



安全科学中的故障信息转换定律

崔铁军, 李莎莎

引用本文:

崔铁军, 李莎莎. 安全科学中的故障信息转换定律[J]. 智能系统学报, 2020, 15(2): 360–366.

CUI Tiejun, LI Shasha. Conversion law of fault information in safety science[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2020, 15(2): 360–366.

在线阅读 View online: <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201811004>

您可能感兴趣的其他文章

少故障数据条件下SFEP最终事件发生概率分布确定方法

Determination method of target event occurrence probability in SFEP under the condition of less fault data

智能系统学报. 2020, 15(1): 136–143 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201911002>

空间故障树与因素空间融合的智能可靠性分析方法

Intelligent reliability analysis method based on space fault tree and factor space

智能系统学报. 2019, 14(5): 853–864 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201807022>

云模型油气SCADA系统信息安全评价研究

Research on information security evaluation of oil and gas SCADA system in cloud model

智能系统学报. 2018, 13(2): 296–302 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201609001>

机制主义人工智能理论——一种通用的人工智能理论

Mechanism-based artificial intelligence theory: a universal theory of artificial intelligence

智能系统学报. 2018, 13(1): 2–18 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201711032>

因素空间理论——机制主义人工智能理论的数学基础

Factor space-mathematical basis of mechanism based artificial intelligence theory

智能系统学报. 2018, 13(1): 37–54 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201711034>

从人类智能到机器实现模型——粒计算理论与方法

From human intelligence to machine implementation model: theories and applications based on granular computing

智能系统学报. 2016, 11(6): 743–757 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201612014>

微信公众平台



关注微信公众号，获取更多资讯信息

DOI: 10.11992/tis.201811004

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1538.TP.20191205.1008.002.html>

安全科学中的故障信息转换定律

崔铁军^{1,2}, 李莎莎³

(1. 辽宁工程技术大学 安全科学与工程学院, 辽宁 阜新 123000; 2. 大连交通大学, 辽宁省隧道与地下结构工程技术研究中心, 辽宁 大连 116028; 3. 辽宁工程技术大学, 工商管理学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

摘 要: 为在安全科学领域实现从故障信息到安全决策过程, 本文提出了安全科学中的故障信息转化定律。安全科学核心之一是系统可靠性。随着信息数据和智能科学的发展, 系统可靠性理论也应跟随并发展。信息生态方法论是不同于传统机械还原论的方法论, 可全方位研究故障信息。因素空间理论是基于因素的智能科学数学基础。空间故障树理论则是研究可靠性与因素关系的系统科学方法。因此三者因素、系统变化及其特征研究方面具有天然的集成性。分别提供了研究系统可靠性的方法论、智能数学基础和具体实施平台。信息生态方法论和因素空间理论可指导并融入空间故障树理论的发展。从而为安全科学基础理论提供符合信息和智能科学的系统可靠性分析理念和方法, 为安全科学的信息化及智能化作出尝试。

关键词: 安全科学; 智能科学; 数据科学; 信息生态方法论; 因素空间; 空间故障树; 故障信息转化定律; 系统可靠性
中图分类号: TP391; X913; C931.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2020)02-0360-07

中文引用格式: 崔铁军, 李莎莎. 安全科学中的故障信息转换定律[J]. 智能系统学报, 2020, 15(2): 360-366.

英文引用格式: CUI Tiejun, LI Shasha. Conversion law of fault information in safety science[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2020, 15(2): 360-366.

Conversion law of fault information in safety science

CUI Tiejun^{1,2}, LI Shasha³

(1. College of Safety Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China; 2. Tunnel and Underground Structure Engineering Center of Liaoning, Dalian Jiaotong University, Dalian 116028 China; 3. School of Business Administration, Liaoning Technical University, Huludao 125000, China)

Abstract: To obtain fault information and enable safety decision-making in safety science, this study proposes the conversion law of fault information in safety science. System reliability is a core concept of safety science. With the development of information and intelligent science, the theory of system reliability should also be developed. Information ecology methodology is different from traditional mechanical reductionism and can be used to conduct comprehensive research on fault information. Factor space theory is the mathematical basis of intelligent science based on factors. Space fault tree theory is a systematic scientific method used to analyze the relationship between reliability and factors. Therefore, these three methods enable the natural integration of research factors, system changes, and their characteristics. The methodology, intelligent mathematics foundation, and specific implementation platform for the analysis of system reliability are provided herein. Information ecology methodology and factor space theory can guide and integrate the development of a space fault tree. This paper provides the basic theory of safety science with information and intelligent science for system reliability analysis concepts and methods. Moreover, it attempts to integrate information and intelligent science with safety science.

Keywords: safety science; intelligent science; data science; information ecological methodology; factor space; space fault tree; conversion law of fault information; system reliability

收稿日期: 2018-11-06. 网络出版日期: 2019-12-05.

基金项目: 国家自然科学基金项目(51704141); 国家重点研发计划项目(2017YFC1503102); 国家自然科学基金委员会主任基金项目(61350003).

通信作者: 崔铁军. E-mail: ctj.159@163.com.

安全科学中, 安全系统工程研究的系统可靠性是来源于系统科学的。但中国的安全科学源于矿业生产, 由于行业的局限性, 安全科学的发展

主要集中在安全技术的发展,而对安全科学基础理论的研究相对较少。特别是当今随着信息科学、数据科学、智能科学及系统论的发展,现有安全科学基础理论越来越难以适应未来要求。但借助于信息、数据、智能科学及系统论发展安全科学基础理论,无论是对安全领域研究者或是信息、数据及智能科学领域研究者都是困难的问题。他们与安全科学有何切入点,如何将他们的理念融入安全科学具体地研究系统可靠性,使系统可靠性方法具备信息分析、数据处理和智能推理能力都是亟待解决的问题。

对于上述问题的相关研究并不多见^[1-4]。这些方法在安全科学系统可靠性研究领域都尝试了信息化、数据化和智能化,也都取得了相当的研究成果,但都缺乏适合的方法论和数学基础。因此本文尝试一种新的思路研究系统可靠性。首先将空间故障树^[5-18]理论作为系统可靠性研究的平台,从而接纳新方法论和数学基础理论。使用基于信息的信息生态方法论作为故障信息分析的方法论,从系统总体来考虑主体客体之间信息的流动,而摒弃分而治之的机械还原方法论。使用因素空间^[19-22]理论作为故障数据的智能分析数学基础,从因素差异角度对可靠性进行研究。三者因素、系统及其变化方面具有相同或类似的出发点和立足点,因此具有天然地结合性。

本文主要论述信息生态方法论,三种思想和方法结合的可行性,及在空间故障树框架内实现故障信息转化定律。这也是首次将信息生态方法论引入安全科学领域,也是三种思想的首次结合。从而为故障信息到安全决策提供有效信息处理和智能分析方法,实现安全科学中的故障信息转化定律。

1 信息生态方法论概述

信息生态方法论是钟义信等^[23-26]提出的以信息为核心的处理客体与主体之间信息流动的一种方法论。与传统的基于物质方法论的分而治之做法不同,信息生态方法论是一种综合的、全局的、完备的方法论。

基于传统物质方法论的机械还原方法论已在当今科学界各领域根深蒂固。这种方法论可以有效地用于调节物质之间及物质与人之间的关系。但随着信息科学和大数据的发展,信息与信息之间及信息与人之间的矛盾凸显出来。当然这些矛盾使用机械还原方法论来处理也取得了令人瞩目

的成就。信息与智能的处理起源于二战时期,以1936年图灵机的出现为标志,直到今天机械还原方法论仍是智能科学及信息科学的主流方法论。目前国际学界对于智能及信息处理形成了三大流派。结构主义流派,他们认为信息与智能是人脑结构决定的,基于现代医学研究成果,将人脑结构剖析为神经元、连接及电信号的传递。因此此流派将人对信息的处理和智能行为归结于人脑结构,从而在1943年提出神经元数理逻辑并最终发展成为神经网络模型。神经网络已广泛应用于对各行业数据的预测分析。但随着研究的深入,神经网络的庞大结构及指数爆炸导致其难以扩展。因此诞生了功能主义流派,他们认为只需要在功能层面上对信息和智能进行处理,最终与人所表现的功能相同即可。随着计算机的出现,便使用计算机对人脑进行模拟。在1956年提出了物理符号系统,后逐渐退化为专家系统,其代表为“深蓝”和“AlphaGo”。进一步地,使用计算机实现专家系统,最重要的前提是有完备的知识库。而知识来源于客体表现出的现象和行为,主体对这些现象和行为进行抽象形成知识,因此基于客体行为的行为流派诞生了。其思想是通过感知客体的运行和行为来模拟智能行为,从而使客体表现出智能行为,如“六脚甲虫机器”。

上述三大流派虽然在各自方向都取得了成绩,但都是基于机械还原方法论的分而治之理念。将人对信息处理和智能行为割裂,分别从人脑结构、智能功能、智能行为角度来研究信息处理和智能。但任何方法论都应该是系统的,可惜的是系统论在20世纪50年代才提出,其兴起和普及更是滞后的。从系统论角度出发,分而治之的方法明显存在不足。机械还原方法论将系统拆分,所得到的若干子系统根据其特征分别使用不同的方法论、方法、概念和模型进行研究,然后再组合起来还原系统。当然这种方法自身也具有简化问题的能力,但忽略了系统内部各子系统物质、能量和信息的交流。使用机械还原方法论研究的系统必将失去系统的整体性和功能性。

钟义信教授提出的基于信息的信息生态方法论初步解决了三大流派分而治之的状态。信息生态方法论是基于系统层面研究问题的。提出了人类智能活动的典型模型,认为智能过程可表示为“信息—知识—智能转换”,即信息转换定律。更具体的过程“本体论信息—认识论信息—知识—基

础意识—情感—理智—智能策略—智能行为”。给出相关定义和概念^[23-26]。

定义1 本体论信息:客体的运动状态以及状态变化的方式,是客体本身散发出来的信息。

定义2 认识论信息:主体能够感知到的客体的本体论信息,是主体能接收的信息。

定义3 全信息:同时具备语法信息、语义信息、语用信息的认识论信息,是三位一体的概念。

定义4 知识:认识论信息由主体进行智能加工、理论和记忆,形成可处理客体的规则。

定义5 基础意识:根据主体本能知识和常识知识产生基础意识反应。

定义6 情感:主体根据本能知识、常识知识和经验知识产生感情反应。

定义7 理智:主体根据本能知识、常识知识、经验知识和规范知识产生理智反应。

定义8 智能策略:情感与理智两者的综合决策生成智能策略,用于指导主体实施带有目的性的智能行为。

定义9 智能行为:主体根据智能策略对客体实施的带有目的性的行为。

上述过程就是信息生态方法论的核心,即信息转换定律,也是机制主义的人工智能理论。从系统论角度,该过程完整地、全面地、相互联系地阐明了信息转化过程中主体与客体之间的联系和交互。在系统层面上完成了信息的智能处理,其所包含的信息转换与智能创生定律及其各种简化形式将成为整个生物界的一个普适定律^[23-26]。

2 智能的机制主义及数学原理与故障信息处理

作者长期从事安全科学基础理论研究,深知目前安全领域的发展难以适应当今和未来的科技发展。首先安全科学方法论分析问题的基础即为故障数据,是故障信息的一种形式,而获得故障数据存在很大困难。主要在于设备系统的误差、人系统的失误和环境系统的扰动。而且当影响客体的因素多样、显性和隐形因素并存,特别是当基于人的知识进行决策时,这些故障信息如何处理才能形成认知论信息,从而形成知识,产生智能策略从而指导人们或机械采取智能行为处理客体,成为目前和今后一段时间内安全科学所要面对的问题。

中国的安全科学起源于矿业工程,由于行业特征的影响,安全科学研究的重点仍聚焦于矿业技术,当然随着时代的发展又出现了化工安全、建筑安全等一系列子领域。但这些领域只关注于具体行业技术,从技术层面保证安全,虽然成效显著但对安全科学基础理论贡献甚微。更为深层次的,安全科学理论也是基于物质的机械还原方法论,也是分而治之的处理手段。因此安全科学本身缺乏对信息的处理能力。但安全科学的研究对象是系统可靠性,只有保证系统功能完全,才可能保证系统安全。而系统可靠性研究也具有独特之处。

系统可靠性是在系统层面上研究客体完成功能的能力。那么这个过程应该包括:信息收集、信息处理、安全评价、得出结论和采取措施等,实际上就是从故障信息到安全决策的过程。进一步抽象就是主体和客体之间寻求系统安全的信息流动问题。该信息流动问题的解决需要信息转化机制、需要信息智能处理的数学基础,还需要站在系统论高度着眼安全科学领域的立足点,因此对该问题的解决是一项艰巨任务。这些问题导致了各领域研究人员难以在更高层次系统范围内对该问题达成共识。

由于钟义信等提出的信息生态方法论,作者崔铁军提出的空间故障树理论,及汪培庄提出的因素空间理论,使上述问题的解决成为可能。第一节介绍了钟义信等提出的信息生态方法论,这里不再论述。需要说明的是信息生态方法论着眼于信息系统的生态(而不是静态)本质,通过研究信息系统各个部分的相互关系,以及信息系统与其环境之间的相互关系来实现系统整体良性生长^[26]。从该定义中可知,关键点在于信息系统、运动本质、相互联系、环境影响和系统良性生长,因此信息生态方法论称为信息处理的机制。因素空间理论认为事物的描述、分类、辨识及处理的基础都是因素,因素是区分事物最基本的要素。因素空间根本目的是要为信息描述提供普遍框架,为思维科学奠定严格的数学基础。在当前,它要为数据科学提供数学理论基础,为构建人机认知体的巨大工程效力^[23]。因此因素空间理论被誉为信息科学和智能分析的数学基础,其关键点在于因素、系统、背景关系及因素推理等。空间故障树理论在安全科学领域内主要研究系统可靠性问题。该理论认为系统工作于环境之中,由于

系统本身物理性质决定了在不同因素影响下其完成自身功能的能力不同。即主要研究安全科学与系统科学交叉领域,安全系统工程系统可靠性。其关键点在于因素、环境、系统和可靠性。

空间故障树理论是安全科学与系统科学的交叉研究,目前已完成了基本框架。并与因素空间理论相结合,由于两种理论的出发点都是因素与系统的关系,因此具有良好的兼容性。进而将智能科学和大数据处理技术引入到安全科学中。但空间故障树理论仍是机械还原方法论的分而治之的方法,因此需要进一步完善故障信息处理能力。信息生态方法论中的信息转换定律是否可以融入空间故障树理论,是否故障信息的处理也满足信息转化定律是需要进一步研究的问题。

那么如果该定律可以在空间故障树理论中实现,则可认为信息生态方法论和因素空间理论在安全科学中存在切入点和立足点,那就是空间故障树理论。从上述3种思想的关键点可知,信息生态方法论的信息系统、运动本质、相互联系、环境影响和系统良性生长可对应于空间故障树的系统可靠性、安全状态变化、因素之间的相互影响和系统故障信息的不断更新。另一方面空间故障树对应于因素空间理论的最基本要素——因素,而且两种理论已进行了初步结合,效用良好。因此上述3种思想可形成统一的系统可靠性研究方案。信息生态方法论可作为系统可靠性信息处理的方法论,因素空间可作为系统可靠性分析的数学基础,而空间故障树理论成为可靠性问题研究的主体,承接上述两种理论的作用。这样在安全科学领域的系统可靠性分析方向,就形成了以信息生态作为方法论,因素空间作为数学基础,空间故障树理论作为具体实施平台的框架结构;同时空间故障树理论也在安全科学中为上述两种理论提供了与具体科学结合的纽带。

3 空间故障树框架内的故障信息转换定律

基于上述思想,在安全科学领域的空间故障树框架内实现信息转换定律,即故障信息转换定律。根据信息转化定律给出的信息转化过程,与空间故障树与因素空间理论结合,完成故障信息转换定律的建立。结合因素空间,空间故障树理论中的故障信息转换定律的基本定义和解释如下:

定义 10 本体论故障信息:客体系统的可靠性状态及可靠性变化的方式,是客体系统本身表现出来的信息。

客体系统是系统可靠性研究的对象,其可靠性的变化只源于因素的变化。因素的变化及导致的客体系统变化是通过故障信息表现出来的。这些故障信息是客体系统自身特征,因素的变化是客体系统可靠性变化的动力。当然这个动力分别来源于客体系统的内部和外部,而信息是客体系统变化的表现。

定义 11 认识论故障信息:主体系统能够感知到的客体系统可靠性的本体论信息,是主体系统能接收的故障信息。

主体系统是能监控、掌握和调节客体系统的系统。主体系统在物质和精神上影响客体系统。这种影响是通过改变客体系统影响因素和系统结构完成的。主体系统采取何种措施对客体系统进行调节是基于已有故障知识确定的。这些故障知识来源于先期对本体论故障信息的收集。认识论故障信息是本体论故障信息的子集,甚至可能不在同一维度上。因此无论主体系统采取何种方式收集和感知客体系统的本体论故障信息,都将是难以全部获得的,只能无限趋近本体论故障信息的全集。因为因素和信息存在隐视性。主体系统在不知道何种因素影响客体系统时难以抓住这些因素;且主体系统在不知道某种信息存在的情况下更不知晓如何感知这些信息。因此故障信息在客体系统和主体系统间流动的过程中,客体系统都是主动的,而主体系统反而是被动的,主体系统始终处于不利位置。进一步的结论是,本体论故障信息只有一部分能转化为认识论故障信息,转化的程度代表了主体系统认知客体系统的程度和能力。

定义 12 全故障信息:同时具备故障语法信息、故障语义信息、故障语用信息的认识论故障信息。

故障语法信息指主体系统能够理解客体系统的本体论故障信息的形式,是故障信息的解析形式。故障语义信息指主体系统能够理解客体系统的本体论故障信息的含义,是故障信息本身代表的客体系统的故障内涵。故障语用信息指客体系统在主体系统确定目标上的一致性和效用。

定义 13 故障知识:认识论故障信息由主体系统进行智能加工、理论和记忆,形成可处理客

体系统故障的规则。

故障知识是主体系统对认识论故障信息的进一步抽象,是从客体系统故障外延到内涵的过程。这些故障知识将客体系统表现出来的故障信息与客体系统故障的实质形成对应关系,进而为后继形成智能策略和智能行为奠定基础。

定义 14 基础故障意识:根据主体本能故障知识和常识故障知识产生的基础意识反应。

主体对客体故障的认识可分为本能故障知识,这部分是主体自有的,不需要经验积累形成的知识。另一部分为常识故障知识,是通过故障知识反复校验客体系统得到的,且众所周知的经验故障知识。

定义 15 智能安全策略:主体的情感与理智两者的综合决策生成智能故障策略,用于指导主体实施带有减少故障目的的智能行为。

由于客体系统在各种因素影响下其实现自身功能的能力变化多样;相对地,主体系统则希望客体系统的可靠性保持不变,因此主体系统根据得到的故障知识和信息必然采取有利于自身的防止故障的策略,即智能故障策略。

定义 16 智能安全行为:主体根据智能策略对客体实施的带有防止故障目的的行为。

主体系统在制定了防止故障的智能故障策略后,根据自身情况及采取策略后客体系统故障情况,决定采取的智能安全行动。

提出故障信息转化定律是在安全科学领域实现了信息生态方法论。在安全领域的安全信息处理方法很多,但由于学科限制所得到的一般是解析规律,少有信息、智能和数据科学参与。相较于传统方法,利用信息生态方法论提出故障信息转换定律最大的特点就是全方位立体地考虑故障信息之间的关系,相互影响的关系,以及人、机、环、管之间的数据流动。最终建立安全信息生态系统。为更好地分析系统安全和故障提供方法论。

那么综上所述,在安全科学中,空间故障树框架内的故障信息转化定律可描述为:本体论故障信息-认识论故障信息-故障知识-智能安全策略-智能安全行为。该过程运用了信息生态方法论,因素空间理论作为数学基础,空间故障树理论作为实现平台。因此是将信息科学和智能科学引入安全科学理论的一次有益尝试。作者也非常希望可以切实地将信息科学方法论,及智能科学数学基础在安全科学的故障信息处理领域展开研究,为未来安全科学的智能化和信息化做出贡献。

4 结束语

本文从信息科学的信息生态系统方法论出发,研究将该方法论结合智能科学数学基础的因素空间理论,最终将安全科学的系统可靠性问题作为落脚点,研究三者融合的可能性,即安全科学中的故障信息转换定律。主要结论如下:

1) 总结已有文献,给出信息生态系统的论述和定义。

2) 研究了智能的机制主义及数学原理与安全信息处理相融合的可能性。将信息生态方法论作为安全科学中系统可靠性研究领域故障信息处理的方法论;将因素空间理论作为故障信息智能处理的数学基础;而将空间故障树理论作为上述两种思想的具体实现平台和安全科学领域的切入点。分析三者融合的可行性及其意义。

3) 在空间故障树框架内重新诠释了信息转换定律,即故障信息转化定律。给出了相关定义及其解释,并给出了本体论故障信息-认识论故障信息-故障知识-智能安全策略-智能安全行为的故障信息转化定律。

参考文献:

- [1] 董金金. 智能变电站故障数据自同步方法研究 [D]. 济南: 山东大学, 2018.
DONG Jinjin. Study on self-synchronization method of fault data in smart substation[D]. Jinan: Shandong University, 2018.
- [2] 刘琨, 黄明辉, 李一泉, 等. 智能变电站故障信息模型与继电保护在线监测方法 [J]. 电力自动化设备, 2018, 38(2): 210-216.
LIU Kun, HUANG Minghui, LI Yiquan, et al. Fault information model and online monitoring method for relay protection system in smart substation[J]. Electric power automation equipment, 2018, 38(2): 210-216.
- [3] 李闻涛, 罗敏, 黄江山. 基于 NLP 的转向架故障信息处理系统 [J]. 机电一体化, 2017, 23(4): 53-59.
LI Wentao, LUO Min, HUANG Jiangshan. Bogie fault information processing system based on NLP[J]. Mechatronics, 2017, 23(4): 53-59.
- [4] 张伟, 南东亮, 常喜强, 等. 适应智能调度的继电保护故障信息系统高级应用研发 [J]. 电气技术, 2016(5): 91-95.
ZHANG Yi, NAN Dongliang, CHANG Xiqiang, et al. Development of realization of advanced application function for protective relaying fault information system adaptable to smart dispatch[J]. Electrical engineering, 2016(5):

- 91–95.
- [5] CUI Tiejun, LI Shasha. Deep learning of system reliability under multi-factor influence based on space fault tree[J]. *Neural computing and applications*, 2019, 31(9): 4761–4776.
- [6] 崔铁军, 马云东. 多维空间故障树构建及应用研究 [J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(4): 32–37.
- CUI Tiejun, MA Yundong. Research on multi-dimensional space fault tree construction and application[J]. *China safety science journal*, 2013, 23(4): 32–37.
- [7] 崔铁军, 马云东. DSFT 的建立及故障概率空间分布的确定 [J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(4): 1081–1088.
- CUI Tiejun, MA Yundong. Discrete space fault tree construction and failure probability space distribution determination[J]. *Systems engineering-theory & practice*, 2016, 36(4): 1081–1088.
- [8] CUI Tiejun, LI Shasha. Study on the construction and application of discrete space fault tree modified by fuzzy structured element[J]. *Cluster computing*, 2019, 22(S3): 6563–6577.
- [9] 崔铁军, 汪培庄, 马云东. 01SFT 中的系统因素结构反分析方法研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(8): 2152–2160.
- CUI Tiejun, WANG Peizhuang, MA Yundong. Inward analysis of system factor structure in 01 space fault tree[J]. *Systems engineering-theory & practice*, 2016, 36(8): 2152–2160.
- [10] 崔铁军, 马云东. 系统可靠性决策规则发掘方法研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2015, 35(12): 3210–3216.
- CUI Tiejun, MA Yundong. The method research on decision criterion discovery of system reliability[J]. *Systems engineering-theory & practice*, 2015, 35(12): 3210–3216.
- [11] CUI Tiejun, WANG Peizhuang, LI Shasha. The function structure analysis theory based on the factor space and space fault tree[J]. *Cluster computing*, 2017, 20(2): 1387–1398.
- [12] LI Shasha, CUI Tiejun, LI Xingsen, et al. Construction of cloud space fault tree and its application of fault data uncertainty analysis[C]//Proceedings of the 2017 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Ningbo, China, 2017: 195–201.
- [13] LI Shasha, CUI Tiejun, LIU Jian. Study on the construction and application of cloudization space fault tree[J]. *Cluster computing*, 2019, 22(S3): 5613–5633.
- [14] 崔铁军, 马云东. 因素空间的属性圆定义及其在对象分类中的应用 [J]. *计算机工程与科学*, 2015, 37(11): 2169–2174.
- CUI Tiejun, MA Yundong. Definition of attribute circle in factor space and its application in object classification[J]. *Computer engineering & science*, 2015, 37(11): 2169–2174.
- [15] 崔铁军, 马云东. 基于因素空间的煤矿安全情况区分方法的研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2015, 35(11): 2891–2897.
- CUI Tiejun, MA Yundong. Research on the classification method about coal mine safety situation based on the factor space[J]. *Systems engineering-theory & practice*, 2015, 35(11): 2891–2897.
- [16] CUI Tiejun, LI Shasha. Study on the relationship between system reliability and influencing factors under big data and multi-factors[J]. *Cluster computing*, 2019, 22(S4): 10275–10297.
- [17] 崔铁军, 李莎莎, 朱宝艳. 空间故障网络及其与空间故障树的转换 [J]. *计算机应用研究*, 2019, 36(8): 2400–2403.
- CUI Tiejun, LI Shasha, ZHU Baoyan. Construction space fault network and recognition network structure characteristic[J]. *Application research of computers*, 2019, 36(8): 2400–2403.
- [18] 崔铁军, 汪培庄. 空间故障树与因素空间融合的智能可靠性分析方法 [J]. *智能系统学报*, 2019, 14(5): 853–864.
- CUI Tiejun, WANG Peizhuang. Intelligent reliability analysis method based on space fault tree and factor space[J]. *CAAI transactions on intelligent systems*, 2019, 14(5): 853–864.
- [19] 汪培庄. 因素空间与因素库 [J]. *辽宁工程技术大学学报 (自然科学版)*, 2013, 32(10): 1297–1304.
- WANG Peizhuang. Factor spaces and factor databases[J]. *Journal of liaoning technical university (natural science edition)*, 2013, 32(10): 1297–1304.
- [20] WANG Peizhuang, LIU Zengliang, SHI Yong, et al. Factor space, the theoretical base of data science[J]. *Annals of data science*, 2014, 1(2): 233–251.
- [21] 汪培庄, 郭嗣琮, 包研科, 等. 因素空间中的因素分析法 [J]. *辽宁工程技术大学学报 (自然科学版)*, 2014, 33(7): 865–870.
- WANG Peizhuang, GUO Sicong, BAO Yanke, et al. Causality analysis in factor spaces[J]. *Journal of liaoning technical university (natural science edition)*, 2014, 33(7): 865–870.
- [22] 汪培庄. 因素空间与数据科学 [J]. *辽宁工程技术大学学报 (自然科学版)*, 2015, 34(2): 273–280.
- WANG Peizhuang. Factor spaces and data science[J]. *Journal of liaoning technical university (natural science edition)*, 2015, 34(2): 273–280.

- [23] 钟义信, 张瑞. 信息生态学与语义信息论 [J]. 图书情报知识, 2017(6): 4–11.
ZHONG Yixin, ZHANG Rui. Information ecology and semantic information theory[J]. Document, informaiton & knowledge, 2017(6): 4–11.
- [24] 钟义信. 从“机械还原方法论”到“信息生态方法论”——人工智能理论源头创新的成功路 [J]. 哲学分析, 2017, 8(5): 133–144.
ZHONG Yixin. From Mechanical reductionism to methodology of information ecology: successful approach to innovation for AI theory[J]. Philosophical analysis, 2017, 8(5): 133–144.
- [25] 钟义信. 从信息科学视角看《信息哲学》[J]. 哲学分析, 2015, 6(1): 17–31.
ZHONG Yixin. Information science and its view on information philosophy[J]. Philosophical analysis, 2015, 6(1): 17–31.
- [26] 钟义信. 高等智能•机制主义•信息转换 [J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(1): 1–6.

ZHONG Yixin. Advanced intelligence-mechanism approach-information conversion[J]. Journal of beijing university of posts and telecommunications, 2010, 33(1): 1–6.

作者简介:



家。申请发明专利 19 项, 发表学术论文 100 余篇。

崔铁军, 副教授, 博士, 主要研究方向为系统可靠性及力学系统稳定性。提出和建立了空间故障树理论及空间故障网络理论。出版学术专著 4 部, 获得多个期刊优秀论文奖, 多个国际 SCI 期刊、Springer、Science Publishing Group 和国内核心期刊审稿专



李莎莎, 讲师, 博士, 主要研究方向为安全管理及其智能分析。出版学术专著 2 部, 多个国内核心期刊审稿专家。申请发明专利 5 项, 发表学术论文 20 余篇。

关于推荐 2020 年中国人工智能学会优秀博士学位论文的通知

作为吴文俊人工智能科学技术奖系列——中国人工智能学会优秀博士学位论文推荐工作现启动。该奖为推动中国人工智能领域的科技进步、鼓励创新性研究、促进青年人才成长、表彰做出优秀成果的中国境内博士学位获得者而设立。2020 年推荐候选论文的有关事宜通知详见:

<http://www.caa.cn/index.php?s=/home/article/detail/id/855.html>

参评条件:

- 1) 本次优秀博士学位论文的评选范围为 2018 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日期间在中国通过博士学位论文答辩并从事人工智能领域研究的学位论文;
- 2) 参加评选的博士学位论文须经具有计算机科学与技术、软件工程、控制科学与工程等相关专业的高校学院(系)或研究机构推荐, 每个单位推荐参评学位论文不超过 3 篇, 已经参评过的论文不得再被推荐;
- 3) 具体参评条件和约束条件见“中国人工智能学会优秀博士学位论文评选条例”。

评审安排:

请各单位做好组织推荐工作, 并于 2020 年 6 月 10 日 17:00 将申报材料纸质版报送中国人工智能学会秘书处, 电子版发送至中国人工智能学会邮箱。

具体评选时间安排:

- 1) 受理: 即日起至 2020 年 6 月 10 日;
- 2) 格式和资质审查: 2020 年 6 月 10 日—6 月 20 日;
- 3) 初评: 2020 年 6 月 20 日—7 月 5 日, 同行专家对申报材料进行初评, 从中评选出不超过 20 篇入围候选优秀博士学位论文;
- 4) 初评公示: 2020 年 7 月 5 日—7 月 20 日;
- 5) 终评: 2020 年 7 月 20 日—8 月 5 日, CAAI 终评委员会进行终评, 评出不超过 10 篇获奖者和不超过 5 篇提名奖;
- 6) 终评公示: 2020 年 8 月 6 日—8 月 20 日。

联系人: 邹老师 13121123883

邮箱: msc@caai.cn