

人工智能在铁路信号故障诊断中的应用路径研究

张 杰

新准铁路有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要：信号设备是铁路交通中不可缺少的部件，保持其良好工作状态对提高铁路路安全、预防事故具有重要意义。在长期的运行过程中信号设备也不可避免地会出现一些故障，必须对这些常见的故障进行有效诊断，以保证它们能够被及时解决，减少铁路交通的风险，保证人民群众的生命和财产的安全。在国家铁路交通智能化发展战略的指引下，人工智能将在今后的发展中不断拓展其在铁路工业中的应用和支持，为实现智能铁路交通提供技术支持。

关键词：人工智能；铁路信号；故障诊断；应用路径

引言：铁路交通信号系统结构复杂，存在多种不确定因素，具有显著的半结构性和非结构化特征。由于其产生的原因很多，所以对其进行分析的难度也越来越大。利用人工智能建立的铁路信号故障诊断专家系统，能够对故障进行分析和诊断，使技术人员能够对设备的状况进行实时维护，并对各种故障进行排除，从而提高设备维护水平，保证行车的安全性。

1 铁路信号设备失效原因分析

在对目前铁路交通运营现状进行分析后，发现信号设施发生故障的原因有：一是线路信号设备的质量不高；因为安装在基础线路上的铁路信号设备，其质量不合格。在长期使用过程中就会产生损耗、老化等现象，最后会影响到信号设备的工作效率，甚至会危及列车的安全运行。二是维护工作缺乏科学性。对于维护人员来说，对信号设备的定期维护，不但提高了其工作效率，而且也是保证线路安全的重要手段。在实际操作中由于维护人员技术水平不高，综合素质不高，在实际操作中难免出现差错。在这种情况下，如果不能得到有效解决，将会对信号机造成威胁，甚至造成难以预料的安全事故。对铁路系统来说，企业要对各个部门的员工提出明确的工作要求，以保证系统的正常运转，但是从实际工作中可以发现，大多数员工都没有严格地遵守相关的规章制度，最后在工作中出现了许多安全问题，对铁路的运营造成了严重的危害。其四，其他外部因素。铁路交通信号设备大多位于户外，受到外部环境的影响较大。暴雨、雷电等灾害，往往会使通信设备出现故障。在铁路交通中信号设备历来是各个行业工作人员最为关心的基本设备。随着社会、经济和技术的发展，对铁路

交通的安全性提出了更高的要求，这就要求维护人员运用专家系统，对信号设备进行故障诊断和处理，从而为列车的平稳、安全运行提供有力的保证。

2 铁路信号设备失效类型的分类

一是根据发生的原因将其分为两类：一是根据故障的成因将其分为两类；一是人为因素所致。二是由于信号设备自身的原因造成的。二是按发生故障的性质将其分成两类：一类是由于维护效果差或部件老化而造成的机械设备故障。二是电路方面的问题，这些电器的性能很强，但它们也很“娇气”，它们的使用寿命很短，如果不经常更换，超过了它们的使用寿命，就会出现电器故障。三是按事故区域进行分区；主要有两种失效形式，一种是室内失效，这种失效从字面上看，就是在室内发生的。另外一种户外故障，也就是某些在户外工作的信号设备出现故障。

3 人工智能技术

3.1 专家诊断分析法

随着铁路交通的发展，铁路装备的故障诊断方法有很多种。专家诊断分析方法的基本特征是通过建立与对应的故障诊断体系，其基本特征是根据已有的故障经验构造出对应的故障诊断体系，这些经验都是通过实践验证而获得的，该方法更适合于铁路信号故障诊断工作。铁路信号故障出现时的各种状态都有其自身的特征，在专家诊断系统中针对其不同的特征进行分析，可以有效地减少诊断的时间和相关的设备费用，从而对我国的铁路建设起到积极的作用。专家诊断分析还具有局限性，它所涵盖的特定型号的故障原因种类很少，因此无法对某些特定的故障进行精确检测，必须配合其他的诊断手段，才能确保铁路信号的全面诊断。聚类就是把一组相似的事物分成若干个类别的过程，而分类则是在现有的分类准则下，对一个新的事物加以细分的过程。

作者简介：张杰（1995年11月-），男，汉族，内蒙古自治区鄂尔多斯市达拉特旗人，本科，初级工程师。研究方向：轨道交通 轨道信息

由于铁路交通系统规划性强，部分行业存在分类牵强、研究主观性强、判别标准不一等问题，需要将人工智能中的分类聚类分析技术应用于铁路交通各个领域，并对其科学划分。计算机视觉就是利用视频采集装置和计算机来替代眼睛来识别、追踪和测量物体，并进行图像处理，从多维度的数据中获得所需要的信息。计算机视觉技术在铁路部门的应用，包括车站运行管理、车站进出站管理、紧急情况处理以及入侵探测等。

3.2 模糊逻辑方法

20世纪60年代，美国学者首先提出了模糊集合理论，80年代日本首次采用了模糊控制技术，首次实现了无人驾驶，并取得了良好的效果。法、德等国家在地铁工程中都采用了模糊控制技术。该方法具有很强的结构化知识表示能力，其推理过程与人类的思考方式十分类似，能够对专家所说的事件及其相关的关系进行编码，从而为进一步的推断奠定基础，因而其在铁路交通信号诊断中的应用必然是一种必然的发展方向。在此基础上，提出了一种新的故障诊断方法，即以模糊关联和综合算法为基础的故障诊断方法。由于其难以确定故障原因及其对应的数学模型，且该方法对知识库的依赖程度较高，且难以获得相关知识，所以其在铁路交通信号故障诊断中的应用还很有限，其结果的准确性有待提高。因为它的变量更接近于自然语言，而且它本身的知识非常容易理解，所以它的逻辑推理过程非常严格，类似于人的思考方式，所以它可以被理解。由于模糊诊断的知识获取困难，在诊断时很难依据特定的症状来判断模糊关系，导致诊断过分依赖模糊知识库，且不具备很强的学习能力，导致诊断错误或诊断不全面、遗漏问题。采用神经网络的方法对不准确、不确定信息进行模糊化处理，从而避免因神经网络难以对边界模糊数据进行分类处理而导致误诊，从而提高基于规则构建的结构知识的学习和优化能力，从而解决目前存在的问题，并消除推理过程中存在的匹配冲突，整体提高推理效率。

3.3 神经网络方法

针对铁路交通事故的紧急救援，运用人工智能技术，从设备、环境、人员等多个维度对影响因素进行多维度的分析，实现对铁路交通事故的智能辅助管理。神经网络最大的优势就是能够模拟大脑中的信息处理函数，并借助分类器与动态预测模型，对系统进行综合评价。采用神经网络技术可以有效地解决以上问题，为快速推理提供保证，提高系统的泛化能力与容错能力。神经网络具有高度的独立性，可以极大地提高故

障诊断的效率，但是在实际应用中其代价很大。神经网络具有很强的自学能力和平行运算的能力，以及很好的非线性特性。目前已发展出一种基于神经网络的故障诊断方法。在这种诊断方法的实现中可以根据已有的网络数据，对相关的故障出现概率进行预测，同时，借助模式识别算法，可以对各种故障进行智能分类，并可以从故障知识处理的视角，构建故障诊断体系，以有效地提升故障诊断和处理的效率。

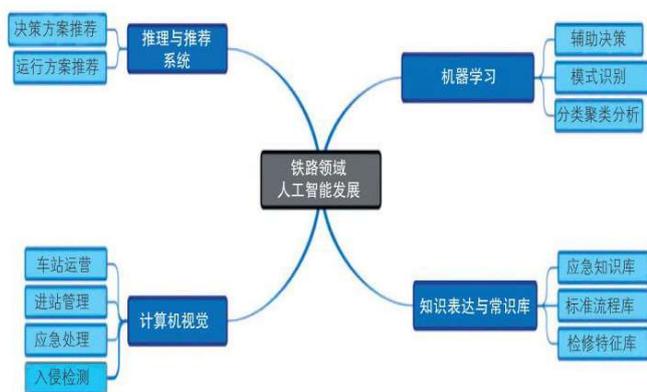
3.4 混合智能诊断法

混合智能诊断法是一种综合了各种诊断手段的智能诊断模式，也是今后铁路交通信号故障诊断技术发展的一个重要趋势。例如，基于D-S证据理论的信息融合技术所构建的故障诊断模型，是一种将神经网络和模糊逻辑相结合的方法，对信号故障的成因和故障点进行全面的判断，这种方法的诊断结果是非常可靠的，而且在实际应用中也是比较理想的。当故障的诊断目的是确定的，并且建立了完备的数学模型时，可以使用分析模型来进行故障诊断。该方法以数学统计、函数分析等各种数学方法为基础，当信号发生故障时，系统将得到相关的变化信息，并将其传递到数学模型中加以分析。其中除最小二乘之外，还包括了等效空间方法和滤波方法。该方法仅能对确定的目标进行故障诊断，并且需要建立相应的数学模型，从而限制它的实际应用。

4 人工智能技术进行铁路信号故障诊断的主要策略

4.1 应急案例知识元本体模型

铁路电气安全事故类型多，引发事故的危险性大、成因复杂，涉及的概念、属性等多个方面的复杂性。在此基础上，提出了一种基于知识元本体的方法来描述突发事件中的关键概念以及它们之间的相互关系。目前，尽管以人工智能为研究对象，但其对传统产业的冲击依然很大。众多专家和学者在传统铁路建设、装备和运营中引入了人工智能，为实现铁路“提质增效、节能减排、安全”目标提供了新的动力。目前，国内铁路交通领域的人工智能研究主要集中于推理和推荐系统，机器学习，计算机视觉，知识表示和通用知识库等领域。推荐系统是一类基于协同过滤、基于内容和规则的推荐技术，它可以从海量的数据中挖掘出隐含的规则，并为用户提供个性化的推荐服务。传统铁路交通网络规划面临着复杂的地理、地质环境、设计工作量大、工期长等问题，在铁路交通建设过程中，积累了海量的设计参数及约束信息。在我国铁路智能化战略指导下，人工智能技术未来将进一步拓宽在铁路行业的应用深度与支撑范围，为实现智能铁路提供技术保障。



4.2 建立符合铁路信号设备行业的标准规范

为了有效地保障铁路产业的良性发展，必须有一套完整的、统一的、符合中国国情的制度体系。目前，国内有关航空铁路信号传输设备的产业标准还不够完善，无法更好地适应我国目前的铁路产业发展的现实需求，因此必须不断地进行研究，以确保铁路产业能够更好地发展，以满足人民群众的日常出行需要和国民经济的发展需要。

4.3 信号设备故障文本预处理模块

第一个模块的研究内容包括：中文自动切字和自动脱字。其中文字的精确切分是完成所有文本挖掘的必要前提。切分是指把一种非结构的数据分割成若干个小块，而每一个小块又可以被看作是计数的离散单元。去失效词就是过滤那些不能很好地描述铁路信号设备故障文字数据的特征的介词、副词、虚词等。

4.4 故障诊断与分析

知识库是确定性故障诊断的表征形式，对结构化的专门知识进行系统表示，能够有效地对故障的种类和地点进行有效定位，并为其提供了丰富的处理过程，保证了故障的时效性和可靠性。智能分析是故障诊断中的一种模糊表示形式，它可以深入挖掘故障数据的价值，建立信息编码模型，并利用推理引擎对潜在的故障数据进行分析。

4.5 可靠度模型的选取

当前，国内在用的新一代信号传输装备性能可靠性分析模型，其特征是以指数形式分布，这种分析模型的数据具有很大的片面性，无法完全反映出各部件的基本功能与信号装备性能参数的分布关系。目前，国内装备行业普遍采用的装备可靠性设计模式有第一对数分布法和威布尔对数分布法，这两种方法都是针对不同装备的实际物理应用背景的不同需求，选取合适的设计模式，并能够及时地进行分析实现，基于各装备的实际服役年限，利用数据表，实现了对数分布的验证，从而实现了对数分布的验证。利用威布尔周期分布模型，能够较好

地、准确地反映并找到影响其正常服役年限的关键因素，并对其进行定期监测。数字分配测试模式的主要目标是针对因服役年限未超出规定范围而直接造成疲劳控制失灵，并影响到设备的正常维护寿命的周期性测试。2类可靠度模型各有所长，可针对不同的设备特性选用。

4.6 电力行业突发事件知识库的建立

建立知识库首先要获得知识，明确其用途和范围，并搜集与突发事件有关的知识，为获得概念、属性和规则等信息提供数据支撑。（1）明确应用目标和适用范围：所建立的知识库以铁路电气安全事故为研究对象，以案例的存储、管理和重用为研究对象，并以此为基础，实现对铁路电气安全事故案例的有效存储、管理和重用，并对其进行清晰、标准化的描述。（2）突发事件知识的搜集：铁路电气事故突发事件中的知识要素很多，需要有强有力的数据支撑，才能确保所构建的知识库的质量。有必要对有关电气事故的记录资料、历史案例以及有关部门发布的实际事故资料进行分类和总结。（3）概念、属性与关系的抽取：属性可以用来刻画概念之间、知识之间的关系以及互动规律。（4）实例知识规则的抽取：目前，大多数的规则抽取都是以粗糙集、神经网络为基础的。

结语：将智能技术引入铁路交通信号故障诊断的方法，并对其进行研究。融合多种诊断手段的优点，对故障进行集成分析是今后的发展方向，可有效提升故障诊断的精度和可靠性，为快速高效故障处理提供保证。随着智能技术的不断发展，其在铁路交通中的应用将会越来越多，这对提铁路路交通信号的故障诊断水平和优化水平有着十分重要的意义。

参考文献

- [1]王东升.人工智能在铁路信号故障诊断中的应用研究[J].科技风,2020(17)
- [2]张丽娜.铁路信号设备故障诊断方法研究[J].设备管理与维修,2022(18)
- [3]任耀华.铁路信号设备故障诊断相关研究[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2020(08)
- [4]张贺宁;李欣;王彩;王伟芳.人工智能在铁路信号故障诊断中的应用路径分析[J].信息系统工程,2023(08)
- [5]牛红霞.人工智能在5T系统故障诊断中的应用研究[J].信息记录材料,2023(07)
- [6]张硕.基于数据挖掘的铁路信号设备故障自动诊断研究[J].电气应用,2020(06)
- [7]李刚.铁路信号监测技术发展展望[J].铁道通信信号,2019(S1)