

航道交通流统计时间单位研究

黄海鸥 李晓春^{1*}

(江苏省苏州市航道管理处,苏州 215007;苏州陆慕房地产开发有限公司,苏州 215131)

摘要 恰当地统计时间单位是调查和分析航道交通流的基础。基于非线性随机理论和数理统计理论,提出航道交通流分析中统计时间单位的选定方法,并以京杭运河为例,检验了统计时间单位方法正确。研究方法的基础具有普遍性,可以进一步推广到包括随机、混沌在内的各类交通流相关问题的研究中。

关键词 水运工程 船舶交通流 统计时间单位 统计特性稳定

中图法分类号 U697.1; **文献标志码** A

统计时间单位是调查和有效统计航道交通流的基础,选择合理交通流统计时间单位是科学地研究航道交通流问题的前提。现有航道交通理论相对落后,鲜有关于统计时间长度问题的讨论,在应用中一般习惯地以小时或日为单位,因而统计时间单位缺乏理论支持,其合理性值得商榷。随着交通运输的发展,航道交通流问题得到重视,科学选定统计时间单位成为必须解决的首要基础性问题,在此基础上开展航道交通流问题研究,科学地指导工程实践。

船舶随机性到达是影响航道及相关水运设施如船闸等通过能力和服务水平最重要因素之一,其陆续到达航道节点的过程是一个随机过程,可用统计分布进行描述^[1]。从统计学角度看,统计时间单位长度在一定程度上影响交通量的测量,进而影响统计分析结果的正确性及合理性^[2-3],统计时间单位太长或太短对恰当有效地描述实际的到达过程都不利。统计时间单位太长,样本数据被均匀化,掩盖交通过程自身的统计规律;统计时间单位太短,无法有效克服随机噪声影响,不能客观反映交

通过程自身规律,从而影响相关问题研究结果。

本文将从非线性理论和随机统计理论出发,讨论交通流统计时间单位的选定方法,并以京杭运河多个船闸节点的到船资料为基础,对本文提出的统计时间选定方法进行验证。

1 合理统计时间单位选定方法

船舶交通随机性决定了交通统计时间单位在一定程度上影响船闸到船率的测量,选择时必须保证该时间单位下的统计结果能克服随机噪声的影响,保证交通流的稳定性,同时反映真实的交通特性,在此基础上建立的船舶交通模型才具有鲁棒性,适用于航道及相关设施通过能力分析。

道路通过能力研究^[4]指明,交通流的最小统计时间是保证统计交通流稳定的最短时间,即用该时间单位统计的交通流,克服了随机噪声影响,得到交通流量的统计序列在时间上稳定,在此基础上的研究结果具有鲁棒性。其确定方法是以 15 min 统计的交通流稳定为前提,并根据其它时间单位相对于 15 min 统计交通流是否稳定,来判定该时间单位是否适于作为交通流统计的时间单位。显然,并没给出衡量“稳定性”的量化指标,而航道交通分析中又没有认定稳定的 15 min,因此无法借鉴其选定方法来导出船闸交通量的统计时间单位。

2009 年 9 月 9 日收到

第一作者介绍:黄海鸥(1980—),女,江西九江人,博士,研究方向:
港口航道工程,E-mail:xiaogunu@163.com。

*通信作者简介:李晓春(1979—),男,江苏江阴人,博士,研究方向:
土木工程,E-mail:lxchhu@163.com。

船舶随机地到达船闸,船闸的交通流过程为非线性随机过程,其客观存在的内生随机性使得不同统计时间单位描述的交通流过程有差异。根据非线性随机理论的最复杂原理^[5,6],统计描述过程的复杂度越大,其系统熵越大,对应交通流描述的统计推断最合理,因此,可从非线性过程的角度出发推断交通流统计规律,从而推断稳定交通流对应的统计时间单位。

具体地,首先选用不同的时间单位来统计交通流数据,然后分析并比较各组数据的系统复杂度的大小,使得复杂度取到最大的统计交通流数据,即为交通流过程最合理的描述,对应的统计时间单位就是统计交通过程的合理时间单位。

另外,根据统计理论,在统计一个随机过程中,如果统计的时间单位较短时,得到的统计数据的统计特性之间差异显著,统计时间达到一定长度后,得到统计数据之间统计特性差异不显著,此时交通流过程从统计上稳定,对应的交通流过程描述从统计上稳定地反映真实的交通特性,从而为交通流统计时间单位的确定提供了判据,即合理的时间单位统计的交通流的统计特性之间的差异不显著。

综上所述,统计时间单位可依以下2个步骤进行确定:(1)选择:计算各时间单位统计的船舶交通过程的熵,取到最大值时对应时间单位为基准统计时间单位;(2)验证:比较基准统计时间单位和其左右区间时间单位统计交通流特性,进行差异性检验,如果两者无差异,则验证了基准统计时间单位作为统计时间单位的合理性。

2 统计时间单位的确定

2.1 统计分析数据

交通流是动态的交通量,水运交通量一般从船舶的艘数、吨位和总面积三个方面来描述,因此统计交通流的统计量包括船舶艘数、船舶吨位和船舶总面积三个方面,需分别从这三个方面来讨论交通流量统计时间单位的问题,这里以京杭运河为例,基于多个船闸节点采集的多年详细的船舶交通资

料为基础进行分析。

交通工程学理论中,道路交通量统计的最小时间单位一般选用5 min,研究短期交通特性时选用1 min。考虑到道路和水上航道的相似性,并对比船舶航行速度特性和车辆行驶速度系,内河航道上的船舶航速约11 km/h,而高速公路车行速度超过80 km/h,相比之下,即使忽略船舶和汽车长度的差异,获得相同的统计交通量时,道路上1 min约对应7 min,5 min对应36 min,因此在这里用5 min为本研究的最小时间单位,并依此累加分别以5 min、10 min、15 min、20 min、…、60 min、90 min、120 min、…、600 min为时间单位统计航道上上行和下行多次采样的交通量数据,为保证交通量数据的一致性,各时间单位统计的交通量均换算成小时交通流率,然后在交通流率数据的基础上,根据本文的选定方法来航道交通流统计的最小时间单位。

2.2 基准统计时间单位的选定

目前最常用的描述系统复杂度算法是由Lempel和Ziv于1976年提出的,一般简称为L-Z复杂度,记为C_{LZ}。它是由单维时间序列出发,基于符号粗粒化的一种分析方法,其优点在于,粗粒化的分析方法能够抓住主要矛盾,综合地处理内生随机性对系统复杂性的影响。这里选用该指标来计算统计交通过程的复杂度。

关于L-Z复杂度的计算方法参见文献[7],这里不作详述,通过matlab6.5编程来实现该算法,计算各时间单位所统计的交通流过程的L-Z复杂度,计算结果见图1。

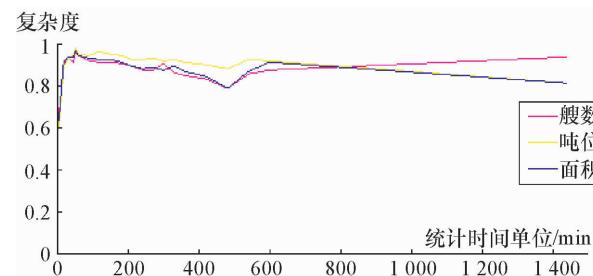


图1 不同时间单位统计交通流的L-Z复杂度

分析图1可见,不管是对于船舶的艘数交通过程、吨位交通过程还是船舶总面积的交通过程,按

照不同时间单位所统计的交通流过程的复杂度有显著差别。

对复杂度随着统计的时间单位增大而变化情况进行分析,可见在时间单位较小的时候,交通流过程的复杂度随着时间单位的增大而快速增加,当时间单位达到 20 min 以后,复杂度随着统计时间单位增大而产生的变化相对平缓,而统计时间为 50 min 时,用艘数、吨位和面积表达的交通流的复杂度均同时出现明显峰值,之后回落。根据最复杂原理,复杂度最大时对应的统计推断最合理、真实,因此对本航道来说,50 min 作为统计时间单位描述的交通流过程最能反映实际交通的随机情况,选定 50 min 为基准统计时间单位。

3 验证基准统计时间单位的合理性

根据前面的分析,50 min 的交通流合理地反映船闸交通流实际,下面来比较 5 min、15 min、30 min、35 min、40 min、45 min 和 55 min 的统计交通流相对于 50 min 统计交通流是否稳定,来验证 50 min 作为航道交通流统计时间单位的合理性。

统计特性最直接的方面在于期望值,根据概率论定理,统计特性如果交通流是稳定,大量测量值的算数平均具有稳定性,即在不同间隔时间下的测得的交通流率的均值一致,因此通过检验各时间单位统计的样本与对应 50 min 为单位统计的样本均值差异是否显著,即可判定其相对 50 min 交通流的稳定性。

对大样本平均数差异的显著性检验方法采用 Z 检验,认为当均值差小于 0.1 时接受稳定的假设,分别对各时间统计间隔时间单位下的样本与 50 min 间隔统计的样本进行均值差异的显著性检验,具体的 Z 检验过程从略(检验结果见表 1)。可见统计时间单位小于 45 min 的样本与 50 min 样本之间的均值具有比较显著的差异,45 min 和 55 min 与 50 min 样本统计特性无差异,说明统计时间单位小于 40 min 时描述的船闸交通流过程显著不稳定,统计时间单位在基准统计时间单位左右 5 min 内,样本

的统计特性稳定,由此验证了 50 min 作为统计时间单位是合理的。

表 1 不同统计间隔时间对 50 min 间隔的均值差异显著性检验

间隔时间	5 min	15 min	30 min	40 min	45 min	55 min
艘	显著	显著	显著	显著	无差异	无差异
吨	显著	显著	显著	显著	无差异	无差异
面积	显著	显著	显著	显著	无差异	无差异

4 结论

确定船闸交通流统计时间单位是进行船闸通过能力和服务水平分析的基础。根据非线性随机理论和统计理论,确定合理的航道交通流统计时间单位应保证统计交通流描述的复杂度最大,且与相近时间单位的统计结果无差异。以京杭运河航道交通为例,分析得到 50 min 交通流为基准交通流,并通过统计结果差异性验证了该时间单位的合理性,证明本文提出的交通统计时间单位的确定方法正确可行,本方法具有普遍性,可推广到包括混沌类型在内的所有类型航道交通流统计时间单位选定中。

参 考 文 献

- 1 马振华. 现代应用数学手册·概率统计与随机过程卷. 北京: 清华大学出版社, 2000: 475—478
- 2 王建军, 严宝杰. 交通调查与分析(第二版). 北京: 人民交通出版社, 2004
- 3 荣建, 常成利, 刘小明, 等. 标定交通流模型时最小统计间隔的选择. 北京工业大学学报, 1999; (12), 49—55
- 4 TRB. Highway Capacity Manual. National Research Council, Washington D. C. 2000
- 5 Jaynes E T. Probability theory. Cambridge University Press, 2003
- 6 张学文. 组成论. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2003
- 7 Lempel A, Ziv J. On the complexity of finite sequences. IEEE Trans Inf Theory, 1976; IT-22, (1): 75—93

(下转第 7575 页)

Research and Development of Icing Defense Safety Evaluation System

CHANG Lei,ZHAO Yong¹,WANG Yong-zhong,LIU Cheng-xue

(Civil Aviation Flight University of China, School of Air Traffic Management, Guanghan 618307, P. R. China)

(Flight Standard Department of Sichuan Bureau, CAAC Southwest Regional Administration¹, Chengdu 610202, P. R. China)

[Abstract] According to the theory of fuzzy comprehensive evaluation and the model of icing defense safety evaluation system, a civil aviation icing defense safety evaluation system was designed and developed with VB6.0 and access database. The software system has such functions as system management, index management, data processing, comprehensive evaluation, evaluation result output, data query and report printing, etc. Thus the automation of evaluation on icing defense system can be realized.

[Key words] fuzzy comprehensive evaluation safety evaluation icing defense system analytic hierarchy process

(上接第 7570 页)

Study on the Measurement for Inland Waterway Traffic

HUANG Hai-ou, LI Yiao-chun^{1*}

(Waterway Administration of Suzhou, Suzhou 215007, P. R. China;

Suzhou Lumu Real Estate Co., Ltd¹, Suzhou 215131, P. R. China)

[Abstract] Appropriate interval time is the basis of valid investigation and statistics for ship traffic. Stochastic theory and statistics theory are applied to determine the measurement interval for the ship traffic flow. The detailed shipping data at ship locks are used in the analysis to check the method. This study basis is common so the method should be extended to the study of all kinds of waterway traffic problem.

[Key words] waterway engineering ship traffic measurement interval statistic stability