

基于文本数据的篮球赛事可听化系统

余旻婧, 李俊沂, 蔡明旭, 庞德龙, 张梁昊, 张加万

(天津大学智能与计算学部 天津 300350)
(minjingyu@tju.edu.cn)

摘要: 篮球作为世界上普及程度最高的运动之一, 其相关赛事受到众多体育爱好者的关注, 具有极高的社会与经济价值。然而对于以美国职业篮球联赛为代表的国际顶尖篮球赛事, 每年数以千计的比赛场次和动辄超过 2h 的视频时长往往让渴望能高效筛选兴趣赛事或定位精彩瞬间的观众望而却步。为此, 本文设计了基于文本数据的篮球赛事可听化系统。首先从球赛文本实况报道数据中顺序提取关键词并映射至特定旋律, 实现数据从文本至音频的跨模态表达; 然后将枯燥的球赛文本数据转化为音乐片段, 解决部分场景下用户视觉通道被占用无法观看比赛的问题, 为用户在较短时间内筛选兴趣赛事提供了可能。以 2021 年度 NBA 季后赛为例, 平均单场比赛对应音乐片段生成仅需 0.094s, 音频时长缩短为对应比赛视频时长的 12.27%。38 人参与的用户实验结果表明, 所提系统在高效反映比赛进程的同时, 也给用户提供了良好的球赛欣赏体验。

关键词: 篮球赛事; 数据可听化; 音乐摘要

中图分类号: TP391.41 DOI: 10.3724/SP.J.1089.2022.19904

A Text-based Sonification System for Basketball Games

Yu Minjing, Li Junyi, Cai Mingxu, Pang Delong, Zhang Lianghao, and Zhang Jiawan

(College of Intelligence and Computing, Tianjin University, Tianjin 300350)

Abstract: Basketball is one of the most popular sports in the world, and its related events have attracted the attention of many sports fans which brought great social and economic benefits. However, the international top basketball events represented by the national basketball association (NBA), have thousands of games each year, and each game lasted more than two hours, which often deter the audience who are eager to effectively screen interested events or locate wonderful moments. Therefore, a text-based sonification system for basketball is designed. Firstly, keywords were sequentially extracted from the Play-by-Play text data and mapped to the corresponding melody, so as to realize the cross modal representation of data. Then, the music clips are generated from text data, which effectively solves the problem that the user's visual channel is occupied and cannot watch the basketball games, and also makes it possible for users to screen interested games in a short time. Taking the 2021 NBA playoffs as an example, the average music clip generation time for a single game only need 0.094 s, and the audio duration is reduced to 12.27% of the corresponding game video duration. The results of user study with 38 people showed that the proposed system not only reflects the game precisely, but also bring users with good experience.

Key words: basketball games; sonification; music summarization

体育运动在提升人们身体素质与健康水平、丰富精神文化生活方面具有不可替代的重要作用。在众多运动项目中, 篮球经过 130 余年的发展, 已成为世界上最受关注的运动之一, 拥有多项具有高影响力的国际赛事。以美国职业篮球联赛(national

basketball association, NBA)为例, 2021 年其相关视频在所有平台上获得了超过 240 亿次浏览, 远超其他职业体育联赛^①。然而, 每年仅 NBA 便有超过 2000 场比赛, 平均单场比赛时间长达 2.5h^②。因此, 帮

收稿日期: 2022-08-15. 基金项目: 国家自然科学基金(62002258). 余旻婧(1991—), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要研究方向为计算机图形学; 李俊沂(2000—), 女, 本科生; 蔡明旭(1996—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机视觉; 庞德龙(1999—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机视觉; 张梁昊(1997—), 男, 博士研究生, 主要研究方向为计算机图形学; 张加万(1975—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为数据可视化。

助观众在海量数据中快速筛选兴趣赛事,定位精彩瞬间具有重要意义。

然而,目前面向运动赛事的摘要技术大多都以文字、图表或者视频等可视化的形式呈现,可听化形式呈现方式有限,主要以评论员解说为主。然而解说常常带有评论员主观感情色彩,仅通过语言描述难以对比赛进程进行真实还原,因此可听化技术在体育分析的领域中还有着很大的研究空间。另外,传统球赛可视化方法虽然也能帮助人们直观地了解、分析比赛,但信息依然需要通过视觉通道输入,无法帮助视觉障碍群体或者视觉通道被占用的人群了解球赛信息,而可听化方法能够有效地解决这一问题。同时,相比于文字、图表等传统可视化方法,音乐在情感上的表达也更为直接和丰富,不仅可以生动、形象地营造氛围,还能够更加有效地调动用户情绪。

针对以上问题,本文设计实现了基于文本数据的篮球赛事可视化系统,将球赛文本实况报道数据作为输入,顺序提取关键词并根据映射规则生成相应旋律,实现了数据从文本至音频的跨模态表达,有效解决了部分场景下用户视觉通道被占用无法观看比赛的问题;通过对球员动作的分类筛选以及部分球赛进程的压缩,默认参数下将音频时长缩短为对应比赛视频时长的12.27%,为用户在短时间内筛选兴趣赛事提供了可能。38人参与的用户实验结果表明,本文系统在高效反映比赛进程的同时,也给用户提供了超过文字直播或语音解说的良好球赛欣赏体验。

1 相关工作

1.1 运动赛事可视化

可视化技术在运动赛事中已得到了广泛的应用,不仅帮助观众直观高效地获取比赛相关信息,也对专业人士分析比赛数据,优化球队管理策略和比赛战术^[1]带来极大便利。

篮球可视化方面,Chen等^[2]提出针对NBA比赛的叙事可视化系统Gameflow,对比赛事件、球员位置、球员资料和球队资料、比赛数据等进行可视化表示,在概述了球队及球员个体表现的同时也为分析球队进攻风格提供帮助;Yano等^[3]提出篮球进攻战术辅助系统,对视频中持球者动作进行评估分析,用于辅助用户选择合适行动增加投篮成功率;Yusuke等^[4]提出用于预测比赛中潜在传球者的可视化系统,模拟出可能的传接球位置,并量化得分和传球接球队员之间的相关性。除了篮球比赛分析外,研究人员也针对其他类型的体育赛事展开了数据可视化研究。Legg等^[5]提出MatchPad橄榄球赛况展示系统,在播放橄榄球比赛实况的同时展示比赛分差与事件;TenniVis可视化系统^[6]使用得分等易于收集的比赛数据和来自消费级摄像头的视频,使用2种可视化技术帮助网球教练和球员快速了解比赛表现,成为了网球比赛分析的有效工具;Perin等^[7]

针对足球提出的SoccerStories系统将球赛分解为多个阶段,对每个阶段球员动作、球的移动轨迹进行可视化表示。这些工作大多是通过图表或视频等方式对于原始数据进行可视化分析,从而帮助用户通过视觉通道获取信息,因此无法适用于用户视觉通道被占用的场景下。

1.2 数据可听化

数据可听化是将数据转化为具有显著区分度的声音片段并呈现给用户的过程^[8],适用于需要通过听觉通道获取数据的视觉障碍或视觉通道被占用的人群。

可听化技术常被用于自然界数据的表达。如美国国家航空航天局开发的可听化系统^[9]将捕捉到的天文数据,如图像中星云的位置和亮度转化为音频形式,物体在图像中的位置决定了音调高低,光线的强度则控制音量;Huang等^[10]开发的GMDSS系统将地理气象数据映射成音乐,帮助司机在专注于驾驶的条件下实时检索环境信息而无需花费精力关注复杂的可视化数据。此外,在运动领域,Nina等^[11]观察到船的前进运动所产生的溅射和流动的声音可以传达关于速度和受力的实时信息,基于以上发现开发了声音设计和声学反馈系统,用于水上划船训练;Richard等^[12]提出的足球可听化方案,需获取由固定视点拍摄的球赛视频并提取选定视频片段中的关键目标位置坐标,根据球员、足球、球门3者的距离信息生成音乐片段。本文方法选择文本实况报道数据作为输入,极大的降低数据获取难度,技术动作作类型表达更为丰富,生成效率得到显著提高。

1.3 音乐摘要

随着各类录音设备的普及,音频数据呈现爆发式增长,如何在海量音频数据中快速提取所需信息受到了研究人员的广泛关注。使用音频摘要代替完整乐曲进行音频检索、识别和推荐,能有效降低存储空间,提升算法效率。

音乐摘要生成的一类主流方法是基于音乐结构的分析,由于音乐一般表现出很强的自相似性,其中存在的重复模式结构^[13]可用于生成音乐摘要。Logan等^[14]通过聚类算法生成音乐摘要,将音乐数据划分为短帧,计算其特征向量并比较,相似的帧被归入同一个聚类,并分配相同的标签,最后,包含最频繁标签的最长部分被确定为音乐摘要;Cooper等^[15]通过二维相似性矩阵来寻找给定长度的音乐重复片段生成音乐摘要;Lu等^[13]在重复性结构的基础上,提出了一种基于优化的方法来确定音乐结构每个部分的边界,通过距离测量方法评估旋律/音符相似性,并采用自适应的阈值设置方法提取所有重要的重复模式用于分析音乐结构,最终生成音乐摘要;Chai等^[16]提出了从声学信号中识别音乐作品的周期性结构的方法,用于生成基于特定假设的音乐摘要;Bartsch等^[17]通过识别音频波形的重复部分来识别歌曲的副歌或重复,使用相似性矩阵和色度特征生成音乐摘要。然而,上述音乐摘要生成方法均在音频域上完成,均未涉及跨模态问题。如何生成时间短、占用存储空间少的音频片段用于描述体育

① <https://www.basketballnews.com/stories/nba-social-media-ratings-2021-22-regular-season-women-interest>

② <https://www.marca.com/en/basketball/nba/2022/03/10/622a267de2704ef25e8b4585.html>

赛事, 仍是一项有待解决的难题.

2 本文系统

2.1 系统任务

为给用户在视觉通道被占用条件下短时间内体验比赛、筛选兴趣赛事或精彩片段提供便利, 本文设计了基于文本数据的篮球赛事可视化系统用于生成球赛所对应的音频摘要. 通过音乐节奏与旋律的变化, 带来比现有语音解说形式更加新颖直观的球赛体验. 针对上述系统目标, 分析设计以下任务:

任务 1. 系统应完全依照球赛时间变化进行音乐生成, 用户通过映射规则能准确定位该旋律对应的动作类型及具体发生时间, 了解球赛进程.

任务 2. 系统生成的音频摘要时长应显著小于原球赛视频时长.

任务 3. 运行效率高, 能在短时间内实现音频摘要生成任务, 并具有批量生成多场球赛音频摘要的功能.

2.2 系统概述

本文系统流程如图 1 所示. 系统以球赛文本实况报道数据网页 URL 地址作为输入, 首先进行数据预处理, 每条原始文本数据被抽取为四元组形式, 按时间顺序整理为数组, 然后进行技术动作的分类规范化, 最后按照系统设计的“动作-旋律”映射关系进行音乐生成与输出. 本文系统界面如图 2 所示.

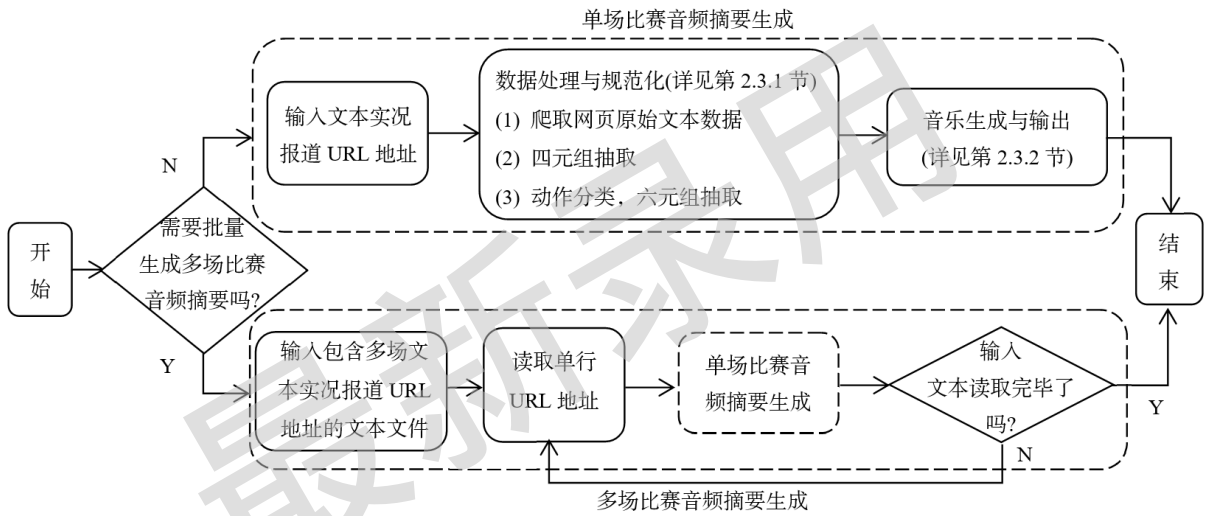


图 1 本文系统流程图



图2 本文系统界面

2.3 系统流程

2.3.1 数据处理与规范化

用户输入待生成的文本实况报道 URL 地址后, 系统使用 Selenium 自动化测试框架^①获取原始文本数据, 其中每条数据均对应场上发生的一个技术动作. 获取初始数据后, 系统将每个比赛动作都抽取为 (T, P, S, A) 四元组形式, 其中, T 表示动作发生时对应的比赛时间, P 表示执行该动作的队伍名称, S 表示此刻得分情况, A 表示动作内容. 每条四元组数据按照时间顺序依次存储构成原始比赛时序数据. 然后根据比赛动作类型对原始数据进行分类整理, 从原始比赛时序数据中提取出动作类型, 并将原始四元组规范化为 $(T, P, A_1, A_2, A_r, A_n)$ 的数据六元组, 其中, T 表示该动作发生时的比赛时间, P 表示执行该动作的队伍名称, A_1 表示动作类别, A_2 表示动作细节, A_r 表示动作结果, A_n 表示动作备注.

本文系统对比赛中产生的动作进行了归纳和分类, 根据 NBA 官方网站对每一场比赛所做的技术统计, 找出其中被列为关键指标^[18]的技术动作, 然后参考这些技术动作对赛况的影响、受到观众关注度的高低, 以及在球赛中所占时间的长短, 最终划定了 7 种动作类型, 包括标志性的比赛开始、结束, 在球赛中占据较多时长的运球, 以及最受观众关注, 并且常常作为评判篮球技术水平高低关键指标的投篮、篮板、失误与犯规:

- (1) 开始. 每节比赛开始, 系统标记为“开始”;
- (2) 结束. 每节比赛结束, 系统标记为“结束”;
- (3) 运球. 为简化数据处理, 系统将发生其他 6

类动作以外的比赛时间标记为持球方“运球”;

(4) 投篮. 系统对观众关注度较高的投篮动作, 根据球员出手时所处位置、投篮结果、未中原因进一步分类如下:

a. 根据球员投篮时所处位置, 三分线外的比赛区域进行的投篮动作标记为某方“三分球”, 其余类型的投篮动作则标记为“其他”;

b. 根据投篮结果, 当球成功被投入篮筐时, 动作结果记为某方“命中”, 反之则记为“不中”;

c. 根据投篮未中原因, 若为对方球员封盖则动作备注为“被封盖”, 其他原因备注“无封盖”;

(5) 篮板. 系统将投篮未中后, 双方争夺球权成功方标记为某方“篮板”;

(6) 失误. 球员失去球权并转移至对方球员手中的动作被标记为某方“失误”;

(7) 犯规. 当球员发生犯规动作时即标记为某方球员“犯规”.

2.3.2 音乐生成与输出

由上述步骤得到规范化后的文本数据后, 调用 Mido^②库进行音乐生成. 算法流程如下:

输入. 文本数据经规范化后的六元组数组, 每节比赛时长 M , 运球时间压缩比 N .

输出. 球赛对应的 MIDI 格式音乐摘要.

Step1. 在 MIDI 文件中为所需乐器添加音频轨道.

Step2. 声明变量 T_{last} , 表示上一个技术动作的结束时间.

Step3. 令 $T_{last} = M$.

Step4. 依次读取处理后的比赛数据.

Step4.1. 判断数据中比赛动作的类型.

Step4.2. 读取数据对应的比赛时间 T_{match} .

Step4.3. 令 $T_{distance}$ 为 T_{match} 和 T_{last} 之间时间差, 表示当前动作与上一动作间的运球时间.

Step4.4. $T_{distance} = T_{distance} / N$.

Step4.5. 在对应轨道添加对应时长运球旋律.

Step4.6. 根据动作类型, 在对应轨道上添加动作旋律, 并记当前动作旋律持续时长为 T_{melody} .

Step4.7. 若 $T_{match} \leq T_{last}$, 令 $T_{last} = T_{match} + T_{melody}$.

Step4.8. 若 $T_{match} > T_{last}$, 令 $T_{last} = T_{last} + T_{melody}$.

Step5. 保存 MIDI 文件.

① Selenium with Python: <https://selenium-python.readthedocs.io/index.html>

② Midi Objects for Python: <https://mido.readthedocs.io/en/latest/>

图3 “技术动作—旋律”映射规则

3 可听化方法设计

本文系统选择钢琴、小提琴、定音鼓、C调锡哨和小号5种乐器的音色进行生成。其中,为了让听众能够区分参赛的2个队伍,系统选用了(1)钢琴代表主场队伍,当主队发生动作时演奏;(2)小提琴代表客场队伍,当客队发生动作时演奏。其原因在于钢琴和小提琴分别属于键盘乐器和弦乐器,二者音色差别较大,便于用户区分。为实现对某些比赛事件声音的模拟以及运动节奏的表现,系统还选用(3)定音鼓作为辅助乐器,场上有队伍发生失误时演奏;(4)C调锡哨作为辅助乐器,场上有队伍发生犯规时演奏;(5)小号作为辅助乐器,比赛结束时演奏。各乐器使用形式及选择原因详见第3.1~3.7节。7种动作的旋律映射规则如图3所示。

3.1 开始

由开始后获得控球权的队伍对应乐器连续演奏4个柱式大三和弦(如图3a所示),其余乐器全部休止。大三和弦作为稳定的和弦类型,常用于表现

积极的情绪^[19],符合篮球这类活泼、节奏感强的运动。

3.2 结束

实际比赛中,当每小节比赛倒计时归零,场上响起蜂鸣器,示意本节比赛结束。由于Mido的音色库中小号的音色与蜂鸣器最为相似,系统选用小号作为演奏结束旋律的乐器。这一动作由小号演奏1个二分音符来表示(如图3b所示)。

3.3 运球

分解和弦具有平稳、流畅的特点^[20],贴近运球这一连续性动作,而以C大调为主调,分别以“下属音、属音、中音、下中音、上主音、属音、主音”为根音构成的三和弦是现代流行音乐作曲的常用和声走向,将它作为分解和弦的走向有利于提高听众的接受度。因此,系统设定由持球队对对应乐器循环演奏图3c所示旋律,直至运球结束。

3.4 投篮

投篮过程中篮球在空中呈抛物线,因此系统使用一段连续的音阶进行模拟(如图3d所示)。三分投篮音程跨越2个八度;其他投篮音程跨越1个八度。三分球运动距离比其他类型更远,因此三分球的音程设置更长,以便听众有效区分2种不同类型投篮的差异。通常而言,连续上行的音高往往会带来积极振奋的感受,而连续下行的音高的可能会让人感到心情沉重或压抑^[21]。因此系统设计投篮命中时,音阶上行;投篮不中,音阶下行。当投篮不中为防守队员封盖所致,投篮方对应乐器演奏的同时,防守方对应乐器同时演奏属七和弦;其他原因导致投篮不中时,仅由投篮方对应乐器演奏。这是因为属七和弦具有不和谐性^[22],在被封盖时对方乐器加入属七和弦既能表示该动作由2支队伍共同参与,又能体现出被封盖时投篮方的不悦感。

3.5 篮板

篮板动作发生时,球员通常需要跳跃抢夺球权,因此利用短促富有弹跳性的跳音旋律体现球员跳跃动作^[23]。系统设计由获得篮板球球权队伍对应乐器演奏图3e所示旋律。

3.6 失误

失误动作往往导致球权发生转移,使原有比赛节奏产生间断,因此系统选择在音符中插入多个休止符进行表现^[23],并且在乐器的选择上使用了节奏表现性较强的定音鼓这一打击乐器。同时,为区分失误动作发生方,定音鼓演奏图3f所示节奏,同时失误方对应乐器演奏1个二分音符。

3.7 犯规

比赛过程中犯规动作发生时裁判吹哨示意,因此系统使用C调锡哨模拟该过程。为示意犯规动作发生方,系统设计由犯规方对应乐器演奏1个四分音符,同时C调锡哨吹奏和弦(如图3g所示)。

4 系统性能

本文选取 2021 年 NBA 季后赛共计 85 场比赛进行统计分析. NBA 赛制下每小节比赛时长为 12 min ($M=12$). 为获得良好用户体验, 系统默认 $N=4$, 即在生成的音乐片段中, 将运球时间压缩为实际耗时的 1/4. 程序在 Intel(R) Core(TM) i9-10980XE, @3.00 GHz CPU 机器上运行.

4.1 运行效率

系统分为数据处理与规范化、音乐生成 2 个部分. 由于前者时间取决于用户网络状况, 此处不做分析. 85 场比赛音乐生成阶段的平均时间仅为 0.094 s.

4.2 压缩效率与存储

相比直接观看视频, 通过音乐摘要形式体验比赛进程花费时间更短, 原因在于系统对运球对应时长进行了加速并删除了部分对球赛体验无影响的冗余时间(如暂停、中场休息等), 其压缩效率取决于用户设置压缩比例 N (详见第 2.3 节). 经统计, 85 场比赛平均运球时间占整场比赛时间的 86.1%, 比赛视频平均时长^①为 8 759.3 s, 在默认压缩比例 $N=4$ 的条件下, 系统生成音乐摘要平均时长为 1 075.3 s, 聆听音乐所需时长仅占观看视频时长的 12.27%, 若用户进一步提升压缩比例 N , 所需时间将进一步缩短, 当 $N \rightarrow \infty$ 时, 音乐时长缩短至视频时长的 5.38%.

另一方面, 本文比较了视频与音频所需存储空间. 85 场比赛的 MIDI 格式音频文件平均大小为 59.11 KB. 视频文件大小使用 Video Storage Calculator^② 进行估计: 1080 P 清晰度, H.264 格式编码格式下的 85 场比赛的平均视频大小为 6.74 GB, 音频文件仅占用视频存储空间的 0.0008%.

5 案例分析

由于比赛过程中开始和结束动作均固定出现于每节比赛中开头和结尾处, 所以其对应旋律也固定为每节比赛对应音乐片段的前奏与尾奏, 此处不做另行分析. 以单场比赛音乐摘要生成为例, 本文选择 2021 年度 NBA 季后赛东部半决赛老鹰对战 76 人第 3 节^③片段进行说明, 该比赛片段充分涵盖了除开始和结束动作外的犯规、运球、投篮、篮板、失误 5 种技术动作.

系统首先将网页上原始文本数据按时序抽取为四元组数组, 进行分类后进一步整理为后续音乐生成阶段所需六元组数组形式, 如图 4 所示.

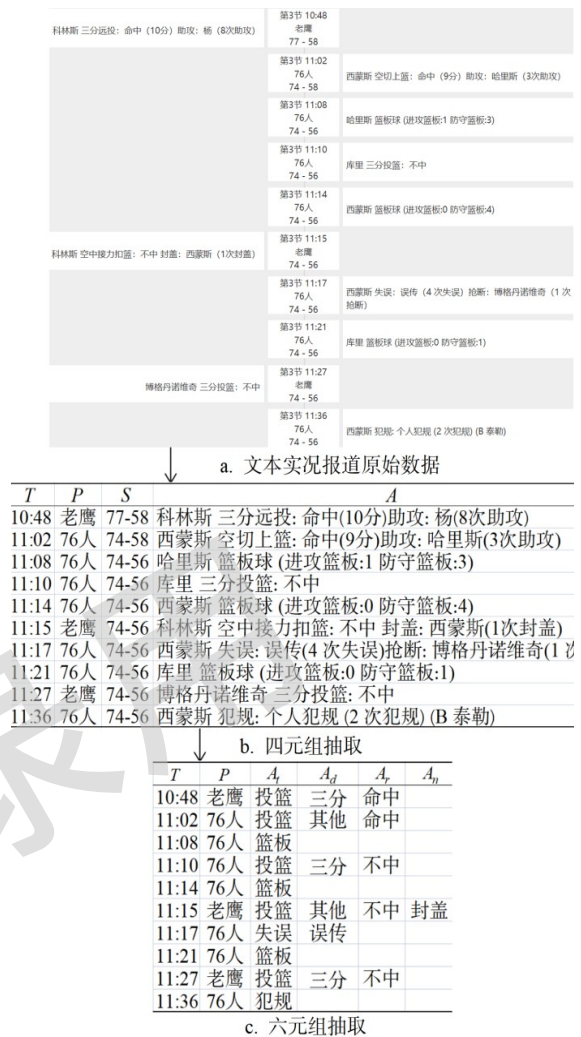


图 4 原始数据处理与规范化过程案例展示

① 数据来源于 <https://www.nba.com/games>

② Video Storage Calculator: <https://www.seagate.com/cn/zh/video-storage-calculator/>

③ 文本实况数据 URL: <https://china.nba.cn/boxscore/playbyplay/#!/0042000201>

图5 2021年度NBA季后赛东部半决赛老鹰对战76人第3节片段对应音乐摘要

图4表格所示时间为比赛倒计时,因此比赛过程中实际事件应从表格底端开始自下至上依次发生,即生成的音乐片段中对应的第1个事件为犯规。

图5展示了选定比赛片段所对应的音乐摘要结果(运球阶段4倍速)。该节比赛倒数11 min 36 s时,76人队发生犯规(紫色方框),倒数11 min 27 s时,由老鹰队队员投出三分球但未命中(橙色方框),以上2个事件之间被定义为运球时间(绿色方框),由于后续事件为老鹰队队员投篮,运球阶段持球方被判定为老鹰队员。倒数11 min 21 s时76人队获得篮板球(蓝色方框),按照系统设置规则,在投篮未中至某方获得篮板球的时间间隔同样被判定为运球时间,持球方为未获篮板球一方,因此该片段被定义为老鹰队运球。倒数11 min 17 s,76人出现失误(红色方框)导致球权发生转移,因此获得篮板后与后续失误发生之间应为76人队运球。76人队发生失误后,球权转移至老鹰队,投篮未中被盖帽。76人队于倒数11 min 14 s再次获得篮板球,倒数11 min 10 s由76人队投出三分球未中,由于获得篮板与出手三分之间时间间隔经过倍速后时长过短,因此此处未生成运球过程对应旋律。倒数11 min 08 s时76人队再次获得篮板球,距离倒数11 min 02 s时76人队投篮命中的时间间隔应为76人队运球。76人队投篮命中后,球权转换至老鹰队,从获得球权至倒数10 min 48 s投出三分球,应为老鹰队持球。用户通过音乐旋律的变化分辨不同的技术动作,从而了解比赛进展。

6 用户实验

为证明系统的有效性,邀请了38位高校学生参与了用户实验,其中男女各19人,年龄范围为[18, 24],平均年龄为21。所有参与者均保证听力、视力或矫正后的听力、视力正常。

6.1 实验设计

实验在安静的房间中进行,总时长为30 min,其中包含学习和测试2个阶段。在学习阶段,参与者在10 min内学习并熟悉本文系统规定的“技术动作—旋律”映射规则。完成学习任务后,进入测试阶段。在测试阶段中,参与者需要在20 min内完成测试问卷,问卷共包含19道题目,用于考察参与者是否能正确的理解之前学习的动作与旋律的映射关系,并从音乐摘要中理解对应的球赛进程,根

据用户得分评估映射规则设计是否便于用户理解记忆,以及对于球赛过程描述是否准确。问卷总计100分,包含3类题型:(1)聆听旋律选择对应的动作;(2)聆听一段较长旋律,选择对应的动作顺序;(3)结合视频选择对应旋律。完成问卷后,本文进一步对参与者进行了访问并让他们对系统进行评分。

表1 用户实验各类题型正确率 %

参与者类型	全卷	题型1	题型2	题型3
全部参与者	94.8947	97.5709	94.7368	91.4474
有音乐基础	97.8947	98.3806	97.3684	97.3684
无音乐基础	91.8947	96.7611	92.1053	85.5263
关注篮球	97.8333	98.0769	95.8333	97.9167
不关注篮球	93.7778	97.3373	94.2308	88.4615

6.2 结果分析

实验结果如表1所示。所有参与者全卷正确率为94.89%,3类题型的正确率均高于90%,由此得出该系统生成音乐摘要能有效帮助用户了解球赛进程。实验进一步统计了参与者的相关背景情况,将参与者按照有无音乐基础及日常是否关注篮球赛事分类,分别统计了他们的得分情况,以此来分析音乐能力以及对篮球比赛的熟悉度是否会影响到系统的适应能力和喜爱程度。

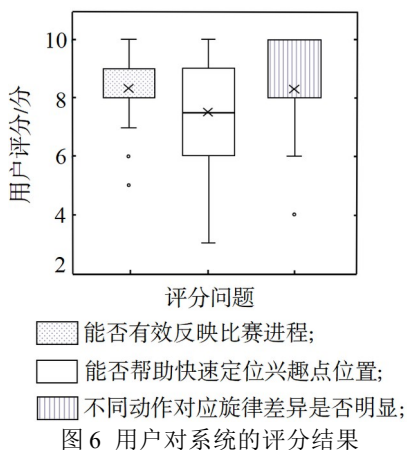
经统计,有19人了解基本乐理知识,12人定期观看篮球比赛,而从测试结果可以看出:

(1) 有音乐基础的参与者总分及各题型的单项得分均高于无音乐基础参与者。根据音乐基础情况将参与者分为2组,进一步使用独立样本T检验方法对总得分情况进行分析,结果显示有音乐基础参与者得分显著高于无音乐基础参与者 ($t = 2.490, p = 0.021 < 0.05$)。

可能原因在于前者曾接受听音辨音训练,相比后者能更准确快速的理解及区分系统设计的不同技术动作所对应的节拍与旋律,当聆听较长音乐片段时能更快捕捉旋律变化从而更准确的理解其对应的技术动作。

(2) 关注篮球赛事的参与者总分及各题型的单项得分均高于不关注篮球赛事参与者。根据参与者是否关注篮球赛事将参与者分为2组,进一步使用独立样本T检验方法对总得分情况进行分析,结果显示关注篮球参与者得分显著高于不关注篮球的参与者 ($t = 1.659, p = 0.018 < 0.05$)。可能原因在于后者需在短时间内熟悉“旋律—动作”映射规则的基

基础上,还需要理解记忆系统中提及的篮球技术动作的意义,相较于前者学习负荷更大,当参与者无法准确分辨视频中技术动作类型时,对结果的选择也将受到影响。



6.3 用户反馈

完成以上任务后,对参与者进行了访问,并要求其从3个方面对系统生成的音乐进行评分,评分结果如图6所示:

(1) 能否有效反映比赛进程? 满分10分,1分表示完全无法反映,10分表示准确反映。

(2) 能否帮助快速定位兴趣点位置? 满分10分,1分表示完全没有帮助,10分表示非常有帮助。

(3) 不同动作对应旋律差异是否明显? 满分10分,1分表示没有差异,10分表示差异明显。

结果显示参与者普遍认为本文系统能有效反映比赛进程(平均得分8.39)并帮助快速定位至兴趣点(平均得分7.50),同时系统设计的“动作—旋律”规则较为合理,不同旋律间具有显著区分度(平均得分8.34)。以上结果说明,本文系统生成的音乐摘要能有效描述比赛进程,帮助用户筛选兴趣片段,实现了系统设计目标。

访问结果显示,68.4%的参与者较为排斥使用文本实况形式观看球赛,主要原因在于文字形式较为枯燥容易使用户丧失兴趣,同时文本难以有效展现赛事激烈程度。接受文本实况形式的参与者表示往往是由于网络条件受限或不便观看视频场景下才将其作为替代选择,文字形式相比视频更加省时和节省网络流量消耗,而这2项优点本文系统同样具有。84.2%的参与者表示相较于文字形式,使用音频形式展现球赛进程更加生动,趣味性更强。音乐旋律的变化能更加有效的调动用户情绪,且更适用于视觉通道被占用的场景。此外,部分参与者表示相比于文字直播,使用音频形式表现球赛需要预先学习“技术动作—旋律”映射规则,这项任务对于音乐旋律变化不敏感的人群存在一定困难,如何进一步降低学习与记忆难度,也是需要进一步解决的问题。

7 结 语

本文围绕篮球赛场数多、耗时长,用户难以短时间内筛选兴趣赛事和精彩瞬间的问题,提出基于本文数据的篮球赛事可视化系统,将易于获取和处理的球赛实况报道文本数据作为输入,生成具有完整赛事流程描述能力的音频摘要文件,极限情况下将音频体验时长缩短为对应球赛视频时长的5.27%(默认参数下为12.27%),能有效帮助视觉障碍群体或视觉通道被占用用户对球赛进行快速体验。基于2021年NBA季后赛85场比赛文本实况数据的实验结果表明,系统运行耗时较少,单场球赛对应音频生成仅需0.09s,所需存储空间仅占对应视频文件的0.0008%。38位被试均能在规定时间内完成任务并获得较高正确率,结合任务后对被试的访问结果,表明本文系统映射规则学习难度适中,系统使用较为便捷,在有效反映比赛进程的同时,也给用户提供超过文字直播或语音解说的良好球赛欣赏体验。通过更改乐器种类或映射规则,亦能提升系统生成音乐摘要的丰富性或将该系统进一步推广至其他类型的体育赛事。

然而本文工作亦存在不足之处。目前球赛的可视化方法设计主要基于人为规定的映射规则,虽然实验表明该映射方式较为合理,但生成的旋律具有一定重复性,长时间的聆听后易导致用户疲劳。在后续的工作中,考虑通过深度学习方法进一步提升音乐生成自动化程度,也将通过更换乐器、为主旋律添加不同的修饰音等方法进一步丰富音乐,提升用户体验。另一方面,目前方法生成的音乐信息量稍显不足,仅选用2种乐器分别代表2支队伍的持球情况,并未体现具体持球人员,后续工作中将通过增加乐器、设置特有和弦或与解说音频结合的方式进一步提升信息量。同时,系统为降低用户理解难度,对于技术动作的分类较为宽泛,后续工作中将再进一步细化动作分类,在保证用户良好使用体验的前提下,提供更为详尽的赛事信息。后续工作中,也将考虑进一步拓展所生成音乐的应用范围,将音乐片段作为篮球赛事的背景音乐,丰富用户体验。

致谢 感谢张孟蕊老师提供的音乐相关的专业帮助与建议

参考文献(References):

- [1] Lei Hui, Lao Tianyi, Liu zhen, *et al.* A survey on sports data visualization[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2015, 27(9): 1605-1616(in Chinese)
(雷辉, 劳天溢, 刘真, 等. 体育数据可视化综述[J]. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2015, 27(9): 1605-1616)
- [2] Chen W, Lao T, Xia J, *et al.* Gameflow: narrative visualization of NBA basketball games[J]. *IEEE Transactions on Multimedia*

① 数据来源于 <https://www.nba.com/games>

② Video Storage Calculator: <https://www.seagate.com/cn/zh/video-storage-calculator/>

③ 文本实况数据 URL: <https://china.nba.cn/boxscore/playbyplay/#!/0042000201>

- dia, 2016, 18(11): 2247-2256
- [3] Yano S, Matsuura K, Tanioka H, *et al.* A supporting system design for basketball offense tactics[C] //Proceedings of IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2020: 213-216
- [4] Sano Y, Nakada Y. Visualization for potential pass courses and quantification for offensive and defensive players in basketball[C] //Proceedings of International Conference on Engineering and Emerging Technologies. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2021: 1-6
- [5] Legg P A, Chung D H S, Parry M L, *et al.* MatchPad: interactive glyph-based visualization for real-time sports performance analysis[C] //Proceedings of Computer Graphics Forum. New Jersey: Blackwell Publishing Ltd, 2012: 1255-1264
- [6] Polk T, Yang J, Hu Y Q, *et al.* TenniVis: visualization for tennis match analysis[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014, 20(12): 2339-2348
- [7] Perin C, Vuillemot R, Fekete J D. SoccerStories: a kick-off for visual soccer analysis[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2013, 19(12): 2506-2515
- [8] Hermann T, Hunt A, Neuhoff J G. The sonification handbook[M]. Berlin: Logos Verlag, 2011
- [9] Arcand K, Russo M, Santaguida A, *et al.* A universe of sound[OL]. [2022-05-12]. <https://chandra.si.edu/sound/index.html>
- [10] Huang C F, Nien W P. A sonification system based on geographic and meteorologic data[C] //Proceedings of International Conference on Ubi-Media Computing. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2015: 259-262
- [11] Schaffert N, Mattes K. Interactive sonification in rowing: acoustic feedback for on-water training[J]. IEEE MultiMedia, 2015, 22(1): 58-67
- [12] Savery R, Ayyagari M, May K, *et al.* Soccer sonification: enhancing viewer experience[C] //Proceedings of International Conference on Auditory Display. Atlanta: Georgia Institute of Technology Press, 2019: 207-213
- [13] Lu L, Wang M, Zhang H J. Repeating pattern discovery and structure analysis from acoustic music data[C] //Proceedings of International Workshop on Multimedia Information Retrieval. New York: ACM Press, 2004: 275-282
- [14] Logan B, Chu S. Music summarization using key phrases[C] // Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2000: 749-752
- [15] Cooper M, Foote J. Automatic music summarization via similarity analysis[C] //Proceedings of International Society for Music Information Retrieval. Paris : IRCAM-Centre Pompidou Press, 2002: 81-85
- [16] Chai W, Vercoe B. Music thumbnailing via structural analysis[C] //Proceedings of International Conference on Multimedia. New York: ACM Press, 2003: 223-226
- [17] Bartsch M A, Wakefield G H. To catch a chorus: using chroma-based representations for audio thumbnailing [C] //Proceedings of Workshop on the Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2001: 15-18
- [18] García J, Ibáñez S J, Santos R M, *et al.* Identifying basketball performance indicators in regular season and playoff games[J]. Journal of Human Kinetics, 2013, 36(1): 161-168
- [19] Cook N D. Harmony perception: harmoniousness is more than the sum of interval consonance[J]. Music Perception, 2009, 27(1): 25-42
- [20] Wang Haiyan. Impromptu piano accompaniment[M]. Shanxi: Shanxi Education Press, 2006: 38(in Chinese)
(王海燕. 钢琴即兴伴奏[M]. 山西: 山西教育出版社, 2006)
- [21] Chen Junhai. Musical fundamentals[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2015(in Chinese)
(陈俊海. 音乐基础[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015)
- [22] Дубовский И, Евсеев С, Спосбин И, *et al.* Учебник Гармонии[M]. 9th ed. Beijing: People's Music Press, 2021(in Chinese)
(Дубовский И, Евсеев С, Спосбин И, 等. 和声学教程[M]. 陈敏, 译. 北京: 人民音乐出版社, 2021)
- [23] Li Chongguang. Fundamentals of music theory[M]. Beijing: People's Music Press, 1962(in Chinese)
(李重光. 音乐理论基础[M]. 北京: 人民音乐出版社, 1962)