

浅谈 ANP 在智能航运的应用与未来

章毅鹏*, 韩丰霞

(昆明理工大学理学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 随着科学技术与国际贸易飞速发展, 智能航运不仅是当前全球航运业发展的前沿与趋势, 也是水上交通运输体系建设、完善的关键内容, 更是我国在航运业竞争中突出重围的重要研究方向。本文首先分析了网络分析法 (ANP) 的原理与决策步骤, 并以此为基础深度分析了 ANP 在“航速决策”、“航线决策”、“突发情况的决策”三个方面的应用与展望, 最后大胆猜测 ANP 会在未来的智能航运中扮演重要的角色以及未来的智能航运的美好场景。

关键词: ANP; 智能航运; 国际贸易

中图分类号: U651

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 10—0103—03

“必须坚持扩大开放, 不断推动共建人类命运共同体”, 这是习近平总书记在庆祝改革开放 40 周年大会上的重要讲话, 是新时代开放的宣言。智能航运作为国内国际经济交融最主要的方式之一, 是开大国门的重要表现, 也是重要的研究内容。智能航运是现代信息、人工智能等高新技术与航运要素深度融合形成的航运新业态^[1]。智能航运近几年在国家政策扶持下取得了前所未有的进步, 然而高速发展的同时也带来了许多问题, 如: 航线结构复杂化、航线选择决策较差等。智能航运每个方面都面临着无数的决策问题, 科学地进行决策是目前智能航运面临的重点。网络分析法 (ANP) 是美国匹兹堡大学 T.L.Saaty 教授 1996 年提出的一种适应非独立的递阶层次结构的决策方法^[2], 广泛应用于风险因素识别、交通线路决策等实际场景, 本文将着重讨论 ANP 在智能航运中的应用。

本文在第一章对 ANP 的原理进行分析与讨论。在第二章中将讨论 ANP 算法应用于实际的航线优化的实际场景中, 并大胆做出展望与猜想。最后一章将对全文进行总结。

1 ANP 原理分析

1.1 ANP 定义与架构

网络分析法于 1996 年提出, 是一种适应非独立的递阶层次结构的决策方法, 它是在层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 的基础上发展而形成的一种新的实用决策方法^[2]。AHP 作为一种基础的决策方案, 提供了一种表示决策因素测度的基本方法。为了用于解决复杂系统内部元素依存关系和下层元素对上层元素的反馈影响问题以及在不同实际场景的应用, ANP 就此诞生。

ANP 一般由两部分组成, 如图 1 所示。分别是控

制因素层与网络层。其中控制因素层主要包括了问题目标及决策准则, 层中所有的决策准则均被认为是彼此独立的, 且只受目标元素支配^[3]。值得注意的是, 控制因素中可以没有决策准则, 但至少有一个目标, 否则认为模型不成立; 第二部分为网络层, 由所有受控制层支配的元素组组成, 其内部是互相影响的网络结构, 元素之间互相依存、互相支配, 元素和层次间内部不独立, 是一个互相依存, 具备反馈能力的网络结构。

简单地说, ANP 是在面临多个选择的情况下通过计算各元素组之间相应的权重得到最优解的一种优秀决策方法。

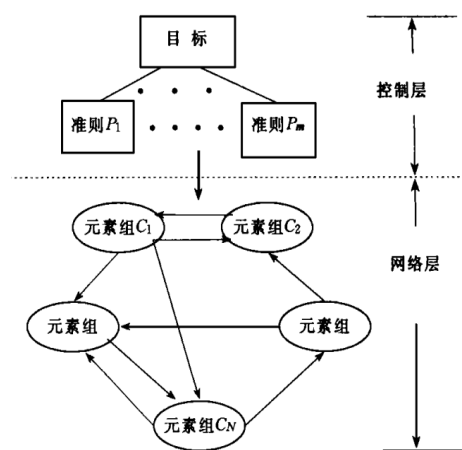


图 1 ANP 结构图

1.2 ANP 决策步骤

1.2.1 问题分析

决策问题系统的分析、组合并定义元素和元素集是 ANP 决策方案的第一步也是最为重要的一点, 直接影响决策结果的好坏。

1.2.2 构造 ANP 结构

ANP 的结构构造一般分为两步: 即控制层次的构

造与网络层次的构造。其中构造控制层次主要目的是将决策目标、决策准则界定；在网络层次的构造中，需要对每一个元素集进行归类，并分析其网络结构和相互影响的关系，其设计需要结合具体的实际应用场景。

1.2.3 未加权超矩阵的构造

通过对元素相关分析，对相对比较准则有关系的元素，进行两两元素间的相对重要性比较，结合实际场景应用中的元素及元素组构造元素判断矩阵和全部判断矩阵。完成矩阵构造之后，再经过相应的比较，从而获得不同元素组间的相应的权重和判断矩阵的相对权重，构建初始未加权超矩阵^[4]。

1.2.4 加权超矩阵和极限超矩阵的计算

加权超矩阵和极限超矩阵可以确定元素的优先度结果，即元素在系统中的权重。一般由未加权超矩阵计算出，最后通过输出的权重进行综合评估得到最优解。

2 ANP 在智能航运中的应用

2.1 航速的决策

大型船舶是长途水上交通最主要的运输工具，其航速的合理控制能够降低运输成本，减少污染气体的排放，还能提升运输过程中的安全。船舶处于最佳航速是指燃油利用最大化、运输成本最低化、污染气体排放量最小化、安全性能最高化的理想状态。以此为基础，我们可以考虑将船舶阻力、船舶排水量、船舶吃水、船艏吃水、船舶长度、船舶型宽、船舶型深、发动机推进功率、发动机转速、螺旋桨距等参数作为 ANP 网络中的元素集参数进行建模，然后通过拟合曲线寻找最优解。值得一提的是，该决策法不具备普遍适用性，需结合不同的场景与船舶进行细粒度的建模。

2.2 智能航线的决策

水路运输已经成为国内国际贸易最主要运输方式之一，但由于人力、能源等成本极高，中小型船舶每日的运营成本达到高达数千美元。因此，对航线和班轮挂靠日期的进行改进和优化，减少非必要的航线运输就能通过降低时间成本节省大量的营运消耗提高航运效率^[5]。但通过调研表明，我国的国内航运仍然缺乏官方的管制，航运路线主要由航运公司自制，运力重叠、特殊时期港口堵塞等问题仍然难以避免。针对智能航线的决策，我们可以采取 ANP 从两个角度入手尝试解决。首先是寻找可行航线，从时间和运量约束的角度对不同的

船舶进行线路设计。然后在前者的基础上保证各个港口都能被正常访问、满足运量需求，并对不同的船舶进行细粒度的线路规划与港口规划，以此实现整个航运线路上的船舶均能分配到最优线路，将运输的成本最低化。在此基础上可以利用线性规划，曲线拟合等其他辅助工具对 ANP 模型进行优化和调参。

2.3 突发情况下的决策

船舶在水域中航行是具有六个自由度的运动，主要在规则地域化、非一致性、不稳定性、控制力不足等方面体现^[6]。这也直接导致了目前智能航运中主要存在的两个问题。首先是船舶的航行记录无法与多变的环境相匹配，在气候、季节等自然环境的变化下，船舶的航行适应性应进行针对性的调整；然后是由于货运船舶具备质量大、运动惯性大等特点，导致了船舶的控制难度大、控制精度的不足、难以短时间内进行校正等问题。在突发情况（如：暴雨、大雾等）下，是否继续航行、航行速度是否降低等都是值得研究的问题，船舶在突发情况下的标准化校正将是未来的研究重点。

ANP 结构多样性的优势在这种情况下能得到最大化地利用，可以通过计算实际突发情况下各个权重的值，确定的元素相对排序向量，从而对突发情况下的选择做出相对客观的评价和安全的选择。

3 结论

ANP 决策方法自提出之后一直经久不衰，被广泛应用于各种决策场景。ANP 是在 AHP 基础上，具备了“反馈”能力的升级决策方案，通过计算“超矩阵”和“极限超矩阵”对各元素进行综合分析得出其混合权重，最后得到最优解的优秀决策方案。

ANP 在智能航运的未来发展中展现出了无限的潜力。从控制航运速度最优解到智能航线的决策再到航运中突发情况下做出最优决策都是 ANP 可以大放光彩的舞台。随着智能航运的不断发展，在不久的将来或者会出现这样的风光场景：航运将实现全方面的自动化，所有船舶都能自主接受物资运输订单，在收到订单后自动计算出最优航运路线与最优交易港口。在运输途中遇到任何突发情况，船舶能够自主做出最优的决策，可以自主避免交通堵塞，在遇到不可抗拒的自然因素可以自我保护，将损失降至最低。

ANP 在智能航运的合理应用或许会加速智能航运

杭绍台铁路椒江特大桥防撞系统设计

张志国

(中国铁路设计集团有限公司, 天津 515561)

摘要: 大型船舶撞击带来的冲击荷载对高速铁路桥梁结构的安全性构成重大影响。椒江特大桥作为杭绍台高铁节点控制性工程, 由于水域条件复杂, 涉水桥墩众多带来的极大的船撞风险。大桥采用综合施策, 针对主墩、边墩及非通航孔桥墩特点, 分别采用了自浮式防撞设施、被动拦截设施及主动预警系统, 形成立体防撞体系, 有效保障高速铁路桥梁安全。

关键词: 船舶撞击; 防撞系统; 综合施策

中图分类号: U698 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 10—0105—03

1 研究背景

近年来, 由于船舶撞击铁路桥造成的事故对铁路安全运营构成极大挑战, 日益引起高度重视。2015 年 10 月 15 日 18 时, 粤佛山工 2038 船航经肇庆西江铁路大桥下通航孔时, 该船吸砂管龙门架触碰西江铁路大桥下航孔横梁, 造成大桥公、铁双向封闭, 广州铁路局 58 趟列车挤压。2022 年 4 月 21 日, 台州甬台温铁路灵江大桥 42 号桥墩遭受运沙船撞击, 肇事船舶沉没, 相关铁路运行受到不同程度影响。

杭绍台铁路椒江特大桥非常具有代表性, 一方面, 由于其位于台州市椒江大桥水域, 桥位周边航道情况复杂, 过往船舶具有较大不确定性, 另一方面, 大桥涉水桥墩众多, 主通航孔及引桥桥墩达 10 座, 具有较大的船撞风险。

2 工程概况与设计条件

2.1 工程概况

杭州至绍兴至台州铁路(以下简称“杭绍台铁路”)位于浙江省中东部, 北起杭州枢纽杭州东站, 经绍兴市越城、上虞、嵊州、新昌和台州市天台、临海、椒江、

路桥、温岭等县市区, 通过临海站联通既有甬台温铁路, 并于温岭站预留向南至温州方向延伸条件。

椒江特大桥于浙江台州市跨越椒江, 桥梁轴线的法线方向与水流流向的夹角为 10° 。大桥按照双向四车道设计, 由左岸引桥、主桥及右岸引桥三部分组成。主桥采用 $(72.8+4 \times 124+72.8)$ m 连续刚构 + $84+156+480+156+84$ m 连续钢桁斜拉桥。桥梁采用单孔双向通航方案, 主通航孔跨径为 480m。

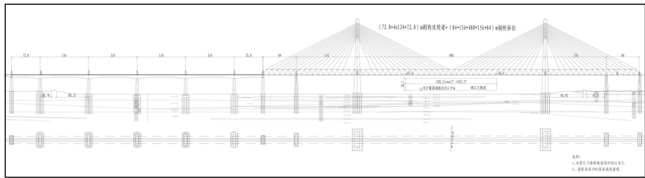


图 1 椒江特大桥布置图

2.2 设计条件

2.2.1 技术标准

铁路等级: 客运专线;
正线数目: 四线;
设计行车速度: 350km/h;
设计活载: ZK 活载;
最小曲线半径: 一般 7000m, 困难 5500m;

的发展, 成为我国航运业在国际竞争中突出重围的重要技术支撑。

参考文献:

[1] 严新平, 张金奋, 吴兵. 交通强国战略下水运安全挑战与展望 [J]. 长江技术经济, 2018, 000(003):39-43.
[2] 王莲芬. 网络分析法 (ANP) 的理论与算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(3):44-50..

[3] 孙宏才, 田平. 网络层次分析法 (ANP) 与科学决策 [C]// 决策科学理论与方法, 中国系统工程学会决策专业委员会第四届学术年会论文集, 北京, 2001:10-15.
[4] 兰芳. 基于 FISM-ANP-灰色聚类的软件项目开发风险评价研究 [D]. 电子科技大学. 2018. 18-21.
[5] 黄勇. 长江内河班轮运输航线优化设置 [D]. 上海交通大学, 2007. 17-18.
[6] 严新平, 柳晨光. 智能航运系统的发展现状与趋势 [J]. 现代交通与冶金材料, 2022(6):7-18.