

人工神经网络的建设工期定额地域分类

张云波^① 胡云昌^②

(① 华侨大学土木工程系, 福建 泉州 362011; ② 天津大学建筑工程学院, 天津 300072)

摘要 对影响建设工程工期的因素进行分析. 根据各地区不同的自然建设条件, 对全国 31 个省的省会城市的自然条件列为输入矢量. 应用自组织竞争网络的聚类功能、Matlab 6.1 软件编程和 2~9 类区分法, 分别划分出建设工期定额的地域类别. 通过对计算成果的分析, 提出按 4 类划分建设工程工期定额的地域分类方法. 它能区分不同地区自然建设条件的差异, 使工期定额的制定更加合理.

关键词 自组织神经网络, 工期定额, 地域类别, 聚类分析

中图分类号 TU 712⁺. 1: TP 183

文献标识码 A

《全国统一建筑安装工程工期定额》^[1]是依据国家建筑安装工程质量检验评定标准、施工及验收规范等有关规定, 按正常施工条件、合理的劳动组织, 以施工企业技术装备和管理的平均水平为基础, 结合各地区工期定额执行情况, 在广泛调查研究的基础上编制而成. 该定额可供施工单位编制施工组织设计和编制投标标书、考核施工工期使用, 也可用以编制招标标底和签订建筑工程承包合同. 由于我国幅员辽阔, 各地自然条件差别较大, 难以制定全国统一的工期定额. 因此, 采用科学的分类方法对全国各个地区进行合理的区域分类, 以分别制定合理的工期定额是十分重要的. 聚类分析是近 20 多年来发展很迅速的一种新的数学方法. 它的基本任务是将所考察的对象进行合理的分类. 例如, 在地质勘探中, 常常要求根据矿石的各种性态进行合理的分类^[2]; 在地震预报中, 则要求根据各种前兆指标, 把不同时间段的地震按震级大小进行分类, 或者划分不同震区^[3]; 在气象学中也常常要求对天气的形势进行分类. 其基本原理是设有 n 个样本, 将每个样本看作是 K 空间上的 1 点. 开始时 n 个样本各看成 1 类, 将样本数据标准化后选择适当的相似性测度, 计算样本之间的距离, 将距离最小的类合并成一新类; 再计算合并后的新类与其他类间的距离, 又将距离最小的两类合并成一新类. 如此反复进行, 直到将 n 类合并成 1 类或规定的几类为止. 本文基于人工神经网络技术, 对全国 31 个省的省会城市的自然条件作为输入矢量. 利用自组织竞争网络的聚类功能, 对建设工程工期定额地域提出新的分类方法, 以区分不同地区自然建设条件的差异, 使工期定额的制定更加合理.

1 影响建设工程工期的因素分析

工期定额的制定是以正常的施工条件和合理的劳动组织为前提. 因此, 各地区年平均实际施工作业天数、冬季施工作业天数、单方平均用工数量, 均对建筑工程的施工工期有很大的影响. 这些影响, 具体反映于各个地区的自然条件. 它包括城市年平均气温(T_1)、年平均日气温 $\leq 5^\circ\text{C}$ 的天数(T_2)、年平均降雨(降雨量 $\geq 5\text{ mm}$)的天数(T_4)和年平均大风天数(T_5).

1.1 城市年平均气温

不同地区年平均气温不同, 会造成工作效率、施工速度的差异. 同时, 对施工工作量、年作业天数等均有影响. 年平均气温越高则年施工作业的天数越多, 越有利于缩小建设工期定额.

收稿日期 2003-11-19

作者简介 张云波(1962-), 男, 副教授, 在职博士, 主要从事施工技术与管理的研究. E-mail: zhangyb@hqu.edu.cn

基金项目 福建省自然科学基金资助项目(E9910026)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

1.2 年平均日气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数

根据《混凝土结构工程施工验收规范》规定,当室外日平均气温连续 5 d 稳定低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,混凝土结构工程应采取冬期施工措施.不同地区年平均日气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 天数不同,会使冬季施工作业天数、施工作业量、工作效率等产生差异.年平均日气温 $\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数越多,施工效率越低,对工期的影响越大.

1.3 最大冻土深度

寒冷地区冻土较深,对土方工程施工影响较大.直接影响到基础工程的工程量、工作量、施工速度.最大冻土深度(T_3)越深,相应施工工期就越长.

1.4 年平均降雨(降雨量 $\geq 5\text{ mm}$) 的天数

建筑工程施工多为露天作业,受气候影响较大.因此,年平均降雨天数多会造成年施工作业天数减少,也会使施工工作效率、施工速度降低.年平均降雨天数越少,越有利于工期定额的缩短.

1.5 年平均大风天数

为了保证施工安全,根据有关规范和规定,六级风以上的天气,不准使用塔吊等起重运输机械;同时,在台风来临之前,应停止高空作业.因此年平均大风天数的多少,对年施工作业天数、施工工作效率和施工速度等都有直接的影响.年平均大风天数越多,施工工期就越长.表 1 反映了 1951~ 1980 年期间,全国省会城市的自然条件有关资料^[4].

表 1 1951~ 1980 年全国省会城市自然条件资料表

编号	省(市)	省会城市	$T_1/(^{\circ}\text{C})$	T_2/d	T_3/cm	T_4/d	T_5/d
1	北京	北京	11.5	128.6	85.0	24.8	26.7
2	天津	天津	12.2	124.2	69.0	24.2	40.0
3	河北	石家庄	12.9	118.2	54.0	24.8	17.4
4	山西	太原	9.5	144.7	77.0	25.0	34.2
5	内蒙	呼和浩特	5.8	176.5	143.0	22.3	35.8
6	辽宁	沈阳	7.8	161.6	148.0	34.6	48.6
7	吉林	长春	4.9	181.0	169.0	30.6	45.0
8	黑龙江	哈尔滨	3.6	186.2	205.0	29.6	40.9
9	上海	上海	15.7	84.2	8.0	55.8	15.2
10	江苏	南京	15.3	96.3	9.0	48.9	11.4
11	浙江	杭州	16.2	76.2	0	69.8	6.3
12	安徽	合肥	15.7	91.3	11.0	47.3	10.6
13	福建	福州	19.6	2.0	0	62.7	12.9
14	江西	南昌	17.5	65.3	0	68.8	21.7
15	山东	济南	14.2	112.7	44.0	30.7	43.3
16	河南	郑州	14.2	107.9	27.0	29.5	23.0
17	湖北	武汉	16.3	84.6	10.0	52.6	7.9
18	湖南	长沙	17.2	71.9	5.0	67.1	6.8
19	广东	广州	21.8	0.3	0	67.8	5.9
20	广西	南宁	21.6	0	0	56.7	3.7
21	四川	成都	16.2	34.7	0	41.9	3.4
22	贵州	贵阳	15.3	74.3	0	56.1	11.6
23	云南	昆明	14.7	19.6	0	50.7	11.0
24	西藏	拉萨	7.5	152.9	26.0	30.9	34.8
25	陕西	西安	13.3	108.4	45.0	32.7	8.4
26	甘肃	兰州	9.1	146.0	103.0	20.8	6.3
27	青海	西宁	5.7	171.1	134.0	24.6	32.3
28	宁夏	银川	8.5	155.3	88.0	12.0	25.7
29	新疆	乌鲁木齐	5.7	177.7	133.0	17.5	23.9
30	海南	海口	22.8	0	0	61.5	14.0
31	台湾	台北	22.3	0	0	67.1	14.0

2 建设工期定额地域分类

2.1 人工神经网络模型^[5]

人工神经网络是在研究生物系统的启示下、基于生物结构和现象形成发展起来的 1 种信息处理方法. 它不需要设计任何数学模型, 只靠过去的经验来学习, 可以处理模糊的、非线性的、含有噪声的数据. 它可以用于预测、分类、模式识别、非线性回归、过程控制等各种数据处理场合. 人工神经网络是由许多简单单元(神经元)组成的广泛并行互连的网络. 它的组织能够模拟生物神经系统的、真实世界物体做出交互反应. 按照连接方式的不同, 分为无反馈的多层前馈网络模型和互连型网络模型两大类. 前者将神经元分成若干层, 各层顺序连接, 同 1 层之间无连接. 每 1 层神经元只接受前 1 层神经元的输出, 典型的如 BP 网络. 后者允许任意两个神经元之间存在相互连接. 因此, 输入信号要在神经元之间进行反复往返传递, 直到趋于某一稳定状态或进入周期振荡等状态, 典型的如 Hopfield 网络. 还有一些网络是上述两种模型结构的混合.

2.2 自组织竞争网络原理

自组织竞争人工神经网络, 是 1 种无教师示教的方式进行网络训练的, 具有自组织功能的神经网络. 网络通过自身训练, 自动对输入模式进行分类. 在网络结构上, 自组织竞争人工神经网络一般是由输入层和竞争层构成的两层网络. 网络没有隐含层, 两层之间各神经元实现双向连接如图 1 所示. 在学习算法上, 它模拟生物神经系统依靠神经元之间的兴奋、协调与抑制、竞争的作用来进行信息处理的动力学原理, 指导网络的学习与工作. 自组织竞争人工神经网络的基本思想, 是网络竞争层各神经元竞争对输入模式的响应机会, 最后仅有 1 个神经元成为竞争的胜者, 并对那些与获胜神经元有关的各连接权朝着有利于它竞争的方向调整. 这一获胜神经元就表示对输入模式的分类. 除了竞争方法外, 还有通过抑制手段获胜的方法. 即网络竞争层各神经元都能抑制所有其他神经元的输入模式的响应机会, 从而使自己成为获胜者. 因此, 自组织竞争人工神经网络自组织自适应的学习能力, 进一步拓宽了神经网络在模式识别、分类方面的应用. 网络的学习规则. (1) 初始化 在[0, 1]区间内随机赋予网络初始权值 $\{w_{ij}\}$ $i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M$. (2) 任选 q 个学习模式中的一个模式 A_k 提供给网络的输入层. (3) 计算竞争层各神经元的输入值 s_j , 即

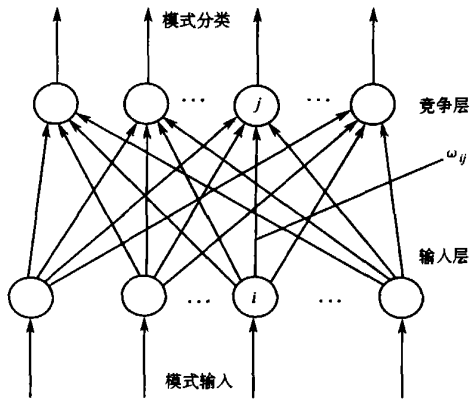


图 1 自组织竞争神经网络模型

$$s_j = \sum_{i=1}^N w_{ij} a_i^k, \quad i = 1, 2, \dots, M.$$
(4) 按“胜者为王”的原则, 以 $s_j(j = 1, 2, \dots, M)$ 中最大值所对应的神经元作为胜者, 将其输出状态置为 1, 而其它所有神经元的输出状态置为 0. 即

$$b_j = 1, \quad s_j > s_i, \quad i = 1, 2, \dots, M; \quad i \neq j,$$
$$b_j = 0, \quad i \neq j.$$

如果出现 $s_j = s_i$ 的现象, 则按统一约定取左边的神经元为获胜神经元. (5) 与获胜神经元相连的各连接权按下式进行修正, 而其它所有连接权保持不变. 即

$$w_{ij} = w_{ij} + \Delta w_{ij},$$
$$\Delta w_{ij} = \eta \cdot \left(\frac{a_i^k}{m} - w_{ij} \right), \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad 0 < \eta < 1,$$

式中 η 为学习系数, m 为第 k 个学习模式向量 $A_k = (a_k^1, a_k^2, \dots, a_k^N)$ 中元素为 1 的个数. (6) 选取另 1 个学习模式, 返回步骤(3), 直至 q 个学习模式全部提供给网络. (7) 返回步骤(2), 直至各连接权的调整量变得很小为止.

2.3 网络训练与分类

根据自组织竞争神经网络的原理, 分别建立输入层为 5 个神经元、竞争层为 2~ 9 个神经元(分别按 2~ 9 类分类) 的人工神经网络, 按表 1 提供的资料, 对神经网络进行训练. 确定网络的输入模式为

$$P^k = (P_1^k, P_2^k, \dots, P_N^k), \quad k = 1, 2, \dots, q; \quad q = 31, \quad N = 5.$$

即共计有 31 个城市样本矢量, 每个城市样本矢量包含 5 个元素. 利用 Matlab 6. 1 软件编制程序计算的步骤. (1) 利用 newc() 函数, 创建一个自组织竞争神经网络为

```
net= newc( PR, M, KLR) ;
```

该函数返回 1 个新的自组织竞争神经网络 net. 其中 PR 为 $N \times 2$ 的矩阵, N 为输入矢量的个数, 并且在矩阵 PR 中必须指出每 1 个输入矢量的最小、最大值范围; 变量 M 为竞争层网络结点数(样本分类数目); 变量 KLS 为 Kohonen 学习率, 其缺省值为 0. 01. (2) 利用函数 train() 进行训练. 同时设定训练 4 000 次, 有

```
net. trainParam. epochs= 4 000;  
net= train( net, P) ;
```

(3) 利用函数 sim() 对输入矢量 P 进行分类, 有

```
A= sim( net, PR) ;
```

分别按 2~ 9 类分类时, 神经网络的分类结果如表 2 所示. 从表中分类结果可以看出, 若将总体样本分为
表 2 基于自组织竞争神经网络分类结果(训练 4 000 次)

分类数	样本序号(样本序号为表 1 中的城市编号)
2	(1 2 3 4 5 6 7 8 15 24 26 27 28 29) (9 10 11 12 13 14 16 17 18 19 20 21 22 23 25 30 31)
3	(5 6 7 8 27 29) (1 2 3 4 15 16 24 25 26 28) (9 10 11 12 13 14 17 18 19 20 21 22 23 30 31)
4	(5 6 7 8 27 29) (1 2 3 4 15 16 24 25 26 28) (13 19 20 21 23 30 31) (9 10 11 12 14 17 18 22)
5	(5 6 7 8 27 29) (1 2 4 26 28) (13 19 20 21 23 30 31) (3 15 16 24 25) (9 10 11 12 14 17 18 22)
6	(5 6 7 8 27 29) (1 2 4 26 28) (3 15 16 24 25) (13 19 20 21 23 30 31) (9 10 12 17) (11 14 18 22)
7	(5 6 7 8 27 29) (1 2 4 26 28) (21 23) (3 15 16 24 25) (13 19 20 30 31) (9 10 12 17) (11 14 18 22)
8	(5 6 7 8 27 29) (1 2 4 26 28) (21 23) (3 15 16 24 25) (13 19 20) (30 31) (9 10 12 17) (11 14 18 22)
9	(5 6 7 8 27 29) (1 4 26 28) (21 23) (2 15 24) (13 30 31) (3 16 25) (19 20) (9 10 12 17) (11 14 18 22)

两类, 则把北京、天津、河北、山西、内蒙、辽宁、吉林、黑龙江、山东、西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆分为 1 类, 而把上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、河南、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南、陕西、海南、台湾分为另 1 类. 基本上是以南北为界. 由于自组织竞争神经网络分类是依赖网络竞争层中的神经元相互竞争, 故它聚类的结果视竞争层神经元的数目而定. 它不象模糊聚类那样通过阈值逐层筛选. 每改变一次网络竞争层神经元的数目, 就重新进行竞争. 为了进行比较, 表 3 列出全国按 3 类划分地域时, 用人

表 3 分为 3 类时不同分类方法比较

类 别	本文分类	文献〔1〕分类	文献〔4〕分类
I 类地区	上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南、海南、台湾	上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南、海南	福建、广东、广西、海南、台湾
II 类地区	北京、天津、河北、山西、山东、河南、西藏、陕西、甘肃、宁夏	北京、天津、河北、山西、山东、河南、陕西、甘肃、宁夏	江苏、浙江、上海、安徽、湖北、湖南、四川、江西、云南、贵州
III类地区	内蒙、辽宁、吉林、黑龙江、青海、新疆	内蒙、辽宁、吉林、黑龙江、西藏、青海、新疆	山东、山西、河南、河北、天津、北京、辽宁、吉林、黑龙江、西藏、内蒙古、青海、宁夏、甘肃、陕西、新疆

工神经网络方法(本文)、模糊聚类分析方法(文献〔4〕) 和国家现行工期定额(文献〔1〕) 的分类比较结果. 从表 3 可以看出, 本文方法分类结果与现行的《全国统一建筑安装工程工期定额》的分类结果是相当吻合. I 类地区的分类, 与《全国统一建筑安装工程工期定额》完全一致(现行工期定额没有考虑台湾地区); II、III类地区仅西藏不同. 从而, 验证基于人工神经网络方法进行聚类的有效性. 表 4 给出本文方法

按 3 类划分地域时, 各类的聚类中心(平均值) .

表 4 按 3 类划分地域时的各类的聚类中心

类别	$T_1/(^{\circ}\text{C})$	T_2/d	T_3/cm	T_4/d	T_5/d
I 类	17. 88	46. 71	2. 87	58. 32	10. 426 7
II 类	11. 29	129. 89	61. 80	25. 54	25. 98
III类	5. 58	175. 68	155. 33	26. 53	37. 75

3 结论与建议

作为全国统一的建筑安装工程工期定额, 编制过程中既要考虑到影响建设工程施工工期的各种因素, 又要做到可操作性强. 分类不宜太多也不能太少. 因此, 根据全国各地的实际情况, 现行的《全国统一建筑安装工程工期定额》的地域分为 3 类有一定的合理性. 根据本文的计算成果, 我们认为把地域分为 4 类更为合适. 即保留现行工期定额的 II, III类地区分类不变, 把现行工期定额 I 类地区的 15 个省(市) 再分为 I 1 类地区和 I 2 类地区. 相应的省(市) 分别为

I 1 类地区: 福建、广东、广西、四川、云南、重庆、海南;

I 2 类地区: 上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、贵州.

表 5 给出 I 1 类地区和 I 2 类地区的聚类中心. 从表中可以看出重新分类后, I 1 类地区和 I 2 类地

表 5 I 1 类地区和 I 2 类地区的聚类中心

类别	$T_1/(^{\circ}\text{C})$	T_2/d	T_3/cm	T_4/d	T_5/d
I 1 类	19. 86	8. 09	0	58. 34	9. 27
I 2 类	16. 27	81. 40	6. 14	58. 61	11. 41

区聚类中心的城市年平均气温、最大冻土深度、年平均降雨天数和年平均大风日数相差不大; 但全年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数, 却相差较大(相差达 73. 3 d) . 全年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数对工期的影响很大, 若按现有的地区分类显然是不合理的. 因此, 本文建议在制定全国统一的建筑安装工程工期定额时, 分为 4 类地区分别制定工期定额则更为合理.

参 考 文 献

1 中华人民共和国建设部编. 全国统一 建筑安装工程工期定额[M]. 北京: 中国计划出版社, 2000. 1~ 352

2 李松仁, 张新国. 模糊聚类分析在矿石可选性分类中的应用[J]. 中南矿冶学院学报, 1992, 24(6): 658~ 664

3 陈祺福, 石耀霖. 基于遗传算法的分类体系在地震预报中的应用探索[J]. 地球物理学报, 1997, 40(4): 539~ 549

4 吴轩第, 马永欣, 李竞选. 用模糊聚类分析法划分建设工期定额地域类别[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 1997, 29(2): 232~ 236

5 王 伟. 人工神经网络原理——入门与应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995, 132~ 154

Regionally Categorize the Working-Day Norm of Construction
Work by Applying Artificial Neural Network

Zhang Yunbo^① Hu Yunchang^②

(①Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou, China; ②College of Civil Eng., Tianjin Univ., 300072, Tianjin)

Abstract The factors influencing construction period are analysed. The natural conditions of 31 provincial capitals in our country are listed as input vectors according to different natural conditions of construction in various regions. On this basis, the regional category of working day nom of construction is divided respectively by applying the clustering function of self organizing competitive networks and Matlab 6. 1 software programming and 2~ 9 category division. After analysing the reckoning, the author puts forward a regional 4 category division for categorizing working day nom of construction work. By which the regional differences in natural conditions of construction can be distinguished, and the fomulation of working day nom can be even more reasonable.

Keywords self organizing neural networks, working day nom, regional category, cluster analysis