

过渡现象及其理论

洪 龙

(南京邮电大学计算机学院 南京 210003) (软件开发环境国家重点实验室 北京 100191)

摘要 过渡是自然界和日常生活中普遍存在的现象,它是科学研究、工程技术和 社会管理中必须面对的问题。介绍了过渡现象研究的历史及现状,并分别采用传递性、区间和逻辑方法描述了过渡的一般概念。引入了左区间符 $[$ 和右区间符 $]$,并提出区间邻接概念,并采用这些概念定义了过渡,讨论了过渡的基本特征:过渡变量、过渡区域、始点、增型过渡和减型过渡等内容。另外,还展望了过渡的研究方向,这些方向的研究成果将初步形成有关“过渡”的知识结构。**关键词** 过渡现象,区间邻接,过渡区,过渡始点,逻辑

中图分类号 TP3, B815.2 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.11.023

Transition Phenomenon and its Theory

HONG Long

(College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)
(State Key Laboratory of Software Development Environment, Beijing 100191, China)

Abstract Transition is a universal phenomenon in nature and everyday life, and it is the problem confronting people in science research, technology innovation and social management. This paper introduced research history and status on transition phenomena, and respectively used transitive relation, interval and logical predicate to characterize the general concept of transition. We introduced two symbols, $[$ and $]$, for describing interval, and presented interval adjacency. With these concepts, we defined a transition, and discussed its essentials, including the transition variable, transition area, beginning point, increasing transition and decreasing transition. Additionally, we presented a perspective of studying transition, such as transition logic, application-oriented method quantifying transition phenomenon, etc., and the results of above-mentioned contents will initially form a knowledge system on transition.

Keywords Transition phenomenon, Interval adjacency, Transition area, Transition beginning point, Logic

1 引言

“过渡”是指事物从一种形态逐渐地转入另一种形态的过程,它是一种普遍存在的自然现象。例如,黎明是从黑夜向白昼的过渡时段;鸭嘴兽是从爬行类到哺乳类的生命进化系统中的一种过渡形态。这类过渡是单方向的。然而,还有一类过渡有两个方向。如灰色是从黑色到白色或从白色到黑色的过渡区域;晶体管的放大区是截止区向饱和区或饱和区向截止区的过渡空间;等等。

世界各地不同学科的学者对过渡现象的处理给予了高度关注并作出了积极的贡献。例如,为了使火车能够顺利转弯,19世纪80年代就有研究轨道曲线过渡特征的报道^[1,2],从笔者能查阅到的文献看,这是实际工程中研究过渡现象的较早的报道。但世界第一条铁路,从英国的 Darlington 到 Stockton,已于1825年正式通车运营。所以,对轨道的过渡曲线的研究可能在19世纪前叶或更早就已出现。

进入20世纪,对过渡现象的研究在许多领域展开。文献[3]的作者在介绍160米长的自动扶梯时,以过渡速度为术语

描述了速度变换的特征;在文献[4]中,作者以温度、雨水量和地理拓扑作为检测因素,提出了在动物群之间通常存在过渡区域的新概念,并指出将过渡区域作为一个方向将有助于动物学的研究;文献[5]的作者以过渡为主线研究了西瓜早期的生长过程;在文献[6]中,作者研究了过渡温度,使得在一般实验室的环境下,能通过控制加热的方式较好地测试塑料的密度和体积;文献[7]的作者在研究超导材料时发现:在临界温度附近,锡箔中的电流过渡是平稳的,他们还设计了为得到等温过渡的脉冲技术并刻画了过渡的结构。

计算机的诞生为科学研究和技术创新提供了有力的支持。文献[8]的作者研究了一种计算机对设计框架、细节设计及其之间的过渡过程都给予支持的基于约束的机械设计环境;文献[9]的作者在分析了交通流量从自由向阻塞的过渡情形后,提出一种单行道模型,用于模拟具有摩托车的混合交通流;在文献[10]中,作者提出了一种过渡路径延时故障模型,实验表明在子通路的很小附加延时累积到足以引起故障时,新模型能保证及时检测到它;在文献[11]中,作者用计算机再现两个临近的沉积体的侧向渐增表面过渡,这项工作作为地质

到稿日期:2014-07-20 返修日期:2014-11-15 本文受国家自然科学基金项目(61170322),软件开发环境国家重点实验室开放课题项目(SKLSDE-2011KF-04)资助。

洪 龙(1952-),男,博士,教授,主要研究方向为计算机科学、非经典逻辑及应用、计算机系统结构,E-mail:hongl@njupt.edu.cn.

异构的正确表示提供了有效的手段。

在信息领域,文献[12]的作者介绍了图像二值化的过渡方法;文献[13]的作者提出了一种基于过渡点对任意形状轮廓的编码技术;在文献[14]中,作者定义并研究了多功能快速捕获周期的信号过渡模式;文献[15]的作者刻画了在后验语义下能由带禁止弧基本网产生的过渡系统;在文献[16]中,作者设计了允许动画制作中云形状的流畅过渡算法;文献[17]的作者称他于多年前研发的并发系统的形式化说明为过渡公理方法。

在经济学领域,过渡已成为热词,世界银行在1990创办了季刊 Beyond Transition,它宣传并重点报道经济转型期国家的智囊团的高质量的新政策研究^[18]。在教育界,始建于2002年的 Transition Studies Network 的目标是促进专家与大学教师的合作,使他们倾于研究国际研究生和博士生的专业课程计划,它深刻地致力于有关过渡的广泛的课题,这些课题包括用于经济和财经的量化模型和工具、战略研究、社会、文化、环境、法律等主题^[19]。

在文学艺术领域,过渡具有独特地位,20世纪20年代就有了以过渡为书名的文学评论专著^[20],还有以过渡为主题的优美的诗歌^[21,22]。

“过渡”也经常出现在许多学科的术语之中,如心理学中的过渡年龄^[23],化学中的过渡元素、过渡金属^[24],物理学中的过渡相^[25],数学中过渡曲线、过渡概率、过渡矩阵^[26],等等。显然,这些过渡只起了形象描述之限定作用。

近年来,文献[27]的作者从系统角度对过渡现象进行了研究。他认为:事物(或系统)由一种形态通过中介形态转变到另一种形态所发生的现象,称为过渡现象。

总之,为了满足众多领域应用的需要,对过渡现象的研究已成为各个领域广泛关注的热点问题之一。据统计,从19世纪至今,以“过渡”(transition)为主题的论文数以百万计^[28,29]。然而,根据所知,这些论文鲜有或没有直接对过渡本身进行研究,绝大多数属于特定的领域研究。过渡现象在不同领域具有不同的过渡形式,所以不易从对特殊性过渡的研究中认识到过渡现象的一般规律。

对“过渡”本身进行刻画并对其基本规律进行研究是一件有趣的事。本文的贡献在于叙述了多个学科对过渡现象的研究历史和现状,并对此进行了分析;用数学知识和逻辑方法初步描述了过渡;提出了区间邻接概念;定义了过渡,并初步讨论了过渡的特征。本文2节简单描述过渡,并引入有利于本文讨论的区间邻接概念;第3节在实数域对过渡进行定义,并对其展开简单的讨论;最后总结全文。

2 预备知识

2.1 对过渡的描述

根据有关数学知识,可以将“过渡”的一般概念刻画如下:给定论域 \mathcal{F} , $x_1, x_2, x_3, x_4 \in \mathcal{F}$ 。若 $x_1 R x_2, x_2 R x_3, x_3 R x_4$, 有 $x_1 R x_3, x_1 R x_4, x_2 R x_4$, 则称 R 是 \mathcal{F} 中的传递关系;称 x_2 是 x_1 向 x_3 的过渡, x_3 是 x_2 向 x_4 的过渡;

例1 人生具有幼年、少年、青年、壮年、老年等阶段。青年是少年向壮年的过渡,壮年是青年向老年的过渡。

可以从区间的角度描述过渡:

设 $a_i \in \mathbf{R}, a_1 < a_2 < \dots < a_n, b_1 = [a_1, a_i], b_3 = (a_i, a_j), b_2 = [a_j, a_n], a_i \in \mathbf{R}, i \neq j, i, j \in I$ 。则 b_3 是 b_1 向 b_2 之间的过渡。

定义1 设 X 是论域 \mathcal{F} 的非空对象集合, f 是 X 的数值化映射, Q_1, Q_2 和 Q_3 是二值谓词。若满足

$$Q_1(x) \vdash f(x) \in b_1;$$

$$Q_2(x) \vdash f(x) \in b_2;$$

$$Q_3(x) \vdash f(x) \in b_3;$$

$$b_1 \cup b_2 \cup b_3 \subseteq f(X);$$

b_3 是 b_1 向 b_2 的过渡。则称 Q_3 是 Q_1 与 Q_2 之间的过渡谓词。

定义1中的谓词 Q_1, Q_2 和 Q_3 与 f 的对应关系如图1所示。

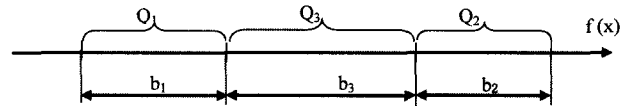


图1 定义1中的谓词 Q_1, Q_2 和 Q_3 与 f 的对应关系

根据定义1,容易证明下面的定理和推论。

定理1 若 Q_3 是 Q_1, Q_2 之间的过渡谓词, $f(X) = b_1 \cup b_2 \cup b_3$, 则

$$a. Q_1 \vdash \neg Q_2 \wedge \neg Q_3$$

$$b. Q_2 \vdash \neg Q_1 \wedge \neg Q_3$$

$$c. Q_3 \vdash \neg Q_1 \wedge \neg Q_2$$

推论1 若 Q_3 是 Q_1, Q_2 之间的过渡谓词, $f(X) = b_1 \cup b_2 \cup b_3$, 则

$$a. Q_3 \vdash \neg Q_1$$

$$b. Q_1 \vdash \neg Q_3$$

由定理1c,容易有与定义1平行的定义:

定义1' 设 X 是论域 \mathcal{F} 的非空对象集合, f 是 X 的数值化映射, Q_1 和 Q_2 是二值谓词。若满足

$$Q_1(x) \vdash f(x) \in b_1$$

$$Q_2(x) \vdash f(x) \in b_2$$

$$\neg Q_1 \wedge \neg Q_2 \vdash f(x) \in b_3$$

b_3 是 b_1 向 b_2 的过渡。则称 $\neg Q_1 \wedge \neg Q_2$ 是 Q_1, Q_2 之间的逻辑过渡。

2.2 区间邻接

区间和划分是数学中的重要概念,本文利用它们讨论新概念——邻接。

若 $S = \bigcup_{i=1}^n S_i, S_j \cap S_k = \emptyset (1 \leq j, k \leq n)$, 则称 S_1, S_2, \dots, S_n 是集合 S 的划分, S_i 是组成 S 的块。

设区间划分为 R_i 和 R_{i+1} , 若 $a \in R_i, b \in R_{i+1}$, 且有 $a \leq b$, 则称这些区间是有序的。

划分有多种形式,本文仅讨论有限的有序区间划分。

定义2 记区间的左符号和右符号分别为 $[[$ 和 $]]$, 即 $[[\in \{ (, [,], \} \in \{),], \}$ 。设 $R_i = [[a, b]]$, $R_{i+1} = [[b, c]]$, 则 R_i, R_{i+1} 互为相邻区间, 称相邻区间 $[[a, b]]$, $[[b, c]]$ 中的“ $]]$ ”, “ $[[$ ”为区间邻接, b 称作邻接元素。

相邻区间序列的一般形式为:

$$[[a_1, a_2]], [[a_2, a_3]], \dots, [[a_{n-2}, a_{n-1}]], [[a_{n-1}, a_n]]$$

显然,由 n 个区间组成的相邻区间序列含有 $n-1$ 个区间邻接。

区间邻接有 4 种:“(”,“(”, “[”, “[”, “)”和“]”, “)”。称前两种为第一类邻接,后两种为第二类邻接。

定理 2 设 $x \in (r_i, r_j)$, 并以 x 将 (r_i, r_j) 分为两个区间。若是第一类邻接,当且仅当这两个区间不是 (r_i, r_j) 的划分;若是第二类邻接,当且仅当这两个区间是 (r_i, r_j) 的划分。

证明:(1)第一类邻接情形。

若“(r_i, x), (x, r_j)”, 则 $x \notin (r_i, x) \cup (x, r_j)$; 若“(r_i, x], [x, r_j)”, 则 $(r_i, x) \cap [x, r_j) \neq \emptyset$ 。所以上述两种情形都不是 (r_i, r_j) 的划分。

以 x 将 (r_i, r_j) 分成的两个区间记为 R_1 和 R_2 。若这两个区间不是 (r_i, r_j) 的划分, 则有 $R_1 \cap R_2 \neq \emptyset$ 或 $R_1 \cup R_2 \neq (r_i, r_j)$ 两种情形。这里 $R_1 \cap R_2 \neq \emptyset$, 即有 $R_1 = (r_i, x]$ 和 $R_2 = [x, r_j)$; 而 $R_1 \cup R_2 \neq (r_i, r_j)$, 即有 $R_1 = (r_i, x)$ 和 $R_2 = (x, r_j)$ 。

(2)第二类邻接情形。

若“(r_i, x], (x, r_j)”或“(r_i, x), [x, r_j)”, 则 $(r_i, r_j) = (r_i, x] \cup (x, r_j) = (r_i, x) \cup [x, r_j)$, 且有 $(r_i, x) \cap (x, r_j) = \emptyset$ 或 $(r_i, x) \cap [x, r_j) = \emptyset$ 。

若这两个区间是 (r_i, r_j) 的划分, 记这两个区间为 R_1 和 R_2 , 则有 $R_1 \cup R_2 = (r_i, r_j)$, 且有 $R_1 \cap R_2 = \emptyset$, 即 $R_1 = (r_i, x]$, $R_2 = (x, r_j)$ 或 $R_1 = (r_i, x)$ 和 $R_2 = [x, r_j)$ 。

3 过渡在实数域中表示

定义 3 设相邻区间序列 A 由 R_i 构成, $R_i \subset \mathbf{R}, i \in \mathbf{I}$, 在 A 中, 对 $\alpha \in R_{i-1}, \beta \in R_i, \gamma \in R_{i+1}$, 有 $\alpha < \beta < \gamma$ 。若变量 v 在 $[\alpha, \gamma]$ 单调连续, 则 v 在 R_i 的变化过程称作 v 在 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡。 v 称作过渡变量, R_i 称作 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡区, v 到达过渡区的第一点 P_b 称作过渡始点。

可以用三元组 $T(v, R_i, P_b)$ 表示过渡。

例 2 机械表指针的运动是连续且不可逆向。用三元组 $S(\alpha, 2(i+1)\pi, 2i\pi)$ 表示秒针的运动, 其中 $i \in \mathbf{I}$ 且 $i \geq 0$; α 表示秒针始于 $i=0$ 所转过弧度。三元组 S 刻画了时间从一分钟向下一个一分钟的过渡。

注记 1 数学中, 变量与函数密切相关, 函数中的因变量随自变量而变。定义中的变量 v 就是指数值可以改变的变量。

定理 3 存在过渡变量当且仅当存在过渡区。

证明: 设 $R_{i-1}, R_i, R_{i+1} \subset \mathbf{R}$, 它们在邻居区间序列中。给定过渡变量 v , 反设 v 没有过渡区 R_i , 则它在 R_i 没有定义 $v \notin R_i$, 即 v 不是 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡变量, 矛盾。

给定过渡区 R_i 。反设没有过渡变量 v 在 R_i 变化, 则表明 R_i 不是过渡的参数, 即 R_i 不是过渡区, 矛盾。

定理 4 过渡变量只在唯一的过渡区变化。

推论 2 一个过渡有且只有唯一的过渡始点。

定义 4 若 v 从 R_{i-1} 内任一点向 R_{i+1} 过渡, 则称此类型为增型过渡, R_i 是增型过渡区, 记作 ^+R_i ; 若 v 从 R_{i+1} 内任一点向 R_{i-1} 过渡, 则称此类型为减型过渡, R_i 是减型过渡区, 记作 ^-R_i 。

一般有 $^+(R_i \cup R_{i+1} \cup \dots \cup R_{i+n})$, 它表示 $R_i \cup R_{i+1} \cup \dots \cup R_{i+n}$ 是 v 从 R_{i-1} 向 R_{i+n+1} 变化的增型过渡区; $^-(R_i \cup R_{i+1} \cup \dots \cup R_{i+n})$ 表示 v 从 R_{i+n+1} 内任一点向 R_{i-1} 过渡。

$\dots \cup R_{i+n}$ 表示 v 从 R_{i+n+1} 内任一点向 R_{i-1} 过渡。

若无特殊说明, 下文中讨论的过渡就是增型过渡。

引理 1 设 $R_{i-1} = [r_a, r_1], R_i = [r_2, r_3], R_{i+1} = [r_4, r_b]$ 。若 R_i 是 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡区, 则 $R_{i-1} \cup R_i \cup R_{i+1} = [r_a, r_b]$ 。

证明: 反设 $R_{i-1} \cup R_i \cup R_{i+1} \neq [r_a, r_b]$ 。若 $R_i \cup R_{i+1} = [r_2, r_b]$, 则 $R_{i-1} \cup R_i \neq [r_a, r_3]$, 即 R_{i-1}, R_i 之间存在区间空隙 $[r_1, r_2]$; 或若 $R_{i-1} \cup R_i = [r_a, r_3]$, 则 $R_i \cup R_{i+1} \neq [r_2, r_b]$, 即 R_i, R_{i+1} 之间存在区间空隙 $[r_3, r_4]$ 。上述两种情形, 使得 v 在 R_{i-1}, R_i 之间或 R_i, R_{i+1} 之间或两种情形中不能连续变化, 这与 R_i 是 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡区矛盾。故 $R_{i-1} \cup R_i \cup R_{i+1} = [r_a, r_b]$ 。

引理 2 设 $R_{i-1} = [r_1, r_1], R_i = [r_2, r_3], R_{i+1} = [r_4, r_j]$ 。若 R_i 是 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡区, 则 $(R_{i-1} \cup R_{i+1}) \cap R_i = \emptyset$ 。

定理 5 构成过渡的区间邻接均为第二类邻接。

证明: 设 $R_{i-1} = [r_1, r_1], R_i = [r_2, r_3]$ 和 $R_{i+1} = [r_4, r_j]$ 。根据引理 1 知 $R_{i-1} \cup R_i = [r_1, r_3]$; 又依引理 2, 有 $R_{i-1} \cap R_i = \emptyset$ 。所以只能有 $r_1 = r_2$ 。同理有 $r_3 = r_4$ 。且 $] [, [$ 必须是), [或], (。即 R_{i-1}, R_i, R_{i+1} 的区间邻接均为第二类邻接。

定理 6 给定 $R_{i-1} = [r_{i-1}, r_i), B = [r_i + \epsilon, r_{i+1}), R_{i+1} = [r_{i+1}, r_{i+2}]$ 。若 $\epsilon \neq 0$, 则 B 不是 R_{i-1}, R_{i+1} 之间的过渡区。

证明: 分两种情形讨论。

(1) 若 $\epsilon > 0$, 则 $R_{i-1} \cup B \neq [r_{i-1}, r_{i+1}]$; 进一步有 $R_{i-1} \cup B \cup R_{i+1} \neq [r_{i-1}, r_{i+2}]$ 。由引理 1 知, B 不是 R_{i-1} 至 R_{i+1} 的过渡区。

(2) 若 $\epsilon < 0$, 则 $R_{i-1} \cup B \neq \emptyset$, 导致 $(R_{i-1} \cup R_{i+1}) \cap B \neq \emptyset$ 。由引理 2 知, B 不是 R_{i-1} 至 R_{i+1} 的过渡区。

该定理表明“跳变”和“重叠”不包含在本文讨论的过渡之中。

注记 2: 设 $R_{i-1} = [r_{i-1}, r_i), R_{i+1} = (r_{i+1}, r_{i+2}]$ 。若过渡区 R_i 中只有 r_i , 此时 $R_i = [r_i, r_i]$ 。这种情形称作单点过渡, r_i 称作过渡点。单点过渡尽管是一种特殊的过渡情形, 但在科学研究和现实世界中存在。例如, “0”是正、负数的过渡点; 拐点是凸、凹函数的过渡点; 物理中规定的 0°C 是水的固态与液态的过渡点, 等等。过渡点是一个有趣的课题, 我们将另文讨论。

至此, 可以规定记法: R_i 是从 r_i 到 r_{i+1} 的区间。

定义了过渡的始点, 就很自然地出现一个新问题: 过渡的终点在何处? 这需要讨论。

设 $R_{i-1} = [r_{i-1}, r_i], R_i = [r_i, r_{i+1}], R_{i+1} = [r_{i+1}, r_{i+2}]$, R_i 是过渡区。根据过渡始点的定义和推论 1, 有

(1) $R_i = [r_i, r_{i+1}), R_{i+1} = [r_{i+1}, r_{i+2}]$, 或

(2) $R_i = [r_i, r_{i+1}], R_{i+1} = (r_{i+1}, r_{i+2}]$ 。

在(1)中, 过渡区只有始点, 没有终点; 在(2)中, 过渡区既有始点又有终点。然而, (2)不符合定义 3。

定理 7 过渡区没有终点。

注记 3: 依本文观点, 一个接一个、连续不断是过渡的主要特征。因此, 在一般情形下, 过渡的终点是下一个过渡的始点。在增型过渡中, ^+R_i 和 R_{i+1} 的最小元分别是过渡的始点

和终点;类似地,在减型过渡中, R_i 和 R_{i-1} 中的最大元分别是过渡的始点和终点。

定理 8 (1)若 ${}^+R_j$, 则 ${}^+(\bigcup_{j=i}^{i+n-1} R_j)$; (2)若 ${}^-R_j$, 则 ${}^-(\bigcup_{j=i}^{i+n-1} R_j)$ 。

例 3 在可见光谱中,几种不同颜色的波长如下:蓝色为 450~495nm,绿色为 495~570nm,黄色为 570~590nm,橙色为 590~620nm,等^[30]。从波长看,绿色是蓝色与黄色之间的过渡区;而黄色是绿色与橙色之间的过渡区。记 s 表示光谱线的位移,则三元组 $sr(s, [[495, 570]], \ell)$ 表示了以绿色为过渡区的过渡。若 $450 \leq \ell < 495$, 则 sr 是蓝色向黄色的过渡,即 ${}^+[[495, 570]]$;若 $570 < \ell \leq 590$, 则 sr 是蓝色向黄色的过渡,即 ${}^-[[490, 570]]$ 。

当然,也可以认为,绿色和黄色是蓝色与橙色之间的过渡区, ${}^+([495, 570] \cup [570, 590])$ 和 ${}^-([495, 570] \cup [570, 590])$ 是这种过渡的两种类型。

结束语 本文主要在实数域对“过渡”本身进行了初步研究,要点如下:

- (1)过渡是一个运动的过程,这个过程有始点和终点;
- (2)过渡具有方向性;
- (3)将跃变(突变)排除在过渡之外;
- (4)过渡这个过程本身可以是一种形态。

此外,构建过渡逻辑演算系统可以为过渡的理论提供可靠的逻辑基础;研究处理过渡现象的一般度量方法是应用的需要,我们正在开展这些方面工作。各个领域对过渡的研究源于过渡是一种普遍现象,相信将会涌现出更多的激动人心的新成果和新的应用领域,它们将促进人类文明。

参 考 文 献

- [1] Charles D J. Railroads curves [J]. Railroad and Engineering Journal, 1889, 8; 226
- [2] Osborne Jr H. European street railway practice [J]. Engineering News, 1891, 21; 428-433
- [3] Albaret C. L'escalier mecanique du Havre [J]. Nature, 1928, (2797); 446-449
- [4] Nichols J T. Transition Zones [J]. Science, 1923, 58(1496); 153-155
- [5] Hufford N G. Development and Structure of the Watermelon Seedling [J]. Botanical Gazette, 1938, 100(1); 100-122
- [6] Wiley F E. Transition temperature and cubical expansion of plastic materials [J]. Industrial and Engineering Chemistry, 1942, 34(9); 1052-1056
- [7] Bremer J W, Newhouse V L. Current transitions in superconductive tin films [J]. Physical Review, 1959, 116(2); 309-313
- [8] Hicks B J, Medland A J, Mullineux G. The representation and handling of constraints for the design, analysis, and optimization of high speed machinery [J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AIEDAM, 2006, 20(4); 313-328
- [9] Meng Jian-ping, Dai Shi-qiang, Dong Li-yun, et al. Cellular automaton model for mixed traffic flow with motorcycles [J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2007, 380(1/2); 470-480
- [10] Irith P, Sudhakar M R. Transition path delay faults: A new path delay fault model for small and large delay defects [J]. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, 2008, 16(1); 98-106
- [11] Oriol F, Patricia C, Anton A P M J, et al. A geostatistical algorithm to reproduce lateral gradual facies transitions: Description and implementation [J]. Computers and Geosciences, 2009, 35(8); 1642-1651
- [12] Ramirez-Ortegon A M, Tapia E, Rojas R, et al. Transition thresholds and transition operators for binarization and edge detection [J]. Pattern Recognition, 2010, 43(10); 3243-3254
- [13] Armando J P. Adaptive context-based arithmetic coding of arbitrary contour maps [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2001, 8(1); 4-6
- [14] Irith P. Signal-Transition patterns of functional broadside tests [J]. IEEE Transactions on Computers, 2013, 62(12); 2544-2549
- [15] Pietkiewicz-Koutny M. Synthesising Elementary Net Systems with Inhibitor Arcs from Step Transition Systems [J]. Fundamenta Informaticae, 2002, 50(2); 175-203
- [16] Yu Chung-min, Wang Chung-ming. An effective framework for cloud modeling, rendering, and morphing [J]. Journal of Information Science and Engineering, 2011, 27(3); 891-913
- [17] Lamport L. A simple approach to specifying concurrent systems [J]. Communications of the ACM, 1989, 32(1); 32-45
- [18] <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWSLETTERS>
- [19] <http://www.springer.com/economics/european+integration/journal/11300>
- [20] Claude C. Transition [M]. MIT Press, 1926
- [21] Hammond E. Transition [J]. Poetry, 1920, 16(3); 133
- [22] Tallant R. Transition [J]. Prairie Schooner, 1939, 13(3); 156-158
- [23] Christopher D. Age of Transition? Economy and Society in England in the Later Middle Ages [M]. Oxford University Press, 2005
- [24] Westgren A. Zur Kenntnis der Legierungen von Uebergangselementen [J]. Metallwirtschaft, 1930, 9(45); 919-924
- [25] Bakr W S, et al. Probing the superfluid-to-Mott insulator transition at the single-atom level [J]. Science, 2010, 329(5991); 547-550
- [26] Clapham C. Oxford concise dictionary of mathematics (2nd Edition) [M]. Oxford University Press, 1996
- [27] 张道民. 系统发展论与过渡现象研究 [J]. 系统科学学报, 2006, 14(1); 35-39
Zhang Dao-min. Study on system development theory and transitional phenomena [J]. Chinese Journal of systems science, 2006, 14(1); 35-39
- [28] <http://www.engineeringvillage.com/controller/servlet>
- [29] <http://thomsonreuters.com/web-of-science/>
- [30] Thomas J B, Paris D N S. CRC handbook of fundamental spectroscopic correlation charts [M]. CRC Press, 2005