

两个定性综合集成支持技术

唐锡晋

(中国科学院 数学与系统科学研究院, 北京 100190)

摘 要 近年来随着复杂科学的兴起以及现实中各种棘手问题的大量涌现, 自 1990 年钱学森等提出的从定性到定量综合集成方法论日益受到重视. 信息技术的创新发展带来的强大助推力及现实世界的强劲需求使得综合集成研讨厅的研究有了显著的发展. 不同于工程实践方面关注的系统集成及其技术平台等, 本文关注于应用综合集成方法处理复杂问题的一些基本问题, 如怎样支持“大胆假设”以此展开“小心求证”. 介绍两种定性综合集成支持技术 CorMap 和 iView 及其 5 种典型应用, 它们对代表人们思考行为的文本数据通过一系列不同的计算而探索不同视角下群体思想结构的可视化表达, 以便交互式分析, 亦是形象思维的支持技术. 讨论了与其他一些技术, 如文本挖掘、本体等的关系.

关键词 综合集成; CorMap; iView; 可视化分析; 在线会场; 心理挖掘; 研讨挖掘; 形象思维

Two supporting technologies for qualitative meta-synthesis

TANG Xi-jin

(Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract With the popularity of complex sciences and more occurrence of wicked problems in reality, the meta-synthesis system approach (MSA) proposed by Professor Qian Xuesen and his colleagues gained more attention. Both the impetus from the innovative IT developments and the urgent requirements from the reality drive the research and demonstrations of HWMSE. Despite system integration and its platform highlighted in the engineering practice, this paper focuses on some fundamental problems of applying MSA to complex issues, such as how to support “confident hypothesizing” which then leads to rigorous validating. Two supporting technologies for qualitative meta-synthesis, CorMap and iView, are addressed together with 5 typical applications. Toward the thinking behavior records represented by the textual data, both technologies conduct a series of computing to achieve the exploratory structures of the emerging ideas under different perspectives, and help interactive analysis and imaginary thinking. Comments on text mining, ontology regarding to CorMap/iView are given.

Keywords meta-synthesis; CorMap; iView; visualized analysis; on-line conferencing ba; mind mining; deliberation mining; imaginary thinking

1 引言

1990 年钱学森、于景元和戴汝为等提出新的系统分类, 首次提出开放复杂巨系统 (open complex giant system, OCGS) 的概念, 指出诸如生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统 (包括生态系统)、社会系统、星系系统等都是复杂巨系统, 并通过提炼、概括及抽象社会系统、人体系统和地理系统等 3 个复杂巨系统的研究实践成果提出了处理 OCGS 问题的不同于经典还原论方法的定性定量相结合的综合集成方法^[1], 随后升华为从定性到定量的综合集成方法和技术^[2]. 1992 年钱学森汲取讨论班、C³I 及作战模拟、综合集成方法、人工智能、灵境、系统学和各种先进的信息技术所蕴含的思想而提出综合集成研讨厅 (hall for workshop on

收稿日期: 2009-10-09

资助项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2010CB731405)

作者简介: 唐锡晋, 女, 博士, 研究员, 研究方向为综合集成、决策支持系统和知识科学, E-mail: xjtang@amss.ac.cn.

meta-synthetic engineering, HWMSE) 作为综合集成方法论的实践平台^[3-4]。此后国内学者开展了不懈的研究, 尝试在不同领域建立 HWMSE 原型/雏型来展示综合集成方法解决 OCGS 问题的能力。早期 HWMSE 示范多类似于传统决策支持系统 (decision support system, DSS) 的一种扩展, 文献 [5] 给出了一些调研结果。近年来信息技术特别是互联网技术迅猛发展, 改变了人们日常沟通、信息获取的模式, 为建造 HWMSE 阐释综合集成方法论处理 OCGS 问题的优势带来强大助推力。另一方面, 社会变革与发展所带来的突出存在于自然界、人与自然、人与人之间的各类冲突、危机等棘手问题及对复杂性的关注等呼唤有效的方法论及支持系统或平台。技术推动与需求拉动掀起了国内学者研究综合集成方法论及 HWMSE 的热潮, 一些新的示范平台依然在军事系统和宏观经济决策等战略决策问题较为突出的领域, 更多研发在筹划或进行中。配合需求拉动, 经过多年对技术过程的反思和复杂性理论研究的深入, 综合集成方法论和 HWMSE 的内涵亦有深入, 如文献 [6] 区分了 3 种综合集成, 即定性综合集成、定性与定量相结合综合集成以及从定性到定量综合集成来体现“大胆假设、小心求证”的综合集成工作过程中的主要任务, 其中阐释定性综合集成是对所研究的复杂问题, 由不同学科、不同领域的专家“提出经验性假设, 形成定性判断, 如猜想、思路、对策、方案、设想等等”(“其正确与否还没有经过严谨科学方式加以证明”); “但这一步很重要, 许多原始创新思想都是从这里产生。从思维科学角度来看, 这个过程是以形象思维为主, 是信息、知识和智慧的定性综合集成”。文献 [5] 详述了通过一国家自然科学基金重大项目研究而深化的综合集成理论方法、新发展的综合集成技术及构造 HWMSE 的系统思考等方面的研究。

目前一些发表的综合集成方法及 HWMSE 的研究多关注于系统集成技术或信息系统的集成工程, 这些工作一般可视为在定性判断基础上而实施的研究。很少有研究关注到如何支持形成定性判断, 即如何支持形成“大胆假设”, 如何从众多意见中提炼出关于所探索问题的若干结构信息乃至一个系统视角 (记为问题 A), 从而引导展开深入探索进而形成关于问题的全景视角, 由此获得问题的解决方案。现实中已有许多方式获取众多个体乃至群体的意见, 而从一般性的意见中抽取出结构信息更多依赖于人的判断, 易受到各种非理性因素的干扰。因此, 如何支持定性综合集成是综合集成研究的一个重要方面。本文介绍笔者在多学科交叉融合的基础上提出的 2 种定性综合集成的支持技术 CorMap 和 iView 及其应用。第二节介绍这两个技术所涉及的研究视角, 展示研究定性综合集成支持技术时多种学科的切入点和知识的融合。第三节简述 CorMap/iView 的基本原理, 阐述它们也是形象思维的支持技术, 并讨论了两种技术与文本挖掘、本体等技术的关系。第四节例举了 CorMap/iView 目前的 5 种典型的应用。结论部分则指出了近期一些可能的发展。

2 研究视角 —— 多学科理论的融合

HWMSE 的许多示例体现为增强型 DSS。从对问题的理解和支持问题求解的角度出发综合集成方法论/HWMSE 与 DSS 研究密切相关。以下从关于问题的表述开始讨论。

2.1 关于问题

诺贝尔经济奖获得者 H. 西蒙将不同的问题对应为一个从程式 (结构的) 到非程式 (非结构的) 的问题谱, 管理科学领域期望 DSS 支持解决半结构 (semi-structured) 和非结构 (unstructured) 问题; 社会科学领域则用 tame 问题和 wicked 问题的称谓^[7], 许多 DSS 的讨论也采用 wicked 问题的提法。20 世纪 70 年代开始的系统反思浪潮中, 系统学者讨论的问题为“议题”(issue, 有争议的问题, 难以明确定义、问题划界存在争议), 他们意识到还原论方法处理这些议题的局限性, 进而提出了一批系统方法论。1990 年钱学森等首次提出 OCGS 概念时也强调还原论方法难以处理, 故提出了新的方法论。从这些关于问题及问题求解的讨论看, 大量非结构问题和 wicked 问题可视为 OCGS 中的问题, 那么关于 wicked 问题求解方法及其支持技术便可为 OCGS 问题的解决所借鉴。

现实中 wicked 或 OCGS 问题的求解可能需要创新思路与方法。如何激发求解人员的创造思考 (记为问题 B) 是一个研究点。Wicked 问题求解过程是一个问题结构化的过程, 其中各种问题结构化的策略与方法反映了分析人员考察问题的不同视角 (视点, perspective, vision)。通过不同的策略获取关于问题的不同视角的描述后, 如何综合这些发散视角形成贴近真实问题的描述以便于下一步定量分析与建模? 此即前文所述问题 A。由此深入则涉及心理学、认知科学、知识科学、系统科学、管理科学等诸多学科领域一些基础理论, 如寻求启发创造性思考的手段需了解心理学、认知科学等关于创造力的研究、创造力的描述模型以及基于这些模型的创造力支持系统 (creativity support system, CSS)。这样对问题 B 的探索就成为对研究问题 A 的一种

支持, 即可通过研究适合的或采纳已有技术方法在非结构问题结构化的过程帮助人的认知、识别、思考等等。

下面进一步讨论综合集成研究从其他学科借鉴而进行的知识融合。

2.2 综合集成支持的知识创造与复杂问题求解

从多学科融合来探求综合集成支持技术时主要存在 3 方面的交叉融合:

1) 认知科学与知识科学角度. 这个角度源于复杂问题求解过程中对于创造思考的需求 (即问题B). 关于创造的研究已有相当的历史, 文献 [8] 介绍了国际上有关创造力、知识创造及相关的一些概念框架和模型, 主要是认知与心理学派的代表模型及基于这些模型的支持技术与工具. 除文献 [8] 的介绍外另有社会学派关于创造的研究, 如各种创造技法; 而提升到知识创造层面并形成国际公认的创造理论的著名代表是日本野中学派的知识创造论, 该理论包括知识转化模型 (简称为 SECI 模型) 及对应于知识转化 4 个阶段的 4 种“场”(英译为 ba). 野中关于“场是知识创造的一个重要的使能条件”的思想与英国吉布斯 (Gibbs) 等提出的第二种模式的知识的思想相一致, 二者本质上均强调考虑知识创造场景 (context) 的重要性. 对应于钱学森提出的 HWMSE 的概念, 特别是随后论述 HWMSE “实际上是个个人、机结合, 人、网结合的信息处理系统、知识生产系统、智慧集成系统, 是知识生产力和精神生产力的实践形式”^[9] 等可理解 HWMSE 实为一种知识创造场, 即实践出真知所需的 context. 如此可从知识科学角度切入研究 HWMSE 及相关技术, 如利用已有的或发展新的支持知识创造的信息技术帮助实现定性综合集成, 生成“大胆假设”. 文献 [10] 讨论了对应于 SECI 模型的 4 个知识转化场来实践 3 类综合集成可能的支持方法及软件工具.

2) 从 DSS 与创造力、知识创造的角度. 自上世纪 90 年代后期 DSS 领域的一个重要分支群体支持系统 (group support system, GSS) 的研究发生明显分化, 即走向了 (i) 支持共享与协作的信息与知识管理系统 (knowledge management system, KMS) 以完成对言传型知识表达、共享等的处理, 与走向了 (ii) 支持智慧涌现和意会型知识感悟的 CSS 的研究, 但后者一般拥有前者的基本功能. 注重于复杂问题求解的“集大成智慧”的综合集成研究 (特别是对问题B的研究) 更关注后者. 文献 [11] 介绍了 CSS 研究并详细考察了日本学派的成果. 在深入比较国际上各主要学派及其代表性研究的基础上, 参考美国马里兰大学人机交互专家施奈德曼 (B. Shneiderman) 教授抽象的“收集 (collect)- 关联 (relate)- 创造 (create)- 分享 (donate)”的创造力框架及相应归纳的 8 项任务支持^[12], 综合集成的支持技术就是针对创造过程中信息收集与获取、联想与创作、推广传播等任务. 加拿大哲学家、心理学家萨加德 (P. Thagard) 在其关于科学知识增长的新理论模型中指出知识增长是一个复杂系统, 其中蕴含 3 个交互过程, 即认知过程、物理过程及社会过程^[13]. 那么增强信息“传播”与“推广”的支持技术 (即是创造支持技术) 的利用有助于实现知识增长的社会共识过程, 这样知识创造与复杂系统研究相关, 因而考虑第 3 方面的交叉融合.

3) 从 wicked 问题求解与综合集成角度. 自上世纪 70 年代系统反思以来, 软运筹 (Soft OR) 与软系统方法论的研究学者提出的方法及方法论无不强调全面考虑问题可能的涉及因素. 这些方法旨在问题结构化 (problem structuring), 偏重于定性研究, 大量用于战略选择问题, 近年来实际应用不再机械采用一种方法, 更趋向于多方法融合 (multimethodology), 如英国学者提出的 Wisdom 方法^[14] 等等. 成立于 911 后针对反恐与国家安全的美国 Sandia 国家实验室先端概念小组 (ACG) 也研究使用这些方法^[10,15]. 综合集成研究可考虑将这些方法与创造力支持结合起来, 研究定性综合集成、创造力支持、问题结构化之间的关系.

以上讨论表明研究定性综合集成支持技术不仅是信息技术或决策方法本身, 可从创造力与知识创造、复杂系统与综合集成方法、问题结构化与软系统方法论、协同协作与决策支持等多方面拓展思路开展研究. 实际中, 各种研讨会、决策会商及网络论坛 (民意涌现) 等等都是群体研讨活动, 学术会议本质也是作者通过论文来表达观点的群体研讨活动, 这些群体活动均可汇集针对研讨主题的一批发言. 软运筹学派的那些定性的问题结构化方法一般将研讨的观点通过事先定义的一种结构以图的形式表达, 如 dialog mapping 等, 因此是自上而下的、参与人员须遵从方法的逻辑程序, 具体实践时一般需特别培训, 其中主持人或“协调员” (facilitator) 的能力至关重要. 此类预先定义结构的可视化研讨方法不适用于一般发散型讨论、学术会议、网络讨论等自底而上创意涌现的更为自主的活动, 尽管从中理清头绪同样依赖人的判断力. 于是便有这样的需求: 即如何采用定量技术从定性的、非结构的文本信息中提炼出结构、模式等信息, 即探测涌现的问题结构而不是定义的结构 (记为问题C)! 问题C可视为问题A的具体化. 研究问题C的些许进步有助于探索个体知识结构、集体思维与集体智能, 体现“机帮人”的能力, 也是对问题结构化的技术支持. 下一节介绍此思路下所提出的 2 种定性综合集成技术.

3 定性综合集成支持技术 —— CorMap/iView

问题C所指的定性的、非结构的文本信息现实中大量存在,如头脑风暴/群体研讨中的各种发言、学术会议中各种论文/演讲(以题目为代表)、BBS 与网络论坛的讨论,甚至 email 往来关于某一问题的讨论等等.本节首先介绍笔者提出的两种定性综合集成的支持技术——CorMap 和 iView,它们均针对文本信息计算处理;接着讨论两种支持技术与形象思维的关系,最后讨论它们与人工智能一些技术的关系.

3.1 CorMap 与 iView 分析原理

CorMap 与 iView 正式命名于 2008 年,图 1 为其工作流程的简要示意,工作原理如下^[16-17].

1) 处理信息表达

CorMap 与 iView 所处理的数据采用 5 元组形式:

< 议题, 作者, 发言/文本, 关键词, 时间 >

此元数据结构简洁地表达了研讨发言等行为/事件的要素. 以下为 3 个典型例子:

(1) 1996 年 6 月 20 日于景元教授在第 20 次香山科学会议“开放复杂巨系统方法论”上作了“从定性到定量的综合集成方法及其应用”的主题报告,可形成如下数据记录: < 开放复杂巨系统方法论, 于景元, 从定性到定量的综合集成方法及其应用, {定性, 定量, 综合集成, 研讨厅}, 1996-06-20 >, 其中关键词根据报告内容人工提炼. 若是学术论文, 关键词可选择论文作者给定的关键词.

(2) 2007-2008 年中科院心理学研究人员进行社会风险的调查时, 某被试关于“风险”有 3 个联想词汇: 股票, 假药, 假广告, 则数据记录为: < 社会风险, 被试 99, “股票, 假药, 假广告”, {股票, 假药, 假广告}, 2008-04-22 >, 说明该被试为第 99 号有效测试, 有 3 个关键词, 其发言可用三个词联合表达, 亦可用 Text99 的标号代替. 时间为数据处理日期, 若非记录研讨过程, 则时间项无需精确.

(3) 2006 年的一项名老中医学术思想传承项目中, 中医学者提炼名老中医颜德馨的学术思想, 其中一句为“临床则以仙方活命饮、清营汤、犀角地黄汤、清宣瘀热汤、犀泽汤等辨证施治, 待瘀消热去, 气通血活”. 该语句可转化为: < 名老中医, 颜德馨, “临床则以仙方活命饮、清营汤、犀角地黄汤、清宣瘀热汤、犀泽汤等辨证施治, 待瘀消热去, 气通血活”, {血热瘀血, 清热, 活血, 仙方活命饮, 犀角地黄汤}, 2006-10-22 >. 其中关键词由中医专业人士提炼, 时间为提炼日期.

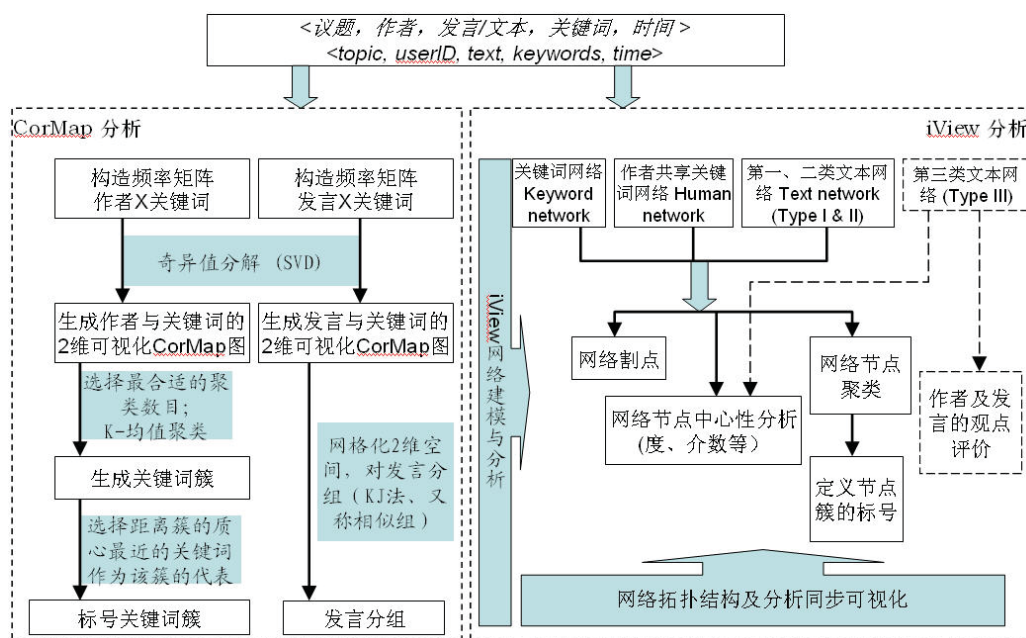


图 1 CorMap 与 iView 分析原理示意图

2) CorMap 分析

i) 生成 CorMap 图. 以作者/关键词、文本/关键词等构成的对应关系, 根据统计学的主成分分析、对应分析等方法的原理, 利用矩阵运算的奇异值分解 (SVD) 将关联投影到 2 维空间, 称为 CorMap 图, 将作者/关

键词、文本/关键词的关联结构关系可视化并作探索性分析. 若对于一次讨论/学术会议/心理测试等, 可了解整体的关联关系. 若针对研讨进程, 通过生成不同时段的 CorMap 图可展现研讨进程中发言人的观点变迁. 应用于学术会议, 特别是系列会议, 则可探索学术会议的主题变迁、论文作者的兴趣增长与迁移、可能的共同兴趣小组的培育等等;

ii) 最适合的关键词聚类. 根据 CorMap 投影关系, 对关键词作聚类 (如采用 K- 均值方法). 操作时可先给定期望聚类范围, 根据信息论中信息失真理论 (rate distortion theory) 计算所给范围中最合适的聚类数^[18], 避免反复测算; 此功能体现“机帮人”;

iii) 标号关键词簇. 针对关键词聚类结果, 计算每一个关键词簇的质心 (空间坐标), 根据该簇每个关键词与质心的距离, 选择离质心最近的关键词作为该簇的代表, 即对该关键词簇标号. 频次最高的关键词不一定是所在簇的标号. 自动标号进一步体现“机帮人”. 在此基础上, 分析人员可整体考虑关键词簇所反映的含义并设定更有概括性的概念作为该簇的标号.

iv) 发言分组. 根据发言/关键词 CorMap 图, 在平面上按不同粒度划分网格, 落在同一网格内的发言作为一个分组. 此功能是 KJ 法的一种自动处理, 又称之为自动相似组 (automatic affinity diagramming). 分析会议论文可探索可能的会议分组, 减少会议组织者的人工劳动.

CorMap 分析旨在展现群体思考结构及演化过程, 不仅提炼涌现的群体思考的结构信息, 多种聚类分析也帮助提炼概念, 进一步帮助完成研讨总结.

3) iView 分析

i) 建造 iView 网络. 包括三个网络: 按关键词同现于发言的关键词网络 (即 idea network, idea map, 记为 I_T), 共享关键词/文章的人际网络 (human network, human net, 分别记为 H_W 与 H_T) 以及发言网络 (text network).

其中关键词网络与人际网络为无向加权网络. 关键词网络也可按照关键词对在所有作者的关键词集中同现关系来构造 (记为 I_A), 一般 I_A 节点 (关键词) 的平均度大于等于 I_T 节点的平均度. 若考虑文章共享关键词而非作者共享关键词, 还可构成一个共享关键词的无向发言网络 (记为 T_W). iView 之发言网络通常指有向网络, 节点为有效发言或者文章, 节点之间的有向关系按关键词的引述建立. 考虑不同的引用, 分为第一类发言网络 (Type I, 指向首次提出关键词的发言节点, 记为 T_{KF}) 和第二类发言网络 (Type II, 指向最近提及关键词的发言节点, 记为 T_{KL}). 还有第三类有向发言网络, 其中发言节点的指向关系不仅是引用, 还包括了各种倾向 (如支持、反对等等), 另有算法计算整体讨论后观点的支持与反对程度, 考虑篇幅, 其原理将单独撰文论述.

对于按照发言五元组的形式保存下来的一次研讨过程, 可分别构造相应的关键词网络、人际网络和发言网络 (不含第三类), 统称为一次研讨过程的 iView 网络, 实则为关键词 - 作者 - 发言的三粒子图. 若仅考虑关键词 - 作者或者关键词 - 发言, 则构成二分图. 人际网络与关键词网络则是按照共享关键词、同现发言的关系投影而得到的单模式网络. 不同于 CorMap 图, iView 网络是另一种群体思考过程的描述.

ii) 分析 iView 网络特征. 针对 iView 网络结构图, 采用图论与网络分析方法, 分析网络基本特征, 获得不同的网络表征特性, 一般作以下的计算分析:

- iView 之相关网络的割点与整体网节点的中心性分析探测关键概念与关键人物 (通常考察节点的介数与度);

- iView 之关键词网络 (I_T) 节点聚类形成不同于 CorMap 分析的关键词簇, 即关键词聚类, 探测 iView 网络对象的思想结构; 选择每一簇 (集团) 中心性最高 (介数/度) 的关键词为集团的标号;

- iView 之人际网络节点聚类探测可能的兴趣小组 (一般考虑 H_T);

- iView 之文本网络 (有向的 T_{KF} 与 T_{KL} 、或者无向 T_W) 节点聚类, 即发言聚类, 可视为不同于 CorMap 分析的自动相似组的发言总结方法;

等等.

事实上, 亦可直接对按 iView 网络构造关系形成的关键词 - 作者/关键词 - 发言等二分图分析网络特征、探测网络结构, 这些都是网络分析方法的具体应用, 有大量并仍在进行的理论研究^[19]. 引入网络分析最新研究成果可进一步丰富 iView 网络分析.

4) 探测关键人物, 评价研讨成员参与程度与对研讨议题的贡献:

目前按照同一议题讨论下所有参加成员在关键词上的“求同”、“存异”及其占所有关键词的比例等分别有一致度、差异度及优势度等 3 种评测指标^[20]。它们不依赖于 CorMap/iView 计算,旨在评测研讨过程中人的行为,是“夸夸其谈”、“人云亦云”,抑或思想上“特立独行”、“与众不同”。评测结果可作为一种行动积分,为以后召开研讨会议邀请参与者提供一种分析判断。期望研究更多的行为评测指标。

此外还有称之为 AIS 技术的定性综合集成支持技术,为完整的一套 Web 文本挖掘技术,帮助研讨者获取更多的信息^[21-22]。

3.2 CorMap/iView 分析与形象思维

第二节所讨论的关于创造力与知识创造的理论与实践技法、问题结构化方法(软运筹方法、系统方法论)及基于这些理论方法的各种支持技术与工具等等是研究 CorMap/iView 技术的理论源泉及驱动力。以定性、文本信息为主的元数据是人的行为(行动、思考行为)的一种很简单的记录;CorMap 与 iView 基于不同原理,运用统计计算、信息论、图论、社会网络与复杂网络等不同学科的方法计算分析人/群体的行为数据,探寻各种关联模式而获取的结构(非预先定义的结构),即是关于问题 C 的一种解答。如此利用先进信息处理技术来启发人的思维与创造,实现“机帮人”,既可支持群体研讨,同时探测个人知识结构乃至集体智能(collective intelligence),实则获得了关于问题 B 的一种解答。CorMap/iView 本身是多种算法的融合,因不同目的采用不同的算法,每一步计算均是对认识过程(从零碎记录到结构信息;从具体到抽象,乃至提炼概念形成高级认识)的支持;分析过程的可视化有助于思维进程。

应用综合集成方法解决 OCGS 问题是一项“大成智慧工程”,“要把人的思维,思维的成果,人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来”^[4]66-70]。该概念提出以前钱学森已展开思维科学的研究,他指出思维科学不同于认知科学,认为研究“突破口在于形象思维学的建立”,1986-1987 年陆续指出研究形象思维的 4 个渠道,分别是 1986 年提出的模糊数学、图论(超图论)、系统学¹以及社会思维(广义认识论)²,并强调要横向联合。其中有些思路受当时认识所限并未深入探索,比如图论;今天看来,则可从网络(社会网络/复杂网络)角度切入。钱学森重视心理学、认知科学与思维科学探索的关系,如 1992 年关注英国学者 M. Boden 的创造力研究(文献[8]有介绍),特别肯定其心理学研究用计算机软件,对思维学研究有参考价值³;1996 年又表达期望“吸取 Boden 的思想,将综合研讨厅的理论更推进一步”⁴。

关于大成智慧学 1994 年钱学森关注如何进行创造教学,提及李耀滋研究发明学的方法,即“群体讨论,互相激励,以便使智慧升华,达到灵感、顿悟”⁵。显然此即为研究形象思维的第 4 个渠道,研究群体研讨过程及对结果的分析就是一种对创造的支持。

钱学森的相关书信自 2007 年陆续公开,从第二节讨论及 CorMap/iView 内容看,两种定性综合集成支持技术的探索思路与钱学森关于思维科学、特别是形象思维的研究的途径是一致的。CorMap/iView 操作的每一步计算体现出利用机器智能提炼思想的过程中扩展与激发人的思考、以便产生更多联想与创见的关于整个思考过程的支持。整个分析过程的可视化支持人机结合,以人为主。CorMap/iView 展示了从“零碎的材料找结构”,可理解为支持钱认为的形象思维,“有材料,但无结构。思维的任务是找形象,即结构”⁶。

3.3 进一步理解 CorMap 与 iView 技术

前文论述 CorMap/iView 计算分析人的思考行为数据(机器智能),帮助分析人员对其研究的复杂问题集思广益后得到定性判断,支持实现定性综合集成,可理解为形象思维支持技术。有看法认为语义和本体是定性综合集成研究绕不过去关键和核心技术,这里从 CorMap/iView 研究与应用的一些具体细节阐述相关的一些思考。

3.3.1 CorMap/iView 分析与关键词自动获取

CorMap/iView 处理的元数据包括关键词集。对于论文数据可采用作者给定的关键词;群体研讨则需发言人给定。目前一般的群体研讨系统不要求录入关键词,若要应用 CorMap/iView,则需人工整理研讨纪录,因此从发言文本中自动获取关键词是一项现实需求,可求助于文本挖掘技术。使用文本挖掘技术从发言文本

1. 1986 年 7 月 5 日钱学森致戴汝为书信。

2. 1987 年 8 月 3 日钱学森致戴汝为书信。

3. 1992 年 3 月 27 日钱学森致戴汝为书信。

4. 1996 年 6 月 9 日钱学森致戴汝为书信。

5. 1994 年 9 月 18 日钱学森致戴汝为、钱学敏书信。

6. 1994 年 10 月 7 日钱学森致戴汝为、汪成为、钱学敏书信。

中获取特征词汇即得到了该文本的关键词集,可能很高效,但不一定得到有效表达发言的关键词.文本挖掘提供的特征词汇源于文本,发言长则特征词汇可能较多,不像研讨发言或者学术论文,几个词汇即可提纲挈领并且这些词不一定在该条文本中出现.即便是自动获取关键词列表仍需人工修订.一个常见的减少人力的办法是建立语料库,简单的可包括关于特定主题的关键词词库及同义词库.实际使用时向分析人员提供相关的语料库,便于替换与合并处理.正如一些学术期刊论文需要从保留的关键词表中选取关键词一样.实时研讨中,向发言人提供语料,便于其快速选择合适关键词.同理若处理博客数据时,每篇博客的标号可视为关键词,显然博客作者给定的标号更准确.

实际中的语料库是逐渐生长累积形成.另一方面,关键词之间存在许多类别与归属等关系(也许涉及到本体),可能影响关键词的推荐,但此非 CorMap/iView 本身的着眼点.

事实上,CorMap/iView 的研究目标不同于目前文本挖掘的目标,尽管都处理定性的文本信息,CorMap 使用的 SVD 在文本挖掘中亦广泛使用.若无文本挖掘技术的帮助,就由人设定关键词.一般认为由当事人设定比机器给定更有效,因为融进了人的智慧.

3.3.2 CorMap/iView 与聚类

CorMap/iView 均有关键词/发言的聚类.聚类结果依赖于聚类算法.目前 iView 分析的聚类采用了复杂网络研究中集团结构探测的常见算法,可获取最合适的聚类数目.关于集团结构探测是复杂网络研究的一个热点,显然会有新算法提出.但 iView 分析的研究点不在于研究聚类算法,而是通过聚类获得关键词/人/发言文本的聚集集合,用于分析研讨过程,启发参与者及分析人员的联想,引导思考.分析人员可选择不同集团结构的探测算法.从研讨的零碎信息中发掘结构,实际上并不强调精确性,更期望有意义,即 make sense,因此分析结果可能对算法的改进并不敏感,而算法改进或许增加计算的花销.

CorMap 的聚类基于 SVD 的结果,目前仅提供 K -均值用于关键词聚类(有方法获取最合适的聚类数目)以及按照空间网格对文本分组.有指标来考察聚类方法的效果,如特征测量(F -measure)和熵(Entropy)等. K -均值方法已公认有很多缺点,亦有许多改进研究. CorMap 分析中比较不同聚类算法性能或许值得研究,采用特征测量指标需要引入人类专家对某次发言聚类,如此才可计算查准率(Precision)和查全率(Recall).而研讨发言按照议题千变万化,对于某议题研讨发言的聚类算法的比较不一定对另一议题的操作得到同样的评估,也不可能对每一次研讨引入人类专家给出聚类并用特征测量等比较聚类效果. CorMap 分析并不纠结于聚类算法的研究;正如 iView 一样, CorMap 期望通过某种聚类算法获得关键词/文本发言分组,帮助分析人员更快地获取发言的概况,以便引导深入研讨与挖掘,并作好发言总结;正体现“人机结合,以人为本”,而非代替人下结论.尽管分析人员也许对聚类算法并不敏感,算法改进并不一定导致思维的扩展,但提供聚类方法的多种选择仍可丰富 CorMap 分析,如采用自组织映射(SOM)方法.实际上对于研讨发言聚类,考察不同方法聚类的指标 SSE(sum of square errors)可能是一种直接而简易的手段.

3.3.3 CorMap/iView 与本体、语义

本体与语义含义相当宽泛.人工智能中的本体是共享的概念模型的形式化的规范说明,显然是描述世界的工具,体现一种自上而下的思路.从 CorMap/iView 的计算原理看,本体并不是这两种定性集成支持技术必需的技术基础;比较而言,统计计算才是. CorMap/iView 分析的元数据本身可宽泛理解为人的一种语义表达, CorMap/iView 分析同样揭示出更深的语义.从综合集成研究角度看, CorMap/iView 帮助探索定性判断,体现自下而上的思路;考虑其他领域研究视角,如搜索引擎研究, CorMap/iView 的分析结果或许可用于增强语义搜索.这些可能是 CorMap/iView 的拓展应用.

CorMap/iView 是多种算法的集成技术,其中每一种算法都可能是一个研究领域的热点, CorMap/iView 利用该领域研究的最实用或者最新的研究成果,从支持形象思维的角度看也可能对算法的改进提出需求,来提高计算效率,但并不一定是研究定性综合集成的突破口.

下面简要介绍 CorMap 和 iView 两种技术的应用.

4 定性综合集成支持技术的应用

CorMap 和 iView 结合实际问题,演变出不同的可实际应用的工具或系统,目前主要有以下 5 类应用.

4.1 研讨过程挖掘

西蒙把理性区分过程理性与 substantive 理性两种, GSS 的研究演变显示了从注重于得到决策结果到注

学科当前研究的关键视角, 此即为非结构问题求解过程中问题结构化的一种体现, 超越了目前一般的电子商务系统的功能. OLCB 已连续应用于多个国际研讨会, 如 KSS'2006(图 3) 与 KSS'2009, MCS'2007-2009 等(相应的 OLCB 目前仍可访问), 在真实世界中接受检验与评判. 早期 OLCB 多以静态图片的方式以“Funny thing”为题向作者推送 iView/CorMap 分析结果, 目前已具备在线分析的功能^[32].

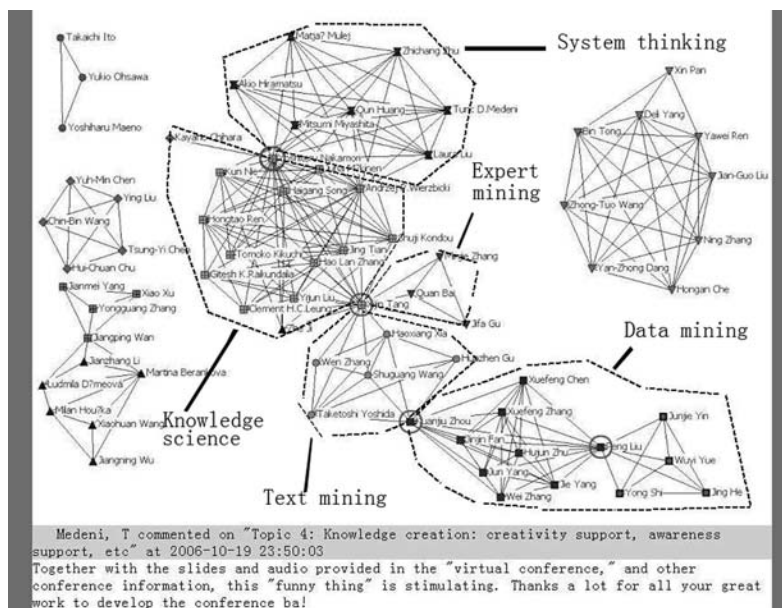


图 3 KSS'2006 在线会场 (作者网及访客留言)^[31]

在向作者提供增强型信息服务的基础上, 初步利用 iView 之人际网络支持会议论文评审分派, 探索分析非理性因素在论文评审分配决策中的影响^[33]. 本质上, OLCB 就是支持科学发现的一种综合集成研讨厅^[15,34].

4.3 专家思想挖掘

该应用源于一项科技部十五攻关项目. 针对名老中医学术思想传承研究, 结合野中的知识转化模型, 将综合集成知识创造场的概念具体化, 集成 CorMap 和 iView 技术而研制了新生代的关于医家学术思想挖掘工具 TCM Master Miner^[20,35]. 图 4 为应用 TCM Master Miner 挖掘 8 位名老中医知识的 CorMap 图, 其中有背景色的词代表名老中医, 有边框的词汇是关键词, 体现为医家整理其学术思想的文句中所包含的学术思想来源(如书籍、某位古代医家姓名)、病征、治则、治法和药方. 图 4 中“内经”基本位于 CorMap 图的中心区域, 其周围是张仲景、张景岳、朱丹溪、王清任等古代中医名家, 说明 8 位医家承袭了古代名医思想. 观察图 4 医家姓名周围的一些治则、治法和药方, 可大致了解其行医专长. 两位医家“张镜人”、“杨宗孟”空间位置相对靠近, 体现二者与其他医家相比学术思想共同处较多, 但具体看法不一定一致.

可视化医家及其学术思想之间的关联, 可帮助探测其知识结构, 为研习者较快了解名老中医学术思想全貌, 提高对中医知识、医家思想精髓的领悟, 感悟意会型知识和辩证学习提供帮助. 如通过图 4 中病症与治法的对应, 可大致得到某种病症的常用治法. 也可尝试探测一些医家学术思想中所蕴含的一些共性及可能存在的流派.

进一步可理解此类研究项目实则是基于医家群体(专家体系)、名老中医数据库与信息挖掘技术(机器体系)和中医学学术思想系统(包括 TCM 知识, 知识挖掘的隐知识及 TCM 体系)而形成的名老中医学术思想传承工程, 即为一项大成智慧工程, 其动态运作即是 TCM 知识共享与创新场^[20].

4.4 群体心理挖掘

应用心理学通过词汇联想手段研究风险认知, 处理多为手工编码与一般的描述性统计分析. 利用 CorMap 与 iView 分析词汇联想, 对调查结果定性综合集成, 可为社会心理学分析人员编码及建立结构方程提供基本的质性分析支持. 具体的一个示例为中国科学院心理学所社会心理小组在北京奥运会前关于社会风险认知影响因素及其作用机制的研究^[17]. 图 5 显示了不同年龄的被试人群关于风险认知的 CorMap 图, 其中包括 30 类风险, 通过分析聚为 4 簇, 代表词汇从左至右依次为“假冒伪劣”、“能源短缺与环境污染”、“政治稳定”和

“金融问题”. 图 5 清晰显示年龄超过 50(中老年) 和年龄低于 24(在校学生) 的风险认知明显不同, 中间两档年龄组的风险认知接近. 该项分析的数据是第一轮的初步调查, 有助于形成相关假设, 为下一轮大规模调查问卷的制定作了有利的支持.

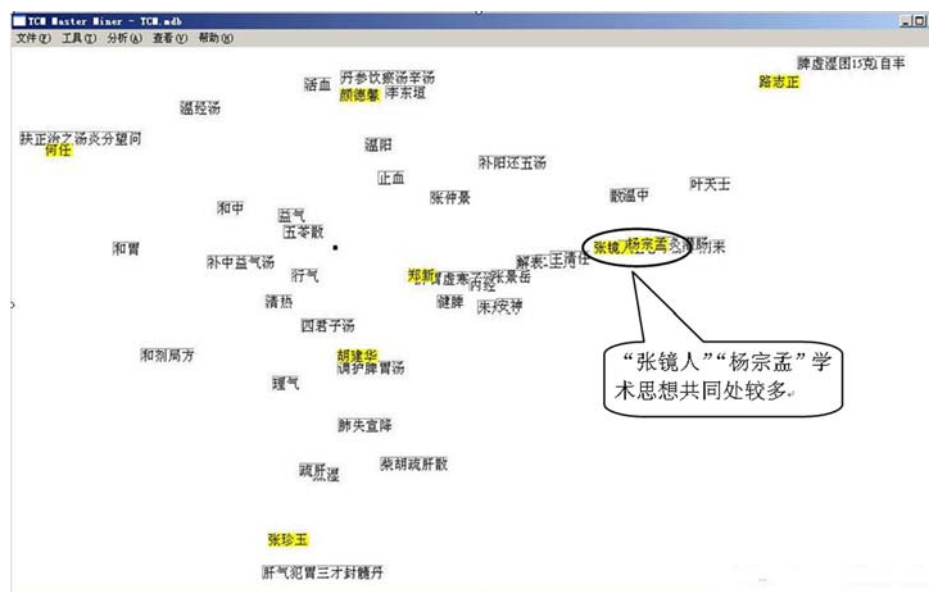


图 4 八位名老中医学术思想之 CorMap 分析^[20]

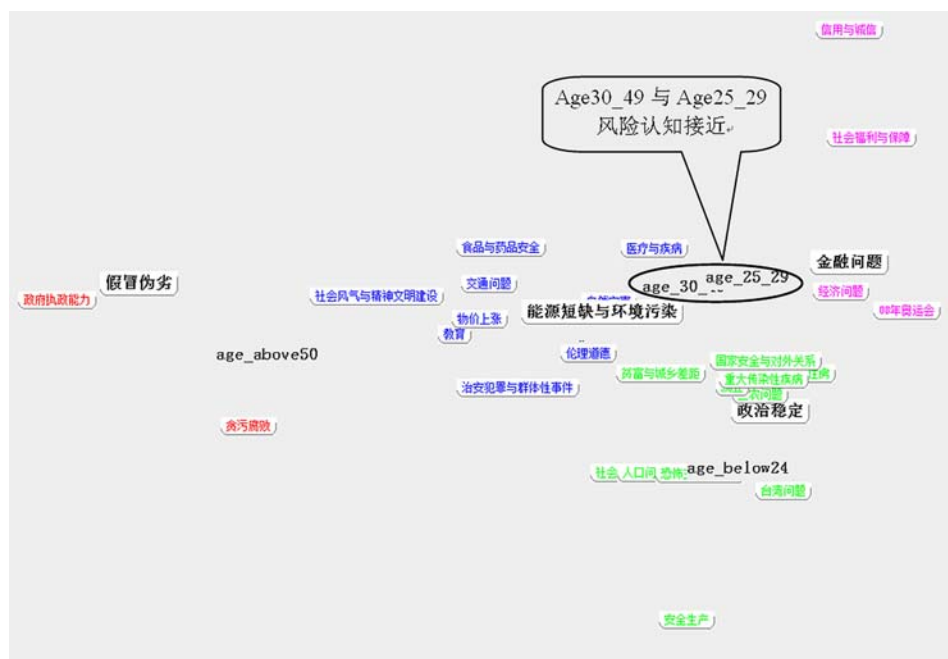


图 5 不同年龄的被试者及风险认知的 CorMap 图 (30 类风险)^[17]

值得指出的是: 无论专家思想挖掘还是群体心理挖掘, 因当事人并未参与研讨, 没有互动, 在应用 CorMap 分析时需要计算 CorMap 图的解释力. 当解释力大于 70%–80%, 关联可信. 图 5 所示的 CorMap 图的解释力大于 80%, 故关联稳定可确定推断. 而图 4 的 CorMap 解释力低于 30%, 可认为是一种关联启示, 用来引发人们的联想思考, 即支持定性综合集成的假设推测, 但不应作为一种定论. 目前一些接续的中医知识挖掘研究关注于类似 CorMap 技术的可视化表达而忽略解释力, 其推断结论值得商榷.

4.5 群体会商挖掘

前面的应用本质上多以对发散型群体思考过程的支持为主, 实际中一般要回归到收敛型群体思考. 将 CorMap/iView 分析技术及群决策方法等嵌入一些企业级的决策支持系统, 特别支持专家研讨战略问题, 生

成各种想定,同时也支持一般的专家咨询会议,如前文已述为国网北京经济技术研究院开发的专家研讨系统,作为电力供需综合集成研讨厅的一个子系统。该系统除 CorMap/iView 分析功能外,包括群体协作环境下的多种分析与群决策方法。此外,首次使用 iView 技术的第三类发言网络(深度发言网络),即发言节点之间的连接由一般的引用关系演变为表达态度的语义关系,图6显示一个深度研讨过程的研讨发言网络。生成 iView 之第三类文本网络除五元组信息外需要增加语义引用及引用对象两项信息。研讨的主要观点仍可由网络中心性分析获取,入度高的发言节点可理解为研讨的主要焦点。深度研讨的会商结果可由 iView 网络分析中“作者及发言的观点评价”算法计算而得(图1中虚线部分功能,其中采用直觉模糊数表达态度)。

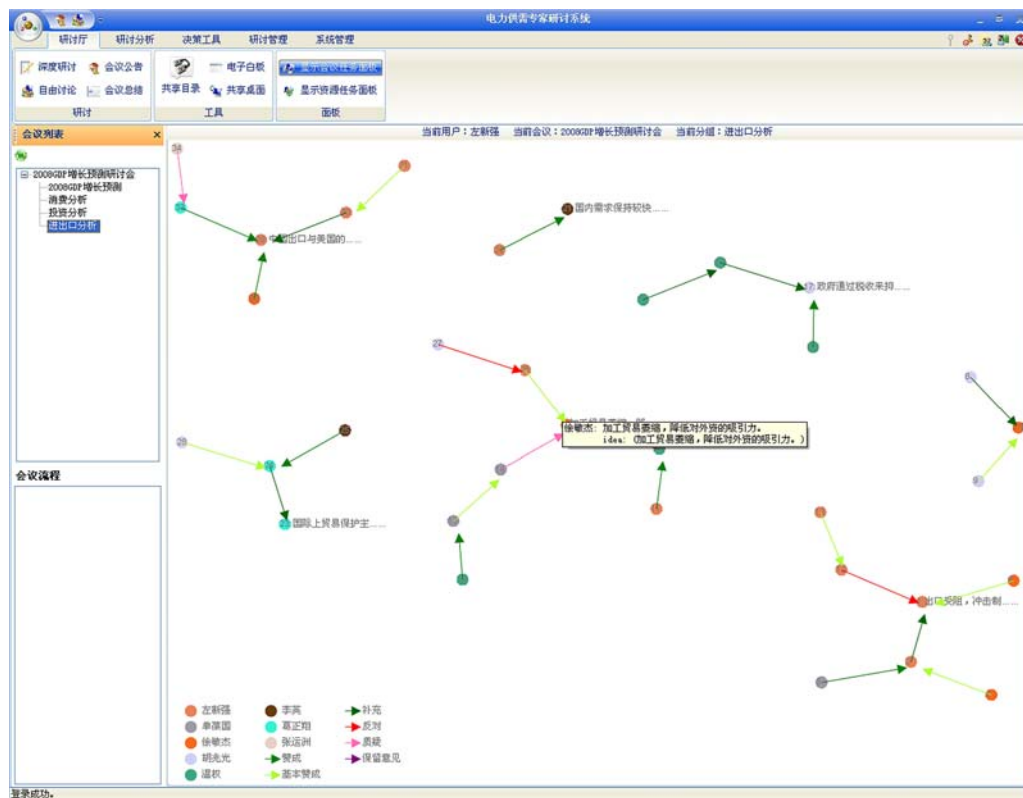


图6 iView 分析之第3类发言网络(深度研讨分析)

5 结束语

无论是管理科学领域的非结构问题,社会科学领域的 wicked 问题,抑或是系统科学领域的开放复杂巨系统问题,其处理过程离不开人的参与。从定性到定量的综合集成法是为克服还原论方法解决这些问题的局限而提出的。综合集成研讨厅是综合集成方法的实践平台。当前信息技术的迅猛发展为 HWMSE 来展示综合集成法的能力提供了便利,而将综合集成狭隘地归结为系统集成或者信息系统集成则忽略了综合集成方法求解复杂巨系统问题的本质,尽管系统集成本身的研究难度与实施复杂度并不低。

面对复杂问题的解决需要创新思考,需要群体协作;审视综合集成法的本质“大胆假设,小心求证”、“人机结合,以人为本”,实际应用时首先面对的问题就是如何形成定性判断,即如何形成“大胆假设”,如何从群体思考而获取的众多意见中提炼出所探索问题的若干结构信息乃至一个系统视角(问题A),这是综合集成法的基础问题之一。该问题亦可简单地理解为“从零碎片材料找结构”,此即是形象思维的一个起点。本文讨论了研究定性综合集成所涉及的创造力与知识创造、问题结构化方法与决策支持等涉及认知科学、心理学、知识科学与人工智能等学科的关系,旨在表明不应局限于信息技术研究综合集成、特别是目前较为薄弱的定性综合集成支持技术,需多方拓展思路开展研究,如对问题A的思考转化为从问题B(如何激发人们面对问题时的创造思考)及问题C(如何从定性非结构的文本信息中提炼模式信息,探测涌现的问题结构)的研究中寻求支持解答。本文介绍了在此思路下、融合多种学科知识的研究成果,具体为基于行为信息的 CorMap 技术和 iView 技术,二者结合各种创造模型与方法,将统计学、社会网络/复杂网络等学科的方法集成体现于不同机

理下的一系列文本计算操作, 通过计算从人的行为数据中探寻各种关联模式而获取的结构 (不是预先定义的结构), 并可视化表达探测的意见结构; 在结构表达的基础上进一步对意见聚类, 抽取代表性观点. 一系列的计算机操作旨在体现利用机器智能获取人的思考结构, 启发人的思维与创造, 支持复杂问题求解过程的如何集思广益来生成“大胆假设”以进一步对问题深入探索与定量分析, 运用集体智慧探索非结构问题的合作求解, 从而展示综合集成方法的工作过程. 其中非结构信息的可视化建模与交互式分析体现了 CorMap/iView 支持复杂问题求解或知识创造过程中的人机结合, 并为“以人为本”提供了更多参考与选择, 其探索思路实则遵循了钱学森设想的关于形象思维的研究途径.

CorMap/iView 着眼于平常的信息需求, 结合不同应用场景生成了不同的工具或系统, 有多项实际应用, 如会议挖掘与在线会场 (OLCB)、专家知识挖掘与名老中医思想挖掘器 (TCM Master Miner)、词汇联想与心理探测、专家研讨系统等. 扩展中的应用需求进而引发了新的研究思考与研究点, 如关于研讨进程的干预策略, 可视为“软控制”策略, 那么如何应用于真实网络中. 对于群体研讨过程的分析, 可能更需要指标考察研讨发言的聚集状态, 是过于发散, 还是过于凝聚收敛? 头脑风暴的研讨可能越发散越好, 而对于需要达成共识以便深入讨论共识方案则需要收敛. 采用词频与发言数量是原始的一种考察, 有意义的指标需要更多的研究. iView 网络分析算法尚进一步完善, 等等.

如群体心理挖掘中的关于词汇联想的分析所示, CorMap/iView 处理定性的文本信息, 可支持社会科学领域的质性研究及理论建构. 扎根理论 (grounded theory) 是一种社会科学领域广泛应用的质性研究方法, 近年来在信息系统领域得到了发展^[36-37]. 其中关于信息系统的调查 (包括用户访谈等等) 的处理, CorMap/iView 可在常规的编码后帮助概念提取等后续操作; 如此形成的编码、概念及理论亦可作为语料库, 方便今后有关类似对象的质性分析研究. 综合集成法的形成借鉴并超越了跨域分析 (meta-analysis)^[4] 的思想, 定性综合集成支持技术也可支持跨域分析方法的应用与实践.

应用的拓展带来新的研究需求, CorMap/iView 本身尚有许多空白需要填补; 定性综合集成支持技术的研究更需从多学科理论融合的积淀中拓展视野, 其研究本身即是综合集成法的实践.

参考文献

- [1] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域 —— 开放复杂巨系统及其方法论 [J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10.
Qian X S, Yu J Y, Dai R W. A new discipline of science — the study of open complex giant system and its methodology[J]. Chinese Journal of Nature, 1990, 13(1): 3-10.
- [2] 钱学森. 再谈开放的复杂巨系统 [J]. 模式识别与人工智能, 1991, 4(1): 1-4.
Qian X S. The open complex giant system[J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1991, 4(1): 1-4.
- [3] 王寿云, 等. 开放的复杂巨系统 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1996.
Wang S Y, et al. Open Complex Giant Systems[M]. Hangzhou: Zhengjiang Science & Technology Press, 1996.
- [4] 钱学森. 创建系统学 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2001.
Qian X S. Establishing Systematology[M]. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Press, 2001.
- [5] 顾基发, 王浣尘, 唐锡晋, 等. 综合集成方法体系与系统学研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Gu J F, Wang H C, Tang X J, et al. Meta-synthesis Method System and Systematology Research[M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [6] 于景元, 涂元季. 从定性到定量的综合集成方法 —— 案例研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(5): 1-7.
Yu J Y, Tu Y J. Meta-synthesis — study of case[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2002, 22(5): 1-7.
- [7] Rittel H, Webber M. Dilemmas in a general theory of planning[J]. Policy Sciences, 1973, 4: 155-169.
- [8] 刘怡君, 唐锡晋. 几种有关创造力的思维模型和支持工具介绍 [J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(2): 56-61.
Liu Y J, Tang X J. The introduction of some mental models and tools for creativity support[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2005, 25(2): 56-61.
- [9] 于景元, 周晓纪. 从定性到定量综合集成方法的实现和应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(10): 26-32.
Yu J Y, Zhou X J. The realization and application of meta-synthesis[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2002, 22(10): 26-32.
- [10] Tang X J. Towards meta-synthetic support to unstructured problem solving[J]. International Journal of Information Technology & Decision Making, 2007, 6(3): 491-508.
- [11] 唐锡晋, 刘怡君. 从群体支持系统到创造力支持系统 [J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(5): 63-71.

- Tang X J, Liu Y J. From group support system to creativity support system[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2006, 26(5): 63–71.
- [12] Shneiderman B. Creativity support tools[J]. *Communications of the ACM*, 2002, 45(10): 116–120.
- [13] 萨加德. 病因何在 —— 科学家如何解释疾病 [M]. 刘学礼, 译. 上海科学教育出版社, 2001.
Thagard P. How Scientists Explain Disease?[M]. Princeton University Press, 1999.
- [14] Mackenzie A, et al. Wisdom, decision support and paradigms of decision making[J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 170(1): 156–171.
- [15] 唐锡晋. 综合集成研讨厅的几个示例 [J]. *系统科学与数学*, 2009, 29(11): 1507–1516.
Tang X J. Some examples of the HWMSE[J]. *Systems Science and Mathematical Science*, 2009, 29(11): 1507–1516.
- [16] Tang X J. Approach to detection of community's consensus and interest[C]//Ishikawa Y, et al. *Proceedings of APWeb'2008 Workshops*, LNCS 4977, Springer-Verlag, 2008: 17–29.
- [17] Tang X J. Qualitative meta-synthesis techniques for analysis of public opinions for in-depth study[C]//Zhou J. *Complex 2009, Part II*, LNICST 5, Springer, 2009: 2338–2353.
- [18] Sugar C A, James G M. Finding the number of clusters in a dataset: An information-theoretic approach[J]. *Journal of the American Statistical Association*, 2003, 98(463): 750–763.
- [19] 吴亚晶, 张鹏, 狄增如, 等. 二分网络研究 [J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2010, 7(1): 1–12.
Wu Y J, Zhang P, Di Z R, et al. Study on bipartite networks[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2010, 7(1): 1–12.
- [20] 唐锡晋, 张楠, 王正. 名老中医学术思想挖掘与传承支持研究 [R]. 国家“十五”科技攻关计划“名老中医学术思想、经验传承研究”子课题“名老中医学术思想群体规律分析挖掘方法的研究”技术报告之二, No.MSKS-2007-01, 中国科学院数学与系统科学研究院, 2007年2月.
Tang X J, Zhang N, Wang Z. Research on support for TCM master thought mining and conversion[R]. Research Report No. MSKS-2007-01, Academy of Mathematics and Systems Science, Chinese Academy of Sciences, February 2007.
- [21] 张文, 唐锡晋. 基于 Web 内容挖掘的信息支持工具 AIS-GAE[J]. *管理评论*, 2006, 18(9): 21–26.
Zhang W, Tang X J. Information support tool based on web content mining[J]. *Management Review*, 2006, 18(9): 21–26.
- [22] Zhang W, Tang X J, Yoshida T. Web text mining on a scientific forum[J]. *International Journal of Knowledge and Systems Sciences*, 2006, 3(4): 51–59.
- [23] Tang X J, Liu Y J, Zhang W. Computerized support for idea generation during knowledge creating process[C]//Khosla R, Howlett R J, Jain L C. *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems: Proceedings of the 9th International Conference (KES 2005, Melbourne, September 14–16, 2005)*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 3684, Springer-Verlag, 2005: 437–443.
- [24] Tang X J, Liu Y J. Computerized support for qualitative meta-synthesis as perspective development for complex problem solving[C]//Creativity and Innovation in Decision Making and Decision Support (Proceedings of IFIP WG 8.3 International Conference on Creativity and Innovation in Decision Making and Decision Support, CIDMS'2006, F. Adam, et al. eds.). London: Decision Support Press, June 27–July 1, 2006, Vol.1: 432–448.
- [25] 唐锡晋. 群体研讨环境研究及其应用 [M]//《钱学森系统科学思想研究》(中国系统工程学会、上海交通大学编). 上海交通大学出版社, 2007: 291–307.
Tang X J. Group argumentation environment and its application[M]//Qian Xuesen *Systems Science Thoughts Study* (Vol.4 of Qian Xuesen Systems Science Series). Shanghai Jiaotong University Press, 2007: 291–307.
- [26] Tang X J, Nie K, Liu Y J. Meta-synthesis approach to exploring constructing comprehensive transportation system in China[J]. *Journal of Systems Science & Systems Engineering*, 2005, 14(4): 476–494.
- [27] 唐锡晋, 刘怡君. 有关项目管理办法制定的群体研讨 —— 集思广益的一个试验 [C]//Well-off Society Strategies and Systems Engineering (陈光亚主编, 中国系统工程学会第13届年会论文集), Global-Link Publisher, 2004: 339–345.
Tang X J, Liu Y J. Group argumentation on project management policy-making — A brainstorming experiment[C]//Gu J F. *Well-off Society Strategies and Systems Engineering* (Proceedings of 13th National Conference on Systems Engineering), Hong Kong: Global-Link Publisher, 2004: 339–345.
- [28] 唐锡晋, 刘怡君. 有关社会焦点问题的群体研讨实验 —— 定性综合集成的一种实践 [J]. *系统工程理论与实践*, 2007, 27(3): 42–49.
Tang X J, Liu Y J. Group argumentation and its analysis on a highlighted social event — Practice of qualitative meta-synthesis[J]. *Systems Engineering — Theory & Practice*, 2007, 27(3): 42–49.

- [29] Tang X J, Liu Y J, Zhang W. Augmented analytical exploitation of a scientific forum[C]// Iwata S, et al. Communications and Discoveries from Multidisciplinary Data, Studies in Computational Intelligence, vol.123, Springer-Verlag, 2008: 65–79.
- [30] Tang X J, Zhang Z W. How knowledge science is studied — A vision from conference mining of the relevant knowledge science symposia[J]. International Journal of Knowledge and Systems Sciences, 2007, 4(4): 51-60.
- [31] Tang X J, Zhang N, Wang Z. Augmented support for knowledge sharing by academic conferences — on-line conferencing ba [C]// Proceedings of IEEE WiCOM'2007 (the Management Track of IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing), 2007: 6400–6403.
- [32] Luo B, Tang X J. Enhancing on-line conferencing ba with interactive CorMap analysis[J]. International Journal of Knowledge and Systems Science, 2010, 1(2): 62–70.
- [33] Tang X J, Zhang Z W. Paper review assignment based on human-knowledge network[C]//Proceedings of IEEE SMC'2008, Singapore, October 12–15, 2007: 102–107.
- [34] Tang X J. Enabling a meta-synthetic discovery workshop for social consensus process[C]//Proceedings of IEEE/WIC/ACM WI'08/IAT'08, December 9–12, 2008: 436–441.
- [35] Tang X J, Zhang N, Wang Z. Exploration of TCM masters knowledge mining[J]. Journal of Systems Science & Complexity, 2008, 21(1): 34-45.
- [36] Allan G W. A critique of using grounded theory as a research method[DB/OL]. Electronic Journal of Business Research Methods, 2003, 2(1), Paper 1. <http://www.ejbrm.com/vol2/v2-i1/issue1-art1-allan.pdf>.
- [37] Urquhart C, Lehmann H, Myers M D. Putting the ‘theory’ back into grounded theory: Guidelines for grounded theory studies in information systems[J]. Information Systems Journal, 2010, 20(4): 357–381.