

HAIFYANGJINGJI PINGGU
MOXING YU FANGFA

海洋经济评估 模型与方法

主 编 张丽梅 高胜哲

西北农林科技大学出版社

海洋经济评估模型与方法

主 编:张丽梅 高胜哲
副主编:赵学达 屈磊磊 王显昌

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

海洋经济评估模型与方法/张丽梅,高胜哲主编. —杨凌:西北农林科技大学出版社,2014. 10

ISBN 978-7-81092-947-9

I. ①海… II. ①张… ②高… III. ①海洋经济—经济分析—研究 IV. ①P74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 243716 号

海洋经济评估模型与方法

张丽梅 高胜哲 主 编

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029—87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司	
版 次	2014 年 10 月第 1 版	
印 次	2014 年 10 月第 1 次	
开 本	787 mm×960 mm 1/16	
印 张	13	
字 数	262 千字	

ISBN 978-7-81092-947-9

定价: 36.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系



前 言

无论是海洋经济、科技、生态,还是海洋权益维护、国际海底资源开发等各方面,都常常会遇到如何甄选、合理有效地使用评估模型与方法进行数据分析与判断的问题。本书是在历时两年的辽宁省海洋渔业厅项目海洋经济评估方法与模型的研究基础上形成,针对海洋评估数据处理与分析过程中可能用到的现代数学模型与评估方法进行理论联系实际的探讨与分析,为需要通过经济数据的数学分析进行评价与判断的科技工作者、管理人员提供了模型算法、使用技术以及示范实例。

本书在编写时力求实现“以模型为主线,以问题为牵引,以问题的实现过程为细化平台,全面分析可用于海洋经济评估的模型方法以及使用特点,注重方法的实用性与适应性,不追求理论的系统性与完整性。”本书分为基础篇、综合篇两部分,第一章至第七章属于基础篇,按照单一模型原理、使用步骤及其解决实际问题的实例这个脉络进行探讨,旨在使读者通过对模型原理的理解,掌握使用单个模型解释经济现象和实际问题的方法;第八至第十章属于综合篇,首先提出问题,再根据作者近年来的思考与研究,综合采用不同的模型方法解决问题,并通过比较分析找出较佳方案,旨在使读者提高综合运用海洋经济评估模型与方法的能力。

本书包含的模型方法有灰色系统理论、回归分析、时间序列分析、马尔科夫链模型、聚类分析、主成分分析、数据包络方法、曲线细分法、多分辨分析、细分小波、主曲线等。在基础篇中,主要以我国或辽宁省海洋经济数据资料,研究了如下专题,内容涉及:基于灰色模型的海洋经济关联度分析、科技投入与经济增长的灰色关联度分析、灰色 GM(1, h)模型在海洋经济预测中的应用、基于岭回归的海洋经济影响因素分析、科技投入与海洋经济产出的偏最小二乘回归分析、时间序列分析

在径流预测中的应用、基于马尔可夫模型的区域产业结构预测、基于马尔可夫模型的产品市场占有率预测、分层聚类法在经济领域中的应用、主成分分析在海洋经济数据分析中的应用、基于模糊认知图的海洋经济应用研究、基于数据包络分析法的农林牧渔业的效率研究。在综合篇中,本书以问题为主线,模型为支撑,通过对问题不同解决方案的比较分析,给出综合运用海洋经济评估的模型与方法解决实际问题的思考与实现过程。本书内容包括:以我国海洋捕捞和海水养殖产量的数据为例,综合运用细分小波、Logistic 增长模型以及 ARMA 模型对数据进行分析,又利用 ARMAV 模型揭示了海洋捕捞和海水养殖产量的相关关系,还利用模糊时间序列方法对带有凹陷现象的时间序列进行分析;针对经济数据集图,采用细分、细分小波等方法对其进行多分辨率分析;当需要从复杂数据集图获取其特征线时,运用主曲线方法提取了特征线;讨论了采用分层抽样方法获得海洋捕捞船渔获量的统计问题;讨论了藻类识别计数的关键技术——海藻图像边缘提取问题,讨论了一种实用的藻类计数统计方法。

本书第一、二章由赵学达撰写,第三、四章由屈磊磊撰写,第五、六章由王显昌撰写,第七章由高胜哲撰写,第八、九、十章由张丽梅撰写,由张丽梅统编完成。书中所有实例中的程序均由撰稿人负责编程实现。在此也感谢大连海洋大学勾为民教授在经济相关问题讨论中所给予的指导与帮助。

限于编者的水平,不妥与错误之处在所难免,殷切期望专家、同行和广大读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月



目 录

基 础 篇

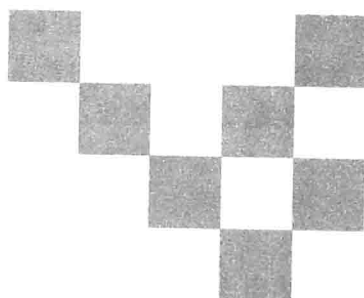
第 1 章 基于灰色系统理论的海洋经济分析实例	(3)
1.1 灰色系统理论的概念与基本原理	(3)
1.2 海洋经济的灰色关联度分析实例	(5)
1.3 灰色模型及其在海洋经济中的应用	(14)
第 2 章 基于回归分析模型的海洋经济数据分析	(26)
2.1 回归分析基本原理与方法	(26)
2.2 一元与多元回归分析及其在经济数据分析中的应用	(27)
2.3 岭回归	(36)
2.4 偏最小二乘回归	(40)
第 3 章 时间序列分析及其在径流预测中的应用	(51)
3.1 时间序列概述	(51)
3.2 时间序列分析方法的建模	(53)
3.3 时间序列分析方法建模的具体实例	(58)
第 4 章 基于马尔可夫链模型的市场占有率预测	(66)
4.1 马尔可夫理论的概念与基本原理	(66)
4.2 马尔可夫预测模型建模实例	(68)
第 5 章 聚类分析及其在经济数据分析中的应用	(77)
5.1 K-means 算法	(77)
5.2 模糊聚类分析	(82)
5.3 分层聚类算法	(88)
5.4 EM 聚类算法	(90)
5.5 K-medoids 聚类算法	(92)
第 6 章 基于主成分分析和模糊认知图的经济数据处理	(95)
6.1 主成分分析法原理及实施步骤	(95)

6.2	主成分求解的数据预处理	(97)
6.3	指标标准化处理实例分析	(99)
6.4	主成分分析在辽宁省海洋经济数据分析中的应用	(102)
6.5	向量自回归模型	(109)
6.6	向量自回归模型构建模糊认知图	(115)
第 7 章	数据包络分析法及其在效率评价上的应用	(124)
7.1	数据包络分析法	(124)
7.2	数据包络分析法的应用	(129)

综 合 篇

第 8 章	海洋捕捞与海水养殖产量的数据分析	(135)
8.1	问题的提出	(135)
8.2	基于细分小波的海洋捕捞和海水养殖产量分析	(137)
8.3	基于 ARMAV 模型的国内海洋捕捞与海水养殖产量分析	(144)
8.4	基于模糊分析方法的时间序列分析实例	(149)
第 9 章	数据集图的多分辨分析	(159)
9.1	基于细分方法的多分辨分析	(159)
9.2	多分辨分析表示	(167)
9.3	数据集图的光滑主曲线设计	(173)
第 10 章	渔获量统计以及藻类识别计数问题	(179)
10.1	分层抽样方法在海洋捕捞船渔获量统计中的应用	(179)
10.2	基于细分方法的海藻图像的边缘提取	(183)
10.3	基于 C-V 主动轮廓模型的“陡峭”边界的微藻图像边缘提取	(185)
10.4	基于图像的海洋藻类个数统计方法	(193)

基础篇



第1章 基于灰色系统理论的 海洋经济分析实例

本章简述了灰色系统理论的基本概念以及所研究的范畴,并就灰色关联度分析和灰色建模理论部分给出在海洋经济数据分析中的应用实例。

1.1 灰色系统理论的概念与基本原理

灰色系统理论是一种研究少数据、贫信息不确定性问题的新方法。灰色系统理论以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定性系统为研究对象,主要通过对“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值的信息,实现对系统运行行为、演化规律的正确描述和有效监控。社会、经济、农业、工业、生态、生物等许多系统具有上述特点^[1]。

1.1.1 灰色系统理论的产生和发展动态

现代科学技术的发展呈现出在高度分化的基础上高度综合的趋势,导致了具有方法论意义的横断学科群的出现。1982年,北荷兰出版公司出版的《系统与控制通讯》杂志刊载了我国学者邓聚龙教授的第一篇灰色系统理论论文《灰色系统的控制问题》,同年,《华中工学院学报》发表邓聚龙教授的第一篇中文论文《灰色控制系统》,这两篇论文的发表标志着灰色系统这一横断学科诞生^[2]。

1985年灰色系统研究会成立,灰色系统相关研究发展迅速。

1989年海洋出版社出版英文版《灰色系统论文集》,同年,英文版国际刊物《灰色系统》杂志正式创刊。目前,灰色系统理论应用范围已拓展到工业、农业、社会、经济、能源、地质、石油等众多科学领域,成功地解决了生产、生活和科学研究中的大量实际问题,取得了显著成果。

1.1.2 几种不确定方法的比较

概率统计、模糊数学和灰色系统理论是三种最常用的不确定系统研究方法。其研究对象都具有某种不确定性,是它们共同的特点。也正是研究对象在不确定性上的区别,才派生了这三种各具特色的不确定学科。

模糊数学着重研究“认识不确定”问题,其研究对象具有“内涵明确,外延不明确”的特点。比如“年轻人”内涵明确,但要划定一个确定的范围,在这个范围内是

年轻人,范围外不是年轻人,则很难办到了。

概率统计研究的是“随机不确定”现象,考察具有多种可能发生的结果之“随机不确定”现象中每一种结果发生的可能性大小。要求大样本,并服从某种典型分布。

灰色系统理论着重研究概率统计,模糊数学难以解决的“小样本,贫信息”不确定性问题,着重研究“外延明确,内涵不明确”的对象。如到2050年,中国要将总人口控制在15亿到16亿之间,这“15亿到16亿之间”是一个灰色概念,其外延很清楚,但要知道具体数值,则不清楚。

1.1.3 灰色系统理论的基本概念

在控制论中,人们常用颜色的深浅形容信息的明确程度,如艾什比(Ashby)将内部信息未知的对象称为黑箱(Black Box),这种称谓已为人们普遍接受。我们用“黑”表示信息未知,用“白”表示信息完全明确,用“灰”表示部分信息明确、部分信息不明确。相应地,信息完全明确的系统称为白色系统,信息未知的系统称为黑色系统,部分信息明确、部分信息不明确的系统称为灰色系统^[3]。

定义1 信息完全明确的系统称为白色系统。

定义2 信息未知的系统称为黑色系统。

定义3 部分信息明确、部分不明确的系统称为灰色系统。

1.1.4 灰色系统理论的基本原理

公理1(差异信息原理) “差异”是信息,凡信息必有差异。

公理2(解的非唯一性原理) 信息不完全、不确定的解是非唯一的。

公理3(最少信息原理) 灰色系统理论的特点是充分开发利用已占有的“最少信息”。

公理4(认知根据原理) 信息是认知的根据。

公理5(新信息优先原理) 新信息对认知的作用大于老信息。

公理6(灰性不灭原理) “信息不完全”是绝对的。

1.1.5 灰色系统理论的主要内容

灰色系统理论经过20多年的发展,现在已经基本建立起一门新兴学科的结构体系。其主要内容包括以灰色代数系统、灰色方程、灰色矩阵等为基础的理论体系,以灰色序列生成为基础的方法体系,以灰色关联空间为依托的分析体系,以灰色模型(GM)为核心的模型体系,以系统分析、评估、建模、预测、决策、控制、优化为主体的技术体系。

灰色系统分析除关联度分析外,还包含灰色聚类 and 灰色统计评估等方面的内容。

灰色序列生成主要包含缓冲算子(弱化算子、强化算子)、均值生成算子、级比生成算子、累加生成算子和累减生成算子等。

灰色模型按照五步建模思想构建,通过灰色生成序列或序列生成算子的作用弱化随机性,挖掘潜在的规律,经过灰色差分方程与灰色微分方程之间的互换实现了利用离散的数据序列建立连续的动态微分方程的新飞跃。

灰色预测是基于GM模型做出定量预测按照其功能和特征可分成序列预测、区间预测、灾变预测、季节突变预测、波形预测和系统预测等几种类型。

灰色决策包含灰靶决策、灰色关联决策、灰色统计决策、灰色聚类决策、灰色局势决策和灰色层次决策等。

灰色控制的主要内容包含本征性灰色系统的控制问题和以灰色系统方法为主构成的控制,如灰色关联控制和GM(1,1)预测控制等。

灰色优化技术包含灰色线性规划、灰色非线性规划、灰色整体规划和灰色动态规划等。

1.2 海洋经济的灰色关联度分析实例

灰色关联分析的基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密。曲线形状越接近,相应序列之间关联度就越大,反之就越小。例如,有

参考序列① $X_1 = (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n))^T$ 和比较序列②、③、④,分别为:

$X_2 = (x_2(1), x_2(2), \dots, x_2(n))^T$;

$X_3 = (x_3(1), x_3(2), \dots, x_3(n))^T$;

$X_4 = (x_4(1), x_4(2), \dots, x_4(n))^T$ 。

四个时间数据序列如图1-1所示。

由图形可知,参考序列①与比较序列②关联度最高,参考序列①与比较序列④关联度最低。

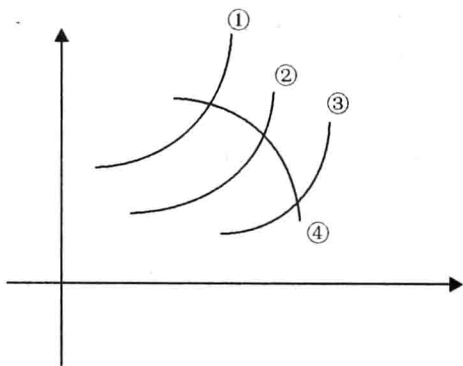


图1-1 关联分析示意图

1.2.1 灰色关联度计算步骤

定义4(灰色关联公理)

设 $X_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))^T$

为系统特征序列,且 $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))^T (i = 1, \dots, m, m > 2)$ 为相关

因素序列,给定实数 $r(x_0(k), x_i(k))$,若实数 $r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k))$,满足:

(1)规范性 $0 < r(X_0, X_i) \leq 1, r(X_0, X_i) = 1 \Leftrightarrow X_0 = X_i$;

(2) 整体性 对于 $X_i, X_j \in X = \{X_s | s = 0, 1, \dots, m; m \geq 2\}$ 有 $r(X_i, X_j) \neq$

$$r(X_j, X_i), i \neq j;$$

(3) 对称性 $X_i, X_j \in X$, 有 $r(X_i, X_j) = r(X_j, X_i) \Leftrightarrow X = \{X_i, X_j\}$;

(4) 接近性 $|x_0(k) - x_i(k)|$ 越小, $r(x_0(k), x_i(k))$ 越大。

则称 $r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k))$ 为 $X_i, X_j \in X$ 的灰色关联度, 其中 $r(x_0(k), x_i(k))$ 为 X_i 和 X_j 在 k 点的关联系数, 并称条件(1)、(2)、(3)、(4)为灰色关联四公理。

定义 5 设系统特征序列 $X_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))^T$, $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))^T$ ($i = 1, \dots, m, m > 2$) 为相关因素序列, 对于 $\xi \in (0, 1)$, 令

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_{s=1}^n \min_{t=1}^m |x_0(t) - x_s(t)| + \xi \max_{s=1}^n \max_{t=1}^m |x_0(t) - x_s(t)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \xi \max_{s=1}^n \max_{t=1}^m |x_0(t) - x_s(t)|} \quad (1-1)$$

记 $r(x_0(k), x_i(k))$ 为 $r_{0i}(k)$,

$$r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{0i}(k) \quad (1-2)$$

则 $r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r(x_0(k), x_i(k))$ 满足灰色关联公理, 其中 ξ 称为分辨系数。

$r(X_0, X_i)$ 称为 X_0, X_i 的灰色关联度, 记为 r_{0i} 。

根据关联度的定义, 可得关联度的计算步骤如下:

(1) 根据评价目的确定评价指标体系, 收集评价数据。

设 $m+1$ 个数据序列 $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))^T$ ($i = 0, 1, \dots, m, m > 2$) 形成如下矩阵:

$$(X_0, X_1, \dots, X_m) = \begin{bmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_m(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \cdots & x_m(2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_0(n) & x_1(n) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix}$$

其中, n 为指标的个数。

(2) 确定参考数据列 X_0 。

参考数据列应该是一个理想的比较标准, 可以以各指标的最优值(或最劣值)构成参考数据列, 也可根据评价目的选择其他参照值。并将其记作 $X_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))^T$ 。

(3) 对指标数据序列用关联算子进行无量纲化(也可以不进行无量纲化)。

无量纲化后的数据序列形成如下矩阵:

$$(X_0^*, X_1^*, \dots, X_m^*) = \begin{bmatrix} x_0^*(1) & x_1^*(1) & \cdots & x_m^*(1) \\ x_0^*(2) & x_1^*(2) & \cdots & x_m^*(2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_0^*(n) & x_1^*(n) & \cdots & x_m^*(n) \end{bmatrix}$$

常用的无量纲化方法有均值化像法、初值化像法等。

均值化像法的计算公式为：

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n x_i(t)} \quad (i = 0, 1, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n) \quad (1-3)$$

初值化像法的计算公式为：

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{x_i(1)} \quad (i = 0, 1, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n) \quad (1-4)$$

为了说明的方便,假设无量纲化后的 $m+1$ 个数据序列仍记为 $X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n))^T$ ($i = 0, 1, \dots, m, m \geq 2$) 并形成如步骤(1)中的矩阵:

$$(X_0, X_1, \dots, X_m) = \begin{bmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_m(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \cdots & x_m(2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_0(n) & x_1(n) & \cdots & x_m(n) \end{bmatrix}$$

其中, n 为指标的个数。

下面执行如下步骤:

(4) 逐个计算每个被评价对象指标序列与参考序列对应元素的绝对差值,即:

$$|\Delta_i(k)| = |x_0(k) - x_i(k)| \quad (i = 1, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n)。$$

(5) 确定 $M = \max_{i=1}^n \max_{t=1}^m |x_0(t) - x_i(t)|$, $m = \min_{i=1}^n \min_{t=1}^m |x_0(t) - x_i(t)|$ 。

(6) 计算关联系数。

分别计算每个比较序列与参考序列对应元素的关联系数,即:

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{m + \xi \cdot M}{|\Delta_i(k)| + \xi \cdot M}$$

其中, $k = 1, 2, \dots, n$, $\xi \in (0, 1)$ 为分辨系数; ξ 越小,关联系数间的差异越大,区分能力越强,通常取 ξ 为 0.5。

(7) 计算关联度 $r(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{0i}(k)$ 。

(8) 依据关联度的大小,得到观察对象的关联序,给出综合评价结果。

1.2.2 基于灰色模型的辽宁省海洋经济关联度分析^[4]

辽宁省是我国重要的沿海省份之一,也是东北地区唯一的一个沿海省份,地

处我国最北部海岸,横跨黄海和渤海两个海域,海岸线东起鸭绿江口,西至山海关老龙头,全长 2 920 千米,占我国海岸线长度的 12.7%。近海水域面积 50 000 千米²,其中有岛、坨、礁 506 个,占全国海洋岛屿总数的 7.7%,居全国第 5 位;海洋渔业、港口资源、滨海旅游资源、海洋油气资源十分丰富,对发展海洋经济十分有利。早在 1986 年,辽宁省就提出了建设“海上辽宁”的战略设想,旨在通过充分利用全省海洋资源和区位优势,培育海洋支柱产业,开辟新的经济增长领域,逐步建立与辽宁陆域经济体系相应的技术先进、结构合理的开放型海洋经济体系新格局。二十多年来,“海上辽宁”建设步伐加快,海洋经济已成为辽宁省国民经济新的增长点,沿海地区的社会生产能力不断提高,海洋综合经济实力明显增强。

基于灰色关联度分析的思想,把“辽宁省海洋经济总产值”作为母序列,用一定时间序列的相关指标定量测度母序列与其子序列之间的关联度。同时,用此方法对影响辽宁省海洋经济发展的各因素间的相互关系进行定量分析。

根据国民经济三次产业分类标准,将海洋经济所涉及的产业划分为海洋第一产业、海洋第二产业和海洋第三产业。根据《中华人民共和国海洋行业标准》(HY/T 052—1999),把海洋产业分为海洋水产业、海洋油气业、海洋交通运输业、海滨砂矿业、海洋盐业、海洋生物制药和保健品业、沿海造船业、海洋电力和海水利用业、海洋化工业、海洋工程建筑业、海洋信息服务业、滨海旅游业和其他海洋产业等 13 个门类的海洋产业。本文将辽宁省目前的海洋产业做以下划分:海洋第一产业主要是指海洋水产品、海洋渔业;海洋第二产业包括海洋油气、海洋盐业、海洋化工业、海洋生物制药、海洋电力和海水利用业、沿海造船业;海洋交通和海洋旅游则属于海洋第三产业。辽宁省 1995—2005 年的海洋经济统计情况见表 1—1(注:名称采用简记的形式)。

表 1—1 1995—2005 年辽宁省海洋经济统计(亿元)

年份	海洋生 产总值	第一产业			第二产业				第三产业	
		渔业	油气	海盐	化工	生物医药	工程	造船	交通	旅游
1995	178.46	102.03	3.4	4.33	—	—	—	28.57	28.58	11.55
1996	207.52	115.25	1.52	4.03	—	—	—	43.99	28.80	13.93
1997	246.30	141.64	2.24	4.17	—	—	—	55.82	27.65	14.78
1998	275.50	168.57	2.45	3.26	—	—	—	58.60	29.13	13.49
1999	277.97	192.35	3.03	4.56	—	—	—	51.79	10.40	15.84
2000	326.58	211.30	4.92	4.42	—	—	—	47.23	37.48	21.23
2001	362.37	245.80	2.42	4.51	—	—	—	60.34	21.95	27.35
2002	459.33	299.95	2.26	4.24	—	—	—	73.45	48.85	30.58

续表

年份	海洋生 产总值	第一产业			第二产业				第三产业	
		渔业	油气	海盐	化工	生物医药	工程	造船	交通	旅游
2003	618.40	417.44	3.67	2.85	—	—	—	75.00	95.00	24.45
2004	932.23	446.04	3.21	5.06	14.88	1.37	29.60	108.42	120	203.65
2005	1 039.91	490.59	5.31	6.32	19.02	1.78	30.00	169.00	93.11	224.78

注:资料来源于1996—2006年《中国海洋统计年鉴》“—”表示当年没有该项数据。

由于各项指标原始数据量纲不同,数量级差也极为悬殊,为了使各原始数据能够消除量纲,便于关联度分析,并使其具有相应的可比性,首先必须对原始数据进行无量纲化处理。原始数据采用关联度计算步骤3中初值化像法进行初值化处理,公式为

$$x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{x_i(1)} \quad (i = 0, 1, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n)$$

处理后数据见表1-2初值化处理后,可利用关联度计算步骤(4)至步骤(7)中的公式和初值化后的数据计算辽宁省海洋产业与海洋经济总产值的关联系数(表1-3)和关联度(表1-4)。

表1-2 1995—2005年辽宁省海洋经济数据初值化

年份	海洋生 产总值	渔业	油气	海盐	造船	交通	旅游
1995	1	1	1	1	1	1	1
1996	1,162.8	1,129.6	0.447 06	0.930 72	1,539.7	1,007.7	1,206.1
1997	1,380.1	1,388.2	0.658 82	0.963 05	1,953.8	0.967 46	1,279.7
1998	1,543.8	1,652.2	0.720 59	0.752 89	2,051.1	1,019.2	1,168
1999	1,557.6	1,885.2	0.891 18	1,053.1	1,812.7	0,363 89	1,371.4
2000	1.83	2,071	1,447.1	1,020.8	1,653.1	1,311.4	1,838.1
2001	2,030.5	2,409.1	0,711 76	1,041.6	2,112	0,768 02	2,368
2002	2,573.9	2,939.8	0,664 71	0,979 21	2,570.9	1,709.2	2,647.6
2003	3,465.2	4,091.3	1,079.4	0,658.2	2,625.1	3,324	2,116.9
2004	5,223.7	4,371.7	0,944 12	1,168.6	3,794.9	4,198.7	17,632
2005	5,827.1	4,808.3	1,561.8	1,459.6	5,915.3	3,257.9	19,461

表 1—3 1995—2005 年辽宁省海洋经济关联系数

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
渔业	1	0.995 1	0.998 8	0.984 4	0.954 4	0.954 2	0.965 9	0.947 4	0.915 9	0.888 9	0.870 0
油气	1	0.905 0	0.904 4	0.892 3	0.911 0	0.946 8	0.838 0	0.781 3	0.740 8	0.614 4	0.615 2
海盐	1	0.967 1	0.942 4	0.896 1	0.931 1	0.893 9	0.873 4	0.810 5	0.708 4	0.627 1	0.609 6
造船	1	0.947 6	0.922 4	0.930 8	0.963 9	0.974 7	0.988 2	0.999 6	0.890 3	0.826 8	0.987 2
交通	1	0.977 8	0.942 9	0.928 6	0.851 0	0.929 3	0.843 8	0.887 5	0.979 7	0.869 3	0.726 4
旅游	1	0.993 7	0.985 5	0.947 8	0.973 4	0.998 8	0.952 9	0.989 3	0.834 9	0.354 7	0.333 4

表 1—4 1995—2005 年辽宁省洋经济总值与各海洋产业关联度

渔业	油气	海盐	造船	交通	旅游
0.817 9	0.559 8	0.588 0	0.811 9	0.690 9	0.727 4

辽宁省海洋经济总产值与六大海洋产业的关联度从高到低排序依次为：海洋渔业、海洋船舶工业、滨海旅游业、海洋交通运输业、海洋盐业、海洋油气业。海洋总产值与海洋各产业产值关联度的大小排序在某种程度上反映了海洋产业在海洋经济发展过程中的地位和作用，排序靠前的产业在经济系统中处于主导地位，对海洋产业结构和海洋经济发展起着导向性和带动性作用。

1.2.3 基于灰色系统理论的广东省海洋经济关联度分析^[5]

广东省 2001—2005 年期间海洋产业总产值与相关产业产值数据见表 1—5。下一步将利用灰色关联分析方法对广东省各海洋产业之间的相互关系做初步分析。由于采用方法与 1.2.2 相同，本例中只给出计算结果，简化文字描述，具体见表 1—6 至表 1—8。

表 1—5 2001—2005 年广东省海洋经济统计(亿元)

年份	海洋生 产总值	海洋 水产	海洋 油气	海滨 砂矿	海洋 盐业	沿海 造船	海洋 交通	滨海 旅游	生物 制药	海洋电力 海水利用
2001	1 542.69	402.11	209.67	0.23	0.52	38.25	186.76	343.05	1.23	360.87
2002	1 693.71	441.89	216.28	0.24	0.67	46.95	166.93	394.09	1.20	425.46
2003	1 936.09	471.78	252.73	1.26	0.80	50.00	227.00	331.32	1.20	600.00
2004	2 975.5	679.13	348.54	1.60	0.80	52.00	247.00	845.21	1.20	750.00
2005	4 288.39	828.36	477.20	2.63	1.00	64.80	268.76	958.17	1.40	775.00

注：资料来源于 2002—2006 年《中国海洋统计年鉴》。