。

1.1.2 调制部分

反馈输入 $F_{ij}(n)$ 和连接输入 $L_{ij}(n)$ 经过调制部分的作用产生神经元 ij 的内部活动项。

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n) [1 + L_{ij}(n)] \tag{3}$$

式中: U_{ij} ——神经元 ij 的内部活动项;——连接强度,神经元的脉冲生成器根据内部活动项 $U_{ij}(n)$ 的一个阶跃函数产生二值输出,并根据神经元 ij 点火(激活)与否的状态自动调整阈值 θ_{ij} 的大小。

如果神经元 ij 点火,则对 θ_{ij} 进行调整

$$\theta_{ij}(n) = e^{-\alpha_{\theta}} \theta_{ij}(n-1) + V_{\theta} Y_{ij}(n-1) \tag{4}$$

式中:——时间衰减常量; V_{θ} ——阈值常量。

1.1.3 脉冲产生部分

$$Y_{ij}(n) = \begin{cases} 1 & U_{ij} \geq \theta_{ij} \\ 0 & U_{ij} < \theta_{ij} \end{cases} \tag{5}$$

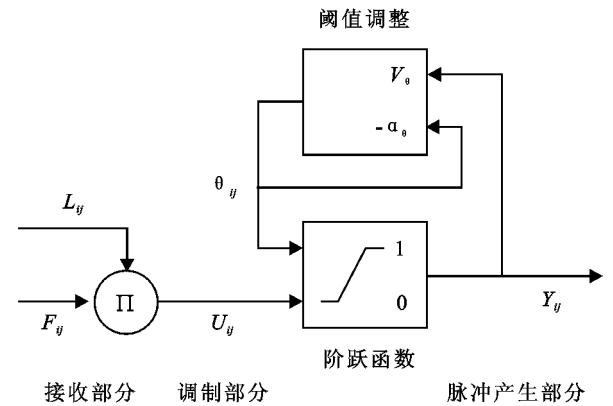


图 1 PCNN 神经元简化模型

1.2 改进的 PCNN 模型

在以往的应用中,许多专家和学者根据自己的专业需要,对 PCNN 做了不同的改进,共同目的是减少模型参数,提高解决实际问题的能力。根据文中数据的特点,将用于图像中的 PCNN 模型进行了改进,来解决生态承载力评价问题。在评价中,一个样本含有若干个评价指标,网络的输入是针对每个样本逐一处理,进而对该样本的每一个评价指标进行分析,实现对样本的分类。这样的输入模式有别于图像处理的像素输入法。

网络的反馈输入

$$F_{ij}(n) = x_{ij} \tag{6}$$

网络的连接输入^[10]

$$L_{ij}(n) = Y_{ij}(n-1) \tag{7}$$

内部活动项

$$U_{ij}(n) = F_{ij}(n) [1 + L_{ij}(n)] \tag{8}$$

脉冲输出:

$$Y_{ij}(n) = \begin{cases} 1 & U_{ij} \geq \theta_{ij} \\ 0 & U_{ij} < \theta_{ij} \end{cases} \tag{9}$$

据本文评价标准需要,当 $U_{ij} \geq \theta_{ij}$ 时神经元点火,即 $Y_{ij}(n) = 1$ 。网络的活动阈值:在本文阈值 θ_{ij} 代表评价指标的标准。

2 在 PCNN 模型中引入模糊算法

考虑到生态承载力评价具有一定的模糊性,因此采用在 PCNN 模型中引入多目标模糊模式识别模型^[13]来对各样本指标标准和 PCNN 模型调整后的数据来分别计算它们的隶属度。样本指标标准隶属度反映了生态承载力评价标准的阈值,各实际样本经过 PCNN 网络训练和多目标模糊模式识别模型计算其隶属度,在与样本指标标准隶属度进行计算与判断,输出生态承载力评价结果。

多目标模糊模式识别模型如下:

表 3 PCNN 对三江平原沼泽湿地生态承载力状况的分类结果

样本序号	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	PCNN 输出
1	955.6	134.66	1420.81	99.19	8.86	39	190.03	79.03	17.02	97.82	52.26	90.50	89.90	1
2	1074.51	56.23	1199.2	46.34	11.55	31.30	232.92	90.25	24.12	88.62	95.77	95.58	86.70	1
3	828.23	71.22	2379.23	56.32	14.36	52.15	103.63	84.64	21.80	91.05	56.06	88.10	90.10	1
4	869.11	120.64	1084.24	58.58	17.63	15.55	129.2	99.32	14.84	94.01	76.33	96.10	99.70	1
5	1066.41	132.53	2024.98	36.18	10.01	49.53	230.58	67.53	11.35	80.47	50.59	82.05	83.90	1
6	697.25	39.92	937.09	20.77	2.76	14.08	58.99	49.62	8.33	71.34	35.77	66.80	79.30	2
7	743.10	45.93	328.04	29.04	3.33	11.14	84.66	43.04	5.06	61.70	44.81	70.89	66.90	2
8	633.85	45.82	141.43	26.38	3.53	13.8	64.69	47.22	7.02	73.23	35.79	77.90	79.20	2
9	667.92	39.37	957.74	28.97	3.92	13.90	98.25	45.59	7.54	73.03	49.61	63.20	67.90	2
10	603.65	41.98	874.06	28.36	2.03	10.00	26.65	49.30	5.15	76.13	38.24	68.90	65.60	2
11	558.18	19.30	97.53	13.65	1.44	6.93	22.67	32.33	2.53	57.62	20.16	50.30	53.78	3
12	546.84	27.13	50.17	12.36	1.10	9.77	9.11	37.58	3.91	58.80	22.21	49.30	55.50	3
13	434.73	22.81	73.41	10.11	1.01	8.89	16.49	39.07	4.15	45.14	16.64	46.89	40.20	3
14	527.95	16.77	21.58	18.73	1.85	8.02	18.59	36.91	4.46	59.23	25.26	41.03	58.98	3
15	580.52	17.80	58.99	14.49	1.01	5.12	5.76	33.05	2.62	59.14	28.34	45.90	47.09	3
16	393.45	7.68	9.69	5.12	0.71	4.84	1.56	26.55	1.15	33.49	12.41	33.30	34.80	4
17	215.71	10.14	1.39	7.79	0.85	3.14	1.56	20.83	1.57	39.23	7.24	20.90	20.70	4
18	382.89	12.35	1.29	5.54	0.69	4.29	3.43	26.62	1.98	34.36	8.33	25.90	26.90	4
19	373.62	14.55	9.31	8.05	0.56	2.21	3.20	24.74	2.32	32.86	12.95	39.11	38.29	4
20	201.94	10.48	5.51	6.03	0.54	2.06	4.18	24.00	1.28	39.20	8.87	33.55	34.98	4
21	195.94	3.89	0.91	2.35	0.39	1.13	0.33	12.8	0.34	15.10	0.24	15.90	15.80	5
22	54.29	3.25	0.57	1.64	0.03	0.79	0.17	10.9	0.65	13.05	2.38	19.01	17.65	5
23	50.47	0.65	0.70	0.39	0.25	0.85	0.86	18.95	0.17	12.75	3.19	9.80	9.50	5
24	175.15	3.54	0.67	2.66	0.27	1.49	0.91	3.95	0.81	4.43	2.94	13.24	15.00	5
25	147.46	2.68	0.38	4.98	0.38	1.47	0.78	10.2	0.85	5.74	1.60	15.87	15.23	5

表 4 三江平原沼泽湿地生态承载力评价结果

地区	萝北地区	同抚地区	挠力河地区	安邦河地区	倭肯河地区	穆稜河地区
u_i	0.0379	0.1033	0.0763	0.0132	0.0208	0.0695
评价						

从表 4 中可以看出,同抚地区与挠力河地区生态承载能力同处 Ⅱ级水平,而同抚地区比挠力河地区更优;同样穆稜河地区与萝北地区生态承载能力同处 Ⅱ级水平,但是穆稜河地区则更靠近 Ⅲ级水平,而萝北地区则更靠近 Ⅱ级水平的阈值,生态承载能力不容乐观;安邦河地区和倭肯河地区生态承载能力则同处于 Ⅲ级水平,生态承载能力较差,因此要采取必要的措施来提高承载能力,应给予足够重视,保证区域内的可持续发展。总的来说整个三江平原大部分生态系统较稳定,资源与环境承载能力比较高,社会、经济和人口发展潜力较大,可持续发展能力较强,表明三江平原生态承载能力比较高,但是湿地生态系统健康状况比较差,湿地生态环境质量下降较快,这与湿地开发密切相关。但要进一步提高生态承载能力,则需要加强改善沼泽湿地生态环境,提高水资源的利用效率等措施。

4 结 论

(1) PCNN 被称为目前最接近生物神经元的人工网络,其两大基本特性为耦合机制、脉冲输出。在保留两大基本特性的基础上对其进行简化和改进,即本次连接输入等于上一

次的脉冲输出,目的是直接体现前后神经元中样本的内在关系。动态阈值等于生态承载力状况评价标准的等级范围,用淘汰制原则来进行阈值的设置。网络模型的公式省略了部分参数,减少了模型的复杂度。

(2) 将改进后 PCNN 模型与模糊算法结合,提出了基于模糊 PCNN 的生态承载力评价新模型,采用 13 个评价指标对三江平原 6 个地理分区进行综合评价,结果表明三江平原沼泽湿地大部分生态系统较稳定,整体生态承载能力较高,但个别地区(安邦河地区和倭肯河地区)较差,需要采取相应措施,加强改善沼泽湿地生态环境。评价结果符合三江平原沼泽湿地生态系统实际情况。通过本研究即拓展了 PCNN 的应用领域,又为解决湿地生态承载力中的分类、评价问题提供了新的思路和方法。

(3) 所选的指标和建立的标准符合由人类及其活动、资源、环境等多要素组成的复杂开放的系统特点,避免了从单项资源(土地资源、水资源、生物资源)现有总体数量对承载能力方面进行分析与研究的弊端,能准确地反映三江平原沼泽湿地区域生态系统的整体效应,使生态承载力评价在可持续性方面具有一定的优越性。

(下转第 63 页)

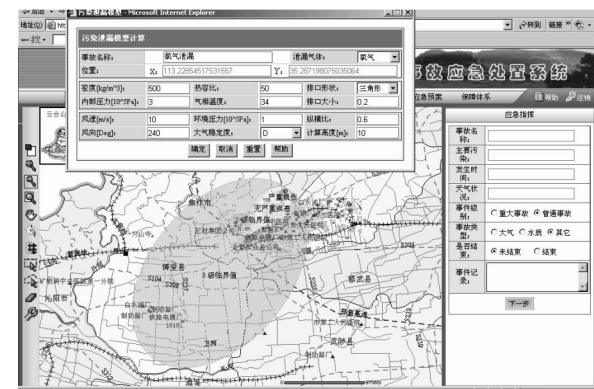


图 5 空气质量模拟

4 结 语

环境突发事故应急系统主要有以下一些特点：

(1) 平台与在线监测监控硬件相结合 , 能随时掌握潜在事故源排放或周围环境质量变化情况 , 在发生异常情况能及时了解 , 避免事故发生或最大程度地降低事故损失。

(2) 平台通过应急监控终端提供事故现场视频指挥 , 事故发生时决策者能够通过监控中心大屏幕清楚地了解事故现场情况 , 使决策更为准确。

(3) 平台提供丰富的应急模型库 , 包括各类空气质量模型、水质模型、爆炸、溢油模型等 , 在事故发生后系统能够根据输入事故情况智能地选择模型进行模拟 , 让决策者能了解污染物随时间和空间的变化情况。

目前 , 本系统已在国内一些地区的环境保护局得到了成功应用 , 通过应用提高了其环境监督管理能力和环境污染事故的应急处置能力 , 为实现其环保总体目标和城市的可持续发展提供重要的科技支撑 , 建立了城市监控应急和数字城市的雏形系统 , 为城市的“数字环保”建设打下坚实的基础。

参考文献：

[1] 人民网.《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》[EB/ OL]. [http://politics. people. com. cn/ GB/ 1026/ 4104649. html](http://politics.people.com.cn/GB/1026/4104649.html)

[2] 汪立忠, 陈正夫, 陆雍森. 突发性环境污染事故风险管理进展[J]. 环境科学进展, 1998, 6(3): 14-23.

[3] 吴玉萍, 胡涛, 赵毅红. 我国环境污染突发事件应急管理亟待完善[EB/ OL]. [http://www. chinado. cn/ Read- News. asp ? NewsID = 484](http://www.chinado.cn/ReadNews.asp?NewsID=484).

[4] 牛冲槐, 任朝江, 白建新. 突发性公共事件中政府应急能力的测定[J]. 太原理工大学学报: 社会科学版, 2003, 21(4): 21-25.

[5] 李习彬. 改进和完善我国政府危机管理的几条建议[J]. 中国行政管理, 2003(11): 16-19.

[6] 薛澜, 张强. 建立现代危机管理体系刻不容缓: 美国“9.11 事件”的启示[N]. 中国企业报, 2001-10-23.

[7] 薛澜. 危机管理 - 转型期中国面临的挑战[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

(上接第 59 页)

参考文献：

[1] 邓波, 洪绂曾, 龙瑞军. 区域生态承载力量化方法研究述评[J]. 甘肃农业大学学报, 2003, 38(3): 281-289.

[2] 高吉喜. 可持续发展理论探索: 生态承载力理论与应用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.

[3] 龙腾锐, 姜文超, 何强. 水资源承载力内涵的新认识[J]. 水利学报, 2004(1): 38-45.

[4] 夏军, 张永勇, 王中根, 等. 城市化地区水资源承载力研究[J]. 水利学报, 2006(12): 1482-1487.

[5] 王家骥, 姚小红, 李京荣, 等. 黑河流域生态承载力估测[J]. 环境科学研究, 2000, 13(2): 44-48.

[6] 黄青, 任志远. 论生态承载力与生态安全[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(2): 11-17.

[7] 刘庄, 沈渭寿, 车克钧, 等. 祁连山自然保护区生态承载力分析与评价[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(3): 19-22.

[8] 马义德, 李廉, 王亚馥, 等. 脉冲耦合神经网络原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 16-20.

[9] Eckhorn R, Reitboeck H J, Arndt M, et al. Feature Linking via Synchronization among Distributed Assemblies: Simulation of Results from Cat Cortex[J]. Neural Comput, 1990, 2(3): 293-307.

[10] Eckhorn R, Frien A, Bauer R, et al. High Frequency Oscillations in Primary Visual Cortex of Awake Monkey[J]. NeuroRep, 1993, 4(3): 243-246.

[11] Eckhorn R, Reitboeck H J, Arndt M, et al. A neural network for future linking via synchronous activity: Results from cat visual cortex and from simulations [C]// Cotterill R M J. Models of Brain Function. UK: Cambridge Univ. Press, 1989: 255-272.

[12] Gray C M, Singer W. Stimulus-specific neuronal oscillations in the orientation columns of cat visual cortex [J]. Proc. Nat. Academy Sci., 1989, 86(5): 1699-1702.

[13] 王国利, 周惠成, 杨庆. 基于 DRASTIC 的地下水易污染性多目标模糊模式识别模型[J]. 水科学进展, 2000, 11(2): 173-179.