

文章编号:1000-582X(2004)07-0109-05

# 商业银行信用风险量化和管理模型的应用分析\*

严太华,程映山,李传昭

(重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030)

**摘要:**介绍了国外当前应用广泛的信用风险量化和管理模型,分析了模型在我国使用上的局限性。根据企业不同时期信用等级转换概率和企业违约回收率均值构成的混沌时间序列,应用混沌时间序列理论和局域预测方法,构造中国企业信用等级转换矩阵和企业违约均值矩阵,建立了一个适合我国商业银行实际的信用风险量化和管理模型。

**关键词:**信用度量制;信用等级;风险价值;混沌;时间序列

**中图分类号:**F830.33

**文献标识码:**A

由于信息的不对称,商业银行放贷后,要对借款企业加以必要的监控和管理,其基本目的是为了监督贷款的使用,控制、管理信贷风险。通过对贷款人有关方面情况的了解,就可对信贷资产的风险以及贷款质量进行评估。在中国,由于旧的体制原因,对于各类经济主体尤其是金融机构面临风险的度量和管理在很大程度上被忽略了。对信用风险的度量和管理研究较少,尤其是对信用风险的量化度量和管理的研究更是非常薄弱。由于信用是市场经济赖以存在和发展的基石,因此信用风险度量和管理研究对于健全中国的信用制度,构筑严格的信用管理体系、建立完善的社会主义市场经济体制具有重大的意义<sup>[1]</sup>。

## 1 现有的信用风险度量和管理模型<sup>[2]</sup>

20世纪60年代以来,西方国家产生了很多信用风险度量和管理的模型和方法。这些模型和方法大体可以分为两类:

第1类是古典的(传统的)信用风险度量和管理模型,包括专家制度模型、Z评分模型和ZETA模型。

专家制度是一种最古老的信用风险分析方法,他是商业银行在长期的信贷活动中所形成的一种有效的信用风险分析和管理制度。它的最大特征是:银行信贷的决策权是由该机构中那些有丰富经验的信贷官所掌握,并由他们做出是否贷款的决定。专家制度分析

的主要内容集中在借款人的“5C”上,他们是:1)品德与声望(Character);2)资格与能力(Capacity);3)资金实力(Capital);4)担保(Collateral);5)经营条件和商业周期(Condition);

Z和ZETA评分模型是一种多变量的分辨模型,他们是根据数理统计中的分辨分析技术,对银行过去贷款案例进行统计分析,选择一部分最能够反映借款人的财务状况,对贷款质量影响最大、最具有预测或分析价值的比率,设计出一个最大程度地区分贷款风险度的数学模型,对贷款人进行信用风险及资信评估。

第2类是现代信用风险量化度量和管理模型,主要包括:KMV公司的KMV模型、瑞士信贷银行的CreditRisk+模型、麦肯锡公司的CreditPortfolio View模型、J.P.摩根的信用度量制模型(CreditMetrics Model)等。

KMV模型的建立是根据商业银行一笔贷款的损益函数非常相似于股票期权卖权方的损益函数而建立起来的,由于股票卖权价值 $=f(s,x,r,\sigma,\tau)$ ,其中: $s$ :股票的价格, $x$ :股票的执行价格, $r$ :短期利率, $\sigma$ :股票价值波动性, $\tau$ :股票卖权的到期日,因此有函数:风险贷款的违约期权价值 $=f(A,B,r,\sigma_A,\tau)$ , $A$ :借款人的资产市值, $B$ :贷款数量, $r$ :短期利率, $\sigma_A$ :资产市值的

\* 收稿日期:2004-03-07

作者简介:严太华(1964-),男,重庆璧山人,重庆大学副教授,硕士,博士研究生,主要从事金融经济方面的研究。

波动性,  $\tau$ : 贷款期限。由于企业股权市值的波动性  $\sigma_E$  与他的资产市值波动性  $\sigma_A$  之间有一种理论关系式:  $\sigma_E = g(\sigma_A)$ , 通过连续迭代, 便可以最终求出  $A$  值和  $\sigma_A$  值。一旦值和值计算出来, 以及  $B$  值和  $\tau$  值确定之后, 就可以测定出借款企业的理论预期违约频率的值。

Cridet Risk<sup>+</sup> 模型是第一波斯顿信用监管机构创建并公布的较为成熟的信用风险价值评估模型。在模型中, 根据风险因子的不同将贷款组合分成不同的组, 并计算每一组违约比率的波动性, 模型引入辅助变量以及辅助变量的概率生成函数来推导违约损失分布概率函数和风险贡献函数。根据这些函数, 经过递推, 可以得到债务人违约事件分布的均值、方差和风险贡献。进行差分代入, 最后, 对所有组进行加总, 可以得到整个组合违约损失的信贷风险模型。

CreditPortfolio View 模型: 由于经济周期的各种宏观因素对债务人的信用等级转换概率会产生重要的影响, 模型直接将信用等级转换概率与宏观因素之间的关系模型化。如果模型是拟合的, 就可以通过制造宏观上的对于模型的“冲击”来模拟信用等级转换概率的跨时演变状况。

Credit Metrics Model: 模型是使用市场价格对照方法评估贷款的收益, 模型要解决的问题是: 如果下一年是一个坏年头的話, 商业银行的贷款以及贷款组合的价值将会遭受多大的损失? 该模型的主要思想是: 对商业银行来说, 由于其借款人在下一年度信用等级的改变会影响到这笔贷款的风险加息差, 这样就会影响商业银行这笔贷款的贴现值, 即这笔贷款的价值。模型通过预测借款人在下一年度信用等级变化的概率, 从而得出贷款的价值。

## 2 模型的选择及改进

专家制度模型有以下不足: 随着商业银行业务的增加, 需要相当数量的专门信用分析人员。对商业银行来说, 对新老信贷员进行不间断的培训和教育就成为商业银行一项长期重要工作, 这样, 人员冗余, 成本居高不下。国外的实践已经证明, 专家制度实施的效果不稳定, 专家制度在对借款人进行信用分析时, 难以确定共同遵循的标准, 造成信用评级的主观性、随意性和不一致性。

Z 模型和 ZETA 模型的不足是: 两个模型都依赖财务报表的账面数据而忽视了日益重要的各项资本市场指标; 模型缺乏对违约和违约风险的系统认识, 理论基础比较薄弱; 两个模型都以线性关系来量化信用, 而现实的经济现象都是非线性的。

KMV 模型的适用范围受到了限制, 该模型特别适用于上市公司的信用风险评估, 对非上市公司的预期违约频率进行计算时, 需要借助很多会计资料, 同时还要通过对比分析手段最终得出企业的预期违约频率, 因而, 这一过程复杂且计算出的预期违约频率未必准确。在我国, 即使是上市公司, 通过股票价格来估价公司价值其差异也非常大; 模型假定借款企业资产价值呈正态分布是不合乎实际的; 模型不能够对长期债务的不同类型进行分辨。

CreditPortfolio View 模型和 Cridet Risk<sup>+</sup> 模型都涉及到宏观因子和行业因子, 中国的信用风险量化处于起步阶段, 还没有建立完善的数据库, 因此在使用上述模型时缺乏基础条件<sup>[3]</sup>。

相比之下, Credit Metrics Model 具有两个优点, 一是所计算出的贷款受险价值量可以较为准确地反映不同信用等级和不同时期的贷款在未来可能发生的价值损失; 二是以受险价值来确定防范信用资产风险的最低资本量可以有效地保证银行在遭受信用风险损失的情况下能够继续生存下来。因此, Credit Metrics Model 可较好地用于中国商业银行对信用风险进行量化和

管理。

国外在应用 Credit Metrics Model 评估贷款的受险价值时, 关于借款人信用评级在未来转换的概率情况可以从大的信用评级公司(如标准普尔、穆迪、KMV 公司、ZETA 公司等)中获取。但是在我国, 现在还没有信用评级比较客观、真实的大信用评级公司, 因此商业银行在应用 Credit Metrics Model 时遇到了困难: 没有现成的企业信用等级转换概率和不同信用等级企业违约回收率数据资料。

商业银行历史贷款资料库中, AAA 信用级别的企业在  $t_n$  和  $t_{n-i}$  ( $i = 1, \dots, n-1$ ) 时期转换成 AA、A、BBB、BB、B、C 级别的概率可能是不相同的, AAA 信用级别的企业在各个时期违约回收率的均值可能也是不相同。同样, 其他信用等级的企业不同时期转换成对应信用等级的概率和违约回收率的均值也可能是不同的。这些不同时期的转换概率和企业违约回收率均值就构成了混沌时间序列。

在一个完全确定的系统中出现了非常复杂的运动变化状态, 这种现象被人们称为混沌现象。一方面, 在一个确定性系统中, 混沌现象使得对初始条件非常敏感, 一个小小的扰动变化往往会产生意想不到的结果, 这使混沌运动产生了长期不可预测的特性; 另一方面, 混沌蕴含着有序, 它不同于随机运动, 轨迹虽发散但逃逸不出奇异吸引子的约束, 这使得做短期预测是可行

的。如果假设经济的宏观因素没有大的波动,则可以利用这些不同时期企业信用等级的转换概率和违约回收率均值构成的混沌时间序列来预测短期未来的信用等级转换概率矩阵和企业违约回收率均值。有了这些数据,中国商业银行可以应用 Credit Metrics Model 量化和管理信用风险。

### 3 Credit Metrics Model 在中国商业银行的应用

由于贷款是不能公开进行交易的,所以银行既不能得到贷款的市值( $p$ ),也不能得到贷款市值的变动率( $\sigma$ )。“信用度量制”利用借款人的信用等级资料、在下一年里该信用级别水平转换为其他信用级别的概率、违约贷款的回收率,就可以计算出任何一笔非交易性贷款或债券的市值( $p$ )和市值的变动率( $\sigma$ ),从而最终利用受险价值方法对单笔贷款或贷款组合的受险价值量进行度量<sup>[4]</sup>。

信用度量制方法既要考虑借款人违约所带来的信用风险,又要考虑借款人由于其信用等级下降所带来的债务价值变动的信用风险。因此,对借款人违约概率的估计和对借款人信用等级变化的估计一样重要。对贷款等非交易性资产进行信用风险度量的关键一步是要获得不同信用等级的非交易资产在某一段时间信用等级转换的概率矩阵和违约回收率均值资料,从而依据这些资料计算出贷款等非交易性资产的受险价值。

#### 3.1 企业信用等级转换的概率矩阵和企业违约回收率的均值的预测

不同时期企业信用等级的转换概率和违约回收率均值构成了混沌时间序列,混沌时间序列预测的基础是状态空间的重构理论,即把具有混沌特性的时间序列重建为一种低阶非线性动力学系统。

##### 3.1.1 混沌时间序列理论

由 Farmer D J 等提出, Takens 用数学为之奠定了坚实基础的重构相空间方法为时间序列的预测提供了一条新的途径<sup>[5]</sup>。对给定的经济时间序列  $x(t)$ ,  $t = 0, 1, 2, \dots, N$ , 用反序法重构  $m$  维相空间,  $\tau$  为延迟时间。重构  $m$  相空间为:

$$\{X(t) | X(t) = [x(t), x(t-\tau), \dots, x(t-(m-1)\tau)], t = (m-1)\tau + 1, (m-1)\tau + 2, \dots, (m-1)\tau + N\}$$

由 Takens 的观点,只要嵌入维数  $m$  以及时间延迟  $\tau$  选择恰当,重构相空间在嵌入空间的“轨线”就是微分同胚意义下的原系统的“动力学等价”。因而存在一个光滑映射  $F: R_m \rightarrow R_m$  使得

$$X(t+1) = F(X(t)), t = 0, 1, 2, \dots, N$$

即由  $X_n = (x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-\tau+1})$  可预测出  $x_{n+1}$ 。这样的  $F$  在理论上应该是唯一的,但实际中所知道的数据总是有限的,不可能真正求得  $F$ ,而只能由有限的观测数据构造映射  $F^*: R_m \rightarrow R_m$ ,使得  $F^*$  充分逼近  $F$ ,文中通过局域法来预测借款企业信用等级转换概率和企业违约回收率均值。

##### 3.1.2 局域预测方法<sup>[6]</sup>

基本思想:首先给出历史上与目前相似的状态的变化趋势,然后再预测目前状态的变化趋势。

对  $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$ , 由相空间重构将此序列嵌入一个  $m$  维空间中,构造出  $m$  维相空间轨迹序列:

$$\begin{aligned} X_n &= (x_n, x_{n-\tau}, \dots, x_{n-(m-1)\tau}) \\ X_{n-1} &= (x_{n-\tau}, x_{n-2\tau}, \dots, x_{n-m\tau}) \\ &\vdots \\ X_2 &= (x_{m\tau}, x_{(m-1)\tau}, \dots, x_1) \\ X_1 &= (x_{(m-1)\tau}, x_{(m-2)\tau}, x_0) \end{aligned}$$

现在假定已知  $x_n$ , 需要预测 1 步之后的值  $x_{n+1}$ 。因为含有信息  $x_n$  的最近的  $m$  维轨迹点是:

$$X_n = (x_n, x_{n-1}, \dots, x_{n-m+1})$$

故需在  $m$  维空间找出  $X_n$  的下一个轨迹点  $X_{n+1}^*$ , 且

$$X_{n+1}^* = (x_{n+1}^*, x_n^*, \dots, x_{n-m+2}^*)$$

其中所包含的新信息  $X_{n+1}^*$  就可作为对  $x_{n+1}$  的一个预测,也就是要在  $m$  维空间中构造一个映射  $F_n$  使得  $X_{n+1}^* = F_n(X_n)$ 。

由于上述采用的是局域方法,因此在局部范围内可以认为  $F_n$  是线性的,从而可取  $P_n$  为线性的,即由状态点  $X_n^1, X_n^2, \dots, X_n^k$  的迭代情况,依据最小二乘法拟合一个形如:

$$X_{n+1}^j = P_n(X_n^j) = a_n I + b_n X_n^j (j = 1, 2, \dots, k)$$

的线性函数( $I$  为单位向量)。这种线性拟合不但易于计算,而且采用这种线性拟合不会失去系统中固有的本质特征,这是因为在相空间中的每个轨迹点  $X_n$  处,虽然是用线性函数拟合  $F_n$  的,但这样拟合出的线性函数的适用性也仅局限于  $X_n$  的邻域内,全局范围内拟合还是非线性的,也就相当于用分段线性函数拟合全局函数  $F_n$ ,故拟合的整体效果是非线性的。输入历史借款人信用等级转换概率和企业违约回收率均值,确定  $\tau$  和嵌入维数  $m$ ,由最小二乘法可求得  $a_n, b_n$ ,代入公式  $X_{n+1}^j = P_n(X_n^j) = a_n I + b_n X_n^j (j = 1, 2, \dots, k)$  可以得到企业信用等级转换概率和企业违约回收率均值的预测值。见表 1:

表1 企业信用等级转换概率和企业违约回收率均值矩阵

起初 评级	期末评级(%)							违约	违约回收率
	AAA	AA	A	BBB	BB	CCC			
AAA	$P_{AAA}^{AAA}$	$P_{AAA}^{AA}$	$P_{AAA}^A$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{违约}$	$l_{AAA}$	
AA	$P_{AAA}^{AA}$	$P_{AAA}^{AA}$	$P_{AAA}^A$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{违约}$	$l_{AA}$	
A	$P_{AAA}^A$	$P_{AAA}^A$	$P_{AAA}^A$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{违约}$	$l_A$	
BBB	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$P_{AAA}^{BBB}$	$l_{BBB}$	
BB	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$P_{AAA}^{BB}$	$l_{BB}$	
CCC	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$P_{AAA}^{CCC}$	$l_{CCC}$	

$P_{BB}^A$  表示:期初信用等级是 A 的企业在期末信用等级转换成 BB 级的概率。

$l_A$  表示:期初信用等级是 A 的企业在期末违约时的回收率均值。

3.2 对信用等级变动后的贷款市值的估价

信用等级的上升或下降会影响贷款余下的剩余现金流量所要求的信用风险加息差,因而也会影响贷款隐含的当前市场价值。如果贷款企业的信用等级降级,那么,贷款所要求的信用风险加息差就应该上升(贷款的利率是事先固定的),这样,对于银行来说,贷款的现值(市值)就会下降。反之,贷款的现值就会上升。

假定商业银行有一笔 4 年期、贷款量是  $w$  的贷款,贷款在  $t$  期期初的信用等级是 A 级,年利率是  $i\%$ ,每年年末支付年利息  $wi\%$ 。该项贷款在这个信用期内的信用等级发生转换后,在  $t$  期期末即  $t+1$  期期初,贷款的现值是  $V_x$ :

$$V_x = wi\% + \frac{w \times i\%}{(1+r+s_x^i)^1} + \frac{w \times i\%}{(1+r+s_x^i)^2} + \frac{w \times i\% + w}{(1+r+s_x^i)^3}$$

公式中,  $r$  是无风险利率,可从国库券收益曲线中计算出来。 $s_x^i (i=1,2,3)$  是:  $i$  年期限信用等级是  $X$  的信用风险价差,它是不同期限、不同信用等级的贷款信用风险报酬率,可从债券利率与国债利率之差中获得。由于贷款在  $t$  期期末的信用等级可能是 AAA、AA、A、BBB、BB、CCC 和违约中的一个,各信用等级对应不同期的信用风险价差为  $s_x^i$ ,见表 2

表2 不同信用等级不同期信用风险价差矩阵

期末信用等级	AAA	AA	A	BBB	BB	CCC
1 年期信用风险价差 $s_x^1$	$s_{AAA}^1$	$s_{AA}^1$	$s_A^1$	$s_{BBB}^1$	$s_{BB}^1$	$s_{CCC}^1$
2 年期信用风险价差 $s_x^2$	$s_{AAA}^2$	$s_{AA}^2$	$s_A^2$	$s_{BBB}^2$	$s_{BB}^2$	$s_{CCC}^2$
3 年期信用风险价差 $s_x^3$	$s_{AAA}^3$	$s_{AA}^3$	$s_A^3$	$s_{BBB}^3$	$s_{BB}^3$	$s_{CCC}^3$

$s_A^2$  表示:2 年期信用等级是 A 的贷款的信用风险价差。

把不同的  $s_x^i$  代入上式中就得到各信用等级贷款  $t$  期期末贷款贴现价值  $V_x$ ,见表 3

表3 信用等级贷款  $t$  期期末贷款贴现价值

期末信用等级	AAA	AA	A	BBB	BB	CCC	违约
分布的概率	$P_{AAA}^A$	$P_{AA}^A$	$P_A^A$	$P_{BBB}^A$	$P_{BB}^A$	$P_{CCC}^A$	$P_{违约}^A$
价值 $V_x$	$v_{AAA}$	$v_{AA}$	$v_A$	$v_{BBB}$	$v_{CCC}$	$v_{违约} = w \times l_A$	

表中  $l_A$  表示:这笔贷款在下一个信用期内如果违约,其回收率是  $l_A$ 。

③ 计算贷款的受险价值(VAR 值)

为了表示的方便,令:  $p_1 = P_{AAA}^A, p_2 = P_{AA}^A, p_3 = P_A^A, p_4 = P_{BBB}^A, p_5 = P_{BB}^A, p_6 = P_{CCC}^A, p_7 = P_{违约}^A, v_1 = v_{AAA}, v_2 = v_{AA}, v_3 = v_A, v_4 = v_{BBB}, v_5 = v_{BB}, v_6 = v_{CCC}, v_7 = v_{违约}$ 。令  $v^*$  和  $(\sigma^*)^2$  是期初信用等级是 A 级的贷款期末价值的均值和方差,则:

$$v^* = \sum_{i=1}^7 p_i \times v_i$$

$$(\sigma^*)^2 = \sum_{i=1}^7 p_i \times (v_i - v^*)^2$$

$$\sigma^* = \sqrt{(\sigma^*)^2}$$

计算一笔贷款的 VAR 值即受险价值,如果这笔贷款的市场价值是正态分布,那么,根据正态分布函数的性

质,这笔贷款5%的VAR值 =  $1.65 \times \sigma^*$ ;这笔贷款1%的VAR值 =  $2.33 \times \sigma^*$ 。由于贷款的市场价值有厚尾特征,用正态分布的假定去计算它的VAR值时,常常会低估实际的VAR值。从表2中可以看到各信用等级下的贷款市值和它发生的概率。现在,通过插值来研究在实际分布情况下,5%受险价值VAR5%:

若:  $p_{\text{违约}}^A + p_{\text{CCC}}^A \leq 5\% \leq p_{\text{违约}}^A + p_{\text{CCC}}^A + p_{\text{BB}}^A$ ,  $v_{5\%}$  表示这笔贷款在置信区间5%下的贴现值,则:  $v_{\text{CCC}} \leq v_{5\%} \leq v_{\text{BB}}$ ,用插值法计算  $v_{5\%}$ :

$$\text{令 } p^0 = p_{\text{违约}}^A + p_{\text{CCC}}^A$$

$$v_{5\%} = v_{\text{CCC}} + \frac{5\% - p^0}{p^0 + p_{\text{BB}} - p^0} (v_{\text{BB}} - v_{\text{CCC}})$$

$$\text{VAR5\%} = v^* - v_{5\%}$$

同样,可以用同样的方法算出置信区间1%的VAR值和其它置信区间的受险价值(VAR值)。有了这些数据,商业银行就可以对每一笔贷款进行风险评级和分类。这为商业银行对其贷款进行风险控制和贷后的管理奠定基础。

#### 4 结束语

结合中国的实际情况,借鉴了“信用度量制模型(Credit Metrics Model)”的分析方法,用历史“贷款资

料库”生成中国企业“信用等级转换概率矩阵数据库”和“企业违约回收率均值的数据库”的数据替代国外金融机构应用模型时从大的评级公司处获得的数据,这样,在中国没有大的评级公司提供可用数据的情况下也可以很好地应用本模型。在商业银行与企业信息不对称的情况下,对商业银行的贷后管理、监督、风险控制具有重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 于立勇,周燕. 商业银行信用风险衡量的一种新标准[J]. 数量经济技术经济研究,2002,(9):80-83.
- [2] 李志辉. 现代信用风险量化度量和管理研究[M]. 北京:中国金融出版社,2001.
- [3] 沈沛龙,任若愚. 现代信用风险管理模型和方法的比较研究[J]. 经济科学,2002,(3):32-40.
- [4] 安东尼. 信用风险度量[M]. 桑德期,刘宇飞译. 北京:机械工业出版社,2001.
- [5] 姜诗章,李宏纲. 混沌最邻近预测及其应用[J]. 数量经济技术经济研究,1999,9(2):26-28.
- [6] 陈士华,陆君安. 混沌动力学[M]. 武汉:武汉水利电力大学出版社,1998.
- [7] 严太华,张龙. 风险投资契约的博弈分析[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2002,25(10):96-100.

## Application of Modern Credit Risk Measurement and Management

YAN Tai-hua, CHENG Ying-shan, LI Chuan-zhao

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** A model of credit quantitative measurement and management widely used in foreign countries is introduced, and its limitation which appears while the model is used in China is analyzed. According to the chaos time series constituted by various period credit grades' transition probability of an enterprise and the average value of its ratio of callback due to breach of faith, applying the theory of the chaos time series and the local prediction method, a credit grades' transition matrix and a matrix of the average ratio of callback due to breach of faith is established. Which is applied to Chinese enterprises. Thus, a credit risk quantitative measurement and management model which is adapted to commercial bank is established, which is important in theory and practice.

**Key words:** credit metrics; credit grade; value at risk; chaos; time serials

(编辑 刘道芬)