

基于关联规则的创新矛盾矩阵的研究*

郭建威^{1,2}, 张玉臣³, 谢永红^{1†}, 刘英华¹, 马楠¹

(1. 北京科技大学 计算机与通信工程学院, 北京 100083; 2. 辽宁工程技术大学 电子与通信工程学院, 辽宁 葫芦岛 125105; 3. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 随着市场竞争不断加剧, 企业创新成为现代企业生存的重要一环。首先, 将用于解决技术性发明创造而建立的 TRIZ 理论引入到企业创新研究之中; 通过计算机知识发现和数据挖掘技术与 TRIZ 理论中的矛盾思想相结合, 并根据德国弗朗克协会提出的企业创新九个领域, 将其细分为相应若干指标器; 在此基础上, 提出使用指标器间关联规则替代 TRIZ 创新原理。最后, 使用这些关联性 with 九个创新领域, 得到了一种适合描述企业创新的矛盾矩阵构成方法, 为解决企业创新提供了分析依据。

关键词: 企业创新; 知识发现; 关联规则; TRIZ; 矛盾矩阵

中图分类号: TP309.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)10-3655-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.10.014

Research of general contradiction matrix based on association rule

GUO Jian-wei^{1,2}, ZHANG Yu-chen³, XIE Yong-hong^{1†}, LIU Ying-hua¹, MA Nan¹

(1. School of Computer & Communication Engineering, University of Science & Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. School of Electronics & Information Engineering, Liaoning Technical University, Huludao Liaoning 125105, China; 3. School of Economics & Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With competition growing, the enterprise innovation is a very important link in enterprise survival in few years. First, this paper introduced the TRIZ that was used to solve technical inventions to the enterprise innovation research. Through computer knowledge discovery and data mining technology combined with the TRIZ contradiction, and according to 9 innovation fields of Fraunhofer Gesellschaft, it got some innovation indications. On these researches, it replaced the TRIZ principles by the association rules between the indications. Finally, it supported a process of establishment of contradiction matrix by association rules and 9 innovation fields. It gives a basis for solving the enterprise innovation.

Key words: enterprise innovation; knowledge discovery; association rule; TRIZ; contradiction matrix

0 引言

创新是人类社会得以发展的动力源泉, 没有创新就不会有如今多彩的文明, 不会有对自然界不断探索的能力。可以说创新是人类文明的基石。当前, 所谓的创新方法大约有 300 多种。人们在在创新思维中常用的方法有: 试错法、扩充法、象征类比法、缺点列举法、希望点列举发明法、假想构想法、设问法、头脑风暴法、类比发明法、信息交合法、水平思考法、五 S 思维法、卡片思维法、叠加法、原型启发法、合理移植法、联想法, 以及下面提到的 TRIZ(发明问题解决理论)等。

创新也是目前中国企业最热门的话题。创新就是把知识能力转换为市场价值的过程, 是保障和提高企业竞争力的核心因素, 是提高劳动附加价值的根本途径。因此如何高效可行地提高企业创新能力是非常重要的, 有大批企业创新专家把其作为研究的焦点, 寻求一种可以把创新过程不断复制的方法, 使企业创新变成一门科学方法, 而不是某一个人的灵感闪光。

TRIZ 理论是一门研究技术产品创新的理论方法, 它以产生创新过程中遇到的矛盾冲突为主要研究对象, 通过克服这种

矛盾从而使创新得以实现, 其对产品创新的帮助也被很多使用者证实^[1,2]。因此将 TRIZ 理论引入企业创新似乎是势在必行的。但是企业创新不单单是指技术领域的创新, 组织、管理等领域的创新也是一家企业进行创新的必要环节。标准 TRIZ 理论是应对非管理领域的, 而目前在管理领域等非技术领域多半是照搬 TRIZ 理论的东西, 将一个用于技术产品上的解决方案强硬地移植到管理问题中, 这样无法真正发挥 TRIZ 的作用。但是, 通过把矛盾冲突消除作为创新产生的根本, 这一思想是要继承的和发展的。针对上述问题, 本文通过计算机知识发现和数据挖掘技术结合 TRIZ 矛盾思想, 并以德国弗劳恩协会的企业卓越创新体系为背景, 试图寻求一种适合企业创新的矛盾矩阵构成方法, 并且相信此方法可以通过改变具体背景应用, 将矛盾矩阵方法扩展到更多更细致的领域之中, 为其解决创新问题。

1 TRIZ 与矛盾矩阵回顾

TRIZ 理论^[3,4]是由前苏联发明家 Altshuller 在 1946 年创立的, Altshuller 也被尊称为 TRIZ 之父。1946 年, Altshuller 开

收稿日期: 2012-03-09; 修回日期: 2012-04-18 基金项目: 国家科技部创新资助项目(2010IM020900)

作者简介: 郭建威(1984-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为知识发现; 张玉臣(1962-), 男, 河北唐山人, 副教授, 博士, 主要研究方向为技术经济与管理; 谢永红(1970-), 女(通信作者), 山东沂南人, 副教授, 博士, 主要研究方向为知识发现、数据库技术(xieyh@sina.com); 刘英华(1975-), 女, 博士研究生, 主要研究方向为知识发现; 马楠(1978-), 女, 博士研究生, 主要研究方向为知识发现。

始了发明问题解决理论的研究工作。当时他在前苏联里海海军专利局工作,在处理世界各国著名的发明专利过程中,Altshuller 发现任何领域的产品改进、技术的变革、创新与生物系统一样,都存在产生、生长、成熟、衰老、灭亡,是有规律可循的。人们如果掌握了这些规律,就能能动地进行产品设计并能预测产品的未来趋势。以后数十年中,Altshuller 穷其毕生的精力致力于 TRIZ 理论的研究和完善。在他的领导下,前苏联的研究机构、大学、企业组成了 TRIZ 的研究团体,分析了世界近 250 万份高水平的发明专利,总结出各种技术发展进化遵循的规律模式,以及解决各种技术矛盾和物理矛盾的创新原理和法则,建立一个由解决技术实现创新开发的各种方法、算法组成的综合理论体系,并综合多学科领域的原理和法则,建立起 TRIZ 理论体系。TRIZ 主要在产品设计上可以对设计者有很大的帮助。如今已经有很多企业关注 TRIZ 理论,并且通过 TRIZ 进行企业产品创新。

所有系统的进化都是遵循一定的客观规律,系统朝着某一个理想状态进化时,系统中任何一个运行状态的改进都会引起其他部分的改变,从而导致产生矛盾冲突。因此解决系统改善中的矛盾问题便是 TRIZ 理论的核心思想。

通过对 250 万份专利的研究,TRIZ 理论提出了一套健壮、庞大、缜密的创新问题解决方法,其中,矛盾一直是 TRIZ 的核心思想。理论中也描述了一种技术矛盾冲突的一般性抽象描述,即 39 个通用工程参数^[5],如表 1 所示。

表 1 39 个通用工程参数名称

| 序号 | 名称 | 序号 | 名称 |
|----|----------|----|----------------|
| 1 | 运动物体的质量 | 21 | 功率 |
| 2 | 静止物体的质量 | 22 | 能量损失 |
| 3 | 运动物体的长度 | 23 | 物质损失 |
| 4 | 静止物体的长度 | 24 | 信息损失 |
| 5 | 运动物体的面积 | 25 | 时间损失 |
| 6 | 静止物体的面积 | 26 | 物质或事物的数量 |
| 7 | 运动物体的体积 | 27 | 可靠性 |
| 8 | 静止物体的体积 | 28 | 测试精度 |
| 9 | 速度 | 29 | 制造精度 |
| 10 | 力 | 30 | 物体外部有害因素作用的敏感性 |
| 11 | 应力或压力 | 31 | 物体产生的有害因素 |
| 12 | 形状 | 32 | 可制造性 |
| 13 | 结构的稳定性 | 33 | 可操作性 |
| 14 | 强度 | 34 | 可维修性 |
| 15 | 运动物体作用时间 | 35 | 适应性及多用性 |
| 16 | 静止物体作用时间 | 36 | 装置的复杂性 |
| 17 | 温度 | 37 | 监控与测试的困难程度 |
| 18 | 光照度 | 38 | 自动化程度 |
| 19 | 运动物体的能量 | 39 | 生产率 |
| 20 | 静止物体的能量 | | |

在实际问题中,使用者将自己所面临的创新难题进行思考抽象,把问题对应于表 1 中的某项,然后配合表 2 中的 40 条创新原理^[6],寻找与之相应的创新源来对创新问题进行求解。TRIZ 通过统计整理出一个 39 × 39 的矛盾矩阵,列为改善的参数,行为恶化的参数,在行列相交处列出用于解决由这两个参数构成的技术矛盾所推荐的创新原理的序号,如表 3 所示。其中,首行与首列的序号分别表示表 1 中的工程参数,其余表格里的序号则对应表 2 中 40 条创新原理的标号(因篇幅所限,矛盾矩阵表随机地选取几个行列,未全在文章中出现)。

目前有一些研究对于 TRIZ 理论作出了扩展,将 TRIZ 理

论推广到其他创新领域^[5,7,8],如 40 创新原理在服务业^[6,9]、管理中^[10,11]、教育中^[12,13]的应用。实际上无论是 39 个工程参数还是 40 创新原理,再到矛盾矩阵,都是围绕技术产品设计上构建的方法。如果简单照搬这些理论到非技术领域创新中,一定无法达到 TRIZ 理论本应有的效果。因此如何在不同领域中建立对应的创新参数、创新原理和矛盾矩阵是下面要讨论的重点,称其为企业创新矛盾矩阵,以区分 TRIZ 中已经形成的矛盾矩阵。

表 2 40 个创新原理

| 序号 | 名称 | 序号 | 名称 | 序号 | 名称 |
|----|---------|----|--------|----|-------|
| 1 | 分离法 | 15 | 动态法 | 29 | 压力法 |
| 2 | 提取法 | 16 | 部分超越法 | 30 | 柔化法 |
| 3 | 局部质量改善法 | 17 | 多维运作法 | 31 | 孔化法 |
| 4 | 非对称法 | 18 | 机械振动法 | 32 | 色彩法 |
| 5 | 组合法 | 19 | 离散法 | 33 | 同化法 |
| 6 | 一物多用法 | 20 | 有效运作持续 | 34 | 自生自弃法 |
| 7 | 套叠法 | 21 | 快速法 | 35 | 性能转换法 |
| 8 | 巧提重物法 | 22 | 变害为利法 | 36 | 相变法 |
| 9 | 预先反作用法 | 23 | 反馈法 | 37 | 热膨胀法 |
| 10 | 预先作用法 | 24 | 中介法 | 38 | 逐级氧化法 |
| 11 | 预置防范法 | 25 | 自服务法 | 39 | 惰性环境法 |
| 12 | 等势法 | 26 | 复制法 | 40 | 复合材料法 |
| 13 | 逆向运作法 | 27 | 替代法 | | |
| 14 | 曲线曲面化法 | 28 | 系统替代法 | | |

表 3 技术矛盾矩阵表

| 工程参数序号 | 1 | 2 | 3 | 5 | 19 | 30 | 39 |
|--------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | | | 15,17 38,34 | 29,17 38,34 | 35,12 34,31 | 22,21 18,27 | 35,3 24,37 |
| 2 | | | | | | 2,19 22,37 | 1,28 15,35 |
| 3 | 8,15 29,34 | | | 15,17 4 | 8,35 24 | 1,15 17,24 | 14,4 28,29 |
| 5 | 2,17 | | 14,15 | | 19,32 | 22,33 | 10,26 |
| 19 | 19,24 3,14 | 2,15 19 | | 6,19 37,18 | | 1,35 6,27 | 12,28 35 |
| 30 | 22,33 2,24 | 1,19 32,13 | 1,24 6,27 | 19,22 35,2 | 1,24 6,27 | | 22,35 13,24 |
| 39 | 35,21 28,10 | 26,17 19,1 | 35,10 38,19 | 35,20 10 | 35,10 38,19 | 22,35 13,24 | |

2 知识发现与关联规则

知识发现^[14,15]是从数据集中挖掘出有效的、潜在有用的信息知识的过程。知识发现将信息变为知识,从数据矿山中找到蕴藏的知识金块,因此知识发现也是数据挖掘的一种更广义的说法。对于知识发现与数据挖掘的研究,无论在理论还是应用上都是当前的热点^[16-19]。在构建 TRIZ 矛盾矩阵前,这里先对数据挖掘中与关联规则相关的一些名词给解释,具体详见文献[20]。

定义 1 设 I 是项的集合,相关的数据 D 是事务的集合,其中每一个事务 T 是项的集合,使得 $T \subseteq I$ 。设 A 是一个项集,事务 T 包含 A 当且仅当 $A \subseteq T$ 。如果 $A \subseteq I, B \subseteq I$, 并且 $A \cap B = \emptyset$, 则 $A \Rightarrow B$ 在事务集 D 中存在,即 A 与 B 存在关联规则。

定义 2 规则 $A \Rightarrow B$ 在事务集 D 中成立,存在支持度 \sup , \sup 为事务 $A \cup B$ 在事务集 D 的比例,即概率 $P(A \cup B)$, 记做

$$\sup(A \Rightarrow B) = P(A \cup B) \quad (1)$$

定义 3 规则 $A \Rightarrow B$ 在事务集 D 中成立,存在置信度 con , con 为条件概率 $P(B|A)$,记做

$$con(A \Rightarrow B) = P(B|A) \quad (2)$$

定义 4 任意 $X \subset I, Y \subset I$,规则 $X \Rightarrow Y$ 满足系统设定的最小支持度 (min_sup) 和最小置信度 (min_con),则 $X \Rightarrow Y$ 成为强规则。

定义 5 任意 $X \subset I, Y \subset I$,规则 $X \Rightarrow Y$ 满足最小支持度的 k 项集 $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$,称为频繁项集 L_k 。

3 企业创新

3.1 企业创新的划分

盈利是企业存在的根本目的,而降低成本、开拓新市场、提高资本效益、提高产品附加价值等企业经营手段,从古至今都受到企业极度的重视。为了达到这些目的,企业做出的一切工作都是创新。德国弗劳恩霍夫协会将企业创新分为创新战略、知识结构核心能力、创新过程、项目管理、文化、组织伙伴、市场、核心技术和产品服务这九个创新领域^[21],从不同角度用记分卡来衡量企业创新的程度与能力。这里,依据弗劳恩霍夫协会的企业创新九个领域为基础,再将每个领域划分为更小的有层次关系的创新指标器,使用层次分析法 AHP^[22] 构建相应指标器与领域之间的映射关系,企业的创新能力可以抽象为一种具体的得分,如图 1 所示。

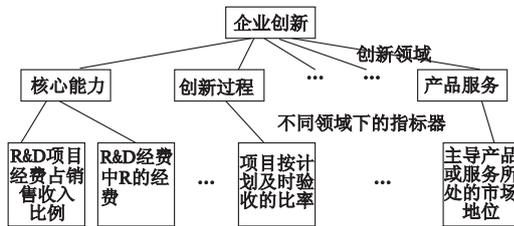


图1 企业创新领域—指标结构

设企业对于所有指标器构成项集:

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$$

由所有指标器的抽象层为九大领域:

$$\{I_1, I_2, \dots, I_9\}$$

第 k 个领域创新得分计算公式为

$$I_k = \sum_{j=1}^n w_{kj} \times i_{kj} \quad k \in [1, 9]$$

领域 1 创新战略

- 指标 (11), 技术创新战略在企业整体战略中的地位
- 指标 (12), 技术创新战略目标与同行企业目标比较
- 指标 (13), R&D 项目经费占销售收入比例
- 指标 (14), R&D 经费中 R 的经费
- 指标 (15), 研究项目中预研项目比例

领域 2 核心能力与知识结构

- 指标 (21), 主导产品或服务核心技术的行业地位
- 指标 (22), 主导产品或服务核心技术自给率
- 指标 (23), 授权发明专利中设计专利的比重
- 指标 (24), 企业使用外部技术成果的比例
- 指标 (25), 企业近三年技术开发成果应用率
- 指标 (26), 企业当年采用员工创新建议数量
- 指标 (27), 企业研发人员占员工比例
- 指标 (28), 高级研发人员占研发人员比例
- 指标 (29), 国际化人才占研发人员比例

领域 3 创新过程

- 指标 (31), 技术创新项目中有系统执行计划的比例
- 指标 (32), 技术创新项目按计划开展节点检查比率
- 指标 (33), 技术创新项目按计划及时验收的比率
- 指标 (34), 研发实验经费满足实际需要项目的比率
- 指标 (35), 成果转化经费满足实际需要项目的比率
- 指标 (36), 创新信息资源满足实际需要项目的比率
- 指标 (37), 物理技术平台满足实际需要项目的比率
- 指标 (38), 专业研究工具等满足实际需要项目比率
- 指标 (39), 材料等供应满足实际需要项目的比率

领域 4 项目管理

- 指标 (41), 近三年规划创新项目如期执行的比率
- 指标 (42), 近三年创新项目按时完成任务的比率
- 指标 (43), 近三年创新项目实现预期目标的比率
- 指标 (44), 近三年创新项目成本控制目标达标率
- 指标 (45), 技术创新项目中有风险控制措施的比率
- 指标 (46), 风险控制措施取得良好效果项目的比率

领域 5 创新文化

- 指标 (51), 领导班子当年专题研究创新工作次数
- 指标 (52), 研发人员收入是员工平均收入的倍数
- 指标 (53), 当年提创新建议人员占员工总数比率
- 指标 (54), 企业最高科技奖为年均收入的倍数
- 指标 (55), 研发人员年均参加外部学术交流次数
- 指标 (56), 研发人员平均获得创新奖励的比率

领域 6 组织结构与伙伴网络

- 指标 (61), 核心研发团队自我管理程度
- 指标 (62), 专职研发人员的组织承诺度
- 指标 (63), 研发团队内月均正式学术交流次数
- 指标 (64), 上年专题研讨技术及市场变化次数
- 指标 (65), 前三年研发团队调整的及时性
- 指标 (66), 建立稳定合作关系的创新伙伴数量
- 指标 (67), 前三年平均聘用外部技术专家人次
- 指标 (68), 在海外建立技术信息及研发机构数量

领域 7 市场开发

- 指标 (71), 企业年均开展专题市场及客户研究次数
- 指标 (72), 发现市场机遇先于竞争对手的比率
- 指标 (73), 企业老客户中回头客的比率
- 指标 (74), 创新项目听取客户意见的比率
- 指标 (75), 创新项目听取供应商意见的比率

领域 8 核心技术

- 指标 (81), 企业近五年获美欧日授权发明专利数量
- 指标 (82), 企业授权发明专利及核心技术总量
- 指标 (83), 企业有效发明专利及核心技术数量
- 指标 (84), 企业近三年开展或使用技术预见次数
- 指标 (85), 企业近三年开展创新方法推广次数
- 指标 (86), 专门知识管理人员占研发人员比重

领域 9 产品服务

- 指标 (91), 主导产品或服务所处市场地位
- 指标 (92), 主导产品或服务所处生命周期阶段
- 指标 (93), 主导产品或服务的特定市场占有率
- 指标 (94), 企业新产品和服务销售收入率
- 指标 (95), 主导产品和服务创新上的领军人数
- 指标 (96), 产品和服务创新专用研发设备净值

在本次研究中,以 300 余家不同类型的企业为研究对象,

提取了相关数据作为企业创新指标器数据,取其中一部分数据展示如图 2 所示。

| 企业 | 企业盈利 | 企业产品 | 企业生产 | 企业产品 | 企业科技投入 | 企业 | (T-1) 年 | 企业全部 |
|----------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|------|
| 142991 | 12599 | 140041 | 133848 | 11354 | 6736 | 6105 | 5192 | 79 |
| 58226 | 17909 | 59098 | 43624 | 17979 | 2634 | 2634 | 2476 | 20 |
| 24160 | 563 | 24160 | 10063 | 563 | 2119 | 2119 | 1038 | 24 |
| 50930 | 8968 | 49214 | 39694 | 8968 | 2327 | 2276 | 1687 | 42 |
| 397517 | 35351 | 394694 | 197668 | 27441 | 9577.2 | 5971.2 | 7816 | 11 |
| 54559 | 7621 | 54559 | 39012 | 7621 | 1762 | 1360 | 1204 | 11 |
| 33898.44 | 5425.11 | 33915.62 | 30890.5 | 4604.93 | 1059.65 | 1059.65 | 1153.21 | 12 |
| 30459 | 4405 | 30459 | 18000 | 6436 | 1184 | 1184 | 1038 | 20 |
| 67104 | 8979 | 67104 | 59278 | 8994 | 2927 | 2927 | 2511 | 36 |
| 76131.6 | 23991.3 | 76131.6 | 62319.6 | 27708.6 | 17066.5 | 1748 | 11948.3 | 99 |
| 31168 | 2222 | 30700 | 28318 | 2861 | 1232 | 952 | 1013 | 10 |
| 43971 | 8588 | 43966 | 39726 | 8592 | 19060 | 19060 | 15141 | 40 |
| 103856 | 38295 | 100896 | 93972 | 54594 | 4813 | 2450 | 5443 | 27 |
| 1422.96 | 10811.1 | 124206.3 | 116423.3 | 8905.2 | 6720.75 | 4320.27 | 4878.35 | 35 |
| 93287 | 1836 | 93287 | 88288 | 1836 | 3075 | 3075 | 2829 | 28 |
| 6830.7 | 1238 | 6624.4 | 4733.8 | 1238 | 1072 | 1072 | 764 | 4 |
| 11047.18 | 728.87 | 11047.18 | 11394.28 | 719.12 | 1141.64 | 744.95 | 1154.73 | 15 |

图2 企业创新指标器部分数据

3.2 建立企业创新矛盾矩阵

TRIZ 中矛盾矩阵及其相应的参数与创新原理是由 250 万份专利分析统计而构建的。目前无法用如此多的企业数据进行实验,同时本文的目的并不是给出一个严格的对应 TRIZ 的企业矛盾矩阵。这里主要是给出一种构造思想和方法,因此本文选用 300 家大中型企业数据为基础,并且使用数据挖掘工具进行关联分析实验。构建方法如下:

a) 设企业对于所有指标器构成项集: $I = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$ 。

b) 使用预定义分层对量化属性离散化处理,用区间标记代替原数值,这里将每个指标器划分为五个离散区间: $i_k = \{i_k^{-2}, i_k^{-1}, i_k^0, i_k^1, i_k^2\}$, $k \in I$ 。设定阈值 i_{k0} 表示创新及格线,有 $i_{k+} > i_{k0} > i_{k-}$ 。其中“>”表示优于(针对本文中指标器的选择可以把其视为大于号,即大数值一定优于小数值,即 i_{k+} 的创新程度优于 i_{k0} , i_{k-} 的创新程度差于 i_{k0})。 i_{k0} 创新度及格区间的划分不特定,应该根据具体概率分布相应考虑,这里使用平均分布作为划分。为了便于下面处理将指标器数据集 I 映射为一般事务项集 D 。其中 $i_k \rightarrow \{d_{k \times 5-4}, d_{k \times 5-3}, d_{k \times 5-2}, d_{k \times 5-1}, d_{k \times 5}\}$, $i, d \in I; d_{k \times 5-4}$ 表示指标器 i_k 创新度最差, $d_{k \times 5}$ 表示指标器 i_k 创新度最好。例如,对“企业盈利”分层离散化,可以记为“小于 5 千万”“5...1 亿”“1 亿 - 1...1.5 亿”“1.5 亿 - 1...2 亿”“2 亿以上”。

c) 设定最小支持度 \min_sup 与置信度 \min_con ,从项集 I 中搜索全部频繁项集 L 。

d) 使用经典 Apriori 算法^[20]对指标器分层项集进行关联频繁项集挖掘。具体方法伪代码如下:

```

L1 = {频繁 1 项集};
for ( k = 2; L_{k-1} ≠ ∅; k++ ) do
  begin
    C_k = apriori(L_{k-1}); //产生一个候选集
    for all transactions t ∈ T do
      begin
        C_t = subset(C_k, t); // 把 t 的子集作为候选集
        for all 候选 c ∈ C_t do
          c.count ++;
        end
        L_k = { c ∈ C_k | c.count > min_sup }
      end
    return L = ∪_k L_k;
  procedure apriori(L_{k-1})
  for all 项集 l_1 ∈ L_{k-1} do
    begin
      for all 项集 l_2 ∈ L_{k-1} do
        begin

```

if $(l_1[1] = l_2[1]) \wedge (l_1[2] = l_2[2]) \wedge \dots \wedge (l_1[k-2] = l_2[k-2]) \wedge (l_1[k-1] = l_2[k-1])$

then 连接 l_1, l_2 产生候选集 c

for all 项集 $c \in C_k$ do

for all c 的 $k-1$ 子项集 s do

if $(s \notin L_{k-1})$ then

delete c from C_k ;

else

add c to C_k ;

end

end

end

其中: L_k 表示频繁 k 项集; C_k 表示候选频繁 k 项集; t 表示某企业完整的创新指标器记录; T 表示全体数据库数据。规则如图 3 所示。

| 项集 | 规则 |
|--------|---|
| e. 646 | 企业有效发明专利及核心技术数 < 2 -> 企业当年采用员工创新建议数 < 1.804401282 |
| e. 646 | 企业近三年开发新方法专利数 < 2.9209599, R4 经费申请数 < 6271.171929268 -> 主营产品数 |
| e. 647 | 研发投入增加与专利数 < 687469425 - 1, 技术职称评审通过率 < 140031955, |
| e. 647 | 研发人员的增加与专利申请数 < 5.280014886, 在境外建立技术成果及研发机构数 < 0.0581880205, |
| e. 648 | 研发投入增加与专利申请数 < 5.280014886, R4 经费申请数 < 6271.171929268 -> 企业近三年 |
| e. 649 | 企业新增海外专家数 < 2.0586689596, 在境外建立技术成果及研发机构数 < 0.0581880205 -> 企业新增 |
| e. 650 | 研发投入增加与专利申请数 < 5.280014886, 在境外建立技术成果及研发机构数 < 0.0581880205 -> 企业新增 |
| e. 650 | 企业使用国外技术成果数 < 3.0070197145 -> 主营产品数 < 1.4024883962 |
| e. 651 | 企业有效发明专利及核心技术数 < 2, 研发投入增加与专利数 < 5.280014886, 委托外单位开发科技项目数 < 988.432311328, |
| e. 651 | 研发投入增加与专利申请数 < 687469425 -> 企业新增海外专家数 < 5.037411192 -> 企业新增海外工 |
| e. 651 | 研发投入增加与专利申请数 < 687469425 - 1, 在境外建立技术成果及研发机构数 < 0.0581880205, |
| e. 652 | 研发投入增加与专利申请数 < 687469425, 企业新增海外专家数 < 5.037411192 -> 企业新增海外工 |
| e. 652 | 企业近三年开发新方法专利数 < 2.9209599 - 14.4 -> 主营产品数 < 946658522, |
| e. 652 | 研发投入增加与专利申请数 < 687469425, 企业新增海外专家数 < 5.037411192 -> 主营产品数 |
| e. 652 | 企业新增海外专家数 < 2.0586689596 -> 企业近三年开发新方法专利数 < 2.92095999, |
| e. 652 | 技术职称评审通过率 < 140031955, 企业新增海外专家数 < 2.0586689596 -> 主营产品 |

图3 规则图

e) 消除强规则中无意义规则:

$$\frac{\sup(A \cup B)}{\sup(A) \times \sup(B)} < 1$$

f) 消除无指导意义的规则:

$$i_k \rightarrow \{d_{k \times 5-p}\} \quad p \in \{1, 2, 3, 4\}$$

(a) $\{d_{k \times 5-p}\}, p \in \{1, 2, 3, 4\}$ 是由 i_k 分层离散化来的,因此之间无关联、无意义。

$$(A(i^+) \rightarrow B(i^+)) \wedge (A(i^-) \rightarrow B(i^+))$$

$$(A(i^+) \rightarrow B(i^-)) \wedge (A(i^-) \rightarrow B(i^-))$$

$$(A(i^-) \rightarrow B(i^-)) \wedge (A(i^-) \rightarrow B(i^+))$$

$$(A(i^+) \rightarrow B(i^-)) \wedge (A(i^+) \rightarrow B(i^+))$$

(b) 如果指标器 A 指标好于平均值或者差于平均值都可以推出 B ,则此规则也无指导意义。

g) 将创新领域为行与列,建立 9 维矩阵 M 。每个行列交叉单元 m_{ij} 中, $i, j \in [1, 9]$ 表示当创新领域 i 受到领域 j 的影响,其中哪些指标器起到关键作用。 m_{ij} 中元素是由步骤 c) ~ f) 中产生关联规则得到的。

产生方法如下:对于任意关联规则 $rule = A(i_j) \rightarrow B(i_k)$,如果 $i_j \in$ 领域 $j, i_k \in$ 领域 k ,并且 $\text{con}(A(i_j) \rightarrow B(i_k)) > \min_con$,那么 $rule = A(i_j) \rightarrow B(i_k)$ 作为矩阵第 j 行 k 列元素的候选项。

如果存在 $rule = A(i_j) \wedge C(i_m) \rightarrow B(i_k)$,即前向多余 1 项时,如果 $i_j, i_m \in$ 同一个领域 p ,并且 $\text{con}(A(i_j) \wedge C(i_m) \rightarrow B(i_k)) > \min_con$,那么 $rule = A(i_j) \wedge C(i_m) \rightarrow B(i_k)$ 作为矩阵第 p 行 k 列元素的候选项。

对于上述规则中,如果 $i_j, i_m \notin$ 相同领域,此规则在矛盾矩阵中不予考虑。

由于管理问题的特征所限,它是人为定义的非结构化问题,所以候选项必须经过专家认定方可放入矩阵成为矩阵元素。如表 3 所示(表大小所限仅取领域 1,2,6,9 与有代表性规

则为例)。表中,任意 $\langle i-p \rangle$ 表示指标器 i 直接影响到指标器 p ; $\langle i,j-p \rangle$ 表示指标器 i 与 j 共同影响指标器 p 。例如, c_{12} 中 $\langle 24-11 \rangle$ 表示指标器(24)影响指标器(11)的创新程度,即企业使用外部技术成果的比例会影响技术创新战略在企业整体战略中的地位,当企业想改善其企业整体战略中的地位时,应当考虑企业使用外部技术成果的比例。

表 3 企业创新矛盾矩阵实例

| 领域 | 1 | 2 | ... | 6 | ... | 9 |
|----|---|--|-----|--|-----|---|
| 1 | | $\langle 24-11 \rangle$ $\langle 29-15 \rangle$ | | $\langle 68-13 \rangle$ $\langle 68-14 \rangle$ $\langle 63,67-11 \rangle$ | | $\langle 91-11 \rangle$ $\langle 96,91-13 \rangle$ |
| 2 | $\langle 11-24 \rangle$ $\langle 13,14-28 \rangle$ | | | | | $\langle 93-23 \rangle$ |
| 3 | $\langle 13-33 \rangle$ $\langle 13-34 \rangle$ | $\langle 28-31 \rangle$ $\langle 28-33 \rangle$ | | $\langle 68-31 \rangle$ | | |
| ⋮ | | | | | | |
| 9 | $\langle 11-91 \rangle$ $\langle 14-96 \rangle$ | $\langle 24-91 \rangle$ | | $\langle 68-91 \rangle$ | | |

原 TRIZ 矛盾矩阵中矩阵单元对应创新原理,而本文设计的企业创新矛盾矩阵是对应指标器之间的关系,再结合专家干预,去除无指导意义的指标器关系。

3.3 企业创新矛盾矩阵的使用

实例 1 如果企业对于自己产品创新不满意,则可以根据指标器表对应领域 9,先对产品创新有个全面的认识,然后通过查阅企业创新矛盾矩阵第 9 行信息,可以通过战略、技术、项目等领域多方面对产品进行创新改造。如根据企业创新矛盾矩阵中 c_{91} 与 c_{92} 中 $\langle 13-96 \rangle$ $\langle 24-91 \rangle$,企业需要提高研发经费,或者通过外部企业帮助来提高自身产品问题等。

实例 2 如果企业某一创新指标存在问题,企业可以通过查询企业创新矛盾矩阵来发现该指标可能会影响到的其他方面。如企业对在海外建立技术信息及研发机构不予重视,根据查询矩阵第六列信息得知,此指标器可能会影响到 c_{16} (海外建立机构可能会影响到企业的 R&D 项目经费占销售收入比例)、 c_{36} (海外建立机构会影响到项目按计划及时验收的比率)等。

4 结束语

本文使用创新领域替代 TRIZ 创新工程参数,使用指标器间关联规则代替创新原理,改进 TRIZ 矛盾矩阵使其能够更胜任于企业创新问题;并着重描述了企业创新矛盾矩阵的建立流程,建立了一种 9×9 的全新矛盾矩阵。由于目前实验仅仅使用了 300 余家企业数据,其公正性还无法与分析了 250 万份产品发明专利的原始 TRIZ 理论相比。不过,本文建立了创新矛盾矩阵的方法,在日后的工作中会对更多企业数据进行分析,将企业矛盾矩阵建设得更加合理与完善。

在此,希望更多的人了解 TRIZ 理论和矛盾矩阵方法,并且在创新工作和创新思想上作出更大的努力。

参考文献:

[1] YOON J, KIM K. An automated method for identifying TRIZ evolution trends from patents[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, **38**(12):15540-15548.

[2] WU Guo-rong, LI Yue, LIU Chuan-long. Discussion and research on the high building fire escape devices and TRIZ[C]//Proc of the 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering

Management. 2011:1676-1678.

[3] ALTSHULLER G. Creativity as an exact science[M]. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1994.

[4] ALTSHULLER G. The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation, and technical creativity[M]. Worcester: Technical Innovation Center, Inc., 1999.

[5] 赵新军. 技术创新理论(TRIZ)及应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.

[6] JIANG J C, SUN P, SHIE A J. Six cognitive gaps by using TRIZ and tools for service system design[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, **38**(12):14751-14759.

[7] TRAPPEY A J C, OU J J R, LIN G Y P, et al. An eco- and inno-product design system applying integrated and intelligent qfde and triz methodology[J]. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 2011, **20**(4):443-459.

[8] LI Zhen, TATE D, LANE C, et al. A framework for automatic TRIZ level of invention estimation of patents using natural language processing, knowledge-transfer and patent citation metrics[J]. *Computer-Aided Design*, 2011, **44**(10):987-1010.

[9] ZHANG Jun, CHAI K H, TAN K C. 40 inventive principles with applications in service operations management[EB/OL]. (2003-12). <http://www.triz-journal.com/archives/2003/12/>.

[10] 阿孜古丽·吾拉木,胡文珍,杨炳儒. 非工程领域中的 TRIZ[J]. *计算机工程与应用*, 2004, **40**(26):98-100.

[11] SOUCHKOV V. Breakthrough thinking with TRIZ for business and management: an overview[EB/OL]. (2007-03). [http://www.xtriz.com/TRIZ for BusinessAnd Management.pdf](http://www.xtriz.com/TRIZ%20for%20BusinessAnd%20Management.pdf).

[12] JIANG Fan, ZHANG Chun-liang, XIAO Zhong-min. Study on innovative training system in local university based on TRIZ theory[C]//Proc of International Conference on Engineering Education and Management. 2012:301-307.

[13] MARSH D G, WATERS F H, MARSH T D. 40 inventive principles with applications in education[EB/OL]. (2004-04-04). <http://www.trizjournal.com/archives/2004/04/04.pdf>.

[14] 杨炳儒. 基于内在认知机理的知识发现理论[M]. 北京:国防工业出版社, 2009.

[15] YANG Bing-ru. Knowledge discovery based on inner mechanism: construction, realization and application[M]. [S. l.]: Elliott & Fitzpatrick Inc. 2004.

[16] 杨炳儒, 慕艳霞. KDD 中因果关联规则的评价方法[J]. *软件学报*, 2002, **13**(6):1142-1147.

[17] 杨炳儒, 孙海洪. 基于双库协同机制的挖掘关联规则算法 Marad-bcm[J]. *计算机研究与发展*, 2002, **39**(11):1447-1455.

[18] 杨炳儒, 李晋宏. 面向复杂系统的知识发现过程模型 KD(D&K)及其应用[J]. *自动化学报*, 2007, **33**(2):151-155.

[19] HAN Jia-wei, FU Yong-jian. Discovery of multiple-level association rules from large databases[C]//Proc of the 21th International Conference on Very Large Data Bases. 1995: 420-431.

[20] AGRAWAL R, IMIELINSKI T, SWAMI A. Mining association rules between sets of items in large databases[C]//Proc of ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. New York: ACM Press, 1993:207-216.

[21] 布凌格. 聚焦创新[M]. 王河新, 刘百宁, 译. 北京:科学出版社, 2007.

[22] NAVNEET B, RAI K. Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process[M]. London: Springer-Verlag, 2004.