

DEA 理论在试验数据误差分析中的应用

梁文娟¹, 江波², 撒彦成²

(1. 黄山学院 数学系, 安徽 黄山 245041; 2. 中国华阴兵器试验中心, 陕西 华阴 714200)

摘要:用 DEA 理论对某型自行火炮的榴弹密集度试验数据进行误差分析, 用所得到的有效效率值来分析数据误差产生的原因, 并用分析出来的结果验证 DEA 理论判别法的可行性。

关键词:DEA; DMU; 效率评价; 纵向密集度

中图分类号: O212 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-447X(2009)03-0020-03

1 前言

DEA (Data Envelopment Analysis) 又称为数据包络分析, 它作为一种非参数系统评价方法, 仅仅依赖输入、输出数据对评价单元的有效性进行评定, 特别能有效处理多输入、输出指标的决策单元评价问题, 尤其是在新的 DEA 模型中引入了确定等量后, 就可以考虑输入、输出指标的随机性和动态性, 从而提高评价的准确性。

2 问题的提出

在兵器试验中, 每年都有大量的试验数据需要处理和分析。随着现代高新技术在兵器试验中的应用, 现代武器的复杂程度已有了很大的不同, 经常是多个厂家与科研机构合作来完成一个项目, 这时如果出现试验数据的不合格, 就会出现由于无法分清试验数据误差的出处, 从而无法确定需要改进的部分, 而不得不多次重复进行某项试验, 这样即消耗精力也增大了费用, 同时也延误试验的进度。如何分离试验系统中的误差就成为了一种需要, 而新的

DEA 模型由于加入了确定等量, 可以对数据的随机性与动态性进行考虑, 从而可以尝试利用它来进行试验误差分析。

3 模型方法介绍

下面给出了 DEA 理论中的 C^2R 模型^[1]及其管理信息, 我们这里先介绍一下这个基本模型。

如果某评价系统共有 n 个评价对象 (即决策单元 DMU), 评价指标体系由 m 个输入指标和 s 个输出指标组成, 其中第 j 个 DMU 的输入和输出向量分别为 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$ 和 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$, $j = 1, 2, \dots, n_0$, 对第 j_0 个决策单元进行评价的带有非阿基米德无穷小量 ε 的 C^2R 模型为

$$(P)C^2R \begin{cases} \max \mu^T Y_{j_0} \\ s.t. \quad \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0 & j = 1, 2, 3, \dots, n \\ \omega^T X_{j_0} = 1 \\ \omega \geq \varepsilon \hat{e}, \quad \mu \geq \varepsilon e, \quad \hat{e} = (1, 1, \dots, 1)^T \in E_m \\ e = (1, 1, \dots, 1)^T \in E_n \end{cases}$$

其对偶规划为

收稿日期: 2009-02-22

基金项目: 黄山学院科研基金资助 (2006xkj001)

作者简介: 梁文娟 (1982-), 山西运城人, 黄山学院数学系教师, 硕士, 研究方向为概率统计;

江波 (1981-), 安徽歙县人, 中国华阴兵器试验中心工程师, 研究方向为射表编制;

撒彦成 (1981-), 宁夏固原人, 中国华阴兵器试验中心助理工程师, 研究方向为火炮试验。

$$(D)C^2R \begin{cases} \min[\theta - \varepsilon(\theta^l s^- + \theta^u s^+)] \\ s.t. \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_{j_0} \\ \quad \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j_0} \\ \quad \quad \lambda_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,n; S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases}$$

实际计算时,取 $\varepsilon=10^{-3}-10^{-6}$ 均可。对于线性规划(D)C²R,若其最优解 $\theta^0, \lambda_{j_0}, j=1,2,\dots,n, S^-, S^+$ 满足 $\theta^0=1$, 并且 $s^-=0, s^+=0$, 称决策单元 j_0 是 DEA 有效的,即同时达到了技术有效和规模有效,否则可以计算出其在有效前沿面上的投影:

$$\hat{X}_{j_0} = \theta^0 X_{j_0} - S^-, \quad \hat{Y}_{j_0} = Y_{j_0} + S^+$$

它提供了将 DMU_{j_0} 转变为 DEA 有效而在输入与输出方面必须达到的目标。

相应的,输入的调整向量为 $\Delta X_{j_0} = \hat{X}_{j_0} - X_{j_0} = (1-\theta^0)X_{j_0} + s^-$, 输出的调整向量为 $\Delta Y_{j_0} = \hat{Y}_{j_0} - Y_{j_0} = s^+$, 通过对调整向量的分析,可以发现影响该 DMU_{j_0} 效率发挥的主要因素及其原因,对整个评价系统来说,通过对其非有效的 DMU 调整量的统计分析,则可以了解整个系统的主要问题所在。一般来说,利用上述模型进行 DEA 有效评价和分析时,可以获得如下管理信息:

1. 可以准确合理的确定出效率评价的指标体系;
2. 能够确定相对的有效前沿面;
3. 确定各 DMU 的 DEA 有效(技术有效性和规模有效性);
4. 确定各 DMU 在有效前沿面上的“投影”,为今后提高效率提供参考信息;
5. 可以分析各 DMU 的有效性对各输入输出指标的依赖情况,了解其在输入输出方面的“优势”和“劣势”。

4 实例应用分析

下面就利用该方法对某型自行火炮的数据进行分析处理,该自行火炮武器系统的车体与弹药是分别有不同厂家完成的,在进行密集度试验时,榴弹的纵向密集度出现不合格情况,由于无法分离误差,导致厂家之间都坚持乙方的部分无问题,要求重新试验,而在多次试验后还无法清楚试验数据误差的所在,下面就对这一实例的解决方法进行探索。

首先将整个武器系统视为一个整体,这样由于每一组的榴弹是相对独立的,而在计算密集度时是

采取三组平均的方法进行,这样就可以将密集度试验中的 15 组常温榴弹分别与试验的火炮部分合成,将其所对应的 15 组试验数据按试验的要求分为 5 个 DMU , 分别命名为 A、B、C、D、E。由于每一个 DMU 中的榴弹部分都是相对独立的,而在密集度试验中射击时用的都是同一门火炮,所以每一个 DMU 中的火炮部分是相对稳定的,这时就可以考虑将榴弹部分可能出现的误差视为整个系统的偶然误差,而火炮部分的误差视为系统误差,在确定了输入输出的指标后,就可以根据计算出的数据有效效率值^[4]来分离系统误差与偶然误差,从而判定试验数据出现不合格的主要产生原因。

下面确定进行评价的指标体系,其中输入数据 4 项:(1)初速,(2)装药量,(3)落点的横坐标(4)落点的纵坐标。

输出指标 1 项:纵向密集度。

由于横向密集度在试验的数据处理中是合格的,所以不必加入输出指标进行运算,以免加大运算量。

在评价系统中 DMU 个数为 5 个,而输出输入指标数也为 5 个,如果将每个 DMU 中的三组数据合在一起进行评价的话,就会造成 DMU 个数很不充分的情况,一般来说,要求被评价的 DMU 个数要为评价指标体系的 2 倍或 2 倍以上才为充分,我们可以考虑使用“窗口”分析法。^[5]

首先将每个 DMU 中的三组数据分开考虑,将每个 DMU 中对应的三组数据分别看作是一个新的决策单元,这样就出现了 15 个新的决策单元。

数据分解后就设计一下“窗口”,确定一下“窗口”的长度,这里选择的“窗口”长度包括每个决策单元两组连续的榴弹数据,这样每个窗口包含的 DMU 有 10 个,相当于 DMU 由原来的 5 个增加了一倍,这样每个窗口中的 DMU 就构成了一个评价的子系统,通过移动窗口,就可以获得各个决策单元的效率值在变化趋势,稳定性等各方面的信息。表 1 给出的是密集度试验中 15 组常温榴弹的纵向密集度数据,以及三组平均后的纵向密集度数据。

表 1 温榴弹的纵向密集度数据

决策单元	第一组	第二组	第三组	三组数据平均值
A	1/167	1/196	1/218	1/192
B	1/415	1/331	1/237	1/317
C	1/197	1/319	1/191	1/218
D	1/686	1/240	1/341	1/452
E	1/499	1/160	1/296	1/235

表 2 给出了这 5 个决策单元,利用 C²R 模型的计算结果,这里只给出了窗口分析下的效率值与每个 DMU 中三组榴弹数据和的效率值(共两个窗口,每个窗口下 DMU 为 10 个)。

表 2

决策单元	窗口	三组 数据和	第一组	第二组	第三组
A	1	0.796	0.713	0.763	0.803
	2		0.758	0.803	
B	1	1.000	1.000	1.000	0.867
	2		1.000	1.000	
C	1	0.855	0.762	1.000	0.755
	2		1.000	1.000	
D	1	1.000	1.000	0.886	1.000
	2		0.890	1.000	
E	1	0.878	1.000	0.706	1.000
	2		0.712	1.000	

另外考虑到纵向密集度的合格标准为 1/250, 所以将最优值定位为 1/250, 相对的效率值为 1, 在所计算出的所有效率中由于有优于 1/250 的密集度值, 必定会有效率值大于 1 的情况, 由于此时数据表明是 DEA 有效的, 而我们主要需要分析的是不合格的数据, 所以就可将其效率值取为 1, 这样在评价系统中合格数据的效率值一律为 1, 主要是防止数据的溢出。

将表 1 与表 2 中的数据进行对比可以看到, 在 D 的第二组中, 当纵向密集度已达到 1/240 的情况下, 其效率值仅为 0.890 左右, 与合格效率的差值为 0.11 左右, 而在两个窗口的数据比较中, 相对的差值仅为 0.004, 在 DEA 模型的计算中, 效率值与最优解效率的差值主要是系统误差造成的, 而在各个窗口中计算出的效率值之间的波动值主要表现的是系统的偶然误差, 由此可以认为在此组的效率计算中, 系统误差所造成的差值是在 0.11 左右, 而偶然误差所造成的差值就在 0.004 左右, 再对其余的各组进行一下处理, 可以见到偶然误差的值较小, 为 0.003、0.005、0.006, 而对于系统误差的最小值也是在 0.11 左右, 相应的系统误差与偶然误差的最小比值也在 20 倍以上。为了使评价的结果更加具有充分性与准确性, 就将在纵向密集度计算中剔除其中一发进行计算的数据也加入评价系统, 在计算出结果后, 与之前计算的数据相比较, 结果是相似的, 就

用其中一例来说明, 在 E 中的第三组, 计算出的纵向密集度为 1/296, 是合格的, 在评价体系中也是为 1, 是合格值, 而如将这一组剔除一发, 用前七发来计算, 就为 1/242, 是不合格的, 计算出的相应效率为 0.896, 也不合格, 与事实相符, 而波动值为 0.003, 也就是系统误差值为 0.104, 偶然误差值为 0.003, 很显然这仍是系统误差起到主要的作用, 同时与此相类似的另 30 组数据所得的评价结果也是如此, 即该评价系统中系统误差所产生的影响是主要的。所以可以得到结论, 此系统中的试验数据误差主要产生原因是在火炮部分。

由以上的数据与实际情况的相符程度来看, 利用 DEA 理论来解决试验数据的误差分析这个问题是可行, 而且是准确、有效与实用的。

此方法最主要的优点在于能够清晰的反映出试验中数据误差的主要出处, 分清试验数据误差的责任, 快速确定出解决方向, 便于解决方案的推出, 缩短分析解决误差的时间, 提高试验的效率。

5 结束语

上面就 DEA 理论如何应用于试验数据的误差分析进行了介绍与验证, 从计算的结果与实际情况的比较来说是准确可行的, 但是由于考虑的不是太周到, 也有不足的地方, 譬如对于整个系统的设定是采用了一个理想的模型, 对于试验数据的采集过程中可能出现的偶然误差, 并没有考虑在内, 另外就是使用的数据较少, 如果要系统达到一定的可信度, 还需要更多的数据来作为运算的支持。这些问题都需要在今后的探索中来加以解决和完善。

参考文献:

- [1] 杨启帆, 边霞萍. 数学模型[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1990: 1-8.
- [2] 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1988: 100-139.
- [3] 魏权龄, 卢刚. DEA 方法与模型的应用: 数据包络分析[J]. 系统工程理论与实践, 1989, 9(3): 67-75.

责任编辑: 胡德明

Application of DEA Model into the Error Analysis of the Experimental Data

Liang Wenjuan¹, Jiang Bo², Sa Yancheng²

(1. Department of Mathematics, Huangshan University, Huangshan 245041, China;

2. Huayin Ordnance Test Center of China, Huayin 714200, China)

Abstract: In the paper, the DEA theory is applied to analyze the errors in the shrapnel dispersion test data of a type of self-propelled gun. Besides, the effective efficiency rating value obtained is applied to analyze the causes of errors. Consequently, the results of the analysis verify the feasibility of the DEA discriminating method.

Key words: Data Envelopment Analysis; Decision Making Unit; efficiency evaluation; longitudinal intensity

DEA理论在试验数据误差分析中的应用

作者: [梁文娟](#), [江波](#), [撒彦成](#), [Liang Wenjuan](#), [Jiang Bo](#), [Sa Yancheng](#)
 作者单位: [梁文娟, Liang Wenjuan \(黄山学院, 数学系, 安徽, 黄山, 245041\)](#), [江波, 撒彦成, Jiang Bo, Sa Yancheng \(中国华阴兵器试验中心, 陕西, 华阴, 714200\)](#)
 刊名: [黄山学院学报](#)
 英文刊名: [JOURNAL OF HUANGSHAN UNIVERSITY](#)
 年, 卷(期): 2009, 11(3)
 引用次数: 0次

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [许晓东](#), [岳超源](#). [XU Xiao-dong](#), [YUE Chao-yuan](#) [沿法线方向改进非DEA有效DMU - 数学的实践与认识](#) 2005, 35(10)

现有的非DEA有效DMU的改进方法造成DMU的投入或产出的波动太大, 因而难以进行改进. 提出了沿法线方向改进非DEA有效DMU的新方法. 可以使非DEA有效DMU尽快到达有效前沿面. 成为DEA有效, 减小了波动幅度, 并结合12所重点理工高校评价的实际, 验证了本方法的优势.

2. 外文期刊 [Mehdi Toloo](#), [Soroosh Nalchigar](#) [A new integrated DEA model for finding most BCC-efficient DMU](#)

In many applications of widely recognized technique, DEA, finding the most efficient DMU is desirable for decision maker. Using basic DEA models, decision maker is not able to identify most efficient DMU. Amin and Toloo [Gholam R. Amin, M. Toloo, Finding the most efficient DMUs in DEA: an improved integrated model. Comput. Ind. Eng. 52 (2007) 71-77] introduced an integrated DEA model for finding most CCR-efficient DMU. In this paper, we propose a new integrated model for determining most BCC-efficient DMU by solving only one linear programming (LP). This model is useful for situations in which return to scale is variable, so has wider range of application than other models which find most CCR-efficient DMU. The applicability of the proposed integrated model is illustrated, using a real data set of a case study, which consists of 19 facility layout alternatives.

3. 期刊论文 [周伟](#), [方志耕](#). [ZHOU Wei](#), [FANG Zhi-geng](#) [次生产前沿面在有效DMU再评价中的运用 - 系统工程](#) 2009, 27(2)

运用DEA方法进行决策单元的综合评价具有客观性和灵活性, 但其对有效和弱有效DMU无法辨识的缺陷严重阻碍了该方法在评价领域的运用. 由此, 文章提出一种基于次生产前沿面的两阶段DEA评价方法, 证明了新构建的次生产前沿面具有存在性、被包络性和不交性三大性质. 同时, 在证明原有有效DMU投影次生产前沿面有效值恒大于1、排序方法与一般DEA有效值排序相反的基础上把两阶段中新旧DEA模型计算结果进行合理整合, 得出综合排序结论. 最后, 通过一个实例说明了方法的可行性.

4. 外文期刊 [Valter Boljuncic](#) [Sensitivity analysis of an efficient DMU in DEA model with variable returns to scale \(VRS\)](#)

In this paper we consider the Variable Returns to Scale (VRS) Data Envelopment Analysis (DEA) model. In a DEA model each Decision Making Unit (DMU) is classified either as efficient or inefficient. Changes in inputs or outputs of any DMU can alter its classification, i.e. an efficient DMU can become inefficient and vice versa. The goal of this paper is to assess changes in inputs and outputs of an extreme efficient DMU that will not alter its efficiency status, thus obtaining the region of efficiency for that DMU. Namely, a DMU will remain efficient if and only if after applying changes this DMU stays in that region. The representation of this region is done using an iterative procedure. In the first step an extended DEA model, whereby a DMU under evaluation is excluded from the reference set, is used. In the iterative part of the procedure, by using the obtained optimal simplex tableau we apply parametric programming, thus moving from one facet to the adjacent one. At the end of the procedure we obtain the complete region of efficiency for a DMU under consideration.

5. 期刊论文 [苏美红](#), [叶世绮](#) [DMU分组对DEA有效性值的影响分析及其应用 - 经济师](#) 2004(4)

文章在运用DEA理论对经济系统进行相对有效性分析的基础上, 探讨对原始DMU进行分组, 分析DMU分组对DEA有效性值的影响. 并且以全国31个省市2001年工业生产活动为研究对象, 按地域把全国31个省市分为西部和中部东两组, 分析分组对各个省市的DEA有效性值的影响. 文章不仅对DEA理论做了适当的补充, 而且还得到了西部与中东部工业生产状况的有价值信息.

6. 学位论文 [苏美红](#) [DMU选择分类和有效DMU再排序的研究与应用](#) 2005

DMU的选择和有效DMU的再排序是DEA应用中的两个关键问题. 在进行DEA评价时, 只有正确地选择DMU和对有效DMU再排序, 才能得到科学的评价结果和有价值的决策信息. 关于DMU的选择, 为了保持参考集内DMU的同类型性, 应该在DEA评价前对DMU进行分类. 现有的研究或仅给出抽象的解决思路, 或仅解决了部分问题. 为了得到较全面的解决方法, 提出根据评价目的对DMU进行定性和定量分类的方法, 并且给出了定性和定量分类方法的适用情况. 关于有效DMU的再排序, 尝试从一个新的角度进行研究, 认为同样是有效的DMU, 出于它们在投入、产出上的不同(体现在输入、输出指标数据上), 它们之间肯定存在着差别, 根据灰色系统理论, 造成这种差别的指标之间的关系是灰关系, 利用灰色关联分析对其进行研究, 计算有效DMU的斜率关联度, 根据斜率关联度的大小对有效DMU再排序. 最后, 为了验证所提出的DMU选择分类和有效DMU再排序方法的合理性和可行性, 先构建一个较全面、合理的开放式基金评价指标体系, 然后以我国46只开放式基金2004年的运作情况作为研究对象进行实证分析, 实证结果令人满意.

7. 期刊论文 [吴文江](#), [Wu Wenjiang](#) [有关判断决策单元的DEA有效性的新方法的探讨 - 运筹学学报](#) 2006, 10(2)

为了判断决策单元是否(弱)DEA有效并克服现有的模型及[1]中模型在解决上述问题时的不足之处, 本文将讨论的新模型是由CCR模型与CCGS模型变来的, 且定理的证明不同于[1]. 还讨论了文中新模型的最优解的存在性, 此外, 研究了所有决策单元的输入输出的变化对某决策单元有效性的影响.

8. 期刊论文 [曾祥云](#), [吴育华](#), [ZENG Xiang-yun](#), [WU Yu-hua](#) [随机DMU相对有效性评价的期望值方法及其应用 - 系统工程学报](#) 2000, 15(3)

DEA的随机性研究是目前DEA理论研究的前沿. 本文基于随机条件下决策单元期望有效性指数的概念, 提出了随机DMU相对有效性评价的期望值方法, 给出了随机DMU相对有效的两个定义, 并讨论了其相应的求解方法.

9. 期刊论文 [吴文江](#) [扩展的DEA模型的最优值的研究 - 系统工程](#) 2004, 22(9)

讨论扩展的C2GS2(C2R)模型的最优解的存在性, 论证在一定条件下其最优值与C2GS2(C2R)模型的最优值相等, 讨论用扩展的DEA模型来判断决策单元的

DEA有效性 (C2GS2或C2R), 证明若所有输入与输出都取正值, 则某决策单元的阈值就等于对应的扩展DEA模型的最优值 (若它存在).

10. 期刊论文 [边馥萍, 许茵, BIAN Fu-ping, XU Yin 基于DEA模型的艾滋病疗法有效性分析 -天津理工大学学报](#)

2006, 22(6)

采用DEA方法, 对艾滋病医疗试验机构 (ACTG) 研究项目193A的数据进行分析. 基于输出的BCC模型, 计算了不同年龄段患者选用不同疗法在治疗中的各个阶段的相对有效性, 并利用机会约束随机BCC模型对有效性进行评价. 最后, 采用预测DEA模型, 对各疗法的下一阶段的治疗效果进行预测, 为患者选择下一阶段的疗法提供依据.

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hsxxyb200903006.aspx

下载时间: 2009年10月23日