

文章编号: 1001-0920(2010)11-1601-06

直觉模糊多属性决策方法综述

万树平

(江西财经大学 信息管理学院, 南昌 330013)

摘要: 直觉模糊多属性决策是当前决策领域的一个研究热点, 在实际决策中有着广泛的应用. 按照直觉模糊集的发展形式: 直觉模糊集、区间直觉模糊集、直觉三角模糊数和直觉梯形模糊数, 分别介绍它们在多属性决策与群决策中的研究现状, 并对其未来的发展方向进行了探讨与展望.

关键词: 多属性决策; 直觉模糊集; 区间直觉模糊集; 直觉三角模糊数; 直觉梯形模糊数; 区间直觉梯形模糊数
中图分类号: C934 **文献标识码:** A

Survey on intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making approach

WAN Shu-ping

(College of Information Technology, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China.
E-mail: shupingwan@163.com)

Abstract: As one of the advanced research direction in decision making fields, intuitionistic fuzzy multi-attribute decision making is of wide applications in real decision making. According to the forms of development of intuitionistic fuzzy set, such as intuitionistic fuzzy set, interval-valued intuitionistic fuzzy set, intuitionistic triangular fuzzy number, intuitionistic trapezoidal fuzzy number and interval intuitionistic trapezoidal fuzzy number, the current research on their applications in the multi-attribute decision making and group decision are introduced respectively. And further applications and research directions are discussed in detail.

Key words: Multi-attribute decision making; Intuitionistic fuzzy set; Interval-valued intuitionistic fuzzy set; Intuitionistic triangular fuzzy number; Intuitionistic trapezoidal fuzzy number; Interval intuitionistic trapezoidal fuzzy number

1 引言

Zadeh^[1]提出的模糊集只通过隶属度来刻画事物的模糊性, 不能同时表示支持和反对的证据; 而直觉模糊集^[2]在模糊集的基础上增加了一个新的参数——非隶属度, 能更加细腻地描述和刻画客观世界的模糊本质, 在模糊多属性决策 (MADM) 和群决策 (MAGDM) 领域中有着广泛的应用^[2-52]. 本文在查阅国内外相关数据库的基础上, 对直觉模糊集及其扩展在 MADM 和 MAGDM 中的研究状况进行综述分析, 并对其今后的研究方向做些探讨.

2 直觉模糊多属性决策研究现状

为更好地阐述直觉模糊 MADM 和 MAGDM 的研究现状以及发展动态, 下面按照直觉模糊集的发展形式: 直觉模糊集^[2]、区间直觉模糊集^[3]、直觉三角模

糊数^[4]和直觉梯形模糊数^[5], 分别进行论述.

2.1 直觉模糊集的 MADM 和 MAGDM

直觉模糊集^[2]的特点是同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度这 3 方面信息, 可描述非此非彼的模糊概念, 更细腻地刻画客观世界的模糊性本质, 是对 Zadeh 模糊集理论的扩充和发展. 它比 Fuzzy 集在处理模糊性和不确定性等方面更具灵活性和实用性 (Vague 集已被证明即为直觉模糊集, 限于篇幅, 在此不再讨论).

关于直觉模糊集的理论研究主要集中在纯数学领域^[6-12]. 例如, 文献 [6-9] 分别研究了直觉模糊集的性质、运算、相关性、相关系数以及聚类方法; 最近, 文献 [10-12] 分别探讨了直觉模糊集的对偶与特性测度、水平集与表示定理以及转换半群等. 直觉模糊

收稿日期: 2010-03-22; 修回日期: 2010-05-16.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71061006, 70861002); 教育部人文社科项目(09YGC630107).

作者简介: 万树平(1974-), 男, 江西乐安人, 副教授, 博士, 从事决策分析、信息融合等研究.

集理论在决策科学领域引起了国内外众多学者的重视,其研究主要围绕着相似性测度^[13,14]、属性权重的确定^[14-18]、直觉判断矩阵^[16,17]、经典多属性决策方法的拓展^[14,19]以及得分函数、精确函数^[20,21]等方面展开。

文献[13,14]分别定义了直觉模糊集的相似性测度并应用于MADM中。Li^[15]建立了若干求解权重的线性规划模型,通过直觉指数加权平均最大化和距离测度,得到最优属性权重和方案的排序结果。[14]通过建立线性目标规划模型来确定属性的最优权重,利用相似性测度计算相对接近度,并给出了决策方法。在直觉判断矩阵方面,[16]介绍了直觉判断矩阵、一致性直觉判断矩阵、残缺直觉判断矩阵、一致性残缺直觉判断矩阵等概念,分别建立了基于直觉判断矩阵和基于残缺直觉判断矩阵的MADM和MAGDM模型。徐泽水^[17]定义了加型、积型一致性直觉判断矩阵以及得分矩阵,利用两种转换函数建立线性规划模型以获得属性的权重,进而给出了一种基于直觉模糊偏好信息的MADM途径。当方案数目较大时,决策者要给出方案的两两比较信息,所需的工作量很大,这是基于直觉判断矩阵决策的不足。另外,直觉判断矩阵的一些概念和性质基本上是精确数判断矩阵决策研究的推广。

在经典MADM方法的拓展方面,卫贵武^[19]提出了基于投影的直觉模糊MADM方法。文献[14]利用TOPSIS方法给出了方案的排序值。在得分函数和精确函数方面,Lin等^[20]定义了直觉模糊集的得分函数和精确函数,根据方案满足决策者要求的适合度,提出了直觉模糊MADM方法。Liu等^[21]通过引入直觉模糊点算子,定义了一系列的基于直觉模糊点算子的得分函数,并给出了相应的直觉模糊MADM方法。文献[22]提出了动态的直觉模糊加权几何算子,并应用于动态MADM中。

在直觉模糊群决策方面,Szmidt等^[23,24]利用直觉模糊集建立了具有模糊信息的软决策模型,提出了直觉模糊核和少数服从多数的群决策方法。[25]定义了直觉模糊加权几何(IFWG)算子、有序加权几何(IFOWG)算子和混合几何(IFHG)算子。[26]基于IFHG算子和IFWG算子给出了相应的群决策方法。[27]引入了直觉偏好关系、一致直觉偏好关系、残缺直觉偏好关系、可接受直觉偏好关系的概念,定义了直觉模糊算术平均(IFAA)算子和加权算术平均(IFWAA)算子,并运用IFAA和IFWAA算子给出了基于直觉偏好关系、残缺直觉偏好关系的MAGDM方法。[28]利用模糊测度定义了广义直觉模糊几何集成算子,较好地解决了MAGDM中属性相依和专家

偏好交互的问题,但其关于属性模糊强度的给定具有一定的主观性。[29,30]分别从相关性和相似性的角度,提出了与决策群体意见整体一致性程度最高的“理想”直觉模糊评价矩阵构造优化方法。[31]提出了基于偏差的直觉模糊MAGDM方法。[18]研究了直觉模糊偏好关系下的准则权重的确定方法,并将其应用于MAGDM中。

另外,Biswas等^[32]使用直觉模糊关系的合成方法,研究了药物诊断的决策问题。文献[33]采用直觉模糊排序技巧研究了硅烷供应链系统。

在上面这些运用算子进行集成的方法中^[25-27],首先要对属性值进行规范化处理,但这样会造成信息扭曲,不能真实反映决策者的偏好,甚至影响决策结果。文献[14-18]的属性权重的确定方法虽然都考虑了问题的某个方面,具有一定的合理性,但是[15]具有片面性,反映的决策信息较少,而且至少要求解3个优化模型;[17]先通过两优化模型求出属性权重的区间,然后再建立线性规划模型得到属性权重;[15-17]所需的计算量较大;[14]的目标规划模型中的优先因子和权系数较难确定,具有一定的主观性。

2.2 区间直觉模糊集的MADM和MAGDM

由于客观事物的复杂性和不确定性,直觉模糊集的隶属度和非隶属度的值往往难以用精确的实数值来表达,而用区间数则比较合适。1989年Atanassov等^[3]对直觉模糊集进行了拓展,提出了区间直觉模糊集。Atanassov^[34]还定义了区间直觉模糊集的一些基本运算法则。

区间直觉模糊集在MADM中的应用也是众多学者研究的主题,代表性的研究成果主要包括经典多属性决策方法的拓展^[35-37]、区间直觉模糊数有关算子^[38-42]和相似性测度^[43,44]等几个方面。

在经典多属性决策方法的拓展方面,文献[35]定义了区间直觉模糊数之间的距离公式,提出一种基于TOPSIS的区间直觉模糊多属性决策方法。王坚强^[36]将求解基于直觉模糊集的证据推理方法推广到区间直觉模糊集的MADM中。Xu^[37]针对权重信息不完全且属性值为直觉模糊数的多属性决策问题,定义了直觉模糊理想解,利用直觉模糊理想解和距离测度构建了一些优化模型以确定属性权重,给出了不同情形下的方案排序方法,并将这些方法拓展到区间直觉模糊数的MADM中。基于直觉模糊集的MADM方法均可扩展到基于区间直觉模糊集的MADM中,但由于目前通用的区间数的减运算不是加运算的逆运算,除运算不是乘运算的逆运算,这样就增加了求解这类决策问题的难度^[5]。相对于基于模糊数的MADM方法,基于直觉模糊数的MADM方

法还显得太少.

在区间直觉模糊数有关算子方面, 徐泽水^[38]提出了区间直觉模糊数的算术平均算子、加权平均算子、几何平均算子和加权几何算子, 这些算子均是直觉模糊集成算子的拓展. 文献[39]定义了区间直觉模糊点算子和一系列得分函数, 并给出了两种区间直觉模糊集的 MADM 方法, 该方法是直觉模糊点算子的推广. 另外, [45] 针对权重未知或权重信息不完全, 且属性值和对方案的偏好值均为区间直觉模糊数的 MADM 问题, 基于偏差极小化的思想, 给出了相应的决策分析方法. [40] 通过最大化偏差的目标规划模型确定属性权重, 运用区间直觉模糊数加权算术平均算子进行信息集结, 根据得分函数和精确函数对方案进行排序.

然而, 到目前为止, 将区间直觉模糊集运用于 MAGDM 的研究并不多见. 徐泽水等^[41]提出了区间直觉偏好信息的有序加权集成算子和混合集成算子, 定义了区间直觉判断矩阵及其得分矩阵和精确矩阵, 探讨了区间直觉判断矩阵、直觉判断矩阵以及互补判断矩阵之间的关系, 并基于算术集成算子和混合集成算子, 给出了决策者对决策方案的偏好信息为区间直觉判断矩阵的群决策方法. Wei^[42]定义了若干直觉模糊诱导几何集成算子, 提出了直觉模糊 MAGDM 方法, 并将结果拓展到区间直觉模糊 MAGDM 中. 文献[43]给出一种直觉模糊集的相似性测度, 据此研究了群决策的一致性, 并将所得结果拓展到区间直觉模糊集情形. Xu^[44]定义了区间直觉模糊数的相似性测度, 并给出了在模式识别中的应用.

在定义直觉模糊集和区间直觉模糊集的得分函数、精确函数以及相似性测度方面, 各种方法均有一定的优缺点, 学术界也一直在探讨. 关于利用区间直觉模糊数有关算子进行决策的研究, 主要集中在通过集成函数将各属性值和属性权系数集成起来, 再利用某一模糊数的比较方法得到方案的排序, 这同样存在着规范化的问题.

2.3 直觉三角模糊数的 MADM 和 MAGDM

区间直觉模糊集是将直觉模糊集的隶属度和非隶属度由实数扩展到区间值, 它们是对传统模糊集的扩展, 一般情况下与直觉模糊集一样, 其论域是离散集合. Shu 等^[4]采用三角模糊数表示隶属度和非隶属度, 定义了直觉三角模糊数, 给出了直觉三角模糊数的 4 种运算, 并将其应用于故障树分析, 取得了较好的效果. 刘锋等^[46]提出了模糊数直觉模糊集的概念, 给出其一些运算性质, 并讨论了它与直觉模糊集、区间直觉模糊集的关系. 事实上, 比较文献[4]和[46]可

知, 模糊数直觉模糊集对应的模糊数直觉模糊数就是直觉三角模糊数. 直觉三角模糊数将直觉模糊集的论域从离散集合扩展到连续集合, 是对模糊数的扩展.

目前关于直觉三角模糊数的 MADM 和 MAGDM 的研究甚少, 仅有文献[47]定义了模糊数直觉模糊数的一些运算法则, 发展了模糊数直觉模糊数的一些几何集成算子, 进而提出了模糊数直觉模糊数的 MAGDM 方法. 该方法是精确数、直觉模糊集的几何集成算子的有益扩展, 但由于几何集成算子涉及乘方运算, 当方案和属性数目较多时, 容易给专家决策带来不便.

2.4 直觉梯形模糊数的 MADM 和 MAGDM

2008 年, 王坚强^[5]提出了直觉梯形模糊数和区间直觉梯形模糊数的概念, 它是直觉三角模糊数的扩展. 与直觉三角模糊数一样, 直觉梯形模糊数和区间直觉梯形模糊数从另一个方向对直觉模糊集进行了扩展, 即把论域的离散集合扩展到连续集合, 是对模糊数的扩展^[5,48].

文献[48]定义了直觉模糊数的期望值; [49]探讨了直觉梯形模糊数的距离公式和加权算术平均算子, 分别提出了信息不完全确定的 MADM 方法; [50]定义了直觉梯形模糊数的期望值、得分函数、精确函数和几何平均算子, 并给出了在多属性决策中的应用. 最近, Wei^[51]定义了一些直觉梯形模糊数的算术集成算子, 并应用于 MAGDM 中. [52]从几何角度定义了新的直觉梯形模糊数期望值和预期得分, 给出了直觉梯形模糊数的排序方法、有序加权集成算子和混合集成算子, 并提出了直觉梯形模糊数的 MAGDM 方法.

由此可见, 直觉梯形模糊数的 MADM 研究尚处于起步阶段, 现有研究也还是沿用了直觉模糊集决策的常用方法, 在得分函数、精确函数以及规范化方面还存在不足. 关于期望值和排序方法, 文献[48,50,52]方法虽然不同, 但都要进行积分或重心计算, 不利于实际操作.

3 结论以及展望

直觉模糊集从诞生到现在已经走过了 20 多年的历程, 有关直觉模糊集及其扩展在 MADM 领域的研究已成为现代决策科学的一个重要分支, 这些研究大多集中在属性权重的确定、直觉模糊判断矩阵有关概念、经典 MADM 方法的拓展、信息集成算子等方面, 虽然在理论研究和应用中取得了很大进展, 但仍有许多具有挑战性的问题亟待解决. 未来的研究工作可从以下几个方面展开:

1) 在实际决策中, 由于决策者的知识和经验不同, 有时决策者不能确定属性值或方案的全部信息,

即信息残缺的直觉模糊 MADM 问题的研究具有现实意义.

2) 在直觉模糊决策中, 关于属性权重的确定, 不同学者从不同角度提出了不同的方法, 这些方法虽较客观, 但不能反映决策者的主观偏好, 而且由不同规划模型得到的权系数可能不一致, 导致决策结果存在差异, 受属性权重的影响较大. 决策方法能否有效地摆脱属性权重概念的束缚, 是一个值得努力的方向.

3) 目前, 基于直觉模糊集、区间直觉模糊集的多属性决策理论与方法已较为丰富, 但对区间直觉模糊集 MAGDM 的研究还不够深入. 为体现决策的民主性和科学性, 一些重要的决策问题往往需要众多人员共同参与, 因此区间直觉模糊集 MAGDM 问题的研究值得关注.

4) 因为基于直觉三角模糊数、直觉梯形模糊数的 MADM 和 MAGDM 的研究较少, 而直觉三角模糊数和直觉梯形模糊数都是将直觉模糊集论域的离散集合扩展到连续集合, 能更细腻有效地表达模糊性, 所以基于直觉三角模糊数、直觉梯形模糊数的 MADM 和 MAGDM 的研究仍将是直觉模糊决策的一个重要方向. 例如可以探讨它们的直觉判断矩阵等有关概念以及经典决策方法的拓展.

5) 区间直觉梯形模糊数的隶属与非隶属函数的取值依赖于不同的区间数, 在刻画客观世界的模糊性和不确定性的本质方面, 比其他直觉模糊集的拓展更精细、准确. 然而关于区间直觉梯形模糊数的决策研究尚未见报道. 因此, 可从探讨区间直觉梯形模糊数的运算法则、性质、排序方法、距离和相似性等方面入手, 进而研究其在决策领域中的应用. 这不仅是对直觉模糊集的进一步拓展, 而且可为解决模糊 MADM 和 MAGDM 问题提供新的研究思路.

参考文献(References)

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [2] Atanassov K T. Intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.
- [3] Atanassov K, Gargov G. Interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 31(3): 343-349.
- [4] Shu M H, Cheng C H, Chang J R. Using intuitionistic fuzzy sets for fault tree analysis on printed circuit board assembly[J]. Microelectronics Reliability, 2006, 46(12): 2139-2148.
- [5] 王坚强. 模糊多准则决策方法研究综述[J]. 控制与决策, 2008, 23(6): 601-607.
(Wang J Q. Overview on fuzzy multi-criteria decision-making approach[J]. Control and Decision, 2008, 23(6): 601-607.)
- [6] Li D F, Chen C T. New similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and application to pattern recognitions[J]. Pattern Recognition Letters, 2002, 23(1-3): 221-225.
- [7] Przemyslaw Grzegorewski. Distances between intuitionistic fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric[J]. Fuzzy Sets and Sysetms, 2004, 148(2): 319-328.
- [8] Mitchell H B. A correlation coefficient for intuitionistic fuzzy sets[J]. Int J of Intelligent Systems, 2004, 19(5): 483-490.
- [9] 张洪美, 徐泽水, 陈琦. 直觉模糊集的聚类方法研究[J]. 控制与决策, 2007, 22(8): 882-888.
(Zhang H M, Xu Z H, Chen Q. On clustering approach to intuitionistic fuzzy sets[J]. Control and Decision, 2007, 22(8): 882-888.)
- [10] Ronald R Yager. Some aspects of intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Optimization Decision Making, 2009, 8(1): 67-90.
- [11] Ronald R Yager. Level sets and the representation theorem for intuitionistic fuzzy sets[J]. Soft Computing — A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications, 2010, 14(1): 1-7.
- [12] Jun Y B. Intuitionistic fuzzy transformation semigroups[J]. Information Sciences, 2009, 179(24): 4284-4291.
- [13] Xu Z S. Some similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and their applications to multiple attribute decision making[J]. Fuzzy Optimization Decision Making, 2007, 6(2): 109-121.
- [14] 龚艳冰, 丁德臣, 何建敏. 一种基于直觉模糊集相似度的多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(9): 1398-1401.
(Gong Y B, Ding D C, He J M. Multi-attribute decision making method based on similarity measures of intuitionistic fuzzy sets[J]. Control and Decision, 2009, 24(9): 1398-1401.)
- [15] Li D F. Multiattribute decision making models and methods using intuitionistic fuzzy sets[J]. J of Computer and System Science, 2005, 70(1): 73-85.
- [16] 戴跃强, 徐泽水, 达庆利. 基于不同直觉偏好结构的多属性决策方法[J]. 东南大学学报, 2007, 37(4): 706-710.
(Dai Y Q, Xu Z S, Da Q L. Approach to multiple attribute decision making based on different intuitionistic preference structures[J]. J of Southeast University, 2007, 37(4): 706-710.)
- [17] 徐泽水. 直觉模糊偏好信息下的多属性决策途径[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(11): 62-71.
(Xu Z S. Approaches to multiple attribute decision making

- with intuitionistic fuzzy preference information[J]. *System Engineering Theory and Practice*, 2007, 27(11): 62-71.)
- [18] Xu Z S. A method for estimating criteria weights from intuitionistic preference relations[J]. *Fuzzy Information and Engineering*, 2009, 1(1): 79-89.
- [19] 卫贵武. 基于投影的直觉模糊数多属性决策方法[J]. *管理学报*, 2009, 6(9): 1154-1156.
(Wei G W. Decision-making based on projection for intuitionistic fuzzy multiple attributes[J]. *Chinese J of Management*, 2009, 6(9): 1154-1156.)
- [20] Lin Lin, Yuan Xue-hai, Xia Zun-quan. Multicriteria fuzzy decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets[J]. *J of Computer and System Sciences*, 2007, 73(1): 84-88.
- [21] Liu H W, Wang G J. Multi-criteria decision-making methods based on intuitionistic fuzzy sets[J]. *European J of Operational Research*, 2007, 179(1): 220-233.
- [22] Wei G W. Some geometric aggregation functions and their application to dynamic multiple attribute decision making in the intuitionistic fuzzy setting[J]. *Int J of Uncertainty, Fuzziness Knowledge Based Systems*, 2009, 17(2): 179-196.
- [23] Szmidi E, Kacprzyk J. Distances between intuitionistic fuzzy sets[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2001, 114(3): 505-518.
- [24] Szmidi E, Kacprzyk J. A new concept of a similarity measure for intuitionistic fuzzy sets and its use in group decision making[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2005, 3558 (1): 272-282.
- [25] Xu Z S, Yager R R. Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets[J]. *Int J of General System*, 2006, 35(4): 417-433.
- [26] Xu Z S. Multi-person multi-attribute decision making models under intuitionistic fuzzy environment[J]. *Fuzzy Optimization Decision Making*, 2007, 6(3): 221-236.
- [27] Xu Z S. Intuitionistic preference relations and their application in group decision making[J]. *Information Science*, 2007, 177(11): 2363-2379.
- [28] Chungqiao Tan. Generalized intuitionistic fuzzy geometric aggregation operator and its application to multi-criteria group decision making[EB/OL]. *Soft Computing*, [2010-02-25]. <http://www.springerlink.com/content/k5574576k168422v>.
- [29] 巩在武, 刘思峰. 直觉模糊判断矩阵群决策中的逆判问题[J]. *系统管理学报*, 2007, 16(5): 497-501.
(Gong Z W, Liu S F. On the problem of adverse judgment in intuitionistic fuzzy preference relations of group decision making[J]. *J of Systems and Management*, 2007, 16(5): 497-501.)
- [30] 汤少梁, 巩在武. 直觉模糊评价矩阵群决策[J]. *系统工程*, 2007, 25(6): 79-83.
(Tang S L, Gong Z W. Group decision making based on intuitionistic fuzzy appraisal matrix[J]. *Systems Engineering*, 2007, 25(6): 79-83.)
- [31] Xu Z S. A deviation-based approach to intuitionistic fuzzy multiple attribute group decision making[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2010, 19(1): 57-76.
- [32] De S K, Biswas R, Roy A R. An application of intuitionistic fuzzy sets in medical diagnosis[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2001, 117(2): 209-213.
- [33] Kuei-Hu Chang, Ching-Hsue Cheng, Yung-Chia Chang. Reprioritization of failures in a silane supply system using an intuitionistic fuzzy set ranking technique[J]. *Soft Computing*, 2010, 14(3): 285-298.
- [34] Atanassov K. Operators over interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1994, 64(2): 159-174.
- [35] 胡辉, 徐泽水. 基于 TOPSIS 的区间直觉模糊多属性决策法[J]. *模糊系统与数学*, 2007, 21(5): 108-112.
(Hu H, Xu Z S. TOPSIS method for multiple attribute decision making with interval-valued intuitionistic fuzzy information[J]. *Fuzzy Systems and Mathematics*, 2007, 21(5): 108-112.)
- [36] 王坚强. 信息不完全确定的多准则区间直觉模糊决策方法[J]. *控制与决策*, 2006, 21(11): 1253-1256.
(Wang J Q. Multi-criteria interval intuitionistic fuzzy decision making approach with incomplete certain information[J]. *Control and Decision*, 2006, 21(11): 1253-1256.)
- [37] Xu Z S. Models for multiple attribute decision making with intuitionistic fuzzy information[J]. *Int J of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge Based Systems*, 2007, 15(3): 285-297.
- [38] 徐泽水. 区间直觉模糊信息的集成方法及其在决策中的应用[J]. *控制与决策*, 2007, 22(2): 215-219.
(Xu Z S. Methods for aggregating interval-valued intuitionistic fuzzy information and their application to decision making[J]. *Control and Decision*, 2007, 22(2): 215-219.)
- [39] 魏翠萍, 夏梅梅, 张玉忠. 基于区间直觉模糊集的多准则决策方法[J]. *控制与决策*, 2009, 24(8): 1230-1234.
(Wei C P, Xia M M, Zhang Y Z. Multi-criteria decision making methods based on interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. *Control and Decision*, 2009, 24(8): 1230-1234.)
- [40] 卫贵武. 权重信息不完全的区间直觉模糊数多属性决策方法[J]. *管理学报*, 2008, 5(2): 208-212.
(Wei G W. A method of interval-valued intuitionistic

- fuzzy multiple attributes decision making with incomplete attribute weight information[J]. Chinese J of Management, 2008, 5(2): 208-212.)
- [41] 徐泽水, 陈剑. 一种基于区间直觉判断矩阵的群决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(4): 126-133.
(Xu Z S, Chen J. An approach to group decision making based on interval-valued intuitionistic judgment matrices[J]. System Engineering Theory and Practice, 2007, 27(4): 126-133.)
- [42] Wei G W. Some induced geometric aggregation operators with intuitionistic fuzzy information and their application to group decision making[J]. Applied Soft Computing, 2010, 10(2): 423-431.
- [43] Xu Z S, Yager R. Intuitionistic and interval-valued intuitionistic fuzzy preference relations and their measures of similarity for the evaluation of agreement within a group[J]. Fuzzy Optimization Decision Making, 2009, 8(2): 123-139.
- [44] Xu Z S. On similarity measures of interval-valued intuitionistic fuzzy sets and their application to pattern recognitions[J]. J of Southeast University(English Edition), 2007, 23(1): 139-143.
- [45] 卫贵武. 对方案有偏好的区间直觉模糊多属性决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(1): 116-120.
(Wei G W. Method for interval-valued intuitionistic fuzzy multiple attribute decision making with preference information on alternatives[J]. Systems Engineering and Electronics, 2009, 31(1): 116-120.)
- [46] 刘锋, 袁学海. 模糊数直觉模糊集[J]. 模糊系统与数学, 2007, 21(1): 88-91.
(Liu F, Yuan X H. Fuzzy number intuitionistic fuzzy set[J]. Fuzzy Systems and Mathematics, 2007, 21(1): 88-91.)
- [47] 汪新凡. 模糊数直觉模糊几何集成算子及其在决策中的应用[J]. 控制与决策, 2008, 23(6): 607-612.
(Wang X F. Fuzzy number intuitionistic fuzzy geometric aggregation operators and their application to decision making[J]. Control and Decision, 2008, 23(6): 607-612.)
- [48] 王坚强, 张忠. 基于直觉模糊数的信息不完全的多准则规划方法[J]. 控制与决策, 2008, 23(10): 1145-1148.
(Wang J Q, Zhang Z. Programming method of multi-criteria decision making based on intuitionistic fuzzy number with incomplete certain information[J]. Control and Decision, 2008, 23(10): 1145-1148.)
- [49] 王坚强, 张忠. 基于直觉梯形模糊数的信息不完全确定的多准则决策方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(2): 226-230.
(Wang J Q, Zhang Z. Multi-criteria decision making method with incomplete certain information based on intuitionistic fuzzy number[J]. Control and Decision, 2009, 24(2): 226-230.)
- [50] Wang Jianqiang, Zhang Zhong. Aggregation operators on intuitionistic trapezoidal fuzzy number and its application to multi-criteria decision making problems[J]. J of Systems Engineering and Electronics, 2009, 20(2): 321-326.
- [51] Wei Guiwu. Some arithmetic aggregation operators with intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers and their application to group decision making[J]. J of Computer, 2010, 5(3): 345-351.
- [52] 万树平, 董九英. 多属性群决策的直觉梯形模糊数法[J]. 控制与决策, 2010, 25(5): 773-776.
(Wan S P, Dong J Y. Method of intuitionistic trapezoidal fuzzy number for multi-attribute group decision[J]. Control and Decision, 2010, 25(5): 773-776.)

增补杨光红教授为《控制与决策》副主编

本刊讯 由本刊主编提名, 经与有关各方协商, 决定增补东北大学杨光红教授为本刊第四届编辑委员会副主编。特此公告。

《控制与决策》第四届编辑委员会