

DOI: 10.11992/tis.201804042

网络出版地址: <http://kns.net/kcms/detail/23.1538.TP.20180503.1148.005.html>

积累 N 次主动变换的传导知识挖掘

王丰, 顾佼佼, 林瑜

(海军航空大学, 山东 烟台 264001)

摘 要: 针对前 N 次可拓变换未引起与之相关的信息元发生传导变换, 而 $N+1$ 次主动变换才能引起与之相关的信息元发生传导变换的实际问题, 运用可拓变换、传导效应等, 并通过给出信息元某特征对于目标特征灵敏度的概念, 深入挖掘此类可拓变换及其传导变换的传导知识。通过对某型导弹武器系统定型过程中的试验数据进行分析, 表明该方法是对已有传导知识数据挖掘理论的完善和补充, 使传导知识挖掘的理论更加丰富、全面。

关键词: 可拓学; 可拓变换; 数据挖掘; 传导知识; 灵敏度; 武器系统定型; 信息元

中图分类号: TJ760 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4785(2019)05-1035-05

中文引用格式: 王丰, 顾佼佼, 林瑜. 积累 N 次主动变换的传导知识挖掘 [J]. 智能系统学报, 2019, 14(5): 1035-1039.

英文引用格式: WANG Feng, GU Jiaojiao, LIN Yu. Mining conducted knowledge by accumulating N active transformations[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2019, 14(5): 1035-1039.

Mining conducted knowledge by accumulating N active transformations

WANG Feng, GU Jiaojiao, LIN Yu

(The Naval Aviation University, Yantai 264001, China)

Abstract: Considering the fact that the N extensive transformations do not cause conductive transformation of related information elements, and only $N+1$ active transformation can cause conductive transformation of related information element, in this study, extensive transformation and conduction effect are applied, and the conducted knowledge of such extensive transformations and conductive transformation is deeply mined by giving the concept of sensitivity of a certain feature of information elements related to target features. Through the test data analysis in the process of finalizing a missile weapon system, it is shown that this method is perfect and supplementary to the existing theory of data mining for conducted knowledge, and makes the theory of conducted knowledge mining more comprehensive.

Keywords: extension; extension transformation; data mining; conduction knowledge; sensitivity; weapon system stereo-type; information element

相关性是可拓学^[1-2]中进行主动变换及引起传导变换的基础。复杂的相关关系网中, 只有在两个信息元之间存在相关性的前提下, 当对其中一个信息元特征的量值实施主动变换时, 才会引起另一个信息元发生传导变换。然而, 现实情况中, 当对一个信息元实施一次主动变换时, 并不能引起与之相关的信息元发生传导变换。而只有积累实施 N 次主动变换后, 才能引起与之相关的信息元发生传导变换。 N 非固定取值, 也会随着

时间或场景的变化而不同。例如, 某酒店在把饭菜价格提高后, 其就餐人数并未发生变化, 营业额和利润增加了。某段时间后, 该酒店再次将饭菜价格进行了提高。本次提价后, 酒店的就餐人数、营业额和利润都减少了。目前, 关于类似累计的主动变换及传导效应的研究文献还未见。

对信息元某特征的量值而言, 如何从累积多次的主动变换中挖掘出有用的传导知识, 将会对分析所实施的主动变换有着至关重要的作用。为此, 本文在主动变换、相关性、传导变换、传导效应的基础上, 结合灵敏度的概念, 重点研究某特

收稿日期: 2018-04-23. 网络出版日期: 2019-05-22.

通信作者: 王丰. E-mail: 1055478110@qq.com.

征的量值累积多次主动变换后,引起的传导变换的传导知识挖掘理论,丰富了可拓学的传导知识数据挖掘^[3-4]理论。为传导知识的数据挖掘提供了一个新方法和新思路,使传导知识数据挖掘理论更加全面。

1 积累多次主动变换的传导特征

为了方便,仅研究两个相关信息元之间的主动变换^[5-8]及其传导变换。记信息元

$$I_1(t) = (O_1(t), C_1(t), U_1(t)) = \begin{pmatrix} O_1(t), & c_{11}, & u_{11}(t) \\ & c_{12}, & u_{12}(t) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{1m}, & u_{1m}(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$I_2(t) = (O_2(t), C_2(t), U_2(t)) = \begin{pmatrix} O_2(t), & c_{21}, & u_{21}(t) \\ & c_{22}, & u_{22}(t) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{2n}, & u_{2n}(t) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 与 $I_2(t)$ 的特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 之间存在相关性, 即 $c_{1i}(I_1(t)) \sim c_{2j}(I_2(t))$ 。

在 t_0 时刻, 当对信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 的量值 $u_{1i}(t_0)$ 实施一次主动变换 φ 时, 信息元 $I_2(t)$ 的特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值 $u_{2j}(t_0)$ 没有发生传导变换。

当在 t_1 时刻, 对信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 的量值 $u_{1i}(t_1)$ 累积实施 2 次主动变换 φ 时, 信息元 $I_2(t)$ 的特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值 $u_{2j}(t_1)$ 发生了传导变换^[1]。

定义 1 称特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 是信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 累积 2 次主动变换 φ 的它传导特征。以此类推, 可给出定义 2。

定义 2 称特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 是信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 累积 n 次主动变换 φ 的它传导特征。

定义 3 若集合 $\{c_{2l}\}, l \in \{1, 2, \dots, n\}$ 中的元素均是信息元 $I_1(t)$ 特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 累积 n 次主动变换 φ 的它传导特征, 则称该集合为信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 累积 n 次主动变换 φ 的它传导特征集。

一般情况下, 若信息元 $I_2(t)$ 特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 是信息元 $I_1(t)$ 的特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 累积 n 次主动变换 φ 的它传导特征, 则在 t_m 时刻, 对信息元 $I_1(t)$ 特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 的量值 $u_{1i}(t_m)$ 经过 m 次主动变换 φ 后, 特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值 $u_{2j}(t_m)$ 也会发生传导变换。

2 积累多次主动变换的传导效应

t_0 时刻, 信息元

$$I_1(t_0) = \begin{pmatrix} O_1(t_0), & c_{11}, & u_{11}(t_0) \\ & c_{12}, & u_{12}(t_0) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{1m}, & u_{1m}(t_0) \end{pmatrix}$$

信息元

$$I_2(t_0) = \begin{pmatrix} O_2(t_0), & c_{21}, & u_{21}(t_0) \\ & c_{22}, & u_{22}(t_0) \\ & \vdots & \vdots \\ & c_{2n}, & u_{2n}(t_0) \end{pmatrix}$$

在 $t_n (t_n > t_0)$ 时刻, 当对信息元 $I_1(t)$ 特征 $c_{1i}, i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 的量值 $u_{1i}(t_n)$ 积累实施 n 次主动变换 φ 时, 信息元 $I_2(t)$ 特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值 $u_{2j}(t_n)$ 才发生传导变换。则 m 次主动变换 φ 的传导效应^[1]为 $C_{m\varphi} = u_{2j}(t_m) - u_{2j}(t_n)$ 。若 $C_{m\varphi} > 0$, 表明 m 次主动变换 φ 使特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值增加了。若 $C_{m\varphi} < 0$, 表明 m 次主动变换^[9-12] φ 使特征 $c_{2j}, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ 的量值减小了。

3 主动变换关于目标特征的灵敏度

在解决实际矛盾问题中, 若信息元 $I_2(t)$ 的特征 $c_{2k}, k \in \{1, 2, \dots, n\}$ 是要改善的量值的特征, 则称 c_{2k} 为目标特征。

t_0 时刻, 对信息元 $I_1(t) = (O_1(t), C_1(t), U_1(t))$ 特征 $c_{1l}, l \in \{1, 2, \dots, r, r \leq m\}$ 的量值 $u_{1l}(t)$ 进行主动变换, 都可以引起 $I_{2k}(t) = (O_2(t), c_{2k}, v_{2k}(t))$ 的量值发生变换。若数据库中有 q 个主动变换 q 个时刻 t_1, t_2, \dots, t_q 的数据, 则

$$I_{2k}(t_p) = (O_2(t_p), c_{2k}, v_{2k}(t_p)), \quad p \in \{1, 2, \dots, q\} \quad (3)$$

$$I_1(t_p) = (O_1(t_p), c_{1i}, v_{1i}(t_p)), i \in \{1, 2, \dots, m\} \quad (4)$$

记

$$E_{11} = \frac{\sum_{x=1}^e (v_{11}(t_p) - v_{11}(t_0))}{q},$$

$$E_{12} = \frac{\sum_{x=1}^e (v_{12}(t_p) - v_{12}(t_0))}{q}, \dots,$$

$$E_{1n} = \frac{\sum_{x=1}^e (v_{1n}(t_p) - v_{1n}(t_0))}{q}$$

为 $v_{1l}(t_p) - v_{1l}(t_0), l \in \{1, 2, \dots, r, r \leq m, p \in \{1, 2, \dots, q\}, e$ 个时刻 t_1, t_2, \dots, t_e, e 个主动变换的平均变化值。

归一化得

$$E_{1l}' = \frac{E_{1l}}{\max_{p \in \{1,2,\dots,q\}} \{v_{1l}(t_p) - v_{1l}(t_0)\}}, l = 1, 2, \dots, r, r \leq m \quad (5)$$

记

$$D_r = \frac{\sum_{x=1}^e (v_{kr}(t_p) - v_{kr}(t_0))}{e}, l = 1, 2, \dots, r, r \leq m$$

为由 $I_1(t) = (O_1(t), C_1(t), U_1(t))$ 的特征 $c_{1l}(l=1, 2, \dots, r, r \leq m)$ 的变换所引起的 $I_{2k}(t) = (O_2(t), c_{2k}, v_{2k}(t))$ e 个时刻的 $v_{2kl}(t_p) - v_{2kl}(t_0)$ 的平均值。

归一化得

$$D_l' = \frac{D_l}{\max_{p \in \{1,2,\dots,e\}} \{v_{2kl}(t_p) - v_{2kl}(t_0)\}}, l = 1, 2, \dots, r, r \leq m \quad (6)$$

称 $L_{2kl} = \frac{E_{1l}'}{D_l'}$, $l = 1, 2, \dots, r, r \leq m$ 为特征 c_l 关于目标特征 c_{2k} 的灵敏度^[13]。

4 实例分析

假设某型导弹武器 Q 的导航系统^[14-17]中, 部件 A 和部件 B 存在相关关系。部件 A 某个模块的振动值记为 $a(t)$, 部件 B 的平衡性能记为 $b(t)$, 导弹武器系统 Q 的整体性能记为 $c(t)$ 。在该导弹武器系统^[18]研究定型过程中, 累计了大量的试验数据。限于篇幅, 通过 10 次试验数据, 结合本文方法挖掘部件 A 的振动值对导弹武器系统 Q 的整体性能的传导知识。假设 10 次试验数据的量值如表 1 所示。

表 1 10 次试验数据的量值
Table 1 Values of 10 test data

试验次数	$a(t)$	$b(t)$	$c(t)$
0	0.019	0.75	0.81
1	0.018	0.78	0.81
2	0.017	0.79	0.812
3	0.016	0.81	0.814
4	0.015	0.82	0.815
5	0.014	0.85	0.818
6	0.013	0.86	0.822
7	0.012	0.865	0.819
8	0.011	0.88	0.818
9	0.01	0.89	0.815
10	0.009	0.91	0.813

将导弹武器系统 Q 的整体性能、部件 A 和部件 B 分别用信息元刻画为

$$I_A(t) = \begin{pmatrix} A, & \text{性能11,} & u_{11}(t) \\ & \text{振动值}a, & a(t) \\ & \vdots & \vdots \\ & \text{模块}1m, & u_{1m}(t) \end{pmatrix}$$

$$I_B(t) = \begin{pmatrix} B, & \text{性能21,} & u_{21}(t) \\ & \text{平衡性能}b, & b(t) \\ & \vdots & \vdots \\ & \text{性能}2m, & u_{2m}(t) \end{pmatrix}$$

和 $I_Q(t) = (Q, \text{整体性能}c, c(t))$ 。

选取导弹武器系统的整体性能 $c(t)$ 作为目标特征。通过表 1 数据, 在第 1 次试验数据 (对部件 A 实施第 1 次主动变换 ϕ , 将其振动值减小 0.001) 中, 部件 B 的平衡性能增加 0.03, 导弹武器系统的整体性能 c 并未发生变化。第 2 次试验数据 (对部件 A 实施第 2 次主动变换 ϕ , 将其振动值减小 0.001) 中, 部件 B 的平衡性能增加了 0.01, 导弹武器系统的整体性能 c 增加了 0.002。称导弹武器系统的整体性能 c 是信息元 $I_A(t)$ 的特征 a 累积 2 次主动变换^[2] ϕ 的它传导特征。

通过计算, 特征 b 的 $h(h=2, 3, \dots, 10)$ 次主动变换 ϕ 的传导效应分别为

$$\begin{aligned} C_{2\phi} &= b(t_2) - b(t_0) = 0.812 - 0.81 = 0.002, \\ C_{3\phi} &= b(t_3) - b(t_0) = 0.814 - 0.81 = 0.004, \\ C_{4\phi} &= b(t_4) - b(t_0) = 0.815 - 0.81 = 0.005, \\ C_{5\phi} &= b(t_5) - b(t_0) = 0.818 - 0.81 = 0.008, \\ C_{6\phi} &= b(t_6) - b(t_0) = 0.822 - 0.81 = 0.011, \\ C_{7\phi} &= b(t_7) - b(t_0) = 0.819 - 0.81 = 0.009, \\ C_{8\phi} &= b(t_8) - b(t_0) = 0.818 - 0.81 = 0.008, \\ C_{9\phi} &= b(t_9) - b(t_0) = 0.815 - 0.81 = 0.005, \\ C_{10\phi} &= b(t_{10}) - b(t_0) = 0.813 - 0.81 = 0.003. \end{aligned}$$

从表 1 中可见, 在第 6 次试验 (对部件 A 实施第 6 次主动变换 ϕ) 中, 目标特征 $c(t)$ 的量值最大。前 6 次主动变换关于特征 $a(t)$ 的平均变换量

$$\text{值为 } E_{a(t)} = \frac{\sum_{x=2}^5 (v_{a(t)}(t_x) - v_{a(t)}(t_0))}{5} = 0.004, \text{ 归一化得,}$$

$$E'_{a(t)} = 0.667。$$

目标特征 $c(t)$ 的平均值为 $D_{c(t)} = \frac{\sum_{x=2}^6 (v_{c(t)}(t_x) - v_{c(t)}(t_0))}{5} = 0.0062$, 归一化得, $D'_{c(t)} = 0.517$ 。

则特征 $a(t)$ 关于目标特征 $c(t)$ 的灵敏度为

$$L_{a(t)c(t)} = \frac{0.004}{0.0062} = 0.645$$

本文仅通过对 10 次实验数据的分析研究, 可以得到特征 $a(t)$ 关于目标特征 $c(t)$ 的灵敏度大小。在导弹武器系统定型、升级改造过程中必然会积累大量的实验数据, 可以根据本文方法和思路,

求得各个特征对目标特征的灵敏度分布,以寻求对目标特征最有利的特征的量值。从而为定型、改进提供关于各特征的理论参考数据。

5 结束语

现实问题中,经常遇到前 N 次可拓变换未引起与之相关的信息元发生传导变换,而 $N+1$ 次主动变换才能引起与之相关的信息元发生传导变换的情况。本文为了挖掘 $N+1$ 次积累主动变换的传导知识理论,将可拓变换、传导效应和灵敏度的概念引入到传导知识的挖掘中,充实和完善了传导知识的挖掘理论。下一步,将结合该型导弹武器系统工厂试验及设计、定型试验过程中产生的大量试验数据,利用计算机编程仿真,深入挖掘各项特征对该型战术导弹武器系统性能特征的灵敏度,为其定型、列装和改进提供理论和实践参考依据。

参考文献:

- [1] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 21-78.
- [2] 蔡文, 杨春燕, 陈文伟, 等. 可拓集与可拓数据挖掘[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 14-95.
- [3] 杨春燕, 蔡文. 挖掘同对象信息元的传导知识[J]. 智能系统学报, 2008, 3(4): 305-308.
YANG Chunyan, CAI Wen. Mining conductive knowledge in information elements possessed by an identical object[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2008, 3(4): 305-308.
- [4] WANG Feng, ZHANG Jinchun, LI Rihua. Process element on expansion of the random process's mean function and variance function[C]//Proceedings of Extenics and Innovation Methods-Proceedings of the International Symposium on Extenics and Innovation Methods. Beijing, China, 2013: 29.
- [5] 郭强, 邹广天. 基于决策树分类的可拓建筑策划预测方法[J]. 智能系统学报, 2017, 12(1): 117-123.
GUO Qiang, ZOU Guangtian. Prediction methods for extension architecture programming based on decision tree classification[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2017, 12(1): 117-123.
- [6] YAN Siwei, FAN Rui, CHEN Yuefeng, et al. Research on web services-based extenics aided innovation system[J]. Procedia computer science, 2017, 107(C): 103-110.
- [7] LI Xingsen, LIU Haitao, CHEN Cheng, et al. A hybrid information construction model on factor space and extenics[J]. Procedia computer science, 2017, 122: 1168-1174.
- [8] 蔡文, 杨春燕. 评价信息元及其原信息元的获取方法[J]. 智能系统学报, 2009, 4(3): 234-238.
CAI Wen, YANG Chunyan. A method for evaluation of information-elements and acquirement of the original information element[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2009, 4(3): 234-238.
- [9] 刘长亮, 鲍传美, 包化, 等. 可拓数据挖掘在高性能兵棋推演系统中的应用[J]. 指挥信息系统与技术, 2018, 9(1): 62-67.
LIU Changliang, BAO Chuanmei, BAO Hua, et al. Application of extensible data mining in high performance wargaming system[J]. Command information system and technology, 2018, 9(1): 62-67.
- [10] 汤龙, 杨春燕. 复杂基元相关网下的传导变换[J]. 智能系统学报, 2016, 11(1): 104-110.
TANG Long, YANG Chunyan. Conductive transformation under complicated basic-element correlative network[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2016, 11(1): 104-110.
- [11] 张园园, 张巨伟, 赵斌. 安全领域不相容问题的数学分析[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2018, 38(1): 55-59.
ZHANG Yuanyuan, ZHANG Juwei, ZHAO Bin. Mathematical analysis of incompatible problems in security domain[J]. Journal of Liaoning Shihua University, 2018, 38(1): 55-59.
- [12] 温树勇, 李卫华. 本体知识拓展分析树在可拓策略生成系统的应用[J]. 智能系统学报, 2014, 9(1): 115-120.
WEN Shuyong, LI Weihua. Application of ontology knowledge expansion analysis tree in the extension strategy generation system[J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2014, 9(1): 115-120.
- [13] 韩睿, 郑竞宏, 朱守真, 等. 基于灵敏度分析的同步发电机参数分步辨识策略[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(5): 74-80.
HAN Rui, ZHENG Jinghong, ZHU Shouzheng, et al. Step identification of synchronous generator parameters based on sensitivity analysis[J]. Electric power automation equipment, 2012, 32(5): 74-80.
- [14] 王丰, 张磊, 胡春万. 基于多级优度评价方法的导弹武器系统效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2017, 39(3): 74-77.
WANG Feng, ZHANG Lei, HU Chunwan. Efficiency evaluation of missile weapon system based on multi-level priority degree evaluation method[J]. Command control & simulation, 2017, 39(3): 74-77.
- [15] 花黄伟, 杨春燕. 可拓识别方法及其在无人车识别障碍物中的应用研究[J]. 广东工业大学学报, 2016, 33(4): 1-6.

HUA Huangwei, YANG Chunyan. Research on extension recognition method and its application on obstacles recognition of self-driving car[J]. Journal of Guangdong University of Technology, 2016, 33(4): 1–6.

- [16] 刘杨, 宋贵宝, 刘泽坤. 国外舰空导弹武器系统发展综述 [J]. 舰船电子工程, 2017, 37(9): 10-15, 22.

LIU Yang, SONG Guibao, LIU Zekun. A summary of the development of foreign ship-to-air missile weapon system[J]. Ship electronic engineering, 2017, 37(9): 10-15, 22.

- [17] 陈飞, 王鑫. 数据融合技术在导弹武器系统抗干扰性能评估中的应用 [J]. 航天电子对抗, 2017, 33(3): 1–4.

CHEN Fei, WANG Xin. Application of data fusion in anti-jamming performance evaluation of missile weapon equipment system[J]. Aerospace electronic warfare, 2017, 33(3): 1–4.

- [18] 王丰, 张磊. 可拓论的防空导弹武器系统效能的研究 [J]. 现代防御技术, 2018, 46(3): 9–17.

WANG Feng, ZHANG Lei. Effectiveness of air defense missile weapon system based on extension theory[J]. Modern Defense Technology, 2018, 46(3): 9–17.

作者简介:



王丰, 男, 1985 年生, 工程师, 主要研究方向为系统仿真分析与计算机软件集成。发表学术论文 20 余篇。



顾佼佼, 男, 1986 年生, 讲师, 博士, 主要研究方向为指控与火控。发表学术论文 10 余篇。



林瑜, 男, 1979 年生, 工程师, 主要研究方向为计算机软件及集成。发表学术论文 10 余篇。