## Journal of System Simulation

Volume 28 | Issue 9

Article 12

8-14-2020

# Three-dimensional Data Exploration Technology Based on Largescale Complex Geometrical Surfaces

Zhiwei Ai

*High Performance Computing Center, Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100094, China;* 

Cao Yi

*High Performance Computing Center, Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100094, China;* 

Xiao Li

*High Performance Computing Center, Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100094, China;* 

Huawei Wang

*High Performance Computing Center, Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100094, China;* 

Follow this and additional works at: https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal

Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

## Three-dimensional Data Exploration Technology Based on Large-scale Complex Geometrical Surfaces

## Abstract

Abstract: Three-dimensional physical field data exploration visualization based on large scale complex geometric surface is of great value in three-dimensional electromagnetic simulation applications. Research was proposed which was suitable for massively parallel processing technology of three-dimensional data exploration. *The concept of dual-data-source and data filtering policies* was introduced *based on contracts. Clipping algorithms based on spatial bounding box and data probing algorithm* can support accurate three-dimensional data profiling for complex surface geometry. Research results have been applied to significant practical applications, such as the fuselage characteristics of electric field distribution analysis and high value targets within the seeker's accurate assessment of electromagnetic injury complicated electromagnetic environment, and get better results.

### Keywords

data exploration, parallel processing, visualization, geometry

## **Recommended Citation**

Ai Zhiwei, Cao Yi, Xiao Li, Wang Huawei. Three-dimensional Data Exploration Technology Based on Largescale Complex Geometrical Surfaces[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(9): 2002-2008. 第28卷第9期 2016年9月

## 针对大规模复杂几何表面的三维数据探查技术

艾志玮, 曹轶, 肖丽, 王华维

(北京应用物理与计算数学研究所,北京 100094)

**摘要:**针对大规模复杂几何表面的物理场三维可视探查,在三维电磁仿真模拟应用中具有重要应用价值。提出一种适用于大规模并行处理的三维数据探查技术:它通过*引入探测体和被探测数据集的双数据源概念和基于合约的数据预筛选策略*,在可视化底层实现了针对大规模三维数据探查的高效 支撑;针对任意复杂几何表面的精确三维探查,则是基于空间包围盒的探测体切割算法和基于探测 体几何表面的数据探测算法。研究成果已被成功应用于机身蒙皮电场的特征分布分析和导引头高价 值目标电磁损伤精确评估等复杂电磁环境重大实际应用之中。

关键词: 数据探查; 并行处理; 可视化; 几何构型

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2016) 09-2002-07

## Three-dimensional Data Exploration Technology Based on Large-scale Complex Geometrical Surfaces

Ai Zhiwei, Cao Yi, Xiao Li, Wang Huawei

(High Performance Computing Center, Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, Beijing 100094, China)

Abstract: Three-dimensional physical field data exploration visualization based on large scale complex geometric surface is of great value in three-dimensional electromagnetic simulation applications. Research was proposed which was suitable for massively parallel processing technology of three-dimensional data exploration. *The concept of dual-data-source and data filtering policies* was introduced *based on contracts*. *Clipping algorithms based on spatial bounding box and data probing algorithm* can support accurate three-dimensional data profiling for complex surface geometry. Research results have been applied to significant practical applications, such as the fuselage characteristics of electric field distribution analysis and high value targets within the seeker's accurate assessment of electromagnetic injury complicated electromagnetic environment, and get better results.

Keywords: data exploration; parallel processing; visualization; geometry

## 引言

针对大规模复杂几何表面的三维数据探查技 术是以复杂几何构型表面为探测面,探查数值模拟 结果中三维数据在该探测面上分布特性,广泛用于



收稿日期: 2015-06-14 修回日期: 2015-08-17; 基金项目: 国家自然科学基金(61232012),中物院科 技发展基金重点项目(2014A0403019),中物院科技发 展基金(2015B0403093); 作者简介: 艾志玮(1973-),男,湖南邵阳,副研,研

作者间介: 又志玮(1973-),另,湖南邰阳,副研,朝 究方向为分布式可视化体系结构。 电磁环境、航空航天、机械制造、建筑设计和等领 域的数据分析。在复杂电磁环境模拟应用中,在关 注计算区域内整场三维数据分布的同时,几何构型 表面的数据分布特征和规律也是关注的重点。在战 斗机整机瞬态电磁特性分析中,机身表面电流分布 特性是评估飞机电磁兼容、电磁环境效应的重要指 标。在强电磁脉冲环境下,关键部位的电磁分布与 几何构型的耦合绘制,可指导高价值目标的电磁损 伤精确评估等。另外,在建筑设计方面,建筑体表

http://www.china-simulation.com

面风荷载分布是高层和超高层建筑设计中结构抗 风分析计算中的一个非常重要的环节;研究爆炸对 建筑物的损伤与破坏效应中,通过分析爆炸压强在 建筑物表面的分布规律,可提高建筑物的抗暴性和 安全性;在声学研究中,研究高铁车体表面与空气 所产生气动噪声强度分布,有效地分析与控制高速 列车的气动噪声,达到降噪消声的目的<sup>[1-2]</sup>。

目前流行的商用软件,如非线性显示有限元分 析软件 AUTO-DYN、专业声学软件 Actran 等,可 绘制已有网格顶点或单元的物理量分布,但缺乏以 任意复杂几何表面为输入的二次数据探查功能。而 流行的科学计算后处理软件,如 ParaView、VisIt 等,仅提供基于二次隐函数的简单几何模型的表面 数据探察手段,如球面探查、锥面探查、圆柱面探 查等。中科院等离子体物理研究所自主研发的 SVIP 科学计算可视化集成软件平台<sup>[3]</sup>,将几何引 入可视化场景,实现基于几何定位的数据可视化分 析。本文提出针对大规模复杂几何表面的三维数据 探查技术,以任意复杂几何表面为探测面,高效支 撑海量数据的三维数据探查。并集成到自主研发的 TeraVAP 平台(面向 TB 量级可视分析平台的英文 缩写),提高基于大规模复杂几何表面的三维数据 探查能力。

本文引入探测体和被探测数据集的双数据源 概念和基于合约的数据预筛选策略,高效支撑海量 数据的三维探查;基于网格片的负载平衡模块,提 高三维探查的并行加速效果;基于空间包围盒的探 测体切割算法和基于探测体几何表面的数据探测 算法,支持针对复杂几何表面的精确三维数据探 察。同时,基于夹角权重的顶点法向量计算方法, 可用于进一步拾取探测体等距轮廓面特征。

## 1 概念

针对大规模复杂几何表面的三维数据探查技 术利用复杂几何件表面的几何信息,对三维数值集 进行重采样,获取其表面的数据分布信息。如图1 所示,该技术包含两个实体对象,分别为探测体和 被探测数据集。左图为具有复杂几何构型的探测体,其几何信息描述来源于几何实体形状描述;右 图为被探测数据集,是数值模拟程序生成的数据 集,包含各个顶点(或单元)的物理属性如(温度、压 力、密度等),不同颜色线框描述数据集的多块空 间数据分布情况。探测体作为二次数据探测的输 入,需沉浸在被探测数据集中,通过数据插值计算 探测体表面的数据分布。因此,针对大规模复杂几 何表面的三维数据探查技术就是以探测体的几何 拓扑信息为探查条件,对被探测数据集的进行数据 探查的过程。



图 1 针对复杂几何表面的三维数据探查示意图

## 2 体系结构

针对规则直线网格类型的数据集,实现基于复 杂几何表面的三维数据探查功能,软件架构中包含 数据读入模块、数据块预筛选模块以及基于几何实 体的数据抽取模块三部分组成,如图2所示。数据 读入模块是针对几何表面的三维数据探查的数据 准备阶段,采用数据库插件形式,实现被探测数据 集对象和探测体数据对象的读入。数据块预筛选模 块秉承"按需读入"原则,依据探测体对象的空间 范围与被探测数据集的空间范围求交的结果,获得 真正有效的数据块;基于网格片的负载平衡调度策 略,平均分配被探测体有效数据块到各个处理器, 实现高效数据并行。基于几何实体的数据抽取模块 是针对复杂几何表面的三维数据探查技术的核心, 包括探测体表面网格生成模块和三维数据探察模 块。探测体通常为单块数据集,在并行处理模式下, 探测体需要依据分配到各个处理器上的被探测数 据块空间范围,重新剖分网格,便于被探测数据集 的并行数据探查。数据探测模块依据被探测数据集

Ai et al.: Three-dimensional Data Exploratior	n Technology Based on L	arge-scal
---	-------------------------	-----------

第28卷第9期	系统仿真学报	Vol. 28 No. 9
2016年9月	Journal of System Simulation	Sep., 2016

的场量值和探测体网格结点空间信息,采用三线性 插值方式,赋值给探测体网格结点。



图 2 三维数据探查技术的软件架构图

## 3 关键技术

## 3.1 探测体和被探测数据集的数据库读入

被探测数据集来源于 JASMIN 框架<sup>[4]</sup>(并行自适应结构网格应用支撑软件框架)和 JAUMIN 框架

(并行自适应非结构网格应用支撑软件框架)支撑 的数值模拟程序结果,其数据文件格式分别为 jasmin 和 jad 文件格式。而探测体来源于 CAD 几 何建模的 SAT 文件转换为 VTK 格式文件。为了满 足文件格式多样特性,采用可扩展的插件形式设 计数据库读入模块。如图 3 所示, vapDatabase 为 数据库基类,提供用户统一使用接口,建立可视 化流程数据源; vapFileFormatinterface 类为基类与 不同文件格式数据读入模块的交互接口,屏蔽底 层数据库读入细节,依据插件设计规则可派生多 种文件类型的数据读入模块,满足数据库读入模 块的可扩展性; JAMSINFileFormat 类、 JADFileFormat 类、 VTKFileFormat 类、 SiloFileFormat 类等分别为 jasmin、jad、vtk 和 silo 文件格式数据读入的具体实现类。其中方法 GetMetadata , PopilateIOinformation , GetSIL , GetAuxiliaryData 的实现用于获取数据集的元数据 信息,包括数据库元数据、数据块文件分布信息、 SIL 数据、可视化流程辅助数据; 而 GetOutput 方 法是获取可视化流程数据源的具体实现类。



图 3 数据库读入插件设计及函数定义

#### 3.2 基于数据块预筛选的负载平衡模块

在大规模数值模拟过程中,网格组织结构呈 现多样性和复杂性。通常情况下,完整的计算区 域被分解成数万乃至数十万个计算子区域,简称 为网格片。在关键物理特征通常发生在局部区 域,需采用结构网格的自适应计算,采用的网格 多为多层自适应结构网格,简称 SAMR 网格。为 了满足大规模数据集的高效可视化处理,需要实 现数据处理的并行化<sup>[5]</sup>。该负载平衡机制是建立 在网格片的层次化数据模型基础上,依据"区一块 一层一网格片"数据结构及其相关的空间范围属 性,在可视化流程执行过程中的上行阶段,采用 第28卷第9期 2016年9月

Childs 等<sup>[6]</sup>提出的"合约"方式传递探测体的空间 范围。通过被探测数据集空间区间树和探测体空 间范围的求交操作,筛选有效数据块,实现数据 的"按需读入",减低数据读入时间,提高可视化 处理的并行加速效果,如图4所示<sup>[7-8]</sup>。



(a) 彩色线框描述被探测数据集的 36 块数据块分布情况,彩色实体为探测体



(b) 基于数据块预筛选的负载平衡机制,红色线框表示可视 化流程中有效的 10 块数据块

图 4 基于数据块预筛选的负载平衡机制

### 3.3 基于空间包围盒的探测体切割算法

被数据集通常为多块数据,通过数据块空间 预筛选策略,分配数据块数据到各个处理器,平 均各个处理器的计算负载,获得良好的并行加速 效果。基于坐标轴的隐函数探测体切割算法是依 据指定的空间范围分割探测体,创建由多块组成 的探测体数据对象。如图 5 所示,单块探测体数 据依据被探测数据分配到各个处理器上的数据空 间范围为依据,分割为由多块组成的探测体,并 进行数据探查。

探测体的切割算法采用基于距离函数判别有效 顶点算法和网格拓扑重构算法组成。如图6所示, 以空间包围盒六面体的6个分割面(前、后、左、 右、上、下)为依据,逐一计算探测体上各个顶点 与分割面的距离,当*f* <0 即为顶点在指定空间范围 内;*f* =0 即为顶点在切割面上;*f* >0 即为顶点在切 割面外。通过距离函数的返回值区分探测体上各个 顶点的有效性,并计算出探测体在分割面上的切割 点。有效顶点和切割点共同组成多块探测体的顶 点。有效顶点和切割点采用结点间距离最短为依 据,进行网格拓扑结构的重构,建立独立探测体上 各个顶点的拓扑关系,实现探测体的切割。





(a) 单块探测体网格拓扑结构

(b) 基于空间六面体 切割生成的多块子探测体



(c) 子探测体的数据探察结果

图 5 基于空间包围盒的数据拾取算法示意图



图 6 基于空间包围盒的探测体切割算法示意图

## 3.4 基于探测体几何表面的数据探测算法

以探测体顶点空间坐标为输入,三线性插值 获取该空间点在被探测数据集的物理量值,获得 探测结果。

假设 d 为探测体顶点,  $x_d, y_d, z_d$  为待计算点 距小于 x, y, z 的最大整数的差值, 即  $x_d = x - \lfloor x \rfloor$ ;  $y_d = y - \lfloor y \rfloor; z_d = z - \lfloor z \rfloor x_d, y_d, z_d$ 单位化, 其范围 是[0,1], 首先沿 Z 轴插值:

#### Ai et al.: Three-dimensional Data Exploration Technology Based on Large-scal

第28卷第9期	系统仿真学报	Vol. 28 No. 9
2016年9月	Journal of System Simulation	Sep., 2016

(3)

$$i_{1} = v[[x], [y], [z]] \times (1 - z_{d}) + v[[x], [y], [z]] \times z_{d}$$

$$i_{2} = v[[x], [y], [z]] \times (1 - z_{d}) + v[[x], [y], [z]] \times z_{d}$$

$$j_{1} = v[[x], [y], [z]] \times (1 - z_{d}) + v[[x], [y], [z]] \times z_{d}$$

$$j_{2} = v[[x], [y], [z]] \times (1 - z_{d}) + v[[x], [y], [z]] \times z_{d}$$
然后沿Y轴插值:
$$w_{1} = i_{1} \times (1 - y_{d}) + i_{2} \times y_{d}$$

$$w_{2} = j_{1} \times (1 - y_{d}) + j_{2} \times y_{d}$$
最后沿X轴插值, 获得该占的预测值.

$$IV = w_1 \times (1 - x_d) + w_2 \times x_d$$

## 3.5 基于顶点法向量的几何构型膨胀算法

在关注物理模型表面场量分布的同时,也需 要分析模型周围空间范围内的场量分布。给定物 理模型后,依据探测体网格各个顶点法向量的方 向,变换各个顶点的空间坐标,实现几何构型的 膨胀,获取探测体的等距轮廓面,如图7所示。



(a) 中灰色线框为探测体的外围轮廓线, 提升高度 h 后获得等距轮廓线





因此几何构型膨胀算法关键在于求解探测体 网格顶点的法向量。基于夹角权重的顶点法向量 计算方法是遍历此顶点所关联的所有三角形,将 这些三角形上的法向量单位化,以共享顶点 X 相 邻三角形的夹角大小为贡献因子,叠加并求均值 获得该顶点法向量<sup>[9]</sup>。如图8所示,X为探测体网 格任意顶点,其顶点法向量为 *N*,与共享顶点 X 相邻的三角形的法向量(红色箭头表示)定义为







## 4 验证与确认

TeraVAP 平台(面向 TB 量级可视分析平台的 英文缩写)提供了标准几何实体(如球体、圆锥等) 数据探查手段。验证过程以 TeraVAP 平台用隐函 数创建的标准几何实体进行数据探查生成的颜色 填充图为基准结果,以 CAD 构造的探测体进行针 对几何表面的数据探查生成的颜色填充图为测试 结果,进行基准结果和测试结果的像素 RGB 值比 较,验证数据探查的正确性验证。

图 9 所示,被测试数据集分为多块直线网格,单 元数为 36 000。探测体为半径为 0.3 的球面,单元数 为 8 908; 锥角为 90 度的圆锥,单元数为 26 130。



(a) 多块被探测数据集 (b) 球形探测体 (c) 锥形探测体图 9 验证与确认过程中的被探测数据集和探测体

如表 1 所示,基于几何实体的表面数据抽取 与隐式函数定义的探测面数据抽取的图像结果大 致相同,颜色最大误差都小于 1,从而验证功能 模块的正确性。颜色偏差是由于隐式函数生成的 网格与几何实体的网格形状略有不同,数据探查 结果则有所不同。其中颜色误差图中的白色像素 点为基准结果与测试结果像素点 RGB 颜色分量值 不同,黑色为 RGB 分量值完全相同。最大像素误 差是指颜色有差异的像素点的 RGB 分量经过线性 化处理后,生成 8 位灰度值中的最大差异值。



## 5 实际应用

### 5.1 导弹近场电磁耦合仿真

导弹近场电磁耦合仿真是模拟在复杂电磁环 境中导弹飞行阶段(搜索、跟踪)近场电磁耦合情 况。计算网格为非均匀直线网格,网格总数 4 亿,单时刻数据 6.5 GB。导引头部分是导弹近场 耦合的主要通道,也是效应实验关心的关键区 域。由导引头区域瞬态电场的可视化显示可以清 晰观察到强电磁脉冲由弹头头部入射,耦合进入 导引头,在反射面天线与导引头舱段底部金属面 之间多次反射,最终导致线缆附近形成强的耦合 场分布。如图 10 所示。



图 10 复杂环境下导引头表面电磁模拟可视化结果

图 10(a)上图为导弹整体模型,(a)下图为弹头 复杂构型,(b)图为导弹精细导引结构的表面电场 分布。圆圈所示部分为关键部位,其电场分布规律 为后期开展的效应实验起到很好的指导作用,可应 用于高价值目标强脉冲电磁易损性精细化评估

#### 5.2 全时域机身蒙皮电磁场分布

在复杂电磁环境中,机身表面电流分布特性 是评估飞机电磁兼容、电磁环境效应以及隐身特 性的重要指标。在隐形战斗机整机瞬态电磁特性 研究中,关注整机或者局部的表面电场、磁场和 电流分布情况。整机由机头、机翼、机身、尾翼 等几何构件组成,利用几何构件的形状信息,对 数值模拟结果进行重采样,获取其表面的物理量 属性信息<sup>[10-11]</sup>。

如图 11 所示,该应用研究飞机整机瞬态电磁 场分布规律,在空域内电磁场分布为此消彼长的 态势,符合实际的数据场分布规律。被探测数据 集为多块直线网格类型,包含 50 个数据片,约 4 千万网格单元,单时刻数据集约为 2.3 G。探测数 据集为整机机身的几何构型,如(a)图所示,约为 5 万个单元。图(b)为机身表面电场强度分布图, 图(c)为机身表面磁场强度分布图。图(d)的中图所 示,白色几何构型为滑翔机的机身模型,彩色部 分为滑翔机机身 0.5 m处的磁场分布图,在等距轮 廓面空域内电磁场分布同样呈现此消彼长的态 势,同样符合物理规律。图(e)为机头局部磁场分 布图,其中白色网格为机头的网格图,彩色图为 离机头 0.5 m 处的磁场分布图。

性能测试环境为: HP 单节点 42 核服务器, 至强 E5 CPU, 2.40 GHz 主频, 128 GB 内存。可 视分析流程包含数据读入、数据处理和绘制三部 分,其可视分析流程的并行测试结果如表 2 所 示。随着进程数的增加,数据处理时间和可视分 析流程执行时间大大缩短。当进程数为 32 时,可 视分析流程总时间由串行执行的 147 s 减少为 22 s,获得将近 6 倍的加速比,并行加速效果明 显。由于单节点的磁盘 IO 通道唯一,且多进程数 据读入引起硬件资源的竞争和冲突,导致数据读 入时间随着进程数的增加而小幅增加。

http://www.china-simulation.com

第28卷第9期	系统仿真学报	Vol. 28 No. 9
2016年9月	Journal of System Simulation	Sep., 2016



图 11 飞机机身表面瞬态电磁场强度分布图

表 2 可视分析流程并行可扩展性测试结果

进程数	读入	处理	绘制	总时间	加速比
	时间/s	时间/s	时间/s	/s	)HAE 26
1	10.61	134.34	0.84	147.48	1.00
2	12.3	33.44	0.98	47.42	3.11
4	13.62	14.51	0.80	29.41	5.01
8	14.53	8.49	0.80	24.21	5.63
32	17.03	3.42	1.02	22.3	6.09

## 6 结论

针对大规模复杂几何表面的三维数据探查技 术实现了复杂器件的表面场量分布的数据分析功 能,在复杂电磁环境全时域电磁仿真数值模拟应 用,如飞机蒙皮电场分布和导弹近场耦合仿真, 精确描述机身和弹体表面的电场分布规律,取得 良好的应用效果,为将来高价值目标的电磁损伤 的精确评估工作奠定基础。整个体系结构从数据 读入、数据预筛选和数据探察入手,结合探测体 和被探测数据集的双输入数据源特点,实现灵活 的插件式数据库读入模块;采用基于空间包围盒 的隐函数切割算法实现探测体空间剖分,平衡并 行数据处理的负载,提高并行加速效果;实现基 于夹角权重的顶点法向量几何膨胀算法,实现复 杂几何体临近空域表面(等距轮廓面)的数据探查,提供新颖的数据探察手段。随着数值模拟规模的提升和几何构型的复杂化,该技术必须具备高效的并行处理能力。未来工作需要从底层基本数据结构入手,优化数据探查可视化流程,并完善几何构型表面场量的量化统计分析功能。

#### 参考文献:

- [1] 熊曜,陈伯望,胡习兵.规则巨型框架表面风压分布 数值模拟分析 [J]. 2010,湖南城市学院学报(自然科学 版), 2010, 19(2): 1-4.
- [2] 都浩, 杜荣强. 爆炸压强在建筑物表面分布的数值模 拟 [J]. 山西建筑, 2011, 37(11): 32-34
- [3] 罗月童,龙鹏程,薛晔,等.面向中子学分析的集成可 视化平台 SVIP 的发展研究 [J].核科学与工程,2007, 27(4): 374-378.
- [4] Mo Zeyao, Zhang Aiqing. User's Manual of JASMIN: J Adaptive Structured Mesh Applications Infrastructure [E/OL]. (2012-12-07)[2015-06-06]. http://www.iapcm. ac.cn/jasmin/uploads/papers/main.pdf
- [5] Xiao Li, Ai Zhiwei, Wang Hongkun. Parallel visualization of the simulations on tens of thousands of cores [J]. Computer Engineering & Science (S1007-130X), 2012, 34(8): 160-165.
- [6] Childs H, Brugger E S, Bonnell K S, et al. A contract-based system for large data visualization [C]// Proceedings of IEEE Visualization 2005. Los Alamitos, USA: IEEE Computer Society Press, 2005: 191-198.
- [7] CESAR. Data Driven Codesign: Coupling, Analysis, Visualization, Storage [E/OL]. (2013-05-07)[2015-06-06]. https://cesar.mcs.anl.gov/content/data-driven-codesign-co upling-analysis-visualization-storage
- [8] Dorier M Damaris. Efficiently Leveraging I/O Cores for Scalable Post-Petascale HPC Simulations [E/OL]. (2013-04-25)[2015-06-06].

http://src.acm.org/2012/MatthieuDorier.pdf

- [9] J Andreas Bærentzen, Henrik Aanæs. Signed Distance Computation Using the Angle Weighted Pseudonormal
   [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (S1077-2626), 2005, 11(3): 243-253.
- [10] 刘子阳. 实体建模与模型简化技术研究 [D]. 西安: 西 安电子科技大学出版社, 2011.
- [11] 王延红, 丁升, 袁媛. 基于 VTK 的数值模拟结果可视 化 [J]. 现代电子技术, 2013, 36(6): 165-167.