

BP 神经网络算法在需水预测与评价中的应用

凌和良¹, 桂发亮², 楼明珠³

(1. 南昌工程学院 理学系, 江西 南昌 330099)

(2. 南昌工程学院 水利系, 江西 南昌 330099)

(3. 南昌工程学院 计算机科学系, 江西 南昌 330099)

摘要: 需水预测是进行水资源规划与管理的必备技术方法, 在水资源短缺的地区显得尤为重要。合理而准确地预测未来的需水量, 可以避免投资的浪费或减少将来用水危机的发生。以江西省为例, 采用BP神经网络算法对江西省近期的需水进行预测与评价, 将结果与其它方法预测的进行比较, 比较结果说明神经网络算法预测需水是成功的。

关键词: 水资源; 需水预测; 神经网络算法

1 引言

需水预测在水资源规划与管理中起着重要的作用, 它是供水决策, 水利投资时的重要参考目标。需水预测要以经济发展特征和用水现状的研究为基础, 重点研究工业发展趋势与产业结构的调整、人民生活水平提高的速度与程度、农业经济模式与发展规划等。由于工业、农业、生活用水有不同的供需规律, 需分别预测。

目前, 有关预测的模型方法有: 趋势分析法、时间序列法、因果分析法、灰色预测模型、模糊数学预测模型、人工神经网络预测模型。在需水预测中采用其中的一种, 或在分部门需水预测时将几种方法组合^[1,2]。

人工神经网络是一种由大量简单非线性神经元广泛连接而成的可以高速并行的系统, 它具有快速收敛与状态空间中一平衡稳定点的优点, 因此作为优化算法模型而被应用到许多优化问题的求解中。

本文首先结合江西省发展实际和发展规划, 预测出近期的人口规模、经济规模, 然后根据不同行业的不同供需规律, 考虑到影响农业和工业用水因素的复杂性和非线性关系, 采用BP神经网络算法预测工业、农业的需水量, 对人口、环境需水采用趋势法。

2 BP 神经网络算法原理

1985年, Rumelhart 等人提出了误差反向传递学习算法(即BP算法), 才实现了Minsky的多层网络设想(图1)。

在神经网络中, 修改权值的规则称为学习算法, BP神经网络的学习过程由两部分构成: 正向传播和反向传播。当正向传播时, 输入信息从输入层经隐层处理后传入输出层, 每一层神经元状态只影响下一层的神经元的状态。如果在输出层得不到希望的输出, 则转入反向传

播,将误差信号沿原来的神经元连接通路返回. 在返回过程中,逐一修改各神经元连接的权值. 这种过程不断迭代,最后使信号误差达到允许的范围之内. 其算法步骤如下:

1) 置各权值或阀值的初始值 w_{ji}, b_j ;

2) 提供训练样本, 输入向量 $P = (p_1, p_2, \dots, p_r)$, 期望输出向量 $T = (t_1, t_2, \dots, t_r)$, 对每个输入样本进行 3) 到 5) 的迭代;

3) 计算网络的实际输出及隐层单元的状态: $a_{kj} = f_j\left(\sum_i w_{ji} a_{ki} + b_j\right)$. 式中 a_{kj} 表示第 k 个样本在第 j 层的输出, w_{ji} 表示第 j 层和第 i 层的连接权值, a_{ki} 表示第 k 个样本在第 i 层的输出, b_j 为第 j 层的阀值;

4) 计算训练误差: $\delta_{kj} = a_{kj}(1 - a_{kj})(t_{kj} - a_{kj})$ (当 j 为输出层时); $\delta_{kj} = a_{kj}(1 - a_{kj}) \sum_m \delta_{km} w_{mj}$ (当 j 为隐层时);

5) 修正权值和阀值: $w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) + \eta \delta_j a_{ki} + \alpha [w_{ji}(t) - w_{ji}(t-1)]$, $b_j(t+1) = b_j(t) + \eta \delta_j + \alpha [b_j(t) - b_j(t-1)]$;

6) 当 k 每经历 1 至 p 后, 判断指标是否满足精度要求, 若满足或达到最大训练次数, 则结束; 否则, 继续修正^[3,6].

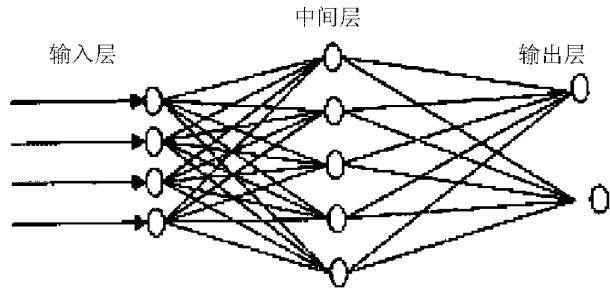


图 1 BP 神经网络模型

3 算例

下面以江西省为例,采用 BP 神经网络算法对江西省近期的需水进行预测,在预测的基础上同其它方法预测的结果进行比较.

3.1 江西省水资源和水环境现状特征

江西省位于长江中下游南岸,全省多年平均降水量约为 1640mm,多年平均水资源总量为 1422 亿立方米,但时空分布不均,差异较大. 在空间分布上,北部大于南部,东部大于西部,省境周边山区多于中部盆地,各地多年平均降水量为 1400—1900mm. 在时间分布上,4—6 月是全省降水量最集中的季节,约占全年降水量的 45%—50%,而 7—9 月降水偏少,约占全年的 20% 左右. 另外,江西正处于从一个农业大省向工业化发展的转型阶段,城市化进程加快,城市人口急剧膨胀,城市生活用水不断增加,为确保经济发展而不得以挤占大量的生态环境用水.

3.2 近期江西省社会经济指标的预测

3.2.1 人口规模

2005 年江西省的人口自然增长率为 0.783%,采用指数函数增长方式,数学公式表达如下:

(C) 1994-2023 China Academic Paper Library Electronic Publishing House. All rights reserved. (1)

(1) 式中 P_n 为预测年人口数; P_0 为 2005 年人口数; e 为自然对数的底,其近似值为 2.7183;

k 为年增长率; n 为预测年数.

2005 年江西省城镇人口占全省人口总数的 37.5%, 近 5 年城镇人口比例年平均增长率为 1.8%, 采用时间序列法, 数学公式表达如下:

$$Y_n = nk + Y_0, \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (2)$$

(2) 式中 Y_n 为预测年份城镇人口比例; n 为预测年数; k 为年平均增长率; Y_0 为水平年城镇人口比例, 近期预测出的城镇人口与农村人口结果见表 1.

3.2.2 工业生产总值

根据江西统计年鉴, 近三年江西省的工业生产总值年平均增长率为 27.5%, 按如下数学公式到 2010 年各年的工业生产总值.

$$Q_n = Q_{n-1}(1 + k), \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (3)$$

其中 Q_n 为预测年的工业生产总值, Q_{n-1} 为上一年的工业生产总值, k 为年平均增长率 27.5%, 结果见(表 1).

3.2.3 农业有效灌溉面积

江西省目前处于农业大省向工业化发展的转型阶段, 近年来全省有效灌溉面积逐年有所下降, 每年比上一年下降 10.1 千公顷, 估计近几年这趋势不会引起多大变化, 所以用如下公式预测到 2010 年这段时间内农业的有效灌溉面积:

$$S_n = S_{n-1} - k, \quad n = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (4)$$

其中 S_n 为预测年的有效灌溉面积, S_{n-1} 为上一年的有效灌溉面积, k 为逐年面积下降量, 结果见(表 1).

3.2.4 林牧渔副业的规模

其规模同预测工业规模一样, 采用其总产值的逐年增长率预测未来几年的总产值, 其结果见(表 1).

表 1 各项指标发展规模

年份	人口		工业生产总值(亿元)	农业有效灌溉面积(千公顷)	林牧渔总产值(元)		
	城镇人口	农村人口			林	牧	渔
1999	11333623	30978119	503.79	1913.4	495903	2239960	885333
2000	11487320	29998127	543.88	1903.4	579735	2217976	1000871
2001	12728919	29128757	603.23	1893.3	605300	2261129	1042668
2002	13596216	28628057	702.42	1883.3	649332	2339367	1099548
2003	14472875	28069380	863.31	1873.2	704801	2540056	1185493
2004	15240930	27594737	1140.00	1841.6	790778	3249823	1431346
2005	15994715	27117724	1455.50	1831.4	873713	3650964	1625621
2006	16902569	26548765	1856.40	1821.3	936681	3886131	1749002
2007	17823708	25969186	2367.71	1811.2	999650	4121299	1872384
2008	18758284	25378854	3019.86	1801.2	1062618	4356466	1995765
2009	19706451	24777637	3851.64	1791.1	1125586	4826801	2119146
2010	20668366	24165400	4912.51	1781.1	1188555	5061968	2242528

3.3 BP 神经网络预测近期江西省需水量

考虑工业、农业、林牧渔副业需水因素复杂性,本文采用BP 神经网络算法预测它们各自近期的需水量。

建立神经网络模型:1)对所有的数据进行归一化处理;2)对工业、农业、林牧渔副业分别进行需水预测时,首先以1999—2005年的统计数据作为训练样本,其中输入数据为它们的实际规模,期望输出值为实际用水量,用训练好的网络预测下一年的需水量,依次类推预测到2010年。3)参数的设置:学习效率 $lr = 0.01$,动量因子 $mc = 0.6$,最大训练次数 $n = 3000$,终止条件 $goal = 1 \times 10^{-8}$. 预测结果见(表2)。

表2 各项指标的需水情况(单位:亿立方米)

年份	总用水量	农田灌溉用水	林牧渔畜用水	工业用水	城镇居民生活用水	农村居民生活用水	生态环境用水
1999	217.08	144.09	8.77	45.01	5.81	8.54	
2000	217.64	141.99	10.80	47.5	6.03	7.07	
2001	210.92	140.21	10.22	42.45	6.15	7.94	
2002	198.75	123.51	9.95	46.35	6.49	8.43	
2003	172.50	93.90	12.89	46.75	6.91	8.40	1.09
2004	203.52	120.74	10.95	52.16	7.27	8.38	1.14
2005	208.5	126.54	11.25	51.21	7.34	8.24	1.29
2006	208.74	126.8071	10.8224	53.4745	8.02	8.23	1.39
2007	211.94	126.8179	12.6865	54.4323	8.46	8.05	1.49
2008	211.30	126.8138	11.2527	54.8763	8.90	7.87	1.59
2009	211.91	126.7959	11.3922	55.0008	9.35	7.68	1.69
2010	212.25	126.7949	11.6063	54.7736	9.80	7.49	1.79

3.4 供水能力分析与水资源综合评价

在进行水资源评价之前我们采用常规趋势法预测出生活用水以及生态环境用水,因为这两个因素用水比较稳定,受其它因素的影响不大。

由江西统计年鉴数据,得到2005年城市人均用水为125L/d,考虑到生活质量提高,近期以130L/d计算. 全省农村用水水平一直稳定在85L/d左右. 根据上述分析,按公式:

$$Q(\text{农村生活用水量}) = \text{农村人均用水量} \times \text{农村人口}$$

$$Q(\text{城镇生活用水量}) = \text{城市人均用水量} \times \text{城镇人口}$$

生态环境需水就是维持,保护和改善自然生态环境所需水量. 考虑经济发展和人民生活的提高,以及人们保护环境意识的增强,环境的需水量会有一定的提高,本文按年鉴的数据,逐年增加0.1亿立方米估计未来几年的生态环境用水。

(C)由生活、工业、农业、林牧渔副业、环境等因素需水量得出总需水量(结果见表2)。

根据江西统计年鉴1999年—2005年供水量,以及江西城市“十一五”供水计划,到2010

年,设城市新增日供水能力200万立方米,即年增加7.3亿立方米,县城新增日供水能力100万立方米,即年增加3.65亿立方米,结合现状,预计到2010年,全省供水能力可成事实增量为10.95亿立方米。按1999年、2000年、2001年、2005年为正常年份,2002年,2004年为偏干旱年份,2003年为大旱年份计算,可得2010年分别为正常年、偏干旱年、大旱年的供水能力。

表3 1999年—2005年供水量

年份	总供水量	地表水源供水量				地下水源 供水量	其他水源 供水量
		总量	蓄水	引水	提水		
1999	217.08	202.65	98.53	51.88	52.24	11.81	2.62
2000	217.64	205.25	99.04	52.37	53.84	11.12	1.27
2001	210.92	199.84	91.89	58.04	49.91	9.67	1.41
2002	202.29	192.56	89.74	56.31	46.51	8.72	1.01
2003	172.50	163.29	74.34	46.85	42.10	9.21	
2004	203.52	195.65	93.23	53.95	48.47	7.87	
2005	208.05	200.09	97.29	53.02	49.78	7.96	

根据上述预测分析,按照江西城市“十一五”供水计划,到2010年全省供水能力年增加10.95亿立方米后,江西省在正常年份和偏干旱年份水资源可满足各行各业的需水要求,不会出现用水危机,只有在大旱年份里,江西省会出现大面积的缺水情况。

表4 2010年不同年份的预期供水量

年型	供水量(亿立方米)
正常年份(50%)	224.3725
偏干旱年份(75%)	213.855
大旱年份(90%)	183.45

4 结论

本文当中用BP神经网络预测出来的结果同文献^[4]用常规趋势法预测出来的结果相当,所以BP神经网络在江西省需水预测中的应用是成功的。

参考文献:

- [1] 章绍一,刘立彬.需水预测方法浅谈[J].四川水利,2006,(1):32—34.
- [2] 孙景峰.长治市需水预测研究[J].山西水利科技,2005,(1):12—14.
- [3] 姚慧,郑新奇.多元线性回归和BP神经网络预测水资源承载力[J].资源开发与市场,2006,22(1):17—19.
- [4] 傅春,刘柱建,林永钦.江西省2010年水资源承载力分析[J].南昌工程学院学报,2005,24(4):1—5.
- [5] 江西省统计局.江西统计年鉴(1999-2005)[M].北京:中国统计出版社.
- [6] 魏海坤.神经网络结构设计的理论与方法[M].北京:国防工业出版社.

Forecasting and Analysis of Water Demand in Jiangxi Province in the Near Future

LING He-liang¹, GUI Fa-liang², LOU Ming-zhu³

- (1. Department of Sciences Nanchang Institute of Technology,
Nanchang Jiangxi 330099, China)
- (2. Department of Irrigation works Nanchang Institute of Technology,
Nanchang Jiangxi 330099, China)
- (3. Department of Computer Sciences Nanchang Institute of Technology,
Nanchang Jiangxi 330099, China)

Abstract: Water demand forecasting is a necessary technology to plan and manage the water resources, it is especially important to many facing the threat of water scarcity regions. How to forecast water demand accurately in avoidance of the waste of investment and water use crisis is very crucial currently. In this paper, take Jiangxi Province as example, we applied BP neural networks algorithm to forecast water demand in Jiangxi Province in the near future, taking the result compared with other forecasting method, the result show that BP neural networks algorithm is successful in water demand forecasting.

Keywords: water resource; water demand forecasting; BP neural networks algorithm