

# 古代可拓运筹决策的结晶

曹炳元

广州大学数学与信息科学学院, 数学与交叉科学广东  
普通高校重点实验室(广州大学)、广东, 广州510006

**摘要:** 从分析唐代刘晏以聪明才智巧解中原“艰食”之围的实例, 指出刘晏应用的方法, 实质上就是一种可拓运筹决策的思想, 所用的变换工具, 可归纳为物元变换。因此, 用物元变换解决难题, 古已有之。认真地研究诸如此类的问题, 对于探索出“点子”, 想“办法”的规律, 无疑地是有益的。

**关键词:** 可拓; 运筹; 物元变换

图法分类号: TJ 399;O 343.3      文献标志码: A

## Results of Extensional Decision Making through Operations Research in Ancient Times

Bing-Yuan Cao

School of Mathematics and Information Sciences, Guangzhou University,  
Key Laboratory of Mathematics and Interdisciplinary Sciences of Guangdong Higher Education Institutes,  
Guangzhou University 510006 P.R.China

**Abstract:** By analyzing an instance of Liu Yan's idea in the Tang Dynasty, the wisdom solution to "storm water" in heartland surrounding, the writers in the paper points out that Liu Yan's method of application, in essence, is an idea of decision making through operations research in extension, and the use of transformation can be summarized as a matter-element one. Thus, the matter-element transformation to problems existed even since ancient times. A serious look at issues like these, for the law of finding out "ideas", and coming up with "approaches", no doubt, becomes useful.

**Keywords:** Extension, operation research, matter-element transformation

## 1. 引言

可拓运筹决策的方法，古已有之。

据《梦溪笔谈》记载[?]:“晏法则令多粟通途郡县，以数十岁余价与所余粟数高下，各类五等，具籍于主者（今属发运司）。粟价才定，更不申禀，即时廩收，但第一价则余五数，第五价即余第一数，第二价则余第四数，第四价即余第二数，乃即驰递报发运司。如此，粟贱之地，自余尽极数；其余节级，各得其宜，已无极售。发运司仍会诸郡所余之数计之，若过于多，则损贵与远者；尚少，则增贱与近者。”

将此文译成白话文，即“刘晏的（购粮）方法，是让产粮多，交通方便的州县官员，把当地几十年以来的粮食价格和收购数量各分为五等，呈报发运司。每当新粮价格刚一确定，不用上报请示，即可开仓收购。若粮价为一等，则收购第五等数量；粮价为第五等，则收购第一等数量；粮价为第二等，则收购第四等数量；粮价为第四等，则收购第二等数量。同时立即将当地价格和拟购数量报告发运司。这样，粮价贱的地方，自然尽量按历史最高购买量收购，其他地方亦根据价格按标准选购而不会盲目收购。发运司仍把各州县报来的购粮计划汇总计算。如果计划购量过多，则减少价格贵和路程远的地方的数量；如果计划收购的数量不足，则增加价格低和路程近的地方的收购数量。”

此段文字记载了唐朝八岁就被举为“神童”的刘晏（公元715—780年），智慧过人[?]。他用自己的聪明才智，巧购并转运江南稻米以解中原“艰食”，为恢复唐代因“安史之乱”而衰败了的经济作出了卓越贡献。它是古代运筹决策的典

范。

本文根据史记，释义了当今可拓运筹决策的思想。为管理决策者提供一个定量管理思维的新方法，这对于如何定性与定量相结合，搞好我们的管理决策工作，也是一个很好的启示。

## 2. 矛盾冲突的分析和物元主可拓集合的确定

仔细分析刘晏采用的方法，不难看到：它是可拓运筹决策的结晶。其基本思想是应用物元分析的一系列物元变换来解决不相容的问题。

以下我们将可拓运筹决策[?][?]的思想方法结合刘晏的（购粮）方法描述如下：

什么是可拓，什么又是物元呢？

**定义1**[?][?]我们把不相容、对立问题开拓，从定性和定量两方面化不相容为相容、化对立为共存，称之为可拓；而把事物、特征及事物关于特征的量值三者组成的三元组，称为物元，记作 $R = (\text{事物}, \text{特征}, \text{量值}) = (Ncc(N))$ 。

粮运是唐代一个十分棘手的问题，一是转运速度迟缓，二是运杂费用太高，三是损失浪费惊人。尤其是唐代经“安史之乱”后，我国中原正闹饥荒，民不聊生。为了尽快地解决这一危机，必须冲破种种传统程序的束缚，采取强有力的措施，方能缓解这一冲突。否则，后果将不堪设想。因此，当时矛盾的双方是饥民与朝廷，冲突的焦点是一个“粮”字。

确定 $n$ 个州、县为 $A_1, A_2, \dots, A_n$ ，路程为 $S_1, S_2, \dots, S_n$ ，构成 $n$ 个子系统，并设立五等粮价为 $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ，其购买量分别为 $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ 。显然，粮价的贵贱，能购买到的数量以及运输路程的远近，直接影响中原

“艰食”危机解决的时间，速度和经济耗费。用现在的话来说，就是要快（尽快的速度）、好（极好的解决方式）、省（最低的费用）地解决这些问题。这就需要抓住主要矛盾，只要抓住了主要矛盾，一切问题就可能迎刃而解。而这里的抓主要矛盾，这在数学上可以从确定物元主可拓集合来考虑。本问题可以根据粮价和路程两个物元，确定它们的主可拓集合为： $\tilde{H}_0', \tilde{H}_0''$ 。

3. 进行物元变换

刘晏巧解中原“艰食”之围的方法，就是通常人们所指的‘窍门’、‘点子’、‘办法’和‘策略’。这些方法，为什么刘晏能够想到？它有无规律可行，有无方法可依？如果有，用计算机去实现这些，正是人类梦寐以求的，这也是本世纪和下世纪人类研究的重大课题。实际上，刘晏的方法是采用了以下四种物元变换：

- 置换变换：  
用某一事物代替另一事物，用某一特征代替另一特征，用某一量值代替另一量值的变换，称为置换变换。  
刘晏把余粮区的 $x$ 万吨粮食先运到中原地区，以暂缓中原“艰食”的矛盾，就是灵活地应用了这一变换。
- 增删变换：  
根据目标市场的需要，确定对所收购物质的增、减量，称此类变换为增删变换。  
刘晏统筹全局，分别考虑价格和运输两个因素，确定增、减各地区的粮食购买量，以达到节省运费及开支，多购粮之目的。
- 组分变换：

对一种物质产品分解成不同的部分，或将多种物质产品通过组合后形成一种新物质产品的变换，称为组分变换。  
刘晏成功地运用组分变换中的分解变换，利用经济统计数据，把各州、县几十年内的粮价与购粮数量各分成五等，由两者间的数量关系，归纳出价格与购量成反比的趋向，由此制定出合理的购粮规则。

- 扩缩变换：  
此即对物元进行扩大或缩小的变换。  
刘晏的购粮安排可用以表??表示：

表 1: $A_i$ 州、县购粮统计表						
收购等级	购量	价格	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
			$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$
1						
2						
3						
4						
5						

从统计表1知，价格与购量关系可能呈非线性关系（见下图1中的实曲线）。

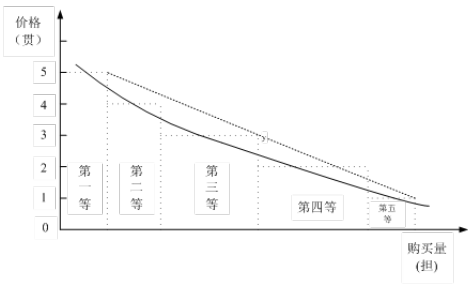


图 1: 价格与购量关系

通过扩缩变换，将非线性关系化为线性供给

关系, (见图??中的虚直线), 从而大大地简化了运算。

#### 4. 进行相容性检验

令

$$\Delta C_i = \frac{M - M^*}{P_i}, \quad (\text{当 } M > M^*),$$

或

$$\Delta C'_i = \frac{M - M^*}{F_i}, \quad (\text{当 } M > M^*),$$

其中 $M$ —总资金量;  $M^*$ —呈报的购粮费;  $P_i$ —表示州、县的粮价;  $\Delta C_i$ —粮价低的州、县的增购量;  $\Delta C'_i$ —运距短的州、县的增购量。判定:

若 $\Delta C_i > 0$ , 应增加订购量。若 $\Delta C_i < 0$ , 应减少甚至不购粮。

当 $\Delta C_i > 0$ 时, 可根据 $\Delta C_i$ 的大小来确定粮食增购量的多少。

通过相容性的检验, 也证实了上述变换措施的合理性和可行性。

刘晏就是用上述的可拓运筹决策方法, 迅速、经济、圆满地解决了中原“艰食”之围, 受到了世人的敬仰。

事实上, 根据《梦溪笔谈》记载[?], 刘晏是采取了如下三项措施:

- 1、积极整顿漕运;
- 2、合理组织运输, 采取“因地制宜、分段运输”的办法, 费用开销由逐级核算到汇总核算;
- 3、改进运输包装, 改散装为袋装, 大大减少了损耗。

由于采取这些措施, 不仅加快了运输速度, 而且极大地减少了运输费用。例如: 过去由扬州运粮至长安需要花9个月的时间, 沿途的损耗高

达20%。经刘晏改进后仅需40天时间, 且无半斗损失, 每石米只需要700文的运杂费, “人以为神”, 从而使长安粮价平稳, 唐肃宗曾称他为“当朝的萧何”。

刘晏此举充分反映了我们的祖先的聪明才智, 体现了我们中华民族的灿烂文化。如果能将他们的经验模拟下来, 发扬光大, 将是多么好的事情。本文告诉我们, 这种“聪明”、“智慧”、“解难题”一类问题, 是有规律可循的; 巧计与方法, 是有理论可依的。可拓运筹决策就是解决这一类不相容问题的有效方法。因此, 物元分析中的可拓运筹决策方法, 不仅渊源已久, 而且来源于实践, 它必能指导实践, 具有强大的生命力。

#### 5. 结论

随着科学技术的飞速发展, 研究的难度将不断地提升, 研究的领域将不断地扩大, 多学科交叉研究势在必行。将可拓集的研究与模糊集和粗集的研究相结合, 将可能对人工智能、信息与控制、经济管理等多个领域产生推动作用。2005年12月6日-7日, 我国著名的香山科学会议在北京香山召开, 其中第271次学术讨论会, 以“可拓学的科学意义与未来发展”为主题, 进行了2天的讨论, 由此将可拓学提升到一个新的台面上来了。我们可以类似于模糊集引进模糊凸集和模糊凸函数那样[?], 引进可拓凸集和可拓凸函数[?][?], 在此基础上提出可拓最优化问题。这样首先在工程和投资决策中实现[?][?]。我们要通过研究刘晏的成功方法, 利用可拓的理论和转换桥的思想(即利用“各行其道, 各得其所”的思想), 尽快编成计算机程序, 用电脑出谋划策, 努力探索“出点子”、“想办法”的规律。尽快设计制造

出模拟人脑思维的机器人，使今天的设想成为明日的现实，以此造福于人类。

## 参考文献

- [1] 蔡文. 可拓集合和不相容问题[J]. 科学探索学报, (1983)(1), 83-97.  
Cai Wen. (1983) The extension set and incompatible problem [J]. Journal of Scientific Exploration 1: 83-97.
- [2] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报, (1999),44(7), 673-682.  
Cai Wen. Extension Theory and Its Application[J]. Chinese Science Bulletin, (1999),44(7), 673-682.
- [3] 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法[M]. 科学出版社, 北京. 2000.  
Cai Wen, Yang Chun-yan, Lin Wei-chu. Method of Extension Engineering[M]. Science Press in China, Beijing,2000.
- [4] 曹炳元. 物元分析法及其在投资决策中的应用[C]. 中国第二次物元分析学术讨论会论文集. 广州, 1986.  
Cao Bing-yuan. Matter element analysis method and its application in the investment decision-making[C]. Selected Papers of the Second Symposium on Matter Element Analysis of China's, Guangzhou, 1986.
- [5] 曹炳元. 可拓凸集. 湖南师范大学自然科学学报[J], 1990,Vol.13, No.1, 18-24.
- [6] 曹炳元. 可拓凸集分离定理的进一步研究. 长沙水电师院学报(自然科学版) [J], 1994, Vol.9, No.3, 229-234.  
Cao Bing-yuan. Futher study of extension-convex-set-separate theorem[J]. Natural Science Journal of Changsha Normal University of Water Resources and Electric Power, 1994, Vol.9, No.3, 229-234.
- [7] 曹炳元. 区间和Fuzzy (值) 凸函数和凸泛函[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2008, Vol.8, No.4, 1998, 1-5.  
Cao Bing-yuan.Interval and fuzzy (value) convex function with convex functional[J]. Journal of Guangzhou University (Natural Science Edition), 2008, Vol.8, No.4, 1998, 1-5.
- [8] Christelle Guéret, Christian Prins, Marc Sevaux. 运筹学案例—建模, 求解[M]. Dash Optimization有限公司, 2002.  
Christelle Guéret, Christian Prins, Marc Sevaux. Operations Research Case — Modeling, solving [M]. Dash Optimization Ltd, 2002.
- [9] 沈括. 刘晏余粮术. 梦溪笔谈.  
<http://read.dayoo.com/book/content-10824-636986.htm/>  
Shen Gua. Liu Yan buy up grain surgery (method) . Meng Xi Bi Tan.  
<http://read.dayoo.com/book/content-10824-636986.htm/>

[10] 余耀华. 大唐财相：刘晏. 华文出版社.

<http://www.hongxiu.com/x/16350/>

Yu Yao-hua. Datang Finance Minister: Liu Yan.

Chinese Press.

<http://www.hongxiu.com/x/16350/>

CSAEP

## 鸣谢

感谢国家自然科学基金的资助，和广州大学数学与信息科学学院，数学与交叉科学广东普通高校重点实验室的支持。

## 作者简介

曹炳元，男，1951年10月生，广州大学教授，博士生导师，博士后导师。Fuzzy Information and Engineering (Springer) 主编，中国运筹学会模糊信息与工程分会理事长，广东省运筹学会理事长，粤港澳运筹学会理事长。中华科教出版社社长，中华教育研究基金会主席。现从事研究的方向：Fuzzy几何规划、Fuzzy统计、运筹优化，兼从事经济数学和可拓学的研究。