

熵增理论对海洋空间资源“一张图”综合监管平台系统建设的启示

陈冲¹, 蒋婵娟¹, 徐兵峰¹, 朱永¹, 徐开达², 胡申威³

(1. 浙江省海洋科学院 杭州 310007; 2. 浙江省海洋水产研究所 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站
浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室 舟山 316021; 3. 平湖市农业农村局 平湖 314000)

摘要:近年来,随着海洋管理理念转变和水平提升,海洋空间资源监管业务方向持续优化调整,对全流程精准数据的要求越来越高,各类多源异构数据不断增加,自下而上新的业务需求层出不穷,系统顶层设计有限性和应用需要无限性之间的矛盾日益凸显。为破解此难题,文章首次应用熵增理论,分析系统平台日益臃肿、难以维护的原因,并提出应用开放系统、远离平衡态、涨落、非线性关系等耗散系统的关键点来解决系统平台存在的问题,从理念层面为系统平台优化设计提供参考。

关键词:熵;熵增理论;耗散结构;系统平台;开放系统;非线性关系;涨落

中图分类号:P74;P208

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2020)09-0035-05

Enlightenment of Entropy-increasing Theory on ‘One Picture’ Comprehensive Supervision Platform System Construction for Marine Space Resources

CHEN Chong¹, JIANG Chanjuan¹, XU Bingfeng¹,
ZHU Yong¹, XU Kaida², HU Shenwei³

(1. Zhejiang Academy of Marine Sciences, Hangzhou 310007, China; 2. Zhejiang Marine Fisheries Research Institute, Scientific Observation and Experimental Station of Fishery Resources of Key Fisheries, Ministry of Agriculture, Zhejiang Key Laboratory of Research on Sustainable Use of Marine Fishery Resources, Zhoushan 316021, China; 3. Pinghu Agriculture and Rural Bureau, Pinghu 314000, China)

Abstract: In recent years, with the transformation and improvement of the marine management concept, the direction of marine space resource supervision business has been continuously optimized and adjusted, and the requirements for accurate data in the entire process have become higher and higher. The business needs are endless, and the contradiction between the limited design of the top layer of the system and the unlimitedness of the application needs is increasingly

收稿日期:2020-04-17;修订日期:2020-07-23

基金项目:国家重点研发计划(2019YFD0901204);浙江省海洋综合管理专项资金,浙江省重点研发计划(2019C02056)。

作者简介:陈冲,工程师,硕士研究生,研究方向为海洋综合管理、海洋生态等

通信作者:徐开达,高级工程师,硕士,研究方向为海洋生态

prominent. In order to solve this problem, this paper used the theory of entropy increase to analyze the reasons why the system platform was increasingly bloated and difficult to maintain, and put forward the key points of applying open systems, away from equilibrium, fluctuations, nonlinear relationships and other dissipative systems to solve the problem of the system, and provided a reference for the optimal design of the system platform from the conceptual level.

Key words: Entropy, Entropy increase theory, Dissipative structure, System platform, Open system, Nonlinear relationship, Fluctuation

0 引言

随着海洋信息化进程的推进,浙江省各级海洋管理部门对于海洋空间相关数据的实时、直观展示和分析的需求日渐强烈。浙江省海洋技术中心开展了海洋空间资源“一张图”综合监管平台搭建,初步解决了海洋空间资源数据汇交、采集、更新、积累、整合、利用、挖掘等问题,发挥了空间数据在海洋资源形势分析、资源监测监管、辅助决策支持及社会化服务的重要作用。

近年来,随着海洋空间资源监管业务方向持续优化调整,各类多源异构数据不断增加,已建成的“一张图”系统冗余度逐渐增大。一方面,各类规划、监视监测、分析评价数据简单汇集,缺乏深层次融合应用,部分业务模块发生数据矛盾与冲突现象,严重影响一张图平台用户体验;另一方面,目前仍有大量涉海数据仍分布于各职能部门,研究单位及相关企业,数据烟囱现象依然严重^[1],且由于数据结构多维、接口标准复杂等问题,数据整合难度极大。

国内外专家学者对于系统构建已经提出了分布式架构、去中心化、区块链等诸多先进理论^[2],为数据平台建设提供了丰富技术指引。但尚未有学者应用物理学的熵增理论对系统平台的发生、发展、衰退、消亡做过分析。本研究首次以熵增理论为指引,分析系统存在问题,提出初步解决思路,以期类似系统平台的布局与开发提供参考。

1 熵增理论溯源

1.1 克劳修斯熵

熵的概念最早由德国物理学家克劳修斯于1865年提出,具体定义为:在一个可逆过程中,输入热量相对于温度的变化率,即 $dS = dQ/T$ 。初始值

到末端值的熵变为 $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ ^[3]。劳克修斯熵

理论指出,在孤立系统中,熵总是增大或者不变,不可能朝低熵的状态发展,换句话说,系统不可能自发由无序变得有序。

1.2 玻尔兹曼熵

1877年,玻尔兹曼提出熵的统计物理学解释^[4]。他证明了系统的宏观物理性质,可以认为是所有可能微观状态的等概率统计平均值。他提出了著名的玻尔兹曼公式,根据这个公式,可以将熵看作是一个系统“混乱程度”的度量,因为一个系统越混乱,可以视为微观状态分布越均匀。

熵的统计学角度解释,使人们对熵增定律有了更直观的理解。假设有9个水分子,滴入杯子后可能占据的空间的上部和下部(图1)。图1A和图1J中,水分子全部集中于一侧,只有一种可能,情况很简单。但图E和图F中,一侧4个水分子,另一侧5个水分子,有 C_9^4 和 $C_9^5 = 126$ 种排列组合,混乱程度最高,表现为出现此情况的可能性最大,即熵值最大。

1.3 香农熵

1948年,香农将熵的概念引入到信道通信过程中,开创了“信息论”这门学科。香农的信息熵本质上是对司空见惯的“不确定现象”的数学化度量^[5]。受香农的启发,熵脱离了物理学的束缚,逐渐在其他诸多领域大放异彩。

1.4 耗散结构

根据熵增定律,自然界一切过程都是向熵增加的方向发展,从有序到无序,最终走向寂灭。但生命的演化过程却与此相反,无序状态的无机物生成有机物,再生成单细胞生物,继而进化到多细胞生物。从高度无序发展到高度有序,体现了熵减的过程。为解决这一理论矛盾,比利时科学家普里高津

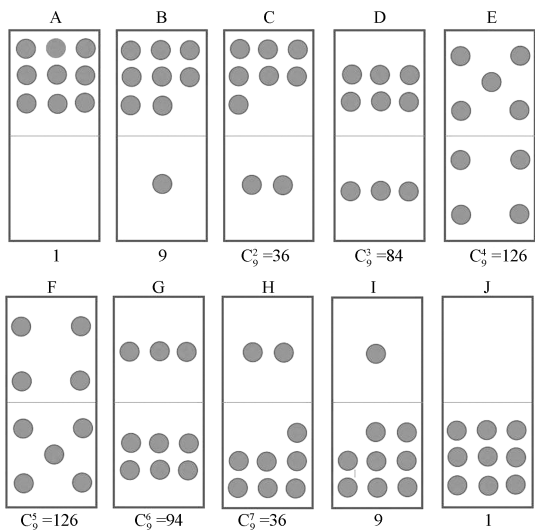


图 1 熵增的统计学图示

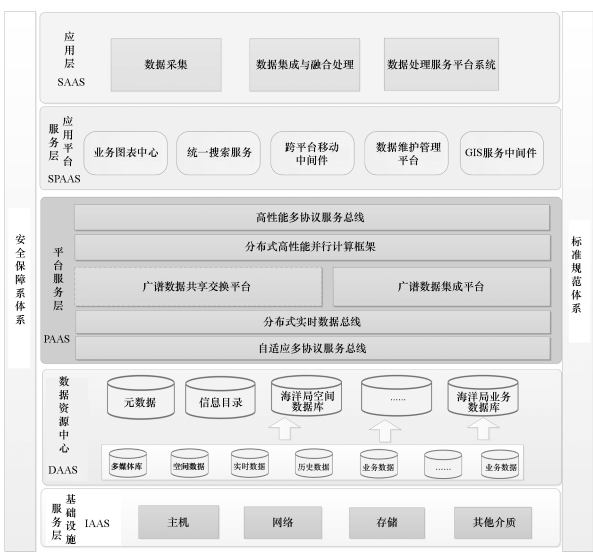


图 2 一张图系统平台构架

在研究非平衡热力学过程中提出耗散结构,也叫自组织理论。他指出,远离平衡态的非线性开放系统,通过与外界交换物质和能量,在系统内某个参数的变化达到一定阈值时,通过涨落,可能在一定的条件下形成一种新的稳定的有序结构。

2 “一张图”平台现状

平台依照横向模式建设,划分为 IAAS(基础设施层)、DAAS(数据资源中心)、PAAS(平台服务层)、SPAAS(应用平台服务层)、SAAS(应用层);通过数据中心建设,对各类信息数据进行梳理,分类管理。对于现有其他信息系统,数据中心采用阶梯式的整合策略,提供从数据、接口、门户等多个层次的整合模式(图 2)。

平台初步搭建了海洋空间资源核心数据库,整理入库历史调查资料、基础地理空间数据数百万条;建成地理信息展示平台,实现了浙江省海洋空间资源专题图展示、查询、量测、统计以及专题图层叠加分析等功能,弥补了浙江省海洋空间资源数据综合管理、展示平台的缺失。

平台实现了与海域动态监管系统、海域使用权管理系统的初步对接,通过该平台,可提供基于“海域动管专网”的基础底图集成调用功能,目前,已为部署于专网内的“海域使用权管理系统”“海洋经济评估模型与 GIS 系统”“海洋功能区划管理系统”提供了基础底图服务,减少了业务应用系统的重复

建设。

为更好保障海量空间资源数据集成展示,对部分网络设备作了必要更新升级。该平台除了已具备基本的地理信息展示、数据查询和统计等功能外,也已具备部分业务的分析决策支撑能力。如:“一张图”系统针对海域使用权审批需要,增加用海分析功能,以系统内多部门、多类型数据(高清遥感影像、用海信息、海岛信息、海底电缆管道、海岸线类型、涉海规划等)为支撑,结合 GIS 平台空间分析能力,实现对用海项目审批的辅助分析。

该平台因其专题丰富、底图精确,在海洋综合管理中发挥了重要作用,海洋管理相关行政处室、业务单位均在使用,已成为省局海域和无居民海岛使用项目审核委员会会议的必备系统。

3 应用熵增定律对平台预警分析

“一张图”平台设计思路以应用需求为牵引,基于严格的顶层设计、逐层分解、分项实施、集成应用。但建成后由于外部形势的变化,面临着业务流程再造、业务体系重构,在监视监测、规范规划、权属管理、有偿使用等子业务有层出不穷的新的应用需求,这些需求往往是基于系统建成后自下而上的涌现,受到系统框架的限制,这些涌现性需求往往难以得到满足,系统需要不断升级改造,甚至推倒重建。系统建设有序性和应用需求无序性之间的矛盾难以解决。

熵增定律规定了在一个封闭的系统内,自然界一切事物均会随着时间的流逝而走向混乱和无序,系统熵总是趋向于最大化。

浙江省海洋空间资源“一张图”综合监管平台也将随着数据类型、数据量、业务功能模块和调用量的增加,逐渐趋向碎片化,越来越混乱无序,最终无法维护和扩展,并导致系统的崩溃、下线或重构。同时,由于“一张图”系统在海域动态监管专网运行,处于相对封闭环境,与外界信息交换缓慢,将加速到达无序平衡态的进程。

4 耗散结构理论对系统平台建设的启示

耗散结构理论包含 4 项基本要素,分别是远离平衡态、非线性作用、开放系统和涨落,它使得系统避免走向混合无序和寂灭。“一张图”软件系统平台是诸多系统的一种,应用耗散结构对标分析,可以为系统建设、平台搭建提供有效理论指引。

4.1 远离平衡态

平衡态指系统各处可测的宏观物理性质均匀的状态,此时系统内部熵值最大,同时体现在系统活力最低^[6]。平衡态犹如一片沙漠,生命在这里归于静寂;非平衡态如同一片热带雨林,有参天大树也有蕨类植物,不同空间层次有各自的生命特征,组成完善的生态系统循环往复、生生不息。

“一张图”平台系统应破除以往过分依靠顶层设计的建设理念,努力打造“雨林生态圈”,借鉴航天工程“复杂巨系统”的思想精髓^[7]。钱学森将系统定义为“由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的,具有特定功能的有机整体,而且这个‘系统’本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分”^[8]。钱学森的定义体现了整体与部分的唯物辩证关系,强调了要素与要素、系统与要素、系统与环境的相互关系。具体地讲,“一张图”平台应预留足够的“战略发展空间”,允许甚至放任自下而上的自组织不断涌现,并给予各个自组织充分的基础支撑,使得各个自组织自我演化,自我适应,找到它与其他要素、与系统、与环境新的适应之道。

4.2 非线性作用

各要素之间并非一一对应的正相关或者简单叠加关系,而是随机进行的相互作用。对于“一张

图”平台而言,各个要素之间不应该仅仅满足于单纯的叠加展示功能,相同要素对不同对象、不同的要素对相同对象,都应该发生不同的深层次的化学反应。例如,海岸线利用情况、海域使用状况、海岛开发利用状况等数据的有机结合,可以科学地进行资源环境承载能力监测预警评价,同时也能开展海洋空间资源资产清查;海域使用状况数据和海洋经济数据相结合,可以开展海域使用后评估工作。系统平台内部的非线性作用主要体现在数据的深度挖掘和应用,以及尚未预测到的新的能级反应。

4.3 开放系统

开放系统是指与外界环境存在持续物质、能量、信息交换的系统。例如,人体就是一个开放系统,通过从外界摄取营养物质并转化为自身物质的同化作用和自身部分物质被氧化分解并排出代谢废物的异化作用,完成自身与环境之间物质和能量的交换。

开放是耗散结构得以存在的核心要素,所有封闭系统最终只能由于熵增而走向寂灭。这一理论对“一张图”系统平台建设有极大启示,受限于海洋资源数据的敏感性,目前该平台布设于海域动态专网,与互联网物理隔绝。系统使用和数据交换极为不便,据统计,平台日均活跃人数不超过 10 人,80% 以上的系统功能极少使用。

国家层面已经将数据要素提升到和土地、劳动力等传统生产要素同等重要的地位^[9]。近日,中共中央、国务院发布的《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》中指出“优化经济治理基础数据库,加快推动各地区各部门间数据共享交换”。下一步应按照国家政策部署,结合国家和省里相关定密部门的要求,争取将非涉密数据和应用模块集成到省智慧海洋大数据中心或省政府服务网,努力做到应公开尽公开。通过依托于一个开放创新的数据服务平台上,对内融合生态评估、生态修复、海洋公园等各类涉海数据,对外吸纳各兄弟单位的海域使用论证,用海用岛价值评估等涉海数据,对上对接自然资源部、国家海洋信息中心、国家海洋技术中心乃至国外先进科研机构涉海数据,对下吸收市县自身关于用海审批,招拍挂、竣工验收

等各类数据。逐步形成海洋资源数据体系,通过系统内各类要素的非线性作用,产生 $1+1>2$ 的叠加效应,助力海洋经济提速增效高质量发展。

4.4 涨落效应

子系统可测的宏观量无时无刻不随着时间变化而围绕其均值上下浮动。例如,海岸线定义为平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线,这条痕迹线随着潮水涨落和风引起的增水一减水作用而时刻变动。所以,实际的海岸线是无数条痕迹线的集合。

在开放系统的非平衡态中,由于内部要素非线性作用,微小的变化可能产生蝴蝶效应,引发极大的风暴。对于系统平台,一方面应积极更新维护,进行持续的物质和信息交换,通过对系统做功,降低系统熵值,防范化解可能引发的重大风险;另一方面应杜绝系统资源的平均分配,摒弃追求大而全的思路,对于曾经发挥作用但已经不适应新形势新要求的业务功能果断砍除,降低平台冗余度^[10]。对于由于国家政策、管理需求或一线客户实际应用而产生的需求应充分重视,配置优质资源,打造新的核心功能和应用。做到单点突破、以点成线、以线成面,最终形成新的业务生态链和业务生态体系^[11]。通过周而复始的持续演化实现平台的最优贡献。

根据耗散结构在系统平台的应用,借鉴华为活力引擎模型表现形式,绘制“一张图”系统平台建设理念模型(图 3)。

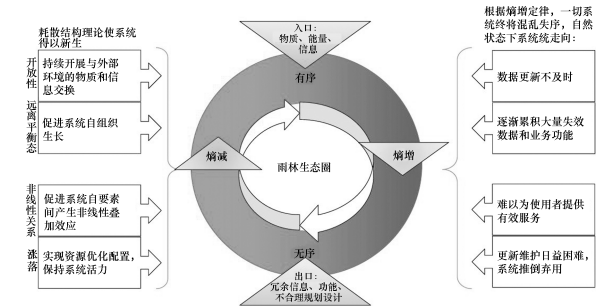


图 3 “一张图”系统平台建设理念模型

5 结语

根据热力学第二定律,所有封闭系统最终都将走向混乱程度最大的平衡态而衰亡。耗散结构是破解这一难题的关键理论,通过耗散结构 4 个关键

要素的分析,海洋空间资源“一张图”综合监管平台应通过走开放式路线获取与外部环境的物质和信息的交换,通过促进要素之间产生非线性关系而进行数据深度挖掘,通过远离平衡态保持系统内部乃至系统本身的自组织生长^[12],通过涨落效应实现资源优化配置并保持系统活力。最终使得系统平台实现“雨林生态圈”的自组织生产模式,从而破解顶层设计有限性与应用需求无限性之间的矛盾。

参考文献

[1] 郭菊娥,陈辰.区块链技术驱动供应链金融发展创新研究[J].西安交通大学学报(社会科学版),2020(3).

[2] HEAP-YIH C,ALEXANDER D.Integrating advanced technologies to uphold security of payment;Data flow diagram[J].Automation in Construction,2020,114.

[3] 杨雅雯,黄长略,钟健,等.关于管理熵理论在企业激励与约束系统中的启示[J].人才资源开发,2017(20):187—189.

[4] 代金平.“熵”的内涵及其扩展[J].聊城师院学报(自然科学版),1996(3):84—88.

[5] ALKASSAR Y,AGARWAL V K,PANDEY R K,BEHERA N. Experimental study and Shannon entropy analysis of pressure fluctuations and flow mode transition in fluidized dense phase pneumatic conveying of fly ash[J].Particuology,2020,49(C).

[6] MEHDI N.On the Evidence of Thermodynamic Self-Organization during Fatigue: A Review[J].Entropy,2020,22(3).

[7] 张文红,陈森发.生态工业系统:一个开放的复杂巨系统[J].系统仿真学报,2004(3):432—435+440.

[8] 黄欣荣.钱学森系统思想及其在智能时代的意义[J].钱学森研究,2019(1):38—56.

[9] 于施洋,王建冬,郭巧敏.我国构建数据新型要素市场体系面临的挑战与对策[J].电子政务,2020(3):2—12.

[10] 田晨曦,屠利芳,肖胜和.耗散结构理论视角下的古村落肌理保护与更新研究:以杭州建德市李村村为例[J].建筑与文化,2019(7):38—39.

[11] 杨爱国.华为是怎么“在商言熵”的? [J].董事会,2019(8):100—104.

[12] 陈银法,叶金国.产业系统演化与主导产业的产生、发展:基于自组织理论的阐释[J].河北经贸大学学报,2003(2):46—50.