

用联系数描述和处理网络计划中的不确定性

黄德才 赵克勤

摘要 通过把集对分析(SPA)中的联系数引入到网络计划技术之中,为工程中因各种情况变化引起的工期不确定性提供了一种新的表达和处理方法.研究表明,这种基于联系数的网络计划与调控方法,比传统的网络计划方法提供了更多有价值的信息,如关键路线、次关键路线和再次关键路线及其转化关系等,具有更灵活的表达和处理能力且符合工程实际.新方法思路清晰、操作方便,是一种值得推广的新型网络计划方法.

关键词: 集对分析,联系数,网络计划技术,不确定性

分类号: O223

USING THE CONNECTION NUMBER OF THE SPA TO EXPRESS AND PROCESS THE UNCERTAINTIES IN NETWORK PLANNING

Huang Decai

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014)

Zhao Keqin

(Zhejiang Gold Machine Works, Zhejiang Zhuji 311811)

Abstract The connection number is a new kind of number in the Set Pair Analysis theory. This paper firstly applies it to network planning technique and considers the expressing, processing and controlling methods of the uncertainties of the work time limit caused by unknown or unforeseen factors for a project. The results in this paper illustrate that the new network planning and controlling method based on the connection number can provide more useful information and flexibility than the traditional method, and is more suitable to the practice of project.

Key words: set pair analysis, connection number, network planning technique, uncertainty

0 引言

网络计划方法是大中型工程计划与控制管理的一种基本方法^[1].由于工程在实际施工过程中存在种种不确定性因素,其工序持续时间的信息在性质上是不确定的^[2].文献^[2,3]等把这种不确定性看作模糊不确定性,用模糊数表示各工序的时间并将其用于网络计划技术之中.但由于隶属度仍沿用经典数学的思想,其工序时间仍以某个定值出现,从而使预先编制的网络计划仍不能完全客观地描述工程实际.因为网络计划中的不确定性,本质上是在某个区间内变化着的东西,只有在特定条件下才取某个定值.因此,隶属度所取的某个定值,虽然反映了不确定性在特定条件下的可确定性,却否定了不确定性的客观存在性,因为不确定性在一定条件下的可确定性只是不确定性的一个方面,而不确定性才是其本质.因此,模糊网络计划方法和传统的网络计划方法一样,无法准确客观地表示和处理工程实际过程中的这种不确定性,而集对分析(Set Pair Analysis, SPA)中的联系数则为表达和处理这类不确定性提供了崭新的思路^[4,5].

本文在简单介绍联系数概念的基础上,引入联系数集合的最小上界、最大下界以及网络计划的关键路线、次关键路线和再次关键路线等概念,建立了一种基于联系数的网络计划新方法,并重点讨论了网络计划中不确定数“ i ”的取值方法,并用一个具体实例给予阐述.结果表明,这种基于联系数的网络计划方法,比传统的网络计划方法提供了更多有价值的信息,具有更灵活的表达和处理

能力,更加符合工程实际并且思路清晰、操作方便、意义直观,是]一种性能良好、具有重要推广价值的网络计划新方法.

1 联系数的概念

联系数由SPA中的联系度导出,是SPA [5,6]中的基本概念之一.对应于联系度的不同表达式,联系数也有相应的不同表达式 [6].为讨论方便,本文仅考虑 $a+bi$ 形式的联系数在网络计划中的应用.

定义1 [6] 设 $u=a+bi$,则称 u 为联系数.其中 a,b 为任意实数, i 是一个不确定数, $i \in [-1,1]$,但需根据具体情况取值.

联系数的应用范围比较广泛,一些用传统概率论和模糊数学方法描述比较困难的问题,用联系数表示则显得自然和简洁.

例1 某工序在正常情况下需要48天完成,若遇停电或其它意外,最多时可能延期6天完工.若已知的某种新技术能在本工序中顺利使用,则最多可提前6天完工.因此,用联系数表示该工序的工期为 $48+6i$, $i \in [-1,1]$.

在例1中,如果可能提前完工的天数最多为6天,可能延期完工的天数最多为4天,则根据SPA理论中关于 i 在 $[-1,1]$ 之间视不同情况不确定取值的思想仍可用 $48+6i$ 来表示该工序的工期.同理,如果最多可能延期5天,最多可能提前7天完工,则可以类似地简记成 $48+7i$.

2 联系数的运算及性质

2.1 联系数的加法运算 [5]

设 $u_1=a_1+b_1i$, $u_2=a_2+b_2i$,则定义联系数的加法如下:

$$u_1+u_2=(a_1+a_2)+(b_1+b_2)i$$

由于联系数无法象实数那样直接比较“大小”,因此,当其工序时间有不确定性且用联系数表示时,如何定义关键路线和最早开工时间等,是必须首先解决的关键问题.为此,引入如下定义:

定义2 设有联系数集合 $A=u_1, u_2, \dots, u_k$,令 $a=\max_r | a_r+b_r i \in A$, $b=\max_r | a_r+b_r i \in A$ 且 $a_r=a$.则 $u=a+bi \in A$ 称为联系数集合A的主关键联系数.

对于给定的联系数集合 $A=u_1, u_2, \dots, u_k$,利用它的主关键联系数 $u=a+bi$,可将其划分为4个不相交的子集合: $A_1=\{u_r \in A, a_r=a\}$; $A_2=\{u_r \in A, a_r < a, a_r+b_r \leq a+b\}$; $A_3=\{u_r \in A, a_r < a, a_r+b_r < a+b, a_r+b_r \geq a-b\}$; $A_4=A-A_1-A_2-A_3$. A_1, A_2, A_3, A_4 分别称为联系数集合A的关键子集、次关键子集、再次关键子集和非关键子集.

2.2 联系数集合的最小上界和最大下界的定义与计算

定义3 设联系数 $u_1=a_1+b_1i$, $u_2=a_2+b_2i$,则

(1)集合 $\{u_1, u_2\}$ 的最小上界是一个联系数 $u=a+bi$,记作 $u=\text{EXTRL}\{u_1, u_2\}$.其中:

$$a = \frac{\max(a_1 + b_1, a_2 + b_2) + \max(a_1 - b_1, a_2 - b_2)}{2}$$

(2)集合 $\{u_1, u_2\}$ 的最大下界是一个联系数 $u=a+bi$,记作 $u=\text{EXTRS}\{u_1, u_2\}$.其中:

$$b = \frac{\max(a_1 + b_1, a_2 + b_2) - \max(a_1 - b_1, a_2 - b_2)}{2}$$

若把求两个联系数的最小上界和最大下界分别看成一种运算,则有如下定理.

定理1 联系数的最小上界和最大下界运算满足如下运算规律:

幂等率: $u_1=\text{EXTRL}\{u_1, u_1\}$;

$u_1=\text{EXTRS}\{u_1, u_1\}$

交换率：EXTRL $\{u_1, u_2\} = \text{EXTRL} \{u_2, u_1\}$; EXTRS $\{u_1, u_2\} = \text{EXTRS} \{u_2, u_1\}$

结合率：EXTRLEXTRL $\{u_1, u_2\} u_3 = \text{EXTRL} \{u_1, \text{EXTRL} \{u_2, u_3\}\}$

EXTRSEXTRS $\{u_1, u_2\} u_3 =$

EXTRSu₁, EXTRS $\{u_2, u_3\}$

证明 利用定义3容易证明定理1成立，为节约篇幅证明从略。

有限个联系数之集合的最小上界和最大下界概念的提出，不仅为基于联系数的网络计划方法提供了计算与分析手段，同时也丰富了集对分析中联系数的基本运算理论。

3 基于联系数的网络计划方法

有了以上基础，可以给出基于联系数的网络计划方法的一般步骤如下：

(1)对工程中每一工序所需的时间，明确其最快和最迟天数，并用联系数 $a+bi$ 表示。

(2)把各工序间的相互关系，用表格形式表示。

(3)根据工程中各工序间的关系与用联系数表示的时间表，绘制网络图。

为节省篇幅，用图1给出某工程的所有工序、工序间的相互关系及用联系数表示的工作时间。图中箭线表示工序，其上的字母代表工序名，其下的联系数表示该工序的时间，圆圈表示相邻工序的时间分界点，称为事项。圆圈内的数为事项编号。事项上面或下面带下划线的联系数称为该事项的最早时间，它是该事项后面的工序可能的最早开工时间，用以下第(4)步介绍的方法计算。

(4)计算网络中各个事项的最早时间，根据情况按照以下两种情形进行：

(a)当某事项只有一个箭入工序时，该事项的最早时间，按照联系数的加法计算。如事项 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 等。

(b)当某事项有两个或更多箭入工序时，该事项的最早时间则必须按照定义2中公式EXTRL $\{u_1, u_2\}$ 计算。如事项 12 的最早时间 $152+14i = \text{EXTRL}(u_1, u_2, u_3, u_4)$ 。其中 $u_1=115+11i; u_2=145+21i; u_3=130+13i; u_4=150+12i$ 。

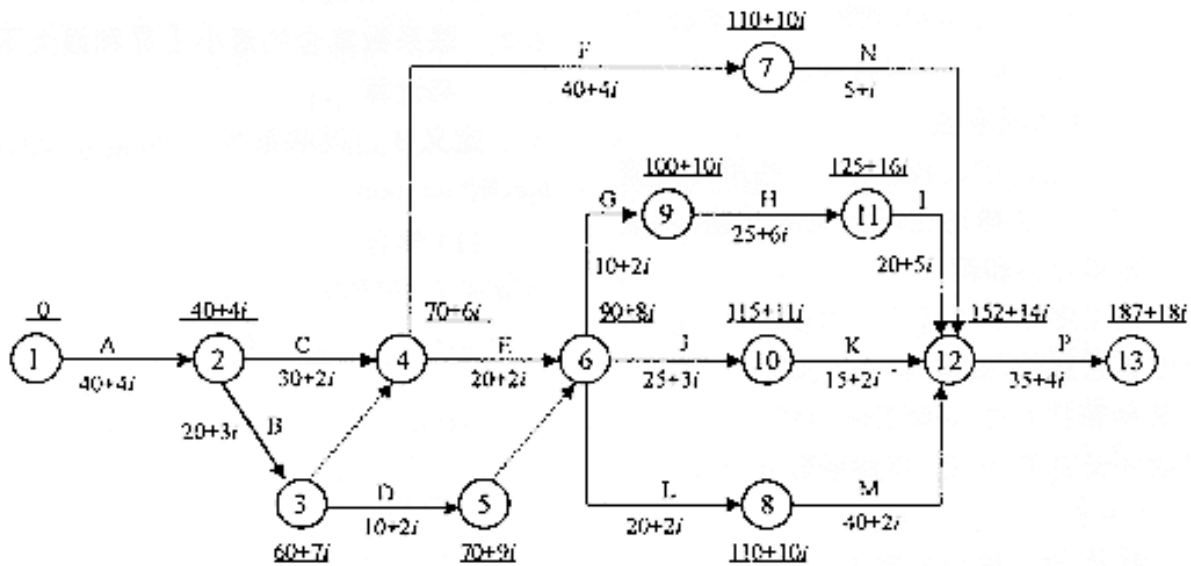


图1 某工程基于联系数的网络计划图

(5)根据网络图，找出所有从开工事项到完工事项的各条路线，设共有 k 条路线并记为 L_r ，其最后完工事项的最早时间为 $u_r = a_r + b_r i (r=1, 2, \dots, k)$ 。令 $A = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ ，求出它的主关键联系数 $u = a + bi$ 和对应的 A_1, A_2, A_3, A_4 。对路线 L_r ，若有 $u_r = a_r + b_r i \in A_t$ ，则当 $t=1$ 时称 L_r 为关键路线；当 $t=2$ 时称 L_r 为次关键路线；当 $t=3$ 时称 L_r 为再次关键路线；当 $t=4$ 时称 L_r 为非关键路线。次关键路线和再次关键路线都是可能转换为关键路线的路线，因此在施工中必需加强管理与控制。

在网络图1中, 共有11条路线, 各条路线的最后完工事项的最早时间集合的主关键联系数为185+25i, 以及 $A_1 = \{185+16i\}$, $A_2 = \{180+25i\}$; $A_3 = \{175+17i, 170+26i, 165+17i, 165+17i, 160+25i, 155+18i\}$; $A_4 = \{150+15i, 145+18i, 140+16i\}$. 在图1中有:

1条关键路线为 L_1 : - - - - - (12) - (13), 其时间为185+16i.

1条次关键路线 L_2 : - - - - - (11) - (12) - (13), 其时间为180+25i.

7条再次关键路线: - - - - - 12 • - 13 • ; - - - - - (11) - (12) - (13) 等, 其时间分别为175+17i; 170+26i等.

3条非关键路线. 这里不写出其路线标号.

(6) 根据i值的变化对网络计划进行动态调控和管理

显然, 网络计划在有不确定性的情况下, 前述次关键路线和再次关键路线都可能在一定条件下转化为关键路线, 从而最终影响工程的总完成时间. 当用联系数来描述各工序时间时, 其转化过程是通过不确定数i值的变化来体现的. 因此, 如何结合施工实际情况分析、估算, 乃至确定一个工序中i的取值, 是本文所述网络计划方法的关键问题之一. 为此, 下面结合图1所示的网络数据给予重点阐述.

4 不确定数i的取值法

(1) “面向对象”取值法

根据SPA理论, 联系数 $a+bi$ 是用来描述不确定量的一种数. 所谓不确定量是指在客观上可以确定而在微观上不能随便加以确定的一种量^[7]. i是对研究对象处于微观层次上不确定量的一种承载, 因而不能随便加以确定. 但网络计划的实际控制与管理又需要对各个工序中的不确定数i的值作出正确的估计甚至加以确定, 这显然是一个矛盾. 那么, 如何解决这个矛盾呢?

空间和时间是紧密相连的, 在一定条件下可以相互转化. 各工序时间在微观层次上的不确定性随着时间的推移可以从微观层进入到宏观层, 从而被如实地确定下来. 由于网络中各工序在时间上存在先后关系, 工序与工序之间存在一定的类同性, 故可以利用已完成工序的实际时间与计划时间的关系, 求出已完成工序的实际i值, 并将其作为未完成工序的某种估计. 例如工序A用了42天, 由方程 $42=40+4i$, 可得 $i=0.5$. 不妨记作 i_1 . 在不计工序时间确定性部分大小的情况下, 可根据这个 i_1 作为后续工序所需时间中不确定数i的一个估计, 并用它估算剩余工程中各个事项的最早时间, 计算关键、次关键与再次关键路线. 如此类推并不断根据计算获得的关键、次关键与再次关键路线, 调整管理重点到新的关键路线上, 同时也注重次关键和再次关键路线上工程的管理和控制, 以确保工程计划的如期完成.

把以上根据网络计划中各工序实际完成时间作为后续工序中i值估计, 借此逐次逐级逼近实际的做法称为网络计划中不确定系数i的“面向对象”取值法.

(2) “面向式子”取值法

SPA的核心思想是把研究对象的确定性与不确定性作为一个不确定性系统来进行数学处理. 因此, 当面对一个具体的联系数时, 可以根据这个联系数自身提供的信息来分析和估计其中的i值. 常用的i的“比例取值法”就是一种“面向式子”的取值法. 但在应用时, 仍要根据不同的具体情况灵活应用.

例如, 对联系数 $187+18i$, 根据比例取值法以及i不确定性取值的特点, 可知i最可能取值为

$\frac{187}{187+18}$. 其依据是, i在 $187+18i$ 这个联系数中受着总体上的约束, 它是 $187+18i$ 这个大系统中的一个

成比例的子系统, 并由此推之, 这里的i不大可能取 $\frac{187+18}{187+18}$ 这个值. 如果附加“ $187+18i$ 将向较小的

数值演化”这么一个条件, 可知i最可能在 $[\frac{187}{187+18}, \frac{18}{187+18}]$ 区间取值. 前者称为i的顺势比例取值, 后者称为i的逆势比例取值.

(3) 专家取值法

专家取值法,就是请若干工程或管理专家分别对各个工序中的 i 作出估计,然后依据某种数学方法,如加权平均法等,获得各个工序中 i 值的估计的方法.由于工程或管理专家都有实际工程实施和管理经验,因此能对工序中的不确定数 i 值作出比较准确的估计.

(4)综合法

由于实际问题的复杂性,网络计划中各工序时间的不确定数 i 的估值,常常需要综合地采用以上各种方法,有时对不同的工序使用不同的方法,有时对同一工序采用多种方法以互相比、验证,以便从总体上保证和提高网络计划中各个 i 取值的精度.

5 应用举例

下面以图1所示的网络计划为例来说明上述取值法的具体应用.由于篇幅限制,下面仅给出涉及前面几道工序的计算分析过程.其余工序的计算和分析可以类似地进行.

(1)在未开工前的计算与分析

未开工前,对网络中各个工序时间的不确定数 i 取什么值,一无所知.这时可以采用 i 的“比例取值法”,对各路线时间中的不确定数作一估计,由此可算得各路线上的时间为:

关键路线 L_1 的时间为 $185+16i$,令 $i=\frac{185}{185+16}=0.92$,得其时间 $T(L_1)=185+16\times 0.92=199.72$.

次关键路线 L_2 的时间为 $180+25i$,令 $i=\frac{180}{180+25}=0.878$,得 L_2 的时间 $T(L_2)=201.9$.

再次关键路线 L_3 (这里仅以 L_3 代表所有7条再次关键路线)时间为 $170+26i$,令 $i=\frac{170}{170+26}=0.867$,得 L_3 的时间 $T(L_3)=191.7$.

由以上计算可以看出,在 i 按“比例取值”后,次关键路线有可能转化为关键路线,从而提醒工程管理人员,在重视关键路线 L_1 上各工序的管理和控制的同时,还应重视次关键路线 L_2 上工序的管理和控制,以免因 L_2 的延期而影响整个工程的工期.

(2)在完成一些工序后计算和分析

利用实际 i 值的平均作后续工序中 i 的估计

假定工序A已完成且实际完工天数是42天.前面已解得 $i=0.5$.由于这个 $i=0.5$ 是从实际工作中得到的,有较为重要的参考价值,将它代入 L_1, L_2, L_3 余下的时间表达式 $T(L_1)=185+16i-42=143+16i, T(L_2)=138+25i, T(L_3)=128+26i$ 中得 $T(L_1)=151, T(L_2)=150.5, T(L_3)=141$.计算结果表明,次关键路线 L_2 上的时间与关键路线上 L_1 的时间非常接近,这从实际施工过程角度说明了未开工前对各路线的时间计算与分析是基本正确的.随着完成工序的增加,可以根据已完成工序实际 i 值的平均值作为未完成工序的 i 值估计,这样可以得到越来越精确的 i 值估计.

利用工序的并行性估计后续工序中的 i 值

从图1可见, B、C两道工序是继工序A之后平行作业的两道工序.现假定工序B实际上用了18天,根据方程 $20+3i=18$ 可得 $i_B=-0.67$,而工序C实际上用了32天,根据方程 $30+2i=32$ 可得 $i_C=1$.由于C工序进入路线 L_1 和 L_2 , B工序进入路线 L_3 ,于是将 $i_C=1$ 代入路线 L_1 和 L_2 的剩余时间表达式 $T(L_1)=143+16i-32=111+16i$ 和 $T(L_2)=106+25i$ 中,可得 $T(L_1)=127$ 和 $T(L_2)=131$.把 $i_B=-0.67$ 代入路线 L_3 的剩余时间表达式, $T(L_3)=128+26i-18=110+26i$ 中得 $T(L_3)=92.58$.由此可见,这时路线 L_2 已从次关键路线转化为关键路线.

6 结束语

(1)以上研究表明,各个工序的时间用联系数表示,为工程计划的调整与优化提供了更多的信息也提出了更高的要求.即在对计划进行调控与优化时,不仅要注重减少正常情况下工序时间的确定性部分,更要注意减少不确定因素引起的工序时间的不确定性部分.传统的网络计划方法以及模糊网络计划方法都无法描述和处理这类不确定性问题.

(2)许多大中型工程施工实践告诉我们,一项工程的关键路线与次关键路线以及再次关键路线一

般来说并不是一成不变的,而可以在一定条件下相互转化,其原因就是有不不确定性存在.SPA对不确定性采取“客观承认,系统描述,定量刻画,具体分析”的研究方法,为研究客观事物的联系、变化与相互转化提供了相应的数学工具,从而为网络计划这类工程的计算与调控问题开辟了全新的研究思路.

(3)本文提出的基于联系数的网络计划的调控思路及其对*i*值的估算分析方法与实际施工实践有较好的吻合,它与传统的网络计划方法的根本区别在于承认其间的不不确定性,并加以逐次逐级逼近实际,是一个动态的而不是静态的网络计划.根据实际情况的变化不断地改进和完善已有的分析结果是这一新方法的生命力所在.

当然,作为一种新的网络计划方法,其中还有不少问题需作进一步的深入研究.但与传统的网络计划方法和模糊网络计划方法相比,新方法无疑具有更灵活的表达和处理能力,且更加符合工程实际,是一种值得推广的新型网络计划方法.

注:浙江省自然科学基金资助项目(698069)和浙江省教委资助项目(981096)

作者简介:黄德才,男,博士,副教授.male,Dr.,associate professor.

作者单位:浙江工业大学信息工程学院,杭州 310014 浙江黄金机械厂,浙江 诸暨 311811

参考文献

- 1 林知炎,潘宝根.网络计划技术.北京:中国建筑工业出版社,1987.
- 2 McCahon C S.Using PERT as an approximation of fuzzy projection-network analysis.IEEE Transaction on Engineering Management,1993;40(2):146 ~ 153
- 3 Nasution S H.Fuzzy critical path method.IEEE Transaction on Systems,Man and Cybernetics,1994;24(1):48 ~ 57
- 4 赵克勤,曾伟.基于集对分析(SPA)的弃权问题研究.决策与决策支持系统,1995;5(3):86 ~ 94
- 5 赵克勤.联系数及其应用.吉林师范学院学报,1996;(8):15 ~ 19
- 6 赵克勤.集对分析对不确定性的描述和处理,信息与控制,1995;24(3):162 ~ 166
- 7 赵克勤.集对分析(SPA)中的联系数与不确定量.大自然探索,1997;(2):91

用联系数描述和处理网络计划中的不确定性

作者: [黄德才](#), [赵克勤](#), [Huang Decai](#), [Zhao Keqin](#)
 作者单位: [黄德才, Huang Decai \(浙江工业大学信息工程, 学院, 杭州, 310014\)](#), [赵克勤, Zhao Keqin \(浙江黄金机械厂, 浙江, 诸暨, 311811\)](#)
 刊名: [系统工程学报](#) **ISTIC PKU**
 英文刊名: [JOURNAL OF SYSTEMS ENGINEERING](#)
 年, 卷(期): 1999, 14(2)
 被引用次数: 49次

参考文献(7条)

1. [林知炎, 潘宝根](#) [网络计划技术](#) 1987
2. [McCahon C S](#) [Using PERT as an approximation of fuzzy projection-network analysis](#) 1993(02)
3. [Nasution S H](#) [Fuzzy critical path method](#) 1994(01)
4. [赵克勤, 曾伟](#) [基于集对分析\(SPA\)的弃权问题研究](#) 1995(03)
5. [赵克勤](#) [联系数及其应用](#) 1996(08)
6. [赵克勤](#) [集对分析对不确定性的描述和处理](#) 1995(03)
7. [赵克勤](#) [集对分析\(SPA\)中的联系数与不确定量\[期刊论文\]-大自然探索](#) 1997(02)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [王广, 赵克勤, 韩莉, WANG Guang, ZHAO Ke-qin, Han Li](#) [基于集对分析联系数的可靠性系统分析与应用 - 自动化技术与应用](#) 2005, 24(9)

以系统的可靠为参考, 则系统的可靠(完全正常地运行)、可靠与不可靠的模糊中介过渡(局部的暂时的轻微的故障, 可简称为异常)、不可靠(失效, 或简称为反常)就是集对分析意义下的一种同异反, 其同(可靠)、异(异常)、反(失效)程度可用集对分析联系数系统地描述, 实际问题的可靠性分析就转化为有关联系数的运算与分析, 由此形成基于集对分析联系数的可靠性系统分析方法. 应用表明, 这是一种系统信息丰富、分析性能良好、实用价值明显、具有综合创新意义的可靠性系统分析方法.

2. 期刊论文 [黄大荣, 黄丽芬, HUANG Da-rong, HUANG Li-fen](#) [基于集对分析联系数故障树的BA系统可靠性分析 - 计算机应用研究](#) 2010, 27(1)

为了有效管理和监测建筑设备自动化系统(BAS), 提高系统可靠性, 基于集对分析联系数和故障树理论研究了BA系统的可靠性分析方法. 详细分析可能引起BA系统故障的各种因素, 建立系统的故障树模型, 并确定了系统故障原因的各种可能组合方式; 引入中间状态概率的概念结合集对分析联系数理论建立了BA系统的可靠性评定模型; 通过BA冷源系统的仿真实例验证了模型的可靠性和有效性. 实验表明, 该模型便于发现系统的薄弱环节, 从而有效提高了系统的可靠性.

3. 期刊论文 [张林风, ZHANG Lin-feng](#) [基于集对分析联系数的亚健康分类 - 天津体育学院学报](#) 2007, 22(3)

亚健康是介于健康和患病之间的一种过渡状态, 依中医理论属于“正”、“邪”相搏但又不完全显化的状态. 如把“正”、“邪”作为一个集对, 并作“正”、“偏正”、“偏邪”、“邪”的展开分析, 则可以借助集对分析中的四元联系数态势排序表把亚健康状态分成27级, 其中1~16级虽是“正”强于“邪”, 但“正”已开始弱化, 不过仍偏向健康, 所以属亚健康1态, 这时主要以保健养身为主; 17~27级时“正”、“邪”持平, 已偏向于患病, 属亚健康2态, 这时需要中医药物干预, 辅以针灸干预会增强效果. 针灸干预不方便时, 可以用按摩代之, 但手法宜轻, 且在整个干预阶段要持之以恒. 基于集对分析联系数的亚健康分类, 试图为亚健康人健康恢复实践提供量化参考, 也希望对开展全民健身运动有所裨益.

4. 期刊论文 [李德顺, 许开立, 叶海云, LI De-shun, XU Kai-li, YE Hai-yun](#) [论基于多元联系数的集对分析评价模型 - 中国安全生产科学技术](#) 2009, 5(4)

集对分析是一种处理不确定性问题的系统分析方法, 利用该方法对系统危险性进行了评价, 指出了多元联系数集对分析方法在系统危险性评价中存在的不足, 探讨了其应用条件, 提出了与系统级别特征值相结合来判断系统危险性级别的方法, 并给出了多元联系数集对分析的评价程序. 实例表明, 该方法科学、可行, 为系统危险性评价提供了一种新的思路.

5. 会议论文 [张清河, 赵克勤](#) [集对分析联系数在施工招标决策中的应用](#) 2005

集对分析联系数用于工程施工招标决策, 既可以获得投标企业现有施工实力水平的综合评价结果, 又可以获得该投标企业施工实力发展趋势的综合评价结果, 从而有助于作出科学的招标决策.

6. 期刊论文 [刘明芳, 刘新亮, LIU Ming-fang, LIU Xin-liang](#) [基于集对分析联系数理论的系统可靠性分析 - 电子产品可靠性与环境试验](#) 2007, 25(2)

将可靠性分析中的“正常-故障”两状态假设拓展为“正常-不确定-故障”三状态, 并以集对分析中间的“同、异、反”对应这3种状态, 列出了基于集对联系数表达的单元可靠性表达式, 统一表述基于模糊、随机、中介理论的可靠性概念, 并采用单元交、并运算, 给出各种单元组合模式下的系统可靠性分析方法. 算例表明, 该分析方法信息丰富、分析性能良好.

7. 会议论文 [王洁颖](#) [集对分析联系数在学生成绩综评中的应用](#) 2005

用不同方法对学生成绩作综合评价会有不同的评定结果, 说明这一过程有不确定性因素存在. 应用集对分析联系数可以对其中的不确定性作定量描述和分析, 从而提高学生成绩综合评定结果的客观性和合理性.

8. 期刊论文 [刘秀梅, 赵克勤, 王传斌](#) [基于联系数的三角模糊数多属性决策新模型 - 系统工程与电子技术](#) 2009, 31(10)

针对属性值和属性权重都用三角模糊数表示的多属性决策问题, 提出了一种基于联系数的三角模糊数多属性决策评价模型. 通过运用集对分析的不确定性系统理论, 利用三角模糊数的中值及上下确界所限定的取值区间, 将三角模糊数转化为联系数, 建立了联系数决策模型, 并给出决策步骤, 基于此可以对多属性决策评价问题进行排序. 该模型的建立既考虑了三角模糊数的中值, 又兼顾了三角模糊数的上下确界, 即联系数的差异度, 更具有客观性. 通过对实例的运用和分析表明, 该方法算理清晰, 计算简便, 结论合理.

9. 期刊论文 [袁玲](#) [基于联系数的集对分析在数学教学中的应用 - 高等理科教育](#) 2008, ""(2)

集对分析从系统的同一、差异、对立三方面来描述、分析和处理系统的确定性和不确定性, 它以联系数学为基础, 结合有关系统数据分析、学生成绩分析和系统综合评价, 说明了其在数学教学系统中的应用.

10. 会议论文 [赵克勤](#) [偏联系数](#) 2005

偏联系数是联系数的一种伴随函数, 刻画了联系数中同异反状态的发展趋势. 虽然人们已认识到联系数是刻画研究对象同异反确定不确定联系状态的一种结构函数, 但很少有人注意到联系数的一种伴随函数还同时刻画了这种同异反确定不确定状态的发展趋势. 本文把这种能够反映研究对象发展趋势的伴随函数定义为偏联系数, 并具体地分为偏正联系数、偏负联系数、全偏联系数等不同类型, 在此基础上形成基于偏联系数的趋势分析法, 由此构建出集对分析的新框架.

引证文献(49条)

1. 黄大荣, 黄丽芬 基于集对分析联系系数故障树的BA系统可靠性分析[期刊论文]-计算机应用研究 2010(1)
2. 赵克勤 联系数学的基本原理与应用[期刊论文]-安阳工学院学报 2009(2)
3. 吴亭 五元联系系数在学生成绩发展趋势分析中的应用[期刊论文]-数学的实践与认识 2009(5)
4. 张秋月, 杜志达, 程超 基于联系系数的工期求解方法[期刊论文]-价值工程 2009(1)
5. 李大伟, 赵文杰 基于网络图的机场目标毁伤效果评估[期刊论文]-兵工自动化 2009(1)
6. 赵克勤 二元联系系数A+Bi的理论基础与基本算法及在人工智能中的应用[期刊论文]-智能系统学报 2008(6)
7. 刘秀梅, 赵克勤 基于联系系数复运算的区间数多属性决策方法及应用[期刊论文]-数学的实践与认识 2008(23)
8. 吴亭 联系系数a+bi中不确定系数的一个取值公式及应用[期刊论文]-科技通报 2008(5)
9. 邵珠艳, 岳丽, 刘晨琛 同异反联系系数在医用高等数学课堂教学质量评价中的应用[期刊论文]-数理医药学杂志 2008(1)
10. 董文洪 指标层间联系系数的目标威胁评估模型与应用[期刊论文]-火力与指挥控制 2007(12)
11. 赵克勤 SPA的同异反系统理论在人工智能研究中的应用[期刊论文]-智能系统学报 2007(5)
12. 王霞 观察数据用联系系数表示的方差分析及应用[期刊论文]-天津科技大学学报 2007(3)
13. 黄德才, 张丽君, 赵克勤 基于a+bi型联系系数的不确定网格静态调度算法[期刊论文]-计算机科学 2007(8)
14. 邵珠艳, 袁润杰, 岳丽 食品卫生监督质量评价中的集对分析模型及应用[期刊论文]-数理医药学杂志 2007(2)
15. 宋向炯 一种新的基于SPA的卡诺循环效率表述[期刊论文]-安庆师范学院学报(自然科学版) 2007(2)
16. 韩曙光, 王洁颖, 王敏芝 集对分析联系系数在学生成绩综评中的应用[期刊论文]-浙江理工大学学报 2006(4)
17. 覃杰, 赵克勤 基于联系系数的医院综合评价加权求和模型失效机理剖析与对策[期刊论文]-中国医院统计 2006(1)
18. 覃杰, 赵克勤 联系系数在医院医疗质量发展趋势分析中的应用[期刊论文]-中国卫生统计 2006(6)
19. 金华征, 程浩忠, 杨晓梅, 王旭 基于联系系数模型的电网灵活规划方法[期刊论文]-中国电机工程学报 2006(12)
20. 诸晓明, 王国强 集对分析在城市空气污染预报中的应用研究[期刊论文]-应用气象学报 2006(1)
21. 赵克勤 集对分析的不确定性系统理论在AI中的应用[期刊论文]-智能系统学报 2006(2)
22. 王广, 韩莉, 赵克勤 基于联系系数的乘员舱人机界面工效学综合评价[期刊论文]-牡丹江大学学报 2006(2)
23. 蒋云良, 徐从富 集对分析理论及其应用研究进展[期刊论文]-计算机科学 2006(1)
24. 邵珠艳, 袁润杰, 岳丽 治疗慢性前列腺炎的同异反集对分析[期刊论文]-济宁医学院学报 2006(2)
25. 张林凤 基于SPA的体育教学质量双向综合整体评价模型及应用[期刊论文]-湖州师范学院学报 2006(1)
26. 孟文清, 张亚鹏, 邹景磊, 李朋 考虑影响因素的AHP-联系系数网络计划[期刊论文]-河北建筑科技学院学报(自然科学版) 2006(4)
27. 沈军 基于联系系数的NBA现役优秀中锋竞技水平发展趋势研究[期刊论文]-广州体育学院学报 2006(3)
28. 宋向炯 基于联系系数的空气比热容比实验不确定度近似算法改进[期刊论文]-大学物理实验 2006(4)
29. 张毅 基于不确定性分析的火电建设项目计划研究[学位论文]硕士 2006
30. 沈军 篮球后卫队员进攻能力模糊综合评价的失效与改进[期刊论文]-天津体育学院学报 2005(3)
31. 王霞 基于复数理论的同异型联系系数及其应用[期刊论文]-数学的实践与认识 2005(8)
32. 章勇武 高速公路建设工程进度的柔性化管理研究[学位论文]博士 2005
33. 李琦 复杂系统的脆性模型分析[学位论文]硕士 2005
34. 张清河 一种基于联系系数的地基方案优选方法及应用[期刊论文]-基建优化 2004(5)
35. 万玉成 基于未确知性的预测与决策方法及其应用研究[学位论文]博士 2004
36. 覃杰, 赵克勤 同异反联系系数在医院综合评价及排序中的应用[期刊论文]-中国医院统计 2003(2)
37. 覃杰, 赵克勤 用联系系数研究门诊人数增长与门诊医疗质量因子的关系[期刊论文]-中国卫生统计 2003(3)
38. 张清河, 张云波, 赵克勤 工序作业时间实现可能性的新判定法[期刊论文]-系统工程与电子技术 2003(10)
39. 高淑萍, 刘三阳 基于联系系数的多资源应急系统调度问题[期刊论文]-系统工程理论与实践 2003(6)

40. [周伟元](#). [选题决策的集对分析模型及其应用](#)[期刊论文]-[科技与出版](#) 2003(6)
41. [郑河荣](#). [黄德才](#). [赵克勤](#). [同异反网络计划中工序时间的专家意见综合法](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2003(11)
42. [赵克勤](#). [黄德才](#). [朱燕](#). [同异反网络计划中的系统辩证思维及启示](#)[期刊论文]-[系统辩证学学报](#) 2002(1)
43. [张清河](#). [张云波](#). [不确定性网络计划的工序作业时间研究](#)[期刊论文]-[华侨大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(2)
44. [金英伟](#). [迟忠先](#). [李艳红](#). [郗洪波](#). [基于联系数系统态势排序综合评判方法及应用](#)[期刊论文]-[大连理工大学学报](#) 2002(6)
45. [黄德才](#). [赵克勤](#). [陆耀忠](#). [同异反网络计划的工期预测方法](#)[期刊论文]-[系统工程与电子技术](#) 2001(5)
46. [黄德才](#). [赵克勤](#). [陆耀忠](#). [含有突发事件的网络计划关键路线分类与应用](#)[期刊论文]-[系统工程学报](#) 2001(3)
47. [陈浩光](#). [陈庆华](#). [杨惠鹤](#). [赋工序完工隶属函数的网络计划模型](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2001(3)
48. [赵克勤](#). [黄德才](#). [陆耀忠](#). [同异反网络计划的不确定性分类与分析](#)[期刊论文]-[系统工程与电子技术](#) 2000(11)
49. [黄德才](#). [赵克勤](#). [陆耀忠](#). [洪宁](#). [a+bi+cj型联系数的四则运算及其应用](#)[期刊论文]-[机电工程](#) 2000(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xtgxcb199902002.aspx

授权使用: 浙江工业大学图书馆(wfzjgydx), 授权号: 5e33a797-c69f-40b4-a5de-9e0000aa7e65

下载时间: 2010年9月29日