

# 功能语言分析视角下数学语篇中的衔接特征

何中清 王科苑

(北京科技大学 外国语学院,北京 100083)

**[摘要]** 衔接是形成语篇的重要成分,影响语篇的明晰性、恰当性和可理解性。文章在功能语言分析视角下探讨数学语篇中的衔接特征,重点关注各衔接手段的分布和实现形式,以及衔接距离等。研究发现,数学语篇中,指称和词汇衔接的使用频率最高,其次是连接,替代和省略很少出现;在实现形式上,指称中的定冠词 *the*、指示代词 *this/these* 和副词 *here*、连接中的递进连词 *and*、因果连词 *therefore* 和时间连词 *firstly/secondly* 等都较多出现;在衔接距离上,数学语篇多依赖直接衔接纽带。研究有助于揭示数学语篇中的“组织”特征,推动学科英语研究的发展。

**[关键词]** 学科英语;数学语篇;衔接;功能语言分析

**[中图分类号]** H0

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1008-2689(2018)05-0001-06

## 引言

“学科英语”(Disciplinary English)对不同学科的英语进行系统描写和分析,构建完整的学科英语图景,为我国外语教育教学改革提供内容参考,近几年愈发受到国内学界的关注<sup>[1][2]</sup>。在所有学科门类中,数学占有重要地位,人们很早就开始对数学语言的研究。Ranta<sup>[3]</sup>首次运用语言学理论分析数学语言,指出研究数学语言有助于更好解读一般语言问题。在此之后,随着现代科学技术的发展,数学语言作为一种通用的科学语言已经成为各领域和各学科之间相互联系的桥梁。在过去的20年,数学语言的相关研究日益增多,主要研究领域包括数学语言的复杂性和数学语篇的理解<sup>[4][5]</sup>,以及数学语言和一般语言的关系<sup>[3][6]</sup>。在国内,目前数学语言的相关研究主要集中在数学语言的一般特点和数学语言相关教学思想的梳理<sup>[7]</sup>,以及数学阅读和数学思维能力的培养等<sup>[8][9]</sup>。总体来看,当前国内外学者对数学语言的研究主要集中在数学语篇中的词汇、符号和个别特殊语

法现象,缺少一个连贯的理论对数学语言进行系统描写和分析。功能语言分析(Functional Language Analysis)主张从语域角度讨论语篇中的“内容”、“风格”和“组织”特征,探讨语言和意义之间的联系,在学科英语和基于内容的教学研究中具有广泛的应用前景<sup>[10][11][12]</sup>。本文在功能语言分析视角下,尝试探讨数学语篇中的衔接特征,重点关注衔接手段的分布和实现形式,以及衔接距离等特征,为推动学科英语的相关研究提供借鉴。

## 一、数学语篇研究

数学语言是数学思想的表现形式,也是进行数学思维和数学交流的工具,数学的学习在一定程度上可以说是数学语言的学习<sup>[11]</sup>。随着数学学科的发展,一些学者开始探讨数学语言与其他语言之间的关系。Ranta<sup>[3][13]</sup>在构造类型理论(Constructive Type Theory)的框架下通过分析数学语言,讨论了数学语言和自然语言的异同,认为数学语言在语法结构上比自然语言更复杂,但是在句意上却有效地避免了含糊意义的出

**[收稿时间]** 2018-06-19

**[基金项目]** 2014年度教育部重大攻关项目“外语教育改革与发展研究”(编号为15JZD048)的部分研究成果。

**[作者简介]** 何中清(1976-),男,江西东乡人,北京科技大学外国语学院副教授,文学博士。

王科苑(1994-),女,河北邯郸人,北京科技大学外国语学院硕士研究生。

现。de Bruijn<sup>[6]</sup>探讨了数学行话(Mathematical Vernacular)特征,推动了数学语言转化为计算机语言的相关研究。

在此基础上,近年来随着语言科学的发展,语言学视角下的数学语篇研究开始大量出现。Pimm<sup>[14]</sup>从词汇和语法两个角度进一步分析了造成数学语篇阅读困难的原因,认为数学语篇中的句子语法密度较高,在句子中实义词的数量往往大于语法词,并且句子中常出现复杂冗长的名词或动词词组。O'Halloran<sup>[15][16]</sup>则对数学语言进行了多模态研究,讨论了数学语篇中文字语言和符号语言之间的关系和作用。Paudal & Lam<sup>[17]</sup>则从数学语篇接收者的角度出发,指出数学语篇中潜在的语言和结构特点是造成学生不能正确理解数学语篇的重要原因。可以看到,当前大部分数学语篇研究多关注数学语言中的某个方面,如词汇、符号和个别特殊语法现象等,缺乏某个连贯理论下的系统描写和分析。近年来,随着功能语言分析在学科语言研究中的广泛运用,一些学者也开始运用功能语言分析方法对数学语言进行描写和分析<sup>[12][18]</sup>,但是总体来看,与其他学科,如历史、物理等相比,数学语言的功能语言分析研究还不多见,很多特征有待挖掘。

自Halliday & Hasan<sup>[19]</sup>以来,衔接已经成为语篇分析和语言教学中的研究热点,它是形成语篇的重要成分,“决定着语篇的明晰性、恰当性和可理解性”<sup>[20]</sup>。在功能语言分析中,衔接是其中一个重要分析维度。但是,纵览现有文献,数学语篇中的衔接研究并不多见。Abel & Exley<sup>[21]</sup>分析了小学数学课本中的衔接特征,指出随着学生所学知识难度的增加,指代和省略的出现频率也随之增加。邹清华<sup>[22]</sup>则探讨了数学学术论文中人称指代的运用,认为数学语篇的客观性与人称指代的低频率使用相关。总体来看,数学语篇中的衔接研究还不是很多,现有文献主要针对个别衔接类型,且语料多来自一两个语篇,缺乏对数学语篇中衔接整体特征的研究。

## 二、功能语言分析

自创立之初,系统功能语言学就被广泛运用于语言教学,并对其产生了积极影响。一些重要概念,如“语类”(Genre)、“语域”(Register)等,给语言教学带来深远影响。继“基于语类的教学法”(genre-based pedagogy)之后,以Mary Schleppegrell和方志辉为首的

一些美国学者尝试运用语域理论分析各学科语篇特征,探讨学科语言与学科特征之间的关系,提出了功能语言分析方法<sup>[10][23][24]</sup>。功能语言分析是基于语域理论的语言分析方法,主张从语域的三个维度出发,通过分析语篇的词汇语法特征,探讨语言与意义之间的联系,揭示学科语篇中作者如何通过语言表达学科内容,表现个人写作风格以及展现语篇组织结构等。如表1所示:

表1 功能语言分析框架

语域维度	语篇成分	分析策略
语场	内容	分析语篇中的及物性
语旨	风格	分析语篇中的语气结构、情态和评价意义
语式	组织	分析语篇中的主述位结构、衔接手段和小句复合方式

可以看到,功能语言分析通过不同的分析策略,探究不同的语篇成分。其中,衔接是研究语篇“组织”特征的重要维度,也是语篇形成的重要手段。衔接手段的合理使用能够促进语篇的连贯,准确地掌握语篇衔接的特征能帮助读者深入掌握不同类型语篇中的信息和事实,帮助读者更好地理解语篇<sup>[19]</sup>。

本研究在功能语言分析框架下,探讨数学科技论文语篇中的衔接特征,这里我们主要关注三个问题:(1)数学语篇中的衔接手段是如何分布的;(2)数学语篇中的衔接手段在语言中是如何实现的;(3)数学语篇中的衔接距离具有什么特征。

## 三、语料来源与研究设计

本文的语料来自《欧洲数学学会期刊》(*The European Mathematical Society, EMS*)。该刊是欧洲数学学会的官方期刊,内容丰富全面,涵盖了数学学科各领域,既有基础理论研究,也有应用研究。我们的语料选自该期刊近两年刊登的17篇论文。为保证语料的客观性,每篇论文的篇幅基本相同,作者均为英语本族语者,文章类型均为研究型文章。

在研究方法上,我们采用定性和定量相结合的研究方法。所有语料均通过“从下至上”的方法进行人工识别和标注,然后使用Excel表格进行记录,统计相关特征数量并使用SPSS数据统计软件进行独立样本T检验,检测各特征的差异显著性。

## 四、结果和讨论

### (一) 衔接手段的整体分布

作为语篇的重要手段,衔接是语篇连贯的基础,语篇的衔接手段和特点会因语篇类型的差异而有所不同。常见的五种衔接手段,指称、替代、省略、连接和词汇衔接几乎在所有语篇中均有分布,在不同类型的语篇中其分布特征有所不同<sup>[19]</sup>。表2是五种衔接手段在数学语篇中的总体分布情况。

表2 衔接手段的总体分布

	指称	替换	省略	连接	词汇衔接	总数
频数	1677	22	26	307	1510	3542
百分比	47.35	0.62	0.73	8.66	42.63	100

从表2可以看到,五种衔接手段在数学科技论文中的分布并不均衡。分布最广的是指称(47.35%),其次是词汇衔接(42.63%)和连接(8.66%),省略和替代两种衔接手段几乎可以忽略不计。这种分布情况也体现了数学科技论文作为典型学术语篇的特点,省略和替代更多在口语语篇中出现<sup>[25](53)</sup>。

表3 衔接手段的总体分布 T 检验结果

类型	频数	均值	p 值
词汇衔接	1510	88.823	0.002
连接	307	18.059	
指称	1677	98.647	0.001
替代	22	1.294	
连接	307	18.059	0.043
替代	22	1.294	

为了检验这五种衔接手段分布之间是否有显著差异,我们挑选三组对各类衔接手段的分布差异进行独立样本 T 检验。根据表3,第一组词汇衔接和连接,以及第二组指称和替代在分布上都有非常显著的差异,其 p 值都远远小于 0.01,而第三组连接和替代的分布也有显著性差异( $p=0.043<0.05$ )。这一结果进一步说明,作为典型学术语篇的数学科技论文,其语篇衔接主要通过词汇衔接、指称和连接实现,尤其是前两者在所有衔接手段中占有统治地位,而替代和省略非常罕见。

### (二) 各类型衔接手段的分布

根据 Halliday & Hasan<sup>[19]</sup>的分类,五种衔接手段

都可以进一步区分。其中,指称可分为人称指称(R1)、指代指称(R2)和比较指称(R3),连接可分为递进连接(C1)、转折连接(C2)、因果连接(C3)和时间连接(C4),词汇衔接可分为重复(L1)、同义词(L2)和上义词(L3),而替代和省略都可以区分为名词性、动词性和小句性三个小类。

图1是数学科技论文中各衔接手段小类的分布情况。可以看到,数学科技论文中最常用的三种衔接手段分别是指示照应(R2)、同义词(L1)和递进连接(C1)。

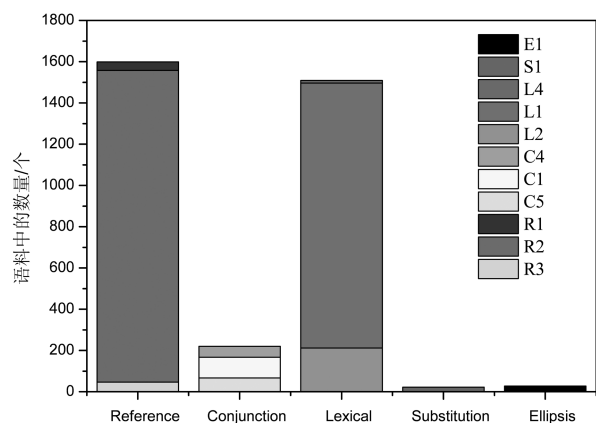


图1 各类型衔接手段在数学科技语篇中的分布

可以看到,为了保持科学语篇的客观性,人称指称在数学语篇中出现的频率相对较低。但是,与邹清华<sup>[22]</sup>的研究类似,我们发现数学语篇中作者也会使用第一人称复数 *we* 来淡化自己在研究中的个人角色,加强其解释的客观性和可信度。例如:

(1) *We* will show that the existence of elements  $a, b \in A_1$ , and  $g \in G_1 r A_1$ , such that  $a \neq 1$  and  $g^{-1}ag = b$  leads to a contradiction.

在词汇衔接中,我们将其分为重复和搭配两大类。研究发现,重复占词汇衔接总数的大多数(1284; 85.03%),包括相同词汇、同义词和上义词等均有分布,尤其是同义词或相近词,它们在重复衔接中占统治地位(1140; 88.78%)。

另外,数学科技语篇中还有一种特殊的词汇衔接——文本结构词(text-structuring word)<sup>[26]</sup>。这类词语也被称为中途词(halfway-house word),常被归类为实义词,通常需要联系上下文才能知道他们确切所指。例如:

(2) In this paper, we introduce some new *ideas* and

technical improvements which allow us to obtain a non-trivial result without any square-free assumptions.

在例(2)中,如果我们想要明确 *idea* 的具体意思,那么我们需要继续阅读完整篇文章才能找到 *idea* 的具体所指。

在连接的具体分布上,数学科技语篇中递进连接相比其他三种连接出现的频率较高(177; 57.65%),在递进连接中简单递进数量所占的比重较高(100; 56.5%)。省略和替代衔接在数学语篇中的使用非常少。

### (三) 衔接手段的实现形式

如前所述,数学科技语篇中最常用的三种衔接手段分别是指示照应(R2)、同义词(L1)和递进连接(C1)。其中,指称衔接的常见实现形式由多到少分别是定冠词 *the*、指示代词 *this/these*、副词 *here*、比较级 *more* 和人称代词 *it/its* 等词语,如表4所示。

表4 数学语篇中常见的指称衔接实现形式

序号	指称	实现形式
1	定冠词	<i>the</i>
2	指示代词	<i>this/these</i>
3	副词	<i>here</i>
4	比较级	<i>more</i>
5	人称单词	<i>it/its</i>

我们发现,指称衔接在数学科技语篇中出现频率较高,部分原因是因为定冠词 *the* 的大量使用。由于数学语篇科学性和严谨性的特点,在使用指示代词时作者往往使用近距离指示代词 *this* 和 *these* 来指代近距离的被预设项或指代避免造成含糊或混淆。同时,数学科技语篇通常围绕某一数学定理展开讨论,在论证时必然会在之前的成果上进行论证推理,因此表示相似性的比较指称 *more*、*such* 和 *similar* 在数学语篇中往往出现的频率较高。另外,不同于其他类型语篇,数学科技语篇极少用修辞手法或华丽的词汇修饰语篇,为了避免含糊或混淆体现数学科技语篇的科学性,重复词汇在数学语篇中出现频率较高,所以数学语篇有时会让读者产生一种枯燥单调的感觉。

如表5所示,在连接的具体实现形式上,数学科技语篇中较常见的形式表示递进关系的连词 *and*、因果关系连词 *therefore* 和时间关系连词 *firstly, secondly* 等。数学语言既是数学知识的表现形式,也是数学思维的工具<sup>[27]</sup>,在数学语篇中会有大量的表示数学判

断和数学推理的句子,而这些连词是表示数学逻辑最常用的衔接实现手段。

表5 数学语篇中常见的连接实现手段

序号	连接	实现形式
1	递进	<i>and</i>
2	因果	<i>therefore</i>
3	时间	<i>firstly, secondly ...</i>

在省略和替代的实现形式上,数学科技语篇中常见的省略和替代衔接是名词性省略和替代。其中名词性替代 *one* 和 *ones* 在数学语篇中出现的次数较多,另外,在数学科技语篇中也常用阿拉伯数字或字母来替代前文提过的数学理论或概念,使文章达到简练的效果,见例(3)和(4)。

(3) Essential to the proof of *Theorem 1.1* is a quadratic decay estimate for the Riamann curvature Rm.

(4) In fact, there are many other ways to obtain a group G having a malnormal subgroup A and satisfying (2) and (4) of *Theorem 1.3*, take  $tt = t * A$ , where t is an involution.

### (四) 数学科技语篇中的衔接距离

语篇中的衔接是由一条条纵横交错,具有层次性、双向性和情境性等特征的语义纽带组成<sup>[19](10)</sup>。换言之,语篇中的预设项和被预设项组成了一条衔接纽带,因而衔接研究不仅要探讨语篇中的两个衔接项目是否有衔接关系,还要比较两个衔接项目之间衔接力的大小。按照两个纽带端点的距离,衔接纽带可以分为直接纽带(Immediate Ties)、中程纽带(Mediated Ties)和远程纽带(Remote Ties)。如果衔接力大,则对语篇的建构作用就大,相反则对语篇的建构作用要小。表6是数学科技语篇中衔接距离的分布情况。

表6 数学科技语篇中衔接距离的总体分布

衔接距离	频数	百分比
直接纽带	2501	70.86
中程纽带	31	0.28
远程纽带	1010	29.86

根据表6,三种衔接纽带在数学科技语篇中均有分布,其中直接衔接纽带出现的频率较高(70.86%),中程纽带和远程纽带出现的频率相对较低。为了检验不同衔接纽带在数学语篇中的数量是否存在显著差异,本文将三种衔接纽带重新分为直接纽带和非直接纽带,其中中程纽带和远程纽带属于非直接纽带,

并将数据输入 SPSS 软件分析进行  $T$  检验,结果如表 7 所示。

表 7 直接纽带与非直接纽带数量的  $T$  检验结果

类型	频数	均值	$P$ 值
直接纽带	2501	122.2941	0.003
非直接纽带	1320	53.9412	

可以看到,数学科技语篇中直接纽带与非直接纽带的分布存在显著差异( $p=0.003<0.01$ ),直接纽带的分布明显高于非直接纽带的分布。这个发现印证了 Ganesalingam 的研究<sup>[20]</sup>,即与自然语言相比,数学语言中的语言结构变化相对较少,几乎没有长距离依赖的句子结构。在衔接特征上,这就表现为直接衔接纽带中指称和词汇衔接的所占比重较高。这种现象体现了数学语言的两方面特征。首先,在数学语篇中,词汇生产力匮乏,甚至抵制自然语言中近义词的使用,使得数学语言表现为公式化、重复的性质。同时,数学语篇经常需要说明某个数学对象,为了使其突出并赋予其表现力,在整个文本中不可避免地多次提到关键词汇,故直接衔接出现的频率较多;其次,长距离的参照可能会导致语义的模糊性,因而直接纽带更有可能出现在数学科技语篇中用以避免语义模糊,达到简洁清楚的目的。

## 五、结语

本文在功能语言分析视角下,探讨了数学科技语篇中的衔接特征。研究发现,在衔接手段的总体分布上,分布最广的是指称和词汇衔接;在衔接手段的实现形式上,指称中的定冠词 *the* 和比较指称,以及词汇衔接中的重复词汇的使用都比较广泛,突出了数学科技语篇的客观性和准确性。在衔接距离上,直接衔接纽带在数学科技论文中的使用要多于非直接衔接纽带,这使得数学科技语篇中句子之间的联系比较紧凑。

本文验证了衔接理论在学科英语语篇分析中的适用性。衔接是实现语篇连贯的重要手段,不同类型的语篇在衔接特征上会有所不同。数学科技语篇中衔接手段的分布和实现形式,以及衔接距离特征等反映了数学学科英语中的“组织”特征。这些特征不仅展现了数学科技语篇的整体连贯性,而且使读者更好地理解数学语篇中信息的逻辑结构和布局。受语料和时间的限制,本文的研究结果存在一定局限性,后

期研究可以在功能语言分析框架下,进一步探讨数学科技语篇中的主位、及物性和语气等方面特征,进一步推动学科英语相关研究的发展。

### [参考文献]

- [1] 彭宣维. 学科英语研究——我国高层次英语教育的问题分析与基本对策述要[J]. 外语教学, 即出.
- [2] 曾蕾, 尚康康. 学术英语教学与学科英语研究的互动模式探讨[J]. 西安外国语大学学报, 2018, (1): 53-59.
- [3] Ranta, A. Type theory and the informal language of mathematics [A]. In Barendregt, H. & Nipkow, T. (eds.). *Types for Proofs and Programs* [C]. Berlin & Heidelberg: Springer, 1994: 352-375.
- [4] Cocking, R. R. & Mestre, J. P. *Linguistic and Cultural Influences on Learning Mathematics* [C]. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [5] Mousley, J. & Marks, G. *Discourses in Mathematics* [M]. Geelong, Victoria: Deakin University Press, 1991.
- [6] de Bruijn, N. G. The mathematical vernacular, a language for mathematics with typed sets [A]. In Nederpelt, R. P., Geuvers, J. H. & Vrijer, R. C. (eds.). *Selected Papers on Automath* [C]. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1994: 865-935.
- [7] 管梅. 试论数学语言的特点及教学[J]. 现代中小学教育, 2002, (2): 31-33.
- [8] 刘浩文, 张维忠. 构建学生良好数学言语思维空间的教学途径[J]. 数学教育学报, 2003, (3): 28-30.
- [9] 许世红, 罗华. 数学教学中培养中学生阅读能力的实验与思考[J]. 数学教育学报, 2001, (1): 82-85.
- [10] Fang, Z. Functional language analysis: a linguistically-informed approach to content area reading instruction [J]. *Foreign Languages in China*, 2010, 37 (5): 49-53.
- [11] Fang, Z. & Schleppegrell, M. *Reading in Secondary Content Areas: A Language-based Pedagogy* [M]. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 2008.
- [12] Fang, Z. & Schleppegrell, M. Disciplinary literacies across content areas: supporting secondary reading through functional language analysis [J]. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 2010, 53(7): 587-597.
- [13] Ranta, A. *Constructive Type Theory* [M]. Berlin & Heidelberg: Springer, 1995.
- [14] Pimm, D. *Speaking Mathematics: Communication in Mathematics Classrooms* [M]. London: Routledge & Kegan Paul Books, 1987.
- [15] O'Halloran, K. L. Towards a systematic functional analysis of multisemiotic mathematic texts [J]. *Semiotica*, 1999, 124 (1-2): 1-30.
- [16] O'Halloran, K. L. *Mathematical Discourse: Language, Symbolism, and Visual Images* [M]. London: Continuum, 2005.
- [17] Paudal, A. & Lam, H. G. A comparison of Hungarian and

- English teachers' conceptions of mathematics and its teaching [J]. *Educational Studies in Mathematics*, 2001, 43: 31-64.
- [18] 彭宣维. 话语回应中的衔接性隐喻及其数学表征[J]. 现代外语, 2018, (4): 439-452.
- [19] Halliday, M. A. K. & Hasan, R. *Cohesion in English* [M]. London: Longman, 1976.
- [20] Ganesalingam, K. *The Language of Mathematics: A Linguistic and Philosophical Investigation* [M]. Berlin & Heidelberg: Springer, 2013.
- [21] Abel, K. & Exley, B. Using Halliday's functional grammar examine early years worded mathematics text [J]. *Australian Journal of Language and Literacy*, 2008, 30: 227-242.
- [22] 邹清华. 学术论文中第一人称代词的使用研究[D]. 吉林大学: 硕士学位论文, 2008.
- [23] Schleppegrell, M. *The Language of Schooling: A Functional Linguistics Perspective* [M]. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2004.
- [24] 孙迎晖, 齐豪杰. 系统功能语言学在教学领域的应用: 美国近些年研究特色[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2015, (1): 1-7.
- [25] Christiansen, T. *Cohesion: A Discourse Perspective* [M]. Bern: Peter Lang, 2011.
- [26] McCarthy, M. & Carter, R. *Language as Discourse* [M]. London & New York: Longman, 1994.
- [27] 邵光华, 刘明海. 数学语言及其教学研究[J]. 课程·教材·教法, 2005, (2): 36-41.
- (责任编辑: 高生文)

## A Functional Language Analysis Approach to the Cohesive Features in Mathematical Discourse

HE Zhong-qing, WANG Ke-yuan

(School of Foreign Studies, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Cohesion constitutes an important element in forming textuality, ensuring clarity, appropriateness and comprehensibility in text. The present paper explores the cohesive features in mathematical discourse from the perspective of functional language analysis (FLA), focusing on the distribution and realization of cohesive devices, and distance of cohesive ties. Findings reveal that in mathematical discourse the most widely used cohesive device is reference, followed by lexical cohesion and conjunction. Substitution and ellipsis are hardly ever used. In terms of realization, reference is dominated by the definite article *the*, the demonstrative pronouns *this/these* and the adverb *here*, while conjunction is mainly realized by the additive conjunction *and*, the causal conjunction *therefore*, and the temporal conjunction *firstly/secondly*. In distance of cohesive ties, mathematical discourse mainly relies on immediate ties to achieve cohesion. It is argued that the present study contributes to the exploration of the "organization" features in mathematical discourse, thus shedding new light on studies of disciplinary English.

**Key words:** disciplinary English; mathematical discourse; cohesion; functional language analysis