



(中央高校基本科研业务费专项资金资助)

多属性决策模型 的选择反转问题研究

孔 峰 著



中国农业科学技术出版社



(中央高校基本科研业务费专项资金资助)

多属性决策模型 的选择反转问题研究

孔 峰 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

多属性决策模型的选择反转问题研究 / 孔峰著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2011. 12
ISBN 978 - 7 - 5116 - 0715 - 7

I. ①多… II. ①孔… III. ①决策模型 - 研究 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 228851 号

责任编辑 徐 毅 马广洋
责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)82106631 (编辑室) (010)82109704 (发行部)
(010)82109703 (读者服务部)
传 真 (010)82106631
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京华正印刷有限公司
开 本 850mm × 1 168mm 1/32
印 张 6.375
字 数 160 千字
版 次 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
定 价 19.00 元

版权所有 · 翻印必究

前 言

多属性决策的选择反转问题研究是国内最近几年兴起来的一个研究热点问题。造成选择反转现象的原因有很多,有决策者本身的原因,也有决策模型不足的原因。

特别是随着行为决策的逐渐兴起,人们对多属性决策问题的选择反转问题的研究也逐步深入展开,人们从心理学、行为学、运筹学、统计学等角度去分析产生选择反转的原因,改进传统的多属性决策模型,以提高决策质量和效率。

本书的研究从决策过程分析入手,分析了传统的多属性决策模型产生选择反转的原因,将决策者的一些行为偏好引入到了传统的多属性决策模型中,改进了传统的模型,使得选择反转现象在一定程度上得以克服和解决。本书没有专门针对由于决策者本身的心理或行为因素引起的选择反转问题进行研究,这方面的研究将是今后关于选择反转问题的一个新的研究方向。

本书的读者主要面向管理科学与工程、工商管理等专业的研究生,同时也可以作为决策分析领域的广大研究学者的参考阅读资料。

本书的研究是对多年来多属性选择反转问题的总结,在写作过程中,作者得到了许多学者和朋友的无私帮助,参考了大量的文献资料,这里对他们和文献的作者表示十分的感谢。其中,要特别感谢长期给予本人在学术上帮助的华北电力大学的牛东晓教授、黄元生教授,如果没有两位教授的长期支持和帮助,本书很难完成。

另外,作者的研究生张霄参与了部分章节的编写工作,研究

生张微等参与文章校对工作。在此，向他们表示感谢。

由于写作时间仓促，加之作者水平有限，书中难免有许多不妥之处，欢迎广大读者指正和批评。

本书受到中央高校基本科研业务费专项资金资助。

孔 峰

2011年9月于保定

目 录

第一章 选择反转问题的概述	(1)
1.1 研究背景和意义	(1)
1.2 多属性决策模型选择反转问题的研究现状	(4)
1.3 研究目标和主要研究思路	(10)
1.4 研究的特色	(11)
第二章 课题研究的相关理论基础	(13)
2.1 决策分析	(13)
2.2 多属性决策分析	(20)
2.3 效用理论	(24)
2.4 行为决策理论与行为决策理论模型	(30)
2.5 决策的客观性和主观性	(40)
2.6 运筹学决策模型与行为决策模型的关系	(41)
第三章 经典多属性决策理论和方法	(43)
3.1 决策指标体系的确定	(43)
3.2 指标的规范化方法	(48)
3.3 指标权重的确定方法	(63)
3.4 综合排序方法概述	(83)
第四章 规范化方法的逆序问题研究	(85)
4.1 逆序问题的提出	(85)
4.2 传统的规范化方法逆序问题及原因分析	(86)
4.3 基于决策者预期的规范化方法	(91)
第五章 信息权重的逆序问题研究	(95)
5.1 熵权的逆序问题	(96)

5.2	离差权的逆序问题研究	(102)
5.3	标准差权的逆序问题	(106)
5.4	变异系数权重的逆序问题	(109)
5.5	信息权重的使用局限性分析	(113)
第六章	双基点法的逆序问题与改进研究	(115)
6.1	基于距离测度的决策模型	(115)
6.2	传统 TOPSIS 及其不足	(120)
6.3	对 TOPSIS 的改进	(136)
6.4	夹角度量法的质疑分析	(140)
第七章	AHP 法的逆序问题与改进	(146)
7.1	传统 AHP 的步骤	(148)
7.2	传统 AHP 算法逆序现象的分析	(150)
7.3	典型 AHP 改进方法及其效果分析	(153)
7.4	对 AHP 的改进方法研究	(156)
7.5	模糊层次分析法的选择反转问题研究	(161)
第八章	灰色关联分析决策的逆序问题与改进	(164)
8.1	传统灰色关联分析模型简介	(164)
8.2	传统灰色关联分析的缺陷分析	(168)
8.3	传统灰色关联分析的改进	(171)
第九章	VIKOR 的逆序问题研究	(175)
9.1	VIKOR 的一般步骤	(176)
9.2	VIKOR 逆序算例	(178)
9.3	对 VIKOR 的产生逆序问题的看法	(186)
结束语和展望		(187)
参考文献		(188)

第一章 选择反转问题的概述

1.1 研究背景和意义

多属性（指标）决策（Multiple Attribute Decision Making, MADM）理论和方法研究是国际上管理学界的热点研究问题之一。多属性决策问题可以描述为：当前决策者所面临的决策问题越来越复杂，所面临的决策问题往往是要均衡地综合考虑多个相互矛盾、相互制约的因素或目标（被称为属性或指标），而且不同因素或目标比较评价优劣的准则（标准）经常是不同的，我们需要将这些因素综合在一起考虑来进行决策，这样的决策问题就是多准则决策问题。而当备选方案为有限数量时，习惯上又被称为多属性决策。

对于多属性决策问题其算法基本步骤是：首先确定影响决策的因素集，然后在标准化后的决策矩阵和各属性权重确定的基础上，利用一定数学方法计算出符合决策者期望偏好的各方案的综合效用指标，并进行比较和排序的理论和方法，因此多属性决策理论也称为多属性综合效用理论。

我们知道，决策的主体是人，是决策者对所面临的决策问题的一个“动态的心理核算过程”，即对备选方案进行综合评价和比较的一个心理核算过程。随着社会和科学技术进步和发展，人们发明了大量的决策模型和算法来模拟人类的心理核算过程，这些决策模型、算法是帮助人来进行决策的工具和方法，所以要求它们应该尽可能地符合人类的决策期望偏好，而不是代替人类的

思维和决策。

多属性决策问题的算法和模型中,最为常见的经典模型和方法有:层次分析法(AHP)、双基点法(接近理想点法——TOPSIS)、数据包络分析法(DEA)、简单加权平均法(SWA)、灰色关联分析法(GRA)、主成分分析法(PCA)等。随着这些方法的产生,多属性决策理论在各行各业得到了广泛的应用,为国民经济的健康快速发展提供了理论和方法依据,同时也在学术界得到了充分的重视。

但是自从 Belton 和 Gear (1983) 提出关于 Saaty 的 AHP 法产生的选择反转(国内也称为逆序问题)问题以来,在国际上对于一些常见的经典多属性模型和方法的有效性和保序性的争论就一直没有停止过。

所谓选择反转(Rank Reversal)是指:在某多属性决策问题中,在对相互独立的备选方案的优劣进行排序时,如果从备选方案集中删除一个或几个原有方案或者增加一个或几个新方案(备选方案集发生了变化),仍然按照原有的模型算法进行方案的优劣排序计算,决策结果会发生前后不一致的现象,即保留的原有备选方案的排序顺序会发生变化的现象。如原有方案 A 优于方案 B,当备选方案集发生变化后,重新按照原有方法进行优劣排序,却出现了方案 B 优于方案 A 的现象,这种现象就是选择反转。

由选择反转现象引出的问题是:对于决策结果的变化,我们无法知道的是决策结果到底哪个是正确的?即是变化前正确还是变化后正确?还是都不正确?这些争论中以对 AHP 选择反转问题的质疑最为激烈, Saaty 本人也参加进了争论和讨论之中。选择反转问题的解决方法称为保序问题研究。

研究者发现不仅是 AHP 法会导致选择反转现象,其他常用的多属性决策方法也同样可能会产生选择反转现象,如 TOPSIS、

GRA、DEA 等。另外,研究还发现除了这些综合排序模型和方法外,在多属性决策问题的其他环节,如指标的规范化处理方法、权重确定方法等也可能会导致选择反转现象的产生。

当前,对产生选择反转现象的原因研究重点和解释,大体可以分为两类:

一类研究认为选择反转是人类思维和决策过程中不可避免的现象,是决策者在决策过程中由于主观期望偏好发生变化或者信息不对称(或不完备)造成的,与决策模型和算法无关,其研究重点在于决策者本身的选择规律研究;

而另一类研究则认为即使决策者的期望偏好不发生变化,由于模型和算法本身存在的不足,也会发生选择反转现象,其研究重点在于决策模型和算法本身如何克服选择反转的产生问题。

本书认为上述两种研究的重点并不矛盾,只是侧重点不同而已。决策的主体是人,而不是模型和算法,更不是决策数据和信息。决策数据和信息是决策者的决策依据,而模型和算法只是决策者的工具和方法。

本书总结和研究了当前流行的一些决策模型和算法,通过综合分析,认为造成选择反转的主要原因有二:

一是有些研究者单纯地从决策数据本身出发,盲目追求模型和算法的客观性,总认为决策方法越客观越好,很少甚至不考虑决策者的期望偏好,显然这些模型和算法是不能反映决策者的主观偏好和意图的,计算结果也就不代表决策者的选择。这类模型算法的计算结果受到决策数据的直接影响,备选方案变化(即决策数据变化)很容易导致选择反转现象。如一些客观权重确定方法;

二是一些模型和算法中考虑决策者的主观期望偏好或者心理核算过程不完全,如缺少心理核算中方案的某些比较环节,造成

的模型和算法本身存在缺陷和不足,进而导致决策结果失真,选择反转现象的产生。如 AHP 法中未考虑属性之间的横向比较环节。

目前,在中国关于多属性问题的选择反转的研究还处在较低阶段,只有少数的文献资料涉及了这些方面的研究(主流研究仍然是盲目追求算法的客观性),其中大部分文章是近几年的论文,没有形成系统的研究。

试想一下,如果我们忽略了决策模型的选择反转问题,直接应用这些存在问题的方法和模型去处理实际中的问题,难免会造成决策效果和效率的大幅度降低,甚至严重影响国民经济的健康高速发展。

因此,从理论上系统地解决多属性决策理论和方法中的选择反转和保序问题的迫切性已经十分凸显了。该方面的研究成果将很大程度上提高多属性决策理论和方法研究水平,使其更好地为国民经济的高速健康发展提供更加科学的合理的理论和方法依据。

1.2 多属性决策模型选择反转问题的研究现状

现有研究文献中明确定义多属性决策中选择反转问题的研究可追溯至 Belton, Gear (1983) 和 Saaty (1984) 对于 AHP 选择反转问题的研究工作。之后,随着多属性决策理论和方法的不断发展,关于选择反转现象的研究逐渐增多起来,至今逐渐成为了国际上学术界的一个研究前沿问题。

关于多属性决策理论和方法研究可以分为四个部分的内容:决策指标体系的研究、各指标值的规范化处理方法研究、各指标的权重确定方法的研究以及综合排序算法的研究。目前关于多属性决策中选择反转问题的研究,大部分集中在第四部分,即综合

排序算法的研究上。但是通过文献研读和仿真实验发现,除了决策指标体系研究外,其余的环节都有可能会造成选择反转现象的产生。

下面就这三个方面的选择反转研究现状进行一个综述。

1.2.1 指标规范化处理方法与选择反转研究

指标的规范化处理是多属性决策方法的基础,刘树林和邱苑华(1998)对多属性决策中指标的规范化处理方法进行了比较全面的诠释,综述了已有的五类属性规范化方法,并提出新的关于偏离区间型指标的规范化方法,这些方法也是目前最为常用的指标规范化方法。

到目前为止,很少有文献专门去研究指标规范化处理方法造成的选择反转问题。其中少数有代表性的文献包括:章玲,周德群等(2006)研究了指标规范化公式导致违反无关方案独立性与产生逆序的问题,指出指标规范化方法中参数的取值不应该随着独立方案的变化而变化;Wang Y. M. (2008)做了一个较为全面的关于多属性决策理论中的选择反转问题的研究,其中提出简单加权平均法(SAW)中的指标规范化方法——线性变换法,能够导致选择反转现象的产生,并给出了指标规范化方法可能产生选择反转现象的具体算例。

其他的研究,如李艳凯,张俊容(2008)指出 TOPSIS 采用的指标规范化方法——向量变换法可能会导致逆序现象的发生,并提出了一定的改进方法。但是研究发现其改进方法仍然有可能导致逆序问题。李锋,魏莹(2008)也对 TOPSIS 的指标规范化方法提出了质疑,并提出了基于决策者的效用函数的改进方法。

总之在指标规范化方法与选择反转问题的研究上,至今还没有形成系统的研究体系。

1.2.2 指标权重的确定方法与选择反转研究

权重在多属性决策问题上起着至关重要的作用,权重的取值直接影响着决策结果。权重按照其确定方法和作用可以分为三大类:主观权重、客观权重和组合权重。其中客观权重又可以分为三类:信息权重、回归权重和统计权重。

在多属性决策问题中最为常用的权重有:主观权重、信息权重和组合权重等。

到目前为止,很少能检索到关于权重确定方法与选择反转问题的专门研究的文献。但是有一些在研究某多属性决策具体模型和算法时,提出在某些方法中使用的权重的确定方法存在不足,可能会导致决策结果不一致问题的产生。如王靖,张金锁(2001)分析对同一决策问题,不同的权重确定方法会导致不同的决策结果的问题;刘慧,戴锋(2003)通过对决策参数的敏感度分析,对由熵权决策分析法得出的决策排序结论进行了稳定性分析。

经过研究和仿真算例实验分析发现,三大类权重确定方法中,主观权重由于在确定过程中不考虑决策数据的分布特征,是按照决策者主观期望偏好给出的,只要决策者的主观偏好不变,权重也不会发生变化,因此不会由于权重的问题产生选择反转现象。

而最容易产生选择反转问题的是信息权重和组合权重。这些权重确定方法由于完全或者部分来源于决策数据的分布特征,由于备选方案的增减会影响到数据的分布特征(如,数据的熵、标准差等的变化),使得这些权重出现不稳定现象,进而造成选择反转现象的出现。可见,权重的确定方法与选择反转现象的产生有直接的联系,应该引起研究者的关注。

1.2.3 综合排序算法与选择反转研究

多属性决策中的选择反转问题的最初提出就是 Belton 和 Gear (1983) 从 AHP 的综合排序算法中引出的。有些学者甚至提出, 对于 AHP 的综合排序算法, 根本不存在一种很好的解决方法。近年来国际上, 对各种多属性综合排序算法的选择反转问题的研究的文章越来越多。主要集中在常用的一些多属性综合排序算法上如 AHP 法、理想点法 (如 TOPSIS 法)、GRA 法等。

Wang 和 Luo (2008) 对多属性决策问题中的选择反转问题做了一个综述性的介绍, 指出 Bordar-Kendall 法、AHP 法、SAW 法、TOPSIS 法和 DEA 法都会导致选择反转问题, 并给出算例, 但是该文献并没有给出具体的解决方法。

对于 AHP 的逆序问题, Wang 和 Elhag (2006) 对 AHP 的选择反转问题进行了总结分析, 在 Belton 和 Gear (1983) 提出的方法基础上改进了 AHP 的综合排序算法, 但是该算法对于减少方案时的情况和最初排序结果的正确性没有给出说明和解释。孔峰 (2007, 2009) 也系统地分析了 AHP 产生选择反转的原因, 证明了由 Saaty 提出的 AHP 综合排序算法得出的决策结果是不完全正确的, 并提出了基于决策者期望理想点或者基准参照点的新的 AHP 综合排序算法。在国际上, 关于 AHP 的选择反转问题的争论一直就没有停止过。

对于 TOPSIS 的逆序问题, 黄德才, 郑河荣 (2001) 指出其产生的逆序是因为选用了相对理想点的结果, 并证明如果使用绝对理想点, 不会出现逆序现象。众所周知, 分别用正、负理想点法对同一决策问题, 也会产生不同的决策结果。因此, 为了克服正、负理想点法的决策结果不一致问题, 产生了双基点法, 其中 TOPSIS 法就是以距离为测度的一种双基点决策法, 综合考虑了各个备选方案与正、负理想点的距离, 以相对贴近度为综合排序指标。目前关于 TOPSIS 法的选择反转问题的研究在国内较多,

但是在国际上比较少见。关于 TOPSIS 法于选择反转问题的研究, 比较有代表性的有, 胡永宏 (2002) 对 TOPSIS 的距离算法产生了质疑, 并提出了基于虚拟最劣样本的改进算法。陈伟 (2005) 指出 TOPSIS 方法中理想点的变化会造成选择反转, 权重的变化也可能造成选择反转问题, 但是研究发现其提出的改进方法存在不足, 该文献没有给出验证算例和证明。李艳凯, 张俊容 (2008) 较系统地分析了 TOPSIS 产生选择反转的原因, 其提出的基于参照标准和绝对理想解的改进算法是目前为止保序效果最为理想的一种。其余还有一些类似的文献, 这些文献虽然在一定程度上发现了 TOPSIS 存在的不足和产生选择反转的部分原因, 但是分析解释都不够完备、系统, 有待研究者做出更加深入系统的分析。

一些基于 TOPSIS 原理的算法如 VIKOR 法、投影法、夹角度量法等, 同样也存在与 TOPSIS 类似的缺点和不足。但是 VIKOR 算法却考虑了决策者的两种心理因素, 一是期望目标 (正理想点), 二是个别遗憾, 但是同样也存在逆序问题。

灰色关联分析 (GRA) 方法也是目前国内常用的一种多属性决策方法, 其通过各备选方案与参照方案的关联度来进行方案的排序。从灰色关联度的定义可以看出, GRA 也可以被近似地看作一种特殊的理想点法的, 参照方案即为正理想点, 但是这种方法也只考虑了与正参照方案 (正理想点) 的关联度, 没有考虑方案与负理想点的关联度问题, 因此也会出现类似正、负理想点法的决策结果不一致的问题。田民, 刘思峰等 (2008) 对灰色关联度的计算公式和方法进行了总结, 指出目前尚未有同时满足规范性和保序性的灰色关联度算法。针对这个问题, Chen M. 和 Tzeng G. (2004)、Luo D. 和 Liu S. (2005)、Kong F. (2006) 分别指出了传统关于关联系数定义和分辨率的取值方法中存在不足之处, 并分别提出了三种基于正、负参照方案的相

对灰色关联系数的定义，在一定程度上避免了选择反转问题的产生。

从上面的分析综合来看，在多属性决策理论和方法研究方面，已经形成了一些流行的模型和算法。选择反转现象的产生，使得人们对当前流行的一些多属性决策模型和算法的有效性和保序性提出了质疑。这个问题已经严重影响了多属性决策问题的决策效果，甚至会影响国民经济的健康发展。

虽然目前出现了一些改进算法，但是大部分方法也只是针对多属性决策模型和算法的某些个别现象提出的，至今没有形成完备的系统的理论研究体系。

我们注意到，在国际上，随着决策悖论研究和行为经济学的兴起，以人类实际决策行为为出发点，研究人类实际决策行为规律及其影响的行为决策理论越来越引起人们的兴趣。Kahneman 获得 2002 年度诺贝尔经济学奖，标志着行为决策的研究成果得到理论界的认可。行为决策的研究重点也不再是对传统理论的挑战，而是概括行为特征，提炼行为变量，将其运用到传统决策模型中去，使决策模型不仅包含备选方案的客观环境因素，还包含了决策者的认知心理和行为因素的影响，从而得到普适性更强的决策模型，使得传统的决策模型成为新的行为决策模型的特例。这些研究成果为我们的多属性决策选择反转问题的研究提供了很好的方法论和参考依据。

所以，要很好地解决前面提到的多属性决策中选择反转和保序问题，就需要我们系统地去研究这些问题，即以决策者的心理核算过程为基础，对多属性决策问题的选择反转现象进行系统地研究。

综合这些亟待研究问题主要有：

第一，充分分析和研究决策者的心理核算过程和影响决策结果的各种主观期望特征，将这些影响决策的行为因素进行整合，

抽象出量化的行为因素（行为变量）；

第二，对现在流行的多属性模型和方法进行分析，研究选择反转问题的产生原因，并将行为因素引入到模型和算法之中去，克服选择反转现象的产生，系统的完善和发展关于多属性决策理论研究体系。

1.3 研究目标和主要研究思路

本书的研究以决策者的心理核算过程和行为分析为前提，针对决策理论中的多属性决策建模方法问题，以行为变量为研究的切入点，将心理学、行为科学以及行为决策最新的研究成果和研究方法引入到多属性决策模型中去，建立充分考虑决策者心理和行为特征因素的更为丰富、合理的决策模型和算法，以使决策结果更符合决策者的意图、更科学。消除由于模型和算法本身的缺陷和不足造成的选择反转现象，完善多属性决策理论、方法研究体系，发展行为决策理论，为企业或者组织更加科学的决策提供理论和方法依据，为管理学科及相关学科的发展做出贡献，为社会和经济的健康发展提供理论指导。

本书的研究思路为：

（1）决策者对于多属性决策问题的心理核算过程规律研究。以心理学和行为学的人类行为的基本模式模型和决策过程模型为基础，如图 2-6 所示，研究决策者对于多属性决策问题的评价、判断过程和决策思维过程，即心理核算过程。首先，利用调查、采访、情景实验设计、仿真算例等方法，比较、分析数据和实验结果，研究决策者的心理和主观期望特征及其作用。如，备选方案之间是如何对比的（纵比）？这个对比过程受哪些因素的影响？方案的各属性之间的比较过程是如何的（横比）？横比和纵比是如何综合在一起的？决策者认知局限性对决策的影响，决策