

DOI: 10.16538/j.cnki.fem.20220621.102

# 新冠疫情防控中的复杂决策研究

## ——基于江苏省全员核酸检测系统上云部署的实践

白佳<sup>1</sup>, 燕雪<sup>2</sup>, 智勇<sup>3</sup>

(1. 南京大学信息管理学院, 江苏南京 210023; 2. 南京审计大学金融学院, 江苏南京 211815;  
3. 中国移动通信集团江苏有限公司, 江苏南京 210029)

**摘要:**新冠疫情防控具有“突发状况多、规范性少、独特性多”的特征,云计算、大数据等新型信息技术的使用为疫情防控工作提供了有力的支撑手段,但也凸显决策主体的认知缺陷问题。本文基于复杂决策理论,以2021年南京禄口机场突发新冠疫情后江苏省成功快速完成全员核酸检测系统上云部署为例,结合情景参与收集的数据,着重探究弥补决策主体认知缺陷的有效方法和实现路径。研究表明:(1)决策主体可以从决策问题的复杂性分析、决策目标的综合控制、决策过程的迭代、决策方案的递进优化四个维度来弥补其认知缺陷。(2)决策组织平台在初始阶段须以政府为序主体,并在不同决策阶段自发或推选确定不同的序主体。(3)“物理复杂性—系统复杂性—管理复杂性”的协同转换为复杂系统思维范式转移的有效路径。本研究对于在复杂紧急情况下如何作出与新技术应用相关的复杂决策,以及提升政府等主体的疫情防控管理决策水平具有理论意义和实践价值。

**关键词:**新冠疫情;云平台;认知缺陷;复杂决策;复杂系统管理

**中图分类号:**F270 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-4950(2023)01-0055-12

### 一、引言

社会经济系统由于系统与环境的开放性、其间主体的适应性与智能性、系统的多层次结构性、不同主体及主体与要素之间的非线性交互作用等,从而呈现出一系列的复杂性(盛昭瀚等, 2009)。新冠疫情防控是一个典型的社会经济系统,涉及经济、社会及人文等多个领域,存在着多主体的利益和运作冲突、多层面的有效协同等重大挑战,其间有较多的科学问题要去解决,包括但不限于制度问题、组织问题、认知问题等。

当前,距离首次新冠疫情爆发已有两年多时间,各界已形成了一定的防控措施,如大规模

收稿日期:2022-01-17

基金项目:教育部人文社会科学研究青年项目(20YJCZH203)

作者简介:白佳(1990—),女,南京大学信息管理学院博士研究生;

燕雪(1991—),女,南京审计大学金融学院讲师;

智勇(1976—),男,中国移动通信集团江苏有限公司高级工程师(通讯作者,13705188898@139.com)。

核酸检测、健康码管理、新冠病人中西医结合治疗等(Yu等,2021),但从宏观层面看,由于新冠病毒变异性强、各地经济发展水平不同、政府治理能力存在差异等,使得新冠疫情防控普遍存在“突发状况多,规范性少,独特性多”的特征,决策主体对疫情防控的复杂性往往预判不到位,导致相关预案的“认知偏差”和“过程失效”(许超和于童,2021)。同时,在新冠疫情防控中大量使用了信息化手段,包括云计算、大数据、物联网等新型信息技术,以往的经验表明数字化平台是成功控制疫情的“法宝”之一(欧阳桃花等,2020),大数据、人工智能、云计算等数字技术在疫情监测分析、病原溯源、防控救治、资源调配等方面发挥了巨大支撑作用(李雪峰,2020)。

云计算等新型信息技术的应用,一方面可以弥补在危机情况下的信息化基础设施的建设能力不足,为疫情防控提供了新的有效的工具(王俊秀和应小萍,2020)。另一方面,疫情防控工作的时效要求高,需要决策主体在尽可能短的时间之内形成共识,因而难以为决策主体提供一个知识学习、经验积累的“循序渐进”的过程,这使得疫情防控中许多与新技术应用有关的复杂现象与问题超出了决策主体的认知水平,认知缺陷问题突出(郑晓齐等,2002;徐娟等,2020),例如:武汉市红十字会在新冠疫情防控中引入“云仓物流管理系统”,该技术可以有效解决应急物资管理问题,但是决策者对于技术如何进入组织、组织在何种程度上接纳技术存在困惑(王磊,2021)。

本文结合情景参与收集的会议记录、档案资料等数据,以2021年南京禄口机场突发新冠疫情后江苏成功快速完成全员核酸检测系统上云部署为例进行分析,期望从新冠疫情防控局部工作中寻求对决策主体认知缺陷问题(如认知缺乏、认知不足、认知偏差等)的突破。然后,本文对新冠疫情防控中的复杂整体性进行再思考,以期相关的研究结果能更好地帮助政府等决策主体有效破解疫情防控中的复杂机理。

## 二、文献分析

### (一) 复杂性与认知缺陷

复杂性是世界的本质属性(吴彤,2000),有关复杂性的研究一直是理论界的热点之一,但是至今没有形成统一的观点,不同学派、学术背景和学术领域对复杂性的理解不同(Burnes,2005)。在管理学的相关研究中,复杂性可以分为客观复杂性和主观复杂性。客观复杂性指的是系统的开放性、动态性、要素之间的关联性;主观复杂性是指与人的认知相关的复杂性,包括知识方法的不完备性及对系统演化发展结果的认知不足和偏差(Allen,2001)。

认知缺陷(cognitive deficit)是一个包容性术语,用于描述人们在认知过程中出现任何障碍的特征<sup>①</sup>。其近义词有认知缺乏,即缺乏对客观事物认知的经验、知识等(肖静华等,2013);认知不足,即对客观事物认识有一定困难(王俊秀和应小萍,2020),认知能力不够造成认知有限性和模糊性(Christianson等,2009;陈吉荣,2011);认知偏差,或认知偏误(Cognitive bias),是一种在判断中偏离规范或理性的系统模式(Haselton和Nettle,2006),在内外环境的影响下对事物的认知与实际需求的错位(许超和于童,2021)。认知缺乏、认知不足、认知偏差均属于认知缺陷的范畴。

针对认知缺陷问题,情景认知理论和共享情景认知理论分别从个人和组织层面研究认知准确性和一致性的影响因素,包括情景因素(Nazir等,2012)、个人因素(Luokkala和Virrantaus,2014)、信息和传递、制度环境(Mentler和Herczeg,2015)。组织科学领域的学者从组织学习和认知的视角探讨了客体事件与组织层级(Beck和Plowman,2009)、组织注意力(Rerup,2009)、学习机制(Starbuck,2009)、学习模式(例如,变革型、聚焦型、短暂型等)(Lampel等,2009)的关

<sup>①</sup>维基百科解释,<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%AA%8D%E7%9F%A5%E7%BC%BA%E9%99%B7>。

系,认为组织能够在客体事件经历过程中学习并逐渐减少认知的模糊性(Madsen,2009),这种观点同社会学习理论、社会认知理论(Heffernan,1988;Bandura,1997)的研究结论类似,即个人和组织的学习能力能够提升其认知水平。以上这些研究没有提供明确的弥补认知缺陷的方法论。

复杂性与认知缺陷息息相关,复杂性是客观存在的,因而与认知相关的主观复杂性是不可避免的。复杂性的产生,就是由于主体对客观事物认识不足造成的,因而从认知科学、认识论角度来看,弥补主体的认知缺陷,可以有效降低复杂度(钱学森,1986)。

## (二) 复杂决策理论与方法

复杂决策问题可定义为非结构化程度较高,问题解决仅停留于定性分析,通过定量分析难于找到最优方案的决策问题(向阳和于长锐,2001)。即复杂决策问题通常是非线性、变结构、变参数的。复杂决策问题、决策者、内外部环境等要素构成了复杂的系统,该系统具有结构的非线性、动态性与开放性、知识方法的有限性等特点(于长锐等,2004;麦强等,2019)。复杂决策可以定义为决策主体处于复杂系统中的一系列管理决策活动。复杂决策与认知科学(或称思维科学)有密切的关系(钱学森,1986)。针对复杂决策,很多学者从决策目标的综合控制、决策过程的迭代与优化、决策方案的对比和收敛等维度来研究(麦强等,2019;杜运周等,2021;盛昭瀚和于景元,2021),通过决策过程质量来提升决策方案的质量,进而提升决策主体的认知能力(李迁等,2019),此为复杂决策理论的重要思想。

关于复杂决策的方法论,学者从不同的角度进行了研究。从系统工程角度,钱学森最早提出了定性定量相结合的综合集成方法(钱学森等,1990),后来学者进行了大量的研究,这一方法论的核心在于定性定量相结合、专家的经验与知识相结合、人机相结合(盛昭瀚等,2009;于景元,2017)。综合集成研讨厅是综合集成方法的实现技术,该技术专注于专家群体在共同目标和利益驱动下的复杂决策问题的求解,通过集体智慧的结晶,达成共识(熊才权和李德华,2008)。综合集成方法论自提出以来,在航天、工业、农业、数字化城市、应急管理等行业和各场景进行了广泛的实践(薛惠锋等,2019),该方法适用于异质的决策主体,具有较好的普适性。从问题或事件的动态演化角度,学者提出情景分析和情景演化法(王健等,2013;Marusich等,2016)以及情景耕耘技术(徐峰等,2018),并成功地进行了实践,例如太湖饮用水安全治理(陈永泰等,2022),这种方法比较适用于客体事件持续周期较长。从对问题的表达角度,学者提出多类型、多尺度、多层次建模方法与模型体系(于长锐等,2004;Weinan,2011),这种方法依赖于计算机,其效果取决于主体的建模水平。

## (三) 新冠疫情防控的认知缺陷问题

新冠疫情防控普遍存在“突发状况多,规范性少,独特性多”的特征。任何一次具体的公共卫生突发事件都是特殊的、难以复制的,因而除了具有复杂性的诸如非线性、非结构化、动态演化等一般表现形式之外,还具有独特性甚至唯一性(姜平,2010)。因此,在面对真正发生的公共卫生突发事件时,往往只给我们提供了基本的行为原则和流程逻辑,即便已经有一些既定的现成预案,也不能简单照搬现成的预案。特别是在应对最初的“第一时间”,信息的不对称、不齐全、各种信息杂乱和冲突尤其严重,传统的管理理念和思维(例如还原论)已经难以应对。

聚焦于新冠疫情防控中新型信息化技术使用的场景,由于新技术的使用往往超出决策主体的知识、经验和方法储备,需要一个循序渐进的过程,但是新冠疫情防控的时效要求往往难以提供一个较长的“循序渐进”的时期,因而认知缺陷问题较为突出(郑晓齐等,2002;徐娟等,2020)。例如,2022年1月左右,西安一码通连续崩溃两次<sup>①</sup>,此为新冠疫情防控结合新型信息化

<sup>①</sup> 和讯网:西安“一码通”为何半月崩溃两次?[EB/OL].(2022-01-05)[2022-04-21].  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1721121402571527754&wfr=spider&for=pc>.

技术使用对人的认知的挑战的一个典型案例。

学界对于复杂性与认知缺陷、复杂决策理论与方法等方面的探讨在理论和方法层面具有指导和借鉴作用,为弥补新冠疫情防控中新型信息化技术使用的决策主体的认知缺陷提供了思路。基于这些研究,本文主要关注三个问题:1.复杂决策理论的方法论——综合集成方法具有普适性,适用于异质的群体,那么该理论和方法论是否可以有效弥补新冠疫情防控中新型信息化技术使用的决策主体认知缺陷?2.从哪些方面弥补决策主体的认知缺陷?3.再上升一个层面,整个新冠疫情防控系统的决策问题更加复杂,是否有新的降解复杂性的有效路径?

### 三、江苏全员核酸检测系统上云决策的复杂性分析

2021年7月南京禄口机场突发新冠疫情,在疫情爆发初期,病毒溯源和传播途径判定不及时,错过了最宝贵的精准防控时间窗口。随后,在极短时间内,政府借鉴前期国内其他城市的疫情防控和整治措施,做出了南京乃至全省部分地市进行多轮全员核酸检测的决定。这使得,此次疫情防控面临全员核酸检测人数多、工作量大、时间紧迫、检测供给能力要求高的挑战,具体来说,除了需要准备充足的核酸检测试剂和检测实验室外,还需要迅速建设好核酸检测数据采集、上传、存储、分析的跨部门、跨地区数字化信息平台。

本文通过对笔者的情景参与获得的数据进行整理,对江苏全员核酸检测系统上云部署的复杂性从决策主体、决策环境以及决策问题本身进行分析(李迁等,2019;盛昭瀚,2020;盛昭瀚和于景元,2021;乐云等,2022)。

#### (一)决策主体

全员核酸检测系统的上云部署涉及政府(主要是江苏省卫健委)、应用软件开发商、云平台提供商三个主体,三个主体总体目标一致,即“面对新冠疫情突发公共卫生事件,快速完成全员核酸检测系统上云部署,保证数据的采集、传递、存储、分析的安全和通畅,在最短时间内控制疫情,最大限度减少对人民生命健康的损害”,但内部职能性质不同,存在异质性且关联关系复杂,主要体现在1.事发突然,缺乏完整、规范的契约制约;2.没有现成可立即投入使用的云平台,新建云平台对云平台提供商的建设能力要求较高,且缺少充足的可借鉴历史参数,故实施和执行面临较大不确定性,不可能一次实现所有目标;3.应用软件开发商提供的核酸检测系统应用软件技术是传统软件开发技术并非云原生技术,这与云平台提供商的云计算平台的匹配度还存在一定问题、冲突和磨合。

#### (二)决策环境

三个主体受到外部复杂环境的影响,主要体现在:1.疫情防控涉及政治、法律、经济等多维度的环境因素的影响,关乎社会稳定和人民群众的安危,需要决策主体具有高度的驾驭多类型复杂性的主动性、前瞻性和预见性;2.病毒体的变异性特别强烈,整个防控工作的深度不确定性特别突出,决策环境始终处于动态变化中,这就要求决策主体能够及时提升对决策环境的适应力,并随着疫情发展态势的变化能够不断优化方案;3.疫情传播信息不对称、态势不确定,新问题不断涌现,难以预见和预测,需要决策主体不断提高自身的综合能力。

#### (三)决策问题

从逻辑上讲,全员核酸检测系统上云部署之所以复杂,就是因为其中表现为可观、可测、原理清晰、可量化的规范性较少,例如应用软件云化部署的标准化流程、核酸检测的步骤等,而表现为实际存在、异质、唯一、可理解、可感知的独特性较多(盛昭瀚,2019;盛昭瀚和于景元,

2021),例如信息基础设施情况,软硬件技术的相容性,云平台功能完备性、信息资源冗余性和效益的平衡等。特别是,独特性还往往起源于偶然性,并且与偶然性耦合形成了现象、问题的微观细节,例如南京的这次疫情爆发在禄口机场,机场工作人员最先开始感染,发现较晚,流调较困难,病毒类型为德尔塔等,这些因素与各种偶然性都会导致上云部署具体决策的独特性甚至唯一性。

总而言之,通过对江苏全员核酸检测系统上云部署决策的复杂性进行分析后发现,不论是决策主体特质、决策环境影响,还是决策问题本身,都远超出决策主体的知识、经验和储备的方法,决策主体的认知缺陷问题突出。

#### 四、江苏全员核酸检测系统上云部署复杂决策的过程

江苏全员核酸检测系统上云部署的背景是南京禄口机场疫情发生后需要在南京乃至省内其他地市快速进行多轮全员核酸检测,而原有系统由于各种原因使用不畅,在南京开展的前几轮全员核酸中核酸检测点大量出现手工记录数据现象,所以急需进行江苏全员核酸检测系统上云部署以彻底解决相关问题。

本文通过对笔者的情景参与获得的数据进行整理,再现当时的决策过程,复盘总结决策过程的特点、各阶段决策目标、决策方案的变化。

##### (一)上云部署复杂决策过程

笔者参与了上云部署复杂决策的全过程,接到任务后,推动决策主体形成了如下工作开展指导思想:“总体把握、分阶段推进,每个阶段在确定主要目标后抓主要矛盾”,确保相关工作按时保质完成。

决策主体分两阶段开展了相关工作。

第一阶段:主要目标是确定上云部署技术方案,主要矛盾是应用软件开发商和云平台提供商谁做技术主导?

综合考虑技术、人力等因素之后,确定云平台提供商进行技术主导。

第二阶段:主要目标是完成上云部署并稳定运行,主要矛盾是相关参数体系的确定和优化,主要方法是不断“试错”,迭代逼近最优。

##### 1.关键参数体系

云平台的基本功能是满足江苏省各核酸检测点的医生、志愿者在核酸检测时并发使用APP采集、上传检测居民相关信息的需求,包括拍照上传身份证以及对应检测试剂的箱码、管码信息等。根据疫情防控需求的初步测算,政府部门提出全员核酸检测应用软件上云部署第一阶段需求:

(1)m小时内完成n万人次<sup>①</sup>的检测,即需要在1小时内约完成167万人次的检测,考虑一定冗余约200万人次/小时(约555 TPS<sup>②</sup>)检测能力;

(2)一个APP一分钟可采集3个身份证(20秒扫一个身份证信息),每分钟将会有1.11万个APP并发使用。

在此基础上,采用综合集成研讨厅方法,各主体达成运作和妥协的共识(熊才权和李德华,2008),明确了初步的云平台(简称一号云平台)部署所需资源需求,形成了初步的关键参数体系。如表1所示。

<sup>①</sup>考虑到相关数据的保密性,用m、n来代替当时实际数据。

<sup>②</sup>TPS即transactions per second的缩写,每秒处理的事务数目。

表1 核酸检测系统云平台部署参数体系

参数	负载均衡活跃并发数	带宽 (Mb/s)	MongoDB磁盘吞吐 (MB/S)	MySQL磁盘 (IO/S)
说明	①为采集服务、后台管理服务提供独立的互联网入口。 ②流量负载均衡,实时高可用。	用于应用系统和云平台采集和传输数据。	①用于采集者身份证图片信息的保存和查询。 ②采用集群+分片架构,支持灵活横向扩展,解决大量图片并发写入的吞吐瓶颈。	①用于条码信息、用户信息、核酸采集信息、检测结果信息的保存和查询。 ②主备架构,实时自动备份,保障数据安全。

资料来源:根据档案等数据整理。

## 2.项目实施与评价

一号云平台启用运行后顺利对接了南京多轮全员核酸检测,云平台提供商和应用软件开发商按照参数体系对云平台的性能进行了监控,其性能参数见表2。

表2 一号云平台性能参数

	负载均衡活跃并发数	带宽 (Mb/s)	MongoDB磁盘吞吐 (MB/S)	MySQL磁盘IO/S)
峰值	18120	96.32	208	1613
云平台能力	2000000	6000	2800	33000

资料来源:根据档案等数据整理。

## 3.方案优化

政府部门提出全员核酸检测应用软件上云部署第二阶段需求:

(1)m小时内完成2n万人次的开展检测,即需要在1小时内约完成334万人次的检测,考虑一定冗余约400万人次/小时(约1100 TPS)检测能力。

(2)每分钟将会有2.22万个APP并发使用

在此基础上,采用综合集成研讨厅方法,各主体再次达成共识,因为一号云平台数据保护的要求,无法对其扩容来满足政府提出的第二阶段的需求,所以要部署第二套云平台,即二号云平台,由于负载均衡活跃并发数是固定的,二号云平台主要在带宽和MongoDB磁盘吞吐上减少了投入。压力测试结果如表3所示。

表3 二号云平台性能参数(压测)

	负载均衡活跃并发数	带宽 (Mb/s)	MongoDB磁盘吞吐 (MB/S)	MySQL磁盘 (IO/S)
峰值	-	-	330	2269.8
云平台能力	2000000	500	1750	33000

注:“-”表示非关键参数,不再监控其峰值。

资料来源:根据档案等数据整理。

压测成功完成立即将二号云平台的系统配置调整为生产参数,和一号云平台一起随时展开对全省核酸检测与筛查工作的支撑,二号云平台可以作为主战平台进行使用,而一号云平台可以进行资源压缩,作为备份云平台。

## 4.迭代优化

随着二号云平台系统搭建完成并在线运行,云平台提供商随即进行了进一步的从平台二到平台三的推演优化。在二号云平台基础上,可得到三号云平台推演方案:保持云平台资源配置和整体架构不变,将TPS提升到约1700,即峰值采集量可到达约600万次/小时,将保持稳定运行,即三号云平台将可以满足极端情况下全省全员核酸检测的战时指标。

自此,核酸检测系统上云部署整个决策工作告一段落。

## (二)上云部署复杂决策总结

上述过程是一个典型的演进优化过程,可以抽象为一个“从0到1,从1到2,从2到3”的过程。整个演化过程如表4所示。

表4 核酸检测系统上云部署演化过程

阶段	“从0到1”阶段	“从1到2”阶段	“从2到3”阶段
决策目标	快速成功部署、首先满足基本功能	成本较低、效益较好、性能较优	成本更低、效益更好、性能更优
决策方案	一号云平台	二号云平台	三号云平台
负载均衡活跃并发数利用率	0.91%	-	-
带宽利用率	1.61%	-	-
MongoDB磁盘吞吐利用率	7.43%	18.86%	60%
MySQL磁盘利用率	4.89%	6.97%	60%

注:“-”表示非关键参数。

资料来源:根据档案等数据整理。

### 1.“从0到1”阶段:一号云平台

在“0”阶段,没有现成可投入使用的云平台,且无任何经验可以借鉴,云平台提供商遵从政府作为序主体<sup>①</sup>(盛昭瀚,2020)的地位,根据云平台基本功能的刚性要求,协同应用软件开发商主动进行云平台关键参数体系的设计,为后继逐步弥补认知缺陷,有效形成共识夯实了基础。随后,云平台提供商围绕“快速成功部署、首先满足基本功能”这一核心目标,在基本功能得以满足的情况下部署了一号云平台,并在12小时内完成了搭建、压测和投入生产的全过程,实现云平台“从0到1”的飞跃。

### 2.“从1到2”阶段:二号云平台

随着核心目标的达成,云平台提供商在第二阶段自发确立了自身序主体的地位,主动结合政府的动态需求及时提出同步建设二号云平台的建议。一方面,根据复杂系统管理的深度不确定决策思想,针对可能发生的极端疫情情景,如果事情有变坏的可能,不管这种可能性有多小,它总会发生(盛昭瀚,2020),因此,决策者需要抓紧时间提前做好扩容核酸检测能力,绝不容许心存侥幸。另一方面,通过二号云平台的建设可以让参数体系进入迭代优化过程,通过实践不断弥补决策主体认知缺陷,以最小的成本获取最大绩效,即实现成本相对较低、效益相对较好、性能相对较优的目标。基于此思想,云平台提供商顺利搭建完成并实现了二号云平台上线,和一号云平台一起对南京和江苏省内其他部分地市的全员核酸检测工作提供支撑服务。

### 3.“从2到3”阶段:三号云平台

随着二号云平台系统的稳定高效运行,云平台提供商随即进行了进一步的从“2到3”的推演优化,以防止疫情态势任何重大不确定性带来的核酸检测能力的短时间扩容要求,做到具有更大主动性与适应性的云平台技术储备。至此,江苏核酸检测系统上云部署在政府的指导、云平台提供商的引导和应用软件开发商的协同下,进入了复杂决策的良性循环流程。

## 4.总结

### (1)决策目标的综合控制

依据复杂决策理论,首先需要决策主体实现对复杂决策目标的统筹凝炼及分层管理。统筹是对决策复杂性更深刻理解与驾驭基础上的决策目标综合,凝炼则是对目标进行筛选、合并,以提取更具本质性和战略性的目标(盛昭瀚,2019)。在复杂性分析阶段,决策主体在“第一时间”就确立了三方的总体目标。分层管理是在多目标前提下,决策主体对各个目标进行时间先

<sup>①</sup>序主体:在管理主体群体中,它比其他主体具有更强的话语权与决定权,在对主体之间进行协调时具有更大的权威与裁量权。

后和重要性的排序。随着上云部署的推进,决策主体获得的经验、知识等逐步增加,各阶段的目标难度也逐步增加。多目标的综合控制,即目标的统筹、凝练以及分层管理,为此次实践成功的关键。

### (2)决策过程的迭代

上云部署的复杂决策全过程使用了定性与定量相结合、专家的知识与经验相结合、人机相结合的综合集成方法,该方法的使用有效支撑了决策过程从“比较无序、比较片面、比较模糊、比较无结构化(认知、方案)和比较一般性的认知体系”向“比较有序、比较全面、比较清晰、比较结构化和比较高质量的认知体系”转化,这一过程经过多次重复、反复修正,表现为一个比对、优化、逼近与收敛的过程形态(于景元等,2002;盛昭瀚等,2009;李晋和刘洪,2011),而不是传统的一次模型化与一次优化的“一蹴而就”的过程。

### (3)决策方案的优化

从云平台部署方案优化的过程可以看出,每个前序方案是其紧后方案的输入,同时,每个紧后方案也都是前序方案的整体升级和优化。决策方案是复杂决策的结果表示,决策方案的质量是通过对决策过程的迭代而提升的,进而决策主体的认知缺陷问题逐渐得到弥补,决策主体的综合能力也大大加强(李迁等,2019)。

根据以上理解和认识,本文从规律论出发,采用各种结构化、模型化方法总结了江苏核酸检测系统上云部署复杂决策工作,提炼出了上云部署复杂决策的概念模型。具体如图1所示。

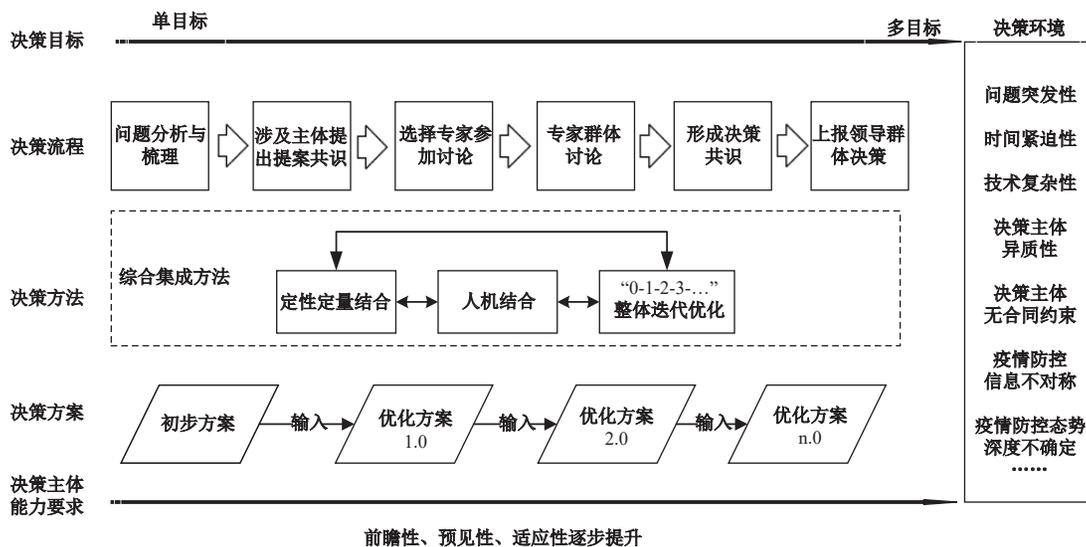


图1 上云部署复杂决策的概念模型

## 五、新冠疫情防控复杂整体性的再认识

在核酸检测系统上云部署工作初期,决策主体第一时间从直观上共同感受到,这一任务时间紧迫、检测人数多、范围广、平台并发数高、投入计算、存储、网络、安全资源难以准确估算、软硬件技术难以磨合等,并且紧密形成了一个复杂整体性问题。对人的认识规律而言,这是对云平台这一人造系统硬系统层面上物理复杂性的直观感知。而核酸检测系统上云部署工作只是疫情防控的一个子集,相对来说,只涉及疫情防控的单一层面和单一维度,从宏观上看,新冠疫情防控的复杂整体性问题则更为突出。

在一般系统思维范式中,人们的基本世界观是一般系统性或者一般系统性基础上的“稍

许”复杂性,如系统中要素关系比较多地属于线性关系、不确定性也比较有规律、主体行为多为刺激/反映等等。这样,人们的思维与认知就会多以系统形态是平衡或者平稳、系统输入/输出多以正负反馈及因果律(姜平,2010)、系统以线性传导为主甚至整体性问题几乎可完全被分解等等为预设。但是,对于疫情防控的复杂整体性来说,这些认知或者预设在很大程度上将失去基础性的假定意义,即人们不能再追求系统内必然的因果与为什么必然,而代之以什么是“可能的”与“为什么可能”、这就拓展了原有的笛卡尔解析与牛顿实证范式,形成了对疫情现实场景的演化型认知过程范式。

因此,要解决新冠疫情防控中的复杂整体性问题,必须确立整体性的解决问题的思维原则与逻辑起点,即需要在认识论层面,即在哲学思维层面确立对该领域问题本质属性的认知(于景元,2017)。而要做到这一点,一般不能仅在该领域之内、该领域局部范围内或者该领域具体技术和方法层面上解决,而要在与该领域有着紧密关联的更高层次、更大尺度、更多维度上进行思考,并明确该领域问题的本质属性与学术研究的基本范式(金吾伦和郭元林,2004)。具体地说,就要决策主体实现复杂系统思维范式转移。

复杂系统思维范式转移的核心是指在理论思维层面上,整体性地把握住管理活动与科学问题的复杂整体性属性与特征,首先,要在这一整体认知下,将管理活动与科学问题的物理复杂性在系统科学思维层次上进行抽象,转换成系统复杂性,并运用系统科学话语体系进行表述,管理活动与科学问题的系统复杂性是其物理复杂性在复杂系统范畴内的凝炼与抽象(盛昭瀚,2019;盛昭瀚和于景元,2021),也是管理活动与科学问题在复杂系统空间中的“映像”。疫情防控中的复杂系统思维范式转移,需要决策主体在管理科学范畴内,依据管理思维原则、基本原理、方法论等,对各项活动与整体过程运用复杂性思维来认知、分析和解决问题,这就构成了复杂系统思维范式转移的基于“物理复杂性—系统复杂性—管理复杂性”协同转换的基本模式(盛昭瀚和于景元,2021)。

## 六、研究结论与展望

### (一)研究结论

2021年南京禄口机场突发新冠疫情,本文以江苏成功且快速完成全员核酸检测系统上云部署为例,通过分析笔者的情景参与收集的会议记录、档案资料等数据,研究了复杂决策理论对弥补决策主体认知缺陷的有效性。基于此,本文又对新冠疫情防控的整体复杂性进行了分析与思考,并探索了复杂系统管理思维范式转移的有效路径。本文具体结论如下:

1.新冠疫情防控存在“突发状况多,规范性少,独特性多”的特征,新型信息化技术的使用往往超出决策主体的知识、经验和方法储备,强化了管理决策的复杂整体性,因而决策主体的认知缺陷问题比较突出。复杂决策理论及综合集成方法论的应用能够有效弥补在该场景下决策主体的认知缺陷问题。

2.基于复杂决策理论的思想,决策主体主要可以从以下几个方面弥补认知缺陷:(1)对决策问题进行复杂整体性分析,确定其中的规范性、独特性部分,对于独特性部分需要深入把握和挖掘情景微观、局部与独特的细节或者场景(王健等,2013;Marusich等,2016)。(2)对决策目标进行综合控制,即目标的统筹、凝练以及分层管理。在确定整体目标之后,要根据不同阶段的实际情况动态调整决策目标,这同事件系统理论的观点相一致,即决策主体随着情景演化,在不同阶段做出新的决策事件(Morgeson等,2015)。(3)决策过程不能一蹴而就,而是一个“实践——认识——再实践——再认识”的动态的螺旋式逼近过程,整个过程使用综合集成方法,在这一过程中,人们可以逐步减少对复杂决策问题认识的模糊性与不确定性,增强了对复杂整体性的相应知识、智慧与驾驭能力(麦强等,2019;杜运周等,2021;盛昭瀚和于景元,2021)。(4)决策方

案的递进优化,通过对决策过程的迭代而提升决策方案的质量,进而提升决策主体的认知能力(李迁等,2019)。

3.新冠疫情防控必须面对深度不确定性、适应性、快变性等复杂性,所以相应的组织平台在初始阶段必须以政府为序主体,其他各主体充分发挥自身的职能,并且彼此之间有着良好的协同方式和共识达成机制(Van Santen等,2009;Vermeulen等,2016),以确保决策从一开始就进入正常轨道,但是随着决策流程的深入、环境和问题的变化、任务性质的变动,决策主体需要柔性调整组织管理模式(Granqvist和Gustafsson,2016;邓少军等,2018;王磊,2021)并在不同决策阶段自发或推选确定不同的序主体。

4.复杂系统思维范式转移通过学术思想凝炼和方法论创新上的融合,可以为决策主体增加新的工具供给和构建新的知识获取路径,使决策主体在共同的研究框架下,获得更有效的整体性的解决方案,助力破解疫情防控中的复杂机理,更好地提升决策主体应对复杂性的综合能力。

## (二)不足与展望

疫情防控中的复杂决策研究是一个实践性很强的研究方向,涉及面很广,既需要一定的理论知识积累,也需要合适的应用场景。本文的研究结论是否适用于核酸检测系统上云决策以外的场景,还有待进一步验证。

Sheng(2018)提出了“复杂性降解”的概念,麦强等(2019)在此基础上提出了工程管理领域的“复杂性降解”原理,在决策关联性和信息不完备性的复杂性框架下提出了包括“复杂性探索”、“复杂性吸收”、“复杂性分解”和“复杂性承担”四个基本逻辑策略。本文对新冠疫情防控复杂整体性进行了分析和思考,初步探索出了复杂系统思维范式转移的有效路径,即“从物理复杂性到系统复杂性再到管理复杂性”。在此基础上,确定疫情防控相关问题的复杂性框架,并深入探讨其相关管理决策问题的“复杂性降解”的策略,是未来值得研究的方向。

## 主要参考文献

- [1]陈吉荣.论认知语言学对译者认知不足与认知过度的解释力[J].外语与外语教学,2011,(2):16-19,32.
- [2]陈永泰,郭悦,曾恩钰,等.基于复杂系统管理范式的太湖饮用水安全治理研究[J].管理世界,2022,38(3):226-239.
- [3]邓少军,芮明杰,赵付春.组织响应制度复杂性:分析框架与研究模型[J].外国经济与管理,2018,40(8):3-16,29.
- [4]杜运周,李佳馨,刘秋辰,等.复杂动态视角下的组态理论与QCA方法:研究进展与未来方向[J].管理世界,2021,37(3):180-197.
- [5]姜平.复杂性科学视野下应急管理规律研究[J].理论探讨,2010,(5):147-151.
- [6]金吾伦,郭元林.复杂性管理与复杂性科学[J].复杂系统与复杂性科学,2004,1(2):25-31.
- [7]乐云,胡毅,陈建国,等.从复杂项目管理到复杂系统管理:北京大兴国际机场工程进度管理实践[J].管理世界,2022,38(3):212-225.
- [8]李晋,刘洪.管理学百年发展回顾与未来研究展望——暨纪念泰罗制诞生100周年[J].外国经济与管理,2011,33(4):1-9.
- [9]李迁,朱永灵,刘慧敏,等.港澳大桥决策治理体系:原理与实务[J].管理世界,2019,35(4):52-60,159.
- [10]李雪峰.健全国家突发公共卫生事件应急管理体系的对策研究[J].行政管理改革,2020,(4):13-21.
- [11]麦强,盛昭瀚,安实,等.重大工程管理决策复杂性及复杂性降解原理[J].管理科学学报,2019,22(8):17-32.
- [12]欧阳桃花,郑舒文,程杨.构建重大突发公共卫生事件治理体系:基于中国情景的案例研究[J].管理世界,2020,36(8):19-31.
- [13]钱学森.关于思维科学[M].上海:上海人民出版社,1986.
- [14]钱学森,于景元,戴汝为.一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J].自然杂志,1990,13(1):3-10.
- [15]盛昭瀚.管理:从系统性到复杂性[J].管理科学学报,2019,22(3):2-14.
- [16]盛昭瀚.重大工程管理基础理论——源于中国重大工程管理实践的理论思考[M].南京:南京大学出版社,2020.
- [17]盛昭瀚,游庆仲,陈国华,等.大型工程综合集成管理:苏通大桥工程管理理论的探索与思考[M].北京:科学出版社,2009.
- [18]盛昭瀚,于景元.复杂系统管理:一个具有中国特色的管理学新领域[J].管理世界,2021,37(6):36-50.

- [19]王健,周国民,王剑,等. 认知导向信息需求研究综述[J]. *图书情报工作*,2013, 57(10): 136-141.
- [20]王俊秀,应小萍. 认知、情绪与行动: 疫情应急响应下的社会心态[J]. *探索与争鸣*,2020, (4): 232-243.
- [21]王磊. 情境、认知与策略: 技术嵌入组织的逻辑——以新冠肺炎疫情防控中武汉市红十字会为例[J]. *求实*,2021, (3): 51-67.
- [22]吴彤. “复杂性”研究的若干哲学问题[J]. *自然辩证法研究*,2000, 16(1): 6-10.
- [23]肖静华,谢康,冉佳森. 缺乏IT认知情境下企业如何进行IT规划——通过嵌入式行动研究实现战略匹配的过程和方法[J]. *管理世界*,2013, (6): 138-152.
- [24]向阳,于长锐. 复杂决策问题求解的定性定量综合集成方法[J]. *管理科学学报*,2001, 4(2): 25-31.
- [25]熊才权,李德华. 综合集成研讨厅共识达成模型及其实现[J]. *计算机集成制造系统*,2008, 14(10): 1913-1918.
- [26]许超,于童. “认知偏差”与“过程失效”: 基层应急预案管理困境的产生及纠正[J]. *河北科技大学学报(社会科学版)*,2021, 21(4): 81-91.
- [27]徐峰,盛昭瀚,丁敦,等. 重大工程情景鲁棒性决策理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社,2018.
- [28]徐娟,黄奇,袁勤俭. 社会认知理论及其在信息系统研究中的应用与展望[J]. *现代情报*,2020, 40(6): 145-153.
- [29]薛惠锋,周少鹏,侯俊杰,等. 综合集成方法论的新进展——综合提升方法论及其研讨厅的系统分析与实践[J]. *科学决策*,2019, (8): 1-19.
- [30]于长锐,罗艳,徐福缘. 复杂决策问题的多元化模型体系研究[J]. *管理科学学报*,2004, 7(2): 88-94.
- [31]于景元. 系统科学和系统工程的发展与应用[J]. *科学决策*,2017, (12): 1-18.
- [32]于景元,刘毅,马昌超. 关于复杂性研究[J]. *系统仿真学报*,2002, 14(11): 1417-1424,1446.
- [33]郑晓齐,董杜骄,何雄. 信息技术对人类认知活动的影响分析[J]. *中国软科学*,2002, (3): 118-120.
- [34]Allen P. What is complexity science? Knowledge of the limits to knowledge[J]. *Emergence*,2001, 3(1): 24-42.
- [35]Bandura A. Self-efficacy: The exercise of control[M]. New York: W. H. Freeman, 1997.
- [36]Beck T E, Plowman D A. Experiencing rare and unusual events richly: The role of middle managers in animating and guiding organizational interpretation[J]. *Organization Science*,2009, 20(5): 909-924.
- [37]Burnes B. Complexity theories and organizational change[J]. *International Journal of Management Reviews*,2005, 7(2): 73-90.
- [38]Christianson M K, Farkas M T, Sutcliffe K M, et al. Learning through rare events: Significant interruptions at the Baltimore & Ohio Railroad Museum[J]. *Organization Science*,2009, 20(5): 846-860.
- [39]Granqvist N, Gustafsson R. Temporal institutional work[J]. *Academy of Management Journal*,2016, 59(3): 1009-1035.
- [40]Haselton M G, Nettle D. The paranoid optimist: An integrative evolutionary model of cognitive biases[J]. *Personality and Social Psychology Review*,2006, 10(1): 47-66.
- [41]Heffernan C J. Social foundations of thought and action: A social cognitive theory, Albert Bandura Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1986, xiii + 617 pp. Hardback. US\$39.50[J]. *Behaviour Change*,1988, 5(1): 37-38.
- [42]Lampel J, Shamsie J, Shapira Z. Experiencing the improbable: Rare events and organizational learning[J]. *Organization Science*,2009, 20(5): 835-845.
- [43]Luokkala P, Virrantaus K. Developing information systems to support situational awareness and interaction in time-pressuring crisis situations[J]. *Safety Science*,2014, 63: 191-203.
- [44]Madsen P M. These lives will not be lost in vain: Organizational learning from disaster in U. S. coal mining[J]. *Organization Science*,2009, 20(5): 861-875.
- [45]Marusich L R, Bakdash J Z, Onal E, et al. Effects of information availability on command-and-control decision making: Performance, trust, and situation awareness[J]. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*,2016, 58(2): 301-321.
- [46]Mentler T, Herczeg M. Interactive cognitive artifacts for enhancing situation awareness of incident commanders in mass casualty incidents[J]. *Journal of Interaction Science*,2015, 3(1): 7.
- [47]Morgeson F P, Mitchell T R, Liu D. Event system theory: An event-oriented approach to the organizational sciences[J]. *Academy of Management Review*,2015, 40(4): 515-537.
- [48]Nazir S, Colombo S, Manca D. The role of situation awareness for the operators of process industry[J]. *Chemical Engineering Transactions*,2012, 26: 303-308.
- [49]Rerup C. Attentional triangulation: Learning from unexpected rare crises[J]. *Organization Science*,2009, 20(5): 876-893.
- [50]Sheng Z H. Fundamental Theories of Mega Infrastructure Construction Management: Theoretical Considerations from Chinese Practices[M]. Cham: Springer, 2018.

- [51]Starbuck W H. Perspective—Cognitive reactions to rare events: Perceptions, uncertainty, and learning[J]. *Organization Science*, 2009, 20(5): 925-937.
- [52]Van Santen W, Jonker C, Wijngaards N. Crisis decision making through a shared integrative negotiation mental model[J]. *International Journal of Emergency Management*, 2009, 6(3-4): 342-355.
- [53]Vermeulen P A M, Zietsma C, Greenwood R, et al. Strategic responses to institutional complexity[J]. *Strategic Organization*, 2016, 14(4): 277-286.
- [54]Weinan E. Principles of multiscale modeling[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
- [55]Yu X, Li N, Dong Y P. Observation on China's strategies to prevent the resurgence of the COVID-19 epidemic[J]. *Risk Management and Healthcare Policy*, 2021, 14: 2011-2019.

## Complex Decisions in the COVID-19 Epidemic Prevention and Control: Based on the Cloud Platform Deployment of the Whole Citizen Nucleic Acid Testing System in Jiangsu Province

Bai Jia<sup>1</sup>, Yan Xue<sup>2</sup>, Zhi Yong<sup>3</sup>

- (1. *School of Information Management, Nanjing University, Nanjing 210023, China;*  
2. *School of Finance, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China;*  
3. *China Mobile Communications Group Jiangsu Co. LTD, Nanjing 210029, China*)

**Summary:** The COVID-19 epidemic prevention and control work is characterized by “more unexpectedness, less standardization and more uniqueness”. The use of cloud computing, big data and other new types of information technologies has provided a powerful support for epidemic prevention and control. In the meanwhile, it increases the corresponding system complexity, which leads to the cognitive defect of decision-makers much more highlighted. Based on the complex decision theory, this paper explores the effective method and realization path to compensate for the cognitive defect of decision-makers by taking the cloud platform deployment of the Whole Citizens Nucleic Acid Testing System in Jiangsu Province as an example, in combination with data collected through the situational participation method. The conclusions are that: (1) Decision-makers can make up for their cognitive defect from four dimensions which are the complexity analysis of decision-making problems, the comprehensive control of decision-making targets, the iteration of decision-making processes, and the progressive optimization of decision-making schemes. (2) The decision-making organization platform must take the government as the dominant subject at the initial stage, and determine different dominant subjects spontaneously or by election in different decision-making periods. (3) The collaborative transformation of “physical complexity—system complexity—management complexity” is an effective path for the paradigm shift of complex system thought. This study has theoretical significance and practical value for how to make complex decisions related to the application of new technologies in complex emergencies, and improve the epidemic prevention and control management decision-making level of the government and other decision-makers.

**Key words:** COVID-19 epidemic; cloud platform; cognitive defect; complex decision; complex system management

(责任编辑:宋澄宇)