

基岩裂隙水神经网络专家系统实例研究^{*}

束龙仓

林学钰 廖资生

(河海大学水文水资源系 南京 210098)

(长春科技大学应用水文地质研究所 长春 130026)

摘 要 详细介绍了基岩裂隙水寻找与开发的神经网络专家系统的建立,包括神经网络专家系统的组成、结构和神经网络模型的训练,并将训练后的神经网络模型应用于某裂隙水水源地的勘探工作中,取得了较好的效果。

关键词 基岩裂隙水 神经网络 专家系统

分类号 P 641.2

专家系统在 30 多年的研究过程中得到了飞速发展,目前已在医疗、地质、石油、数学、教育、军事、农业、气象、煤炭、交通运输、机械维修等许多领域研制出了许多专家系统,一些专家系统已在实际工作中成功地应用。但目前传统的专家系统普遍存在着知识获取难、搜索效率低、推理能力弱以及智能水平低等问题。为了解决这些问题,作者建立了一个适合于表达地质知识的知识表达方式和新的推理机的神经网络专家系统。

人工神经网络是模拟人的形象思维的一种非逻辑、非语言、非静态、非局域、非线性信息处理的方法^[1]。神经网络是用大量神经元的互连及对各连接权值的分布来表示特定的知识。因此,在进行知识获取时,它只要求基岩裂隙水专家提供实例,通过特定的学习算法对样本进行学习,经过网络内部自适应算法不断修改权值分布以达到要求,将基岩裂隙水专家求解实际水文地质问题的启发知识和经验分布到网络的互连及权值分布上。

由此可见,用神经网络技术来建立本专家系统,就不需要组织大量的产生式规则,也不需要树搜索,机器可以自组织自学习,这对用传统人工智能方法建立专家系统最感困难的知识获取与推理等问题提供了全新途径^[2]。

1 神经网络专家系统的建立

1.1 人工神经网络的组成

我国从 60 年代中期开始大规模地开发利用基岩裂隙水,在 30 年的实际工作中,基岩裂隙水的富集理论得到了较大的发展,已逐步形成一套有关裂隙水寻找、勘探方法的理论,这一理论的核心是以地质构造条件为基础,充分重视岩性含水条件、补给条件和水动力条件。并提出了蓄水构造的理论,划分了蓄水构造的类型,即单斜、背斜、向斜、断裂、侵入接触、岩脉、风化裂隙、熔岩孔洞 8 个单一蓄水构造和两个以上单一蓄水构造组成的联合蓄水构造^[4]。

。 收稿日期: 1996-12-23; 修改稿日期: 1997-05-17。

* 高等学校博士点基金资助项目。

由于不同蓄水构造的特性参数是完全不同的，因此其相应的富水带位置、井位、井深和井型确定系统的特性参数也各不相同。为此，本文共建立了 12 个人工神经网络模型，即基岩裂隙水富水带位置确定网络共 9 个，井位确定网络、井深确定网络以及井型确定网络各 1 个，见图 1。

1.2 人工神经网络结构

基岩裂隙水寻找与开发神经网络专家系统设计的基本思路是：首先用不同地区不同蓄水构造类型已确定的富水带位置、井位、井深及井型的实例（共精选了包括上述 9 种蓄水构造的近 110 个实例）分别对上述 12 个网络模型进行训练，然后再将未知地区的数据输入训练后的网络，最后，用该网络对具体的拟求解的问题进行判别。

建立的网络结构包括 3 层：输入层、输出层及中间隐含层。其中输入层的神经元个数（特性参数个数）依据解决问题类型的具体情况加以确定。表 1 为单斜蓄水构造富水带位置确定网络的特性参数情况。设计的输出层为 1 个神经元。而后，根据输入层神经元数、输出层神经元数及网络训练误差的下降速度等确定隐含层神经元个数，确定误差下降速度最快时的隐含层神经元数为 10。不同网络的输出期望值代表不同的含义。表 2 为单斜蓄水构造富水带位置确定网络的输出期望值及对应的富水带位置情况。网络节点激发函数采用 Sigmoid 函数，即 $f(x) = 1 / (1 + e^{-x})$ 。

表 1 单斜蓄水构造富水带位置确定网络特性参数

Table 1. Neural network features for location determining of water-bearing belt in uncline water-bearing structure	
序号	特 性 参 数
1	岩层近水平
2	岩层缓倾斜
3	岩层陡倾斜
4	扭性或张性解理裂隙带发育
5	层面及扭性解理裂隙均发育
6	层面及层间张性裂隙发育
7	补给条件较好
8	补给条件一般
9	补给条件较差
10	隔水底板位于区域地下水位以上
11	隔水底板位于区域地下水位以下
12	隔水底板有凹陷
13	隔水底板无凹陷
14	地层由单一厚层透水性较好岩石组成
15	地层由透水性不同厚层塑性夹薄层硬脆性或可溶性岩石组成
16	地下水流向与地层走向垂直
17	地下水流向与地层走向平行
18	岩层倾向沟谷下游
19	岩层倾向沟谷上游

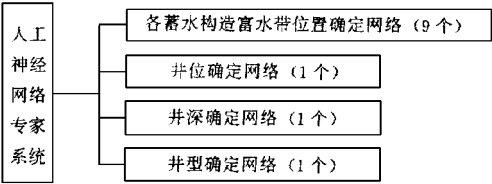


图 1 人工神经网络专家系统的组成

Fig. 1. Composition of artificial neural network expert system

表 2 单斜蓄水构造富水带位置确定网络输出期望值及对应的富水带位置

Table 2. Expectation output value and its corresponding location of water-bearing belt for neural network of location determining of water-bearing belt in uncline water-bearing structure	
输出期望值	对 应 的 富 水 带 位 置
10	富水带为上层滞水
20	富水带位于扭性或张性裂隙密集处
30	富水带位于隔水底板凹陷处
40	富水带位于区域地下水的排泄区或低洼沟谷中
50	富水带位于区域地下径流中至下游硬脆性或可溶性岩石夹层中
60	富水带位于区域地下径流上至下游硬脆性或可溶性岩石夹层中
70	富水带位于区域地下水下游径流受阻地段
80	富水带位于区域地下水下游径流受阻地段或与地层走向垂直的沟谷
90	富水带位于与地层走向垂直的沟谷中

2 神经网络的训练

在网络结构建立和训练样品确定以后,就可对网络进行训练。人工神经网络类型很多,而 BP (Back-Propagation, 反向传播算法) 网络是应用最广泛、效果最好的方法之一,故本文选用了该法对网络进行训练。

BP 网络间连接权 W_1 、 W_2 在网络的学习过程中不断地得到修正,使得这两组权所构成的网络能实现学习样本中输入参数与输出参数间的特定的映射关系,权的分布体现了各输入分量在输入矢量中所占特征强度的分布。网络学习的方法有多种,这里采用了梯度下降算法。在网络学习的过程中,先调整输出层与中间隐含层的连接权 W_2 ,然后再调整中间隐含层和输入层间的连接权 W_1 。

3 实例应用

研究区的公路东侧及蛤蚂河西岸均为陡坡,河流与公路之间的河谷滩地地势平坦,蛤蚂河自南向北流经研究区中部(图 2)。蛤蚂河河水和河谷冲积层中孔隙潜水水质不良,不能直接进入井中,必须经过地层过滤一定距离后方可流入井中再抽出使用。研究区出露的地层由老到新有:

(1) 震旦系万隆-八道江组 (Z_2^{w+b}) 岩性为黄褐色钙质页岩、粉砂岩及青灰色石灰岩互层。

(2) 寒武系下统碱厂组 (C_1) 岩性为深灰色厚层块状致密石灰岩、灰褐色中厚层白云质条带状豹斑灰岩。该层地面出露宽度为 152m, 地层走向东西, 倾向南, 倾角 32° 。河谷中碱厂组灰岩与第四系冲积层(砂砾石)的接触面上溶蚀裂隙、溶洞发育, 并都被红土和砂砾石充填。

(3) 寒武系下统馒头组 (C_m) 岩性为紫红色页岩和黄褐色泥灰岩互层。

(4) 第四系冲积层 (Q_4^{al}) 为砂砾石层。

另外, 碱厂组地层之下的万隆-八道江组和碱厂组地层之上的馒头组, 可视为相对隔水层, 相互间均为平行不整合关系。而第四系冲积层以角度不整合覆盖在这些老地层之上(图 3)。根据上述地质、水文地质条件, 利用基岩裂隙水神经网络专家系统对本地区富水带位置、井位、井深及井型进行确定, 具体情况如下:

首先, 根据以上条件可知本区蓄水构造类型为单斜蓄水构造。因此运行训练后的单斜蓄水构造富水带位置确定网络得到其富水带位于与地层走向垂直的沟谷中, 即位于蛤蚂河河床与东岸山脚公路间的碱厂组地层分布地段。

在富水带位置圈定之后, 利用训练后的井位确定网络得知, 井位应布置在天然条件下无污染、开采条件下不易污染的地段。将这一推理结论具体化后, 即可确定准确的井位: ①为了避免水质不良的河水直接进入水井中, 井位应远离河床, 即水井应位于河谷东侧; ②为了避免水质不佳的第四纪冲洪积层潜水直接进入水井中, 同时, 也为了防止水井开采时产生涌沙、涌泥等危害, 水井应布置在揭穿一定厚度 (10 ~ 20m) 的馒头组页岩后进入含水层。因此,

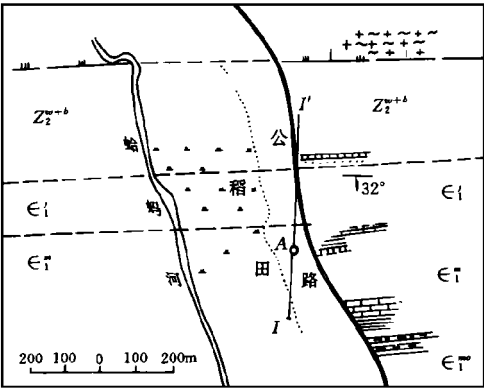


图 2 吉林省某水源地平面地质图

Fig. 2. Geological map of a water source field in Jilin Province

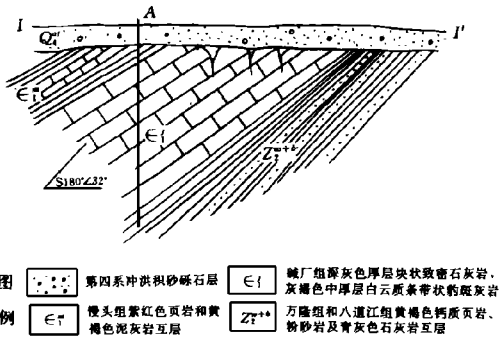


图 3 吉林省某水源地地质剖面图

Fig. 3. Geological profile of a water source field in Jilin Province

水井应位于含水层倾斜方向上，跨碱厂组与馒头组分界线一定距离的地方（图 2 和图 3 中的 A 点）。

有了准确的井位后，利用已训练的井深确定网络可知，其井深等于区域地下水位埋深和区域水位至含水层底板的深度。根据这一结论，结合该地区的具体情况，该井井深= 第四系冲积层厚度（12m）+ 一定厚度的馒头组地层（15m）+ 碱厂组地层的视厚度（95m）+ 沉淀管（5m）= 127m。

最后，用已训练的井型确定网络确定其井型为管井。

以上所有结果与该水源地目前开采的情况完全一致。开采井的具体布置情况见图 2 和图 3 所示。

参 考 文 献

1 Alberto Prieto. Artificial neural networks, Springer-Verlag. 1991. 227 ~ 468

2 焦李成. 神经网络系统理论. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1990. 242 ~ 251

3 余庄. 人工神经网络专家系统的建立和训练. 模式识别与人工智能. 1993, 6 (2): 343 ~ 346

4 廖资生, 束龙仓, 林学钰. 基岩裂隙水专家系统. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997. 72 ~ 39

Application of Neural Network Expert System to Bedrock Fissure Water Prospecting

Shu Longcang

(Department of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098)

Lin Xueyu and Liao Zisheng

(Institute of Applied Hydrogeology Changchun University of Science and Technology, Changchun 130026)

Abstract: This paper introduces the application of neural network expert system to bed rock fissure water prospecting, including the composition and structure of neural network expert system, and training of the neural network. The trained networks are applied to the prospecting of a bed rock fissure water source field in Jilin Province, the results are good.

Key words: bedrock fissure water; neural network; expert system.

欧盟同亚洲在自然资源可持续管理领域科技合作会议在京召开

1998 年 11 月 24 ~ 27 日欧盟欧委会与中国科技部在北京共同举办了“欧盟同亚洲在自然资源可持续管理领域科技合作会议”(S & T Cooperation with Asiain the area of Suatainable Management of Natural Resources), 会议就下列议题进行了广泛而深入的研讨: (1) 气候变化对农业生态系统及旱区水资源的影响; (2) 可持续农业条件下的水土资源管理策略; (3) 水资源与环境的可持续管理; (4) 热带与亚热带地区水生生态系统的恢复及利用; (5) 热带森林资源的可持续开发; (6) 海岸带地下水资源风险评价和风险管理; (7) 海岸带多种资源的可持续利用与管理; (8) 初级产品生产过程的生态可容性——生命周期评价。

会议交流了欧盟资助的亚洲国家项目的进展情况, 商讨了未来自然资源可持续管理方面科技项目的合作事宜, 讨论得出如下结论: (1) 自然资源的可持续管理需要详尽且准确的基础数据资料; (2) 自然资源的可持续管理思想需要媒介大力宣传; (3) 对自然资源实施可持续管理需要决策者、科技人员及公众的参与和协同合作; (4) 高新技术(诸如地理信息系统、专家系统)在自然资源的可持续管理中起着十分重要的作用; (5) 自然资源的可持续管理需要跨学科、多专业的联合攻关, 欧盟已资助了这方面的研究项目, 并建立了全球研究网络, 定期召开会议, 交流 UNQUAIMS (Unification of lindicator Quality for Assessment of Impact of M ultidisciplinary Systems) 项目研究成果。

(任立良)