

# Study on the Data Based on Man-Machine-Environment System Experiment Operation

Honglei Li, Zhibing Pang, Quanliang Yin, Shuai Mu, Genghua Qi, Haitao Zhao

*Air Defense Forces Command Academy, Zhengzhou, China*

*Email: fkb\_mmes@163.com*

**Abstract:** For the purpose of deepening the study on the Data Based on Man-Machine-Environment Experiment Operation, the text carried on some thinking and study. Based on the analyze of Man-Machine-Environment experiment operation experiment data, with the purpose of making sure the result scientific, we pay special attention to researching the problem in the process of choosing the experiment sample ,counting and management of original data, constructing of mathematic model, the conclude and forecast of operating power. The text brings forward corresponding principles and methods; it is meaningful to making use of the data and laying foundation to the management structure. This text is very meaningful. It has some practical and theory value to the study of experiment data analysis.

**Keywords:** man-machine-environment system; operating power; data analyze

## 基于人-机-环境系统实验作业绩效数据分析的研究

李宏雷, 庞志兵, 尹全亮, 慕 帅, 齐根华, 赵海涛

防空兵指挥学院, 郑州, 中国, 450052

*Email: fkb\_mmes@163.com*

**摘 要:** 为了加深对人-机-环境系统实验数据的分析研究, 本文针对人-机-环境系统实验数据分析过程的特点与规律进行了深入的思考与探索。文章在人-机-环境系统实验中作业绩效数据特点分析的基础上, 围绕科学分析绩效数据的目的, 着重对在实验样本的选取、原始数据的统计与处理、数学模型的构建及绩效数据的推断、预测等分析环节应注意和把握的问题进行了研究, 提出了相应的原则及方法。本文具有一定的理论意义与实践意义, 为科学利用实验数据, 以求获得准确的处理结构奠定基础。

**关键词:** 人-机-环境系统; 作业绩效; 数据分析

### 1 引言

对人-机-环境系统实验作业绩效数据的分析, 是指为研究人-机-环境系统实验作业绩效内在问题的需要而进行的收集、整理、统计和处理有关数据的一系列活动。是在统计工作得到原始(或加工编制过的)数据基础上, 运用各种分析方法, 以期发现人-机-环境系统实验中作业绩效各类指标或数据的种种集合现象、总体数量特征, 即规律性。对作业绩效数据的统

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究项目《劳动质量科学管理的理论研究与实践应用》(2007630043)

计与处理应用的本质是通过作业绩效数据的外在数量特征来考察作业绩效的规律性, 其重要特征是由样本推断总体, 具有“部分推断整体”的特点。

### 2 人-机-环境系统实验所采集数据的特点分析

#### 2.1 实验数据受实验设计影响

人-机-环境系统实验作业绩效实验数据不同于物理、化学等一些自然科学室内实验的数据, 实验数据易受实验设计的影响。作业中的过程设计、过程控制

等都会对获取的数据产生影响，加强对实验选择合适的实验次序、确定是否划分区组及其他随机约束条件等实验设计，都会对人-机-环境系统实验带来作业绩效结果和数据。

## 2.2 实验数据受各种因素影响

在人-机-环境系统实验中作业绩效数据受各种主观因素与客观因素的影响较大。如环境中的（地理、天气、气温、照度等）、如作业机器的性能状态；如作业人员的年龄、生理、心理状况；还有一些不可控因素：如实验的不同统计者对实验规则的熟知程度、统计方法掌握的熟练程度等。都会对人-机-环境系统实验作业绩效数据带来一定的影响。

## 3 人-机-环境系统实验作业绩效数据分析的研究

对人-机-环境系统实验作业绩效数据的研究是在实验设计和实验的基础上，对数据进行收集、统计、处理、推断预测和总结的过程。根据不同的实验和研究目的，选择合适的调查方式和方法，保证收集的实验数据有效可靠，数据的统计与处理科学简便，规律的总结与揭示正确、真实，对类似作业绩效的研究具有指导和借鉴意义。需要在以下八个方面加强对作业绩效数据的分析。

### 3.1 把握实验规律，科学选取可靠实验样本

数据分析的目的在于阐明现象的数量特征及其规律性，而规律存在于大量之中，只有对所研究现象总体足够多的个体进行分析研究，才能从差异性、偶然性中显示出具有必然性、规律性的数量特征。把握实验规律合理选取实验样本数量，就是要充分理解实验目的，科学把握实验规律，对需要采集的实验样本总量要有总体设计及考虑，同时如何从总量样本中选取个体样本，使其具有代表性。选取的样本量既不过大，造成实验及统计的成本过高，同时也不能过小，使样本不能满足对实验的统计及分析的需求。如何从总体中抽取样本，对总体具有充分代表件，必须遵守以下三个原则。

#### 3.1.1 样本数据随机性的原则

所谓抽样的随机原则，是指总体中每个个体单位有同等被抽取的机会。这样产生的样本称为随机样本。随机样本的指标与总体相应指标的偏差，完全是由抽样时的随机扰动所产生，称为随机误差，又称抽样误

差。如果抽样时违背了随机原则，就会使得样本指标对总体指标的偏差显著增大，表明含有系统误差，严重影响样本对总体的代表性，这是必须避免的。

#### 3.1.2 样本个体普遍性的原则

待抽取的所有样本个体，尽可能均匀地散布在总体的各个部分，不要偏重在某些部分。这在抽样的方式方法和组织设计上。必须予以充分考虑，以保证样本的代表性。对于人-机-环境系统实验作业绩效数据的研究进行抽样时，应充分考虑人员、器材及环境这三类因素的普遍性，做好抽样方法的设计。

#### 3.1.3 样本容量充足性的原则

样本容量的大小对样本代表性的强弱，有决定性的作用。如果样本容量大到与总体容量相等，就具有完全的代表件，实际为全面调查，无所谓样本，也无所谓抽样误差。如果样本容量很小，受抽样随机扰动的影响增大，抽样误差的波动范围也必然增大，样本的代表性必然减弱。样本容量的大小是个很重要的实际问题，但样本容量在实验中总是有一定限度的。

为了满足上述抽样原则的要求，根据调查研究总体的实际情况，应当设计适当的抽样方法，通常采用的方法主要有：简单随机抽样、类型抽样、系统抽样、整群抽样、多阶段抽样等。实验设计人员应针对实验的目的，广泛征求意见，进行模拟作业、规范作业动作。依据实验的目的和难度，根据对人-机-环境系统实验作业绩效研究所要达到推断及预测的精确性和可靠性及实验的成本，把握好及样本数量的选取。

### 3.2 掌握全面因素，注重甄别实验数据差异

对人-机-环境系统实验作业绩效的数据进行分析时，由于作业时间跨度较长容易造成实验数据受实验环境不一致，作业器材质量参差不齐等因素的影响，而引起的实验数据的差异。就必须掌握全面因素，注重对实验数据差异的甄别处理，对所得数据进行审核、筛选和排序。

为了确保对人-机-环境系统实验作业绩效统计工作的质量，在对统计数据汇总整理前，首先要做好数据的审核工作。因为数据一经汇总，原始数据中的各种差错就被掩盖起来，进而影响整个分析工作的质量。在数据的审核过程中，对通过不同方式取得的统计数据，其审核内容和方法有所不同，不同类型的统计数据在审核内容和方法上也有所差异。一般来讲，对原始数据的审核主要从完整性、准确性和及时性三个方

面去审核。在数据统计过程中,如果发现错误应尽可能予以纠正,对不能予以纠正或不符合调查要求且又无法弥补的数据,应筛选和剔除。数据筛选包括:一是将某些不符合要求的数据或有明显错误的数据予以剔除;二是将符合某种特定条件的数据筛选出来,对不符合特定条件的数据予以剔除。

### 3.3 区分数据属性,构建优化数据处理模型

确定作业绩效实验数据属性,对于数据进行综合分析处理是非常重要的,直接影响到对数据进行无量纲化处理、隶属度选择(权重值确定)、一致性、归一化等问题。

人-机-环境系统实验作业绩效的数据类型一般按照效用函数属性进行区分,以便于在进行数据处理时区分不同数据的类型、进行无量纲的数据分析和计算。效用函数一般可分为效益型、成本型、固定型、偏离型、区间型和偏离区间型等。其中,效益型属性是指属性值越大越好的属性,在作业绩效数据中,如作业精度、作业速度;成本型属性是指属性值越小越好的属性,在作业绩效数据中,如作业时间、作业反应及响应时间、作业失误率、作业错误动作等;固定型属性是指属性值越接近某个固定值越好的属性;偏离型属性是指属性值越偏离某个固定值越好的属性;区间型属性是指属性值越接近某个固定区间越好的属性。作业绩效数据属性一般用效益型、成本型、固定型和区间型属性对其进行分类。

在对数据无量纲处理的基础上,构建的预测模型是预测工作的辅助手段。构建简单的现实表达式(模型)。预测中建立模型就是归纳关键因素、排除非关键因素,集中本质、剔除非本质的过程。还需进行多次重复试验,表明模型有充分的稳定性,为进行有效的科学预测,作出可靠的结论奠定基础。

### 3.4 注重工具运用,发挥计算机软件的优势

分析人-机-环境系统实验作业绩效的数据应用的各种统计方法及工具,在不会因为方法不当而造成数据分析失真的前提下,应尽可能选择简便、工作量较小的方法与工具。相对简单的设计和分析方法才是最佳的。并且其与实验的设计密切相关,如果实验设计是严谨正确的,那么分析方法相对来说总是简便的;若实验设计很差,即使是用最复杂和精巧的统计方法,对实验分析也起不到作用。

现代统计学运用计算机技术,编制出丰富多彩的

统计分析软件。一方面减少了人们在统计分析工作上的工作量;更为重要的是提高了统计的速度和精度。对实验分析、实验结论的得出也变得更为直观简捷。对人-机-环境系统实验作业绩效的数据的统计与分析,既可借助计算机语言编制出适用的软件,也可借鉴现成的软件或者对其稍加改进。

### 3.5 尊重实验数据,科学处理实验原始数据

对获取数据中同类型属性的数据进行分析时,当出现野值时,应当进行剔除。特别是在实验设计中就应当对每一类型的数据进行分类,并给出一定范围区间,明显超出的数值(如因作业失败、严重失误等情况下得到的数据)应进行剔除。当数据样本中,野值数目过多,则应分析原因,讨论实验的成功性,此时不可盲目利用此类数据进行实验分析。

应对作业绩效实验中数据进行平衡性分析,在实验中实验数据个数不相等的情况是经常遇到的,主要原因是:一是在收集数据时出现不可预见的因素,导致在结果中失去了一部分数据,得到不平衡数据;二是实验的设计中为避免代价昂贵或作业困难,把实验设计成为不平衡实验,从而导致不平衡数据的出现。在对不平衡数据处理时,对无大难度的非平衡数据按照成比例数据进行分析,对此类数据可以应用通常的方差分析法;对不平衡数据接近于平衡情况时,可用近似方法把非平衡问题转变为平衡问题,重点把握好对缺失数据值的估计和选取,考虑使用未加权平均数法或者选取加权平均数法进行处理;当近似方法不适用时,可考虑使用精确分析法,即把方差分析模型作为回归模型,并结合数据拟合该模型,并用一般回归显著性检验方法提出用来检验主效应与交互作用效应的平方和。

### 3.6 遵循实验目的,恰当设置数据对比项目

对数据进行配对比较的方法是人-机-环境系统实验中分析作业绩效时常用的一种方法。在实验设计过程中,就应当围绕实验目的,科学而又恰当地设置数据对比的项目。主要有同类型器材在不同实验环境中的作业对比、同一环境中不同器材的作业绩效的对比、不同环境中人机结合绩效的对比和人(或机)在不同环境条件适应性对比等对比项目。

对同类型器材在不同实验环境中的作业对比重点研究的目的是器材的环境适应性。此类实验应对作业中主要影响绩效的不同环境条件设置对比项目,如不

同的温度、湿度、照度、高程、辐射等环境因素，对比项目既可采用设置单独环境因素，也可采用设置多个环境因素。

对同一环境中不同器材的作业绩效的对比重点研究的目的是不同器材的作业效率。此类实验应对作业中主要反映作业绩效的器材性能指标设置对比项目，如作业速度、精度、强度、能耗、效费比、自动化程度等因素，同样对比项目既可采用设置单独性能指标，也可采用设置多个性能指标。

对不同环境中人机结合绩效的对比和人（或机）在不同环境条件适应性等实验进行研究时，设置数据对比项目时，应当遵循实验目的，选取能够充分反映实验的指标加以对比，以加强实验分析的针对性，减少实验分析的工作量。

### 3.7 依据客观数据，选取适用方法对比分析

根据人-机-环境系统实验作业绩效的客观数据选取恰当的对比方法进行数据分析时，要注意选取能够反映数据性质的对比方法，可采用数据的数量大小、数据的变化率、数据变化的数学期望、均方差等方法进行对比分析。还可采用既有较为简单的计分对比法、综合指数法，或是运用模糊数学、多元统计和计算机信息系统进行综合评价的方法。人-机-环境系统实验作业绩效的数据对比时一般采用计分对比法和多指标综合评价指数法两种方法

计分对比法是一种非确定的对比分析方式，是在假定已知对比基准的前提下，通过分析对象并按其与对比基准的相对程度和轻重程度记分，然后综合出评价值，达到综合认识分析对象的目的。具体有两两直接对比法、多级直接评分法和简单个别比综合法。

多指标综合评价指数法是对人-机-环境系统实验中多个作业绩效指标综合评价时使用。综合评价指数是由若干个单项指标综合而成的，其综合方式有简单综合与加权综合两种。目前应用较多的是加权综合。构建综合评价指数时解决好两个问题，一是指标的转换，即无量纲化处理，二是权数的构造。指标无量纲化处理主要包括统计标准化、极值标准化和定基与环比转换。权数的构造方法可分为两类：一类是主观构权法，另一类是客观构权法。两种方法各有利弊，主观构权法往往没有统一的客观标准，客观构权可在一定程度上弥补这一不足，在进行人-机-环境系统实验作业绩效的数据对比时最好是将二者结合使用。

### 3.8 遵照分析结果，客观研究总结实验结论

人-机-环境系统实验作业绩效的统计推断，就是根据所观测的样本资料，应用适当的数学模型，对总体的一般情况，做出科学而又可靠的结论。其一般过程可分为五个阶段。

#### 3.8.1 使用数学模型描述作业绩效的规律性

数理统计学是采用一定的数学模型从事物的量的规律性方面进行定量分析，关键的问题是要选用恰当而又准确的数学模型，即所选数学模型必须适合于所研究的事物的性质，才能产生所期望的效果，做出正确的结论。根据样本观测资料所提供的信息，运用一定的数学模型和方法，对样本资料所提供信息的不确定性予以分析和归纳，用以对总体一般情况进行有一定可信度的推断。在大量重复实验或观测下，其数值的变化都会呈现出比较稳定的分布形态，可用恰当的数学模型予以描述，抽象掉个别事物随机现象的特殊性，呈现其共向的规律性。

#### 3.8.2 对作业绩效总体情况进行估计或推断

根据作业绩效数据样本资料提供的信息，对总体情况进行推断，是对实验数据进行数理统计的重要内容，有着重要的作用。如根据样本数据的水平指标，推断总体水平指标；根据样本中两件事物的差异，判断两事物总体是否有实质性差异；或对某种情况所作的统计假设，判断其是否可信等等，这些都是对总体情况的推断。这种推断是有科学依据的，对推断结论的准确性提供一定的可信度，即可以通过多次的重复试验可以验证它是无误的。

#### 3.8.3 分析影响作业绩效变化的相关性因素

作业绩效数据的发展或变化，总是受着多种因素综合影响。这些因素不可能都是同等重要的，必然有些是主要，有些是次要的；而且各个因素的影响作用，也不是固定不变的。数理统计学对这些影响因素的试验分析，可以判断哪些因素有主要的作用，哪些因素仅有次要的作用，哪些因素根本没有作用。

#### 3.8.4 分析作业绩效各种因素间的相互关系

作业绩效数据在时间或空间上的发展变化，总是与其他多种事物在同一时间或空间上的发展变化。既有密切关联，又互相制约，孤立的发展变化，是不可能存在的。这种相互关系，在某一些事物之间有程度不同的内在联系，在另一些事物之间不存在内在联系，只有互相依存的关系；总的说来，这种相互间的关系

不是一种因果关系，是属于相关关系。其发展变化的数量规律性，根据事物发展变化的性质和条件，也可选用合理的数学模型予以表述。

### 3.8.5 对作业绩效数据进行相关和回归分析

对作业绩效数据进行相关和回归分析就是研究作业绩效数据间联系的紧密程度、研究数据的相互关系、揭示其变化的具体形式和规律性的统计方法。当只考虑数据中两个变量的关系时，就称为简单的相关和回归分析。当讨论一个变量与另两个或多个其他变量的关系时，就称为多元的相关和回归分析，主要有正相关、负相关和无相关。为判断相关关系的紧密程度，需要对相关系数做出量的规定。在实际对作业绩效数据的分析和研究中，相关系数是利用总体中一个样本的数据计算出来的。由此求得的相关系数，必然存在抽样误差。如果总体相关系数为零时，因为抽样误差，所以需要进行检验。相关分析主要是分析变量间的紧密程度，而回归分析是在确定绩效数据间相关关系紧密程度的基础上，进一步用数学模型模拟数据间变动规律并进行预测的统计分析方法。

相关分析的两个变量是对等关系，而回归分析的两个变量不是对等关系，必须根据研究目的，先确定其中一个自变量，另一个是因变量，相关分析是回归分析的基础前提。如果缺少相关关系，没有从定性

上说明现象间是否具有相关关系，没有对相关关系的密切程度做出判断，就不能进行回归性分析。

## 4 结束语

在人-机-环实验作业绩效实验设计的基础上，只有很好地把握数据在统计与分析处理过程中的原则和方法，才能够在繁多的数据中去伪存真，通过实验的方式客观真实地反映人-机-环实验作业绩效的规律，达到事半功倍的效果，得到实验研究的真实结果。

## References (参考文献)

- [1] Montgomery, D.C. (1991) DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS ISBN 7-5037-2448-X. Wiley and Sons. Inc.
- [2] Dingpi Hou, Huayou Chen, Wei Chen. Quantity Economy Analyze [M]. Science Publish. 2009.  
侯定丕, 陈华友, 陈伟. 数量经济分析[M]. 科学出版社. 2009
- [3] Hui Gu. Study on the Operating Behavior of Operating Power Model [J]. Chinese Journal of Ergonomics. 2003.3.  
顾辉等. 操作动作的作业绩效模型研究[J]. 人类工效学. 2003.3.
- [4] Haicun Wu. The Basic Principle and Method of Mathematic Statistics. Publish of Southwest Finance and Economics University. 2006.  
吴海村. 数理统计学基本原理和方法[M]. 西南财经大学出版社. 2006.
- [5] Zuojun Wang. Cross the Threshold of Statistics. Chinese  
王左军. 统计实务入门[M]. 中国言实出版社. 2006.
- [6] Binxian Kui. Applying Statistic Method [M]. Zhejiang Science and Technology Publish. 2006.  
隗斌贤. 应用统计方法[M]. 浙江科学技术出版社. 2006.