

## 游戏数据的可视分析

兰 吉<sup>1,2)</sup>, 巫英才<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> (浙江大学计算机学院 杭州 310027)

<sup>2)</sup> (浙江大学数学科学院 杭州 310027)  
(yingcai@outlook.com)

**摘 要:** 随着在线网络游戏的盛行以及相应游戏环境的复杂化和游戏玩家数量的增多, 利用海量玩家行为数据来理解分析玩家行为和评估游戏表现越来越受到重视. 为了使得成千上万的游戏数据能够被直观有效地理解, 研究人员尝试使用了相应的可视分析方法和技术. 文中主要考虑游戏开发者的任务, 从游戏表现评估和玩家行为分析两大方向出发, 总结并探讨了完成这些任务的可视化文献以及相应的可视化技术进展和挑战, 并提出对解决这些任务的可视化工具和技术的展望.

**关键词:** 游戏; 可视化; 玩家行为; 游戏表现  
**中图分类号:** TP391.41

## Visual Analysis of Gameplay Data

Lan Ji<sup>1,2)</sup> and Wu Yingcai<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> (College of Computer Science and Technology of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

<sup>2)</sup> (School of Mathematical Science of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

**Abstract:** As online game becomes popular, gaming environment gets complicated and game player population bursts, using large behavior data of player to analyze and understand players' behaviors and game performance is taken more seriously. To assure effectiveness and intuitiveness when understanding thousands of data, researchers tried corresponding visual methods and techniques. This paper, which is concerned with the tasks of game developers, summarizes and discusses the development and challenge of prior work and corresponding techniques on two directions, game performance evaluation and analysis of players' behavior, as well as suggesting the future work of visualization tool and techniques.

**Key words:** game; visualization; player behavior; game performance

### 1 游戏数据可视分析的引入

近年来, 在线网络游戏的发展非常迅速. 无论是从游戏引擎的复杂化, 还是从玩家间交互的诸多可能的途径上, 相比于以往的经典小游戏, 都可以感受到如今大多数游戏已经相当复杂. 当今的在线网络游戏中大多都嵌入了玩家之间的交互及玩家的自主参与性, 数百万的玩家投入了金钱、意

识, 甚至社会上的资源在诸多在线网络游戏当中. 由此可以看出, 就整体而言, 在线网络游戏已然成为电子商务的重要组成部分. 有关调查表明, 全球在线网络游戏收入在 2015 年达到 915 亿美元, 其中中国达到 222 亿美元<sup>[1]</sup>.

在线网络游戏的收益和持久性高度依赖于玩家的体验和投入, 因此, 透彻理解玩家对于在线网络游戏的体验看法, 以及玩家在游戏当中行为的

收稿日期: 2016-05-07; 修回日期: 2016-10-27. 基金项目: 兰 吉(1994—), 男, 在校学生; 巫英才(1982—), 浙江大学百人计划研究员、博士生导师, CCF 会员, 论文通讯作者, 主要研究方向为海量用户行为、社交媒体和文本数据的可视分析.

动态变化和模式规律, 具有非常可观的经济价值. 除此之外, 玩家在在线网络游戏中各个时间点自发的体验和行为就如同社会中人的感受和行为的镜像, 使得社会学家得以考察以下问题: 怎样的虚拟社会环境能给玩家以好的体验? 一些设计和改动对虚拟社会所造成的影响是什么? 玩家的多种行为是怎样受到他人多种行为影响的, 这样的影响是怎样通过建立于在线网络游戏中的虚拟社会网络传播和扩散的<sup>[2]</sup>?

当代在线网络游戏中极其丰富的选择性使得平衡有关游戏表现的各种决策选择以及分析、理解、预测玩家行为变得异常艰难. 在游戏设计和表现改进方面, 游戏开发者要保证游戏的可玩性, 同时还要提供令玩家满意的、有趣的体验<sup>[3-7]</sup>; 另一方面, 游戏分析师要观察玩家在游戏时的复杂交互行为和状态信息, 从中理解玩家行为的规律和它对游戏运营造成的影响. 传统的方法<sup>[7-12]</sup>诸如对玩家的观察调研、录像、关于游戏可玩性和易用性的采访或者有声思考, 以及对游戏部分服务器测试等, 在应用于庞大数量的玩家时, 变得非常耗费时间. 同时这些方法只获取了一部分玩家数据, 采样可能有偏, 无法得到众多玩家游戏体验和游戏行为的一个纵览图, 也很难重现一个玩家在游戏中完整的交互情况, 具有较强的主观性, 易导致误解. 因此, 随着数据存储成本的降低和服务性能的提高, 许多游戏运营商开始通过机器设备自动收集玩家在游戏时的原始数据, 如发起事件、状态信息, 甚至一些非常细节的交互信息等. 这些数据客观、准确, 收集起来又只需要设备的支持, 非常省时省力. 除此之外, 这种常常被称为“遥测术”的方法使得开发者或者在线网络游戏数据分析师可以和玩家保持持续的相连, 从而收获一条稳定的游戏过程的信息流. 由此开发者可以根据游戏过程中产生的问题、实时的需求、玩家行为的动态变化, 进行漏洞修复、设计改进以及用户行为分析. 使用机器设备自动收集的数据并没直接、自然地呈现值得探索挖掘的用户反馈或用户行为; 相反, 它数量大, 维度高, 各项数据之间的关系又错综复杂. 为了将收集的数据所代表的信息和蕴藏的规律直观、动态地展现出来, 可视化技术被相关研究者引入使用. 数据的可视化将数据的属性转换为符号、纹理、颜色、形状等各种视觉元素, 最终生成数据的视觉表达形式, 通过人类高带宽视觉感知通道,

让用户以视觉理解的方式看懂数据所蕴含的特征和规律. 除此之外, 可视化还通过支持人与可视化结果的直接交互, 使得用户可以利用他们已有的知识、经验和推理, 进行直观的数据分析. 在之前的工作中有一些小数据量的例子, 如为了表示在游戏地图上一些有趣变量的分布规律, 一些基于游戏地图上的地理位置来放置编码元素的可视化技术被采用, 如热力图<sup>[13]</sup>曾把一组玩家在游戏《魔兽世界》的地牢地图不同地域中所花费的时间映射成热力图. 如图 1 所示, 左边是地牢的地图; 右边是选择记录的一组玩家在地牢地图的不同地域中花费时间的分布图, 颜色越深代表该组玩家花费了越多的时间来与怪物战斗.

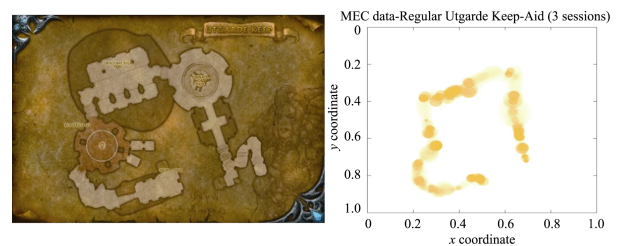


图 1 地牢地图及其上各区域玩家花费时间的分布图

为了跳出只编码一种变量的限制, 也有相关研究者使用了一种重叠多种可视编码到地图上去的可视系统<sup>[14]</sup>, 这样有助于结合不同变量的分布来寻找更丰富、有趣的规律和模式. 有些可视技术则运用类似河流的、有效的可视化技术来展示物体的运动轨迹, 同时为了避免重叠和混乱, 在其中运用了点加和或是捆扎边线的可视技术<sup>[15-16]</sup>. 游戏数据往往涉及大量的多维数据以及时序数据, 有研究者做了一个适用性比较宽广的分析时序和多维数据的可视化系统<sup>[17]</sup>, 其集成了多个视角来看待数据. 关于时序数据的可视化技术和论述已有许多, 经典的技术有主题流<sup>[18]</sup>, 故事线, 基于故事线的技术, 文献<sup>[19]</sup>优化了故事线的布局, 一种叫做故事流的技术<sup>[20]</sup>把故事线的布局加入优化方法, 从而做到实时交互. 基于流图的可视技术也可以用来表达游戏中的时序数据, 如话题和事件, 这方面的可视技术使用有层次话题<sup>[21]</sup>、事件流<sup>[22]</sup>、生命流<sup>[23]</sup>、外流(outflow)<sup>[24]</sup>等. 玩家之间错综复杂的关系会形成多种类型的网络, 有关网络数据的可视化有 2 个非常好的综述<sup>[25-26]</sup>, 早期网络可视化工作<sup>[27-28]</sup>主要关注于网络的拓扑结构, 也有一些关注于表现点或者边的属性<sup>[29]</sup>.

对于游戏可玩性和娱乐性的可视化,有从画面的帧频率来可视评估游戏的表现<sup>[30]</sup>。还有一篇文章探究了各种类型游戏中所用可视化技术<sup>[31]</sup>,并提到游戏中无处不在的可视化技术带给玩家和使用者不少便利。如图2<sup>[31]</sup>左边是《魔兽世界》的例子,游戏界面使用柱形图直观地呈现给玩家当前的气血魔法和经验值。其中柱形图的高度编码气血、魔法值的大小,颜色编码显示值的种类;图2右边是游戏 Call of Duty 2010 年版本中利用反色的柱形图序列来表示时间轴上,某位游戏玩家因战斗赌博的输赢得到或失去的金钱的例子。其中柱形图的方向和颜色编码得失,向上代表赢钱,向下代表输钱;柱形图的高度代表输赢钱的多少。在一些军事策略游戏中,在小地图上编码的一些统计数据如影响势力和军队实力有助于玩家优化资源的使用。文献<sup>[31]</sup>还根据这些例子总结定义了一个设计空间,由此可构建适合各种游戏的可视化技术的设计模式,给之后游戏设计空间中对可视化技术的使用提供了框架。

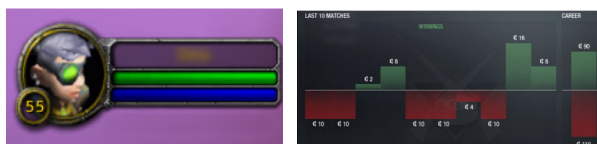


图2 游戏中的柱形图

当数据的规模和复杂度远高于人类视觉通道上限时,数据的可视化表达将很容易产生视觉凌乱,导致可读性下降、分析效率受影响、结果可靠性降低等问题。为此,可视分析一方面使用数据挖掘和统计分析等手段精简数据,提取有价值的信息;另一方面设计相关联相协作的多视图可视系统,并通过交互界面和可视化融合机器的智能处理和人的智慧推理,分析复杂的数据以洞察其中的规律。可视化工作<sup>[30]</sup>设计了一个可视化游戏帧数和游戏表现共同演化趋势的多视图可视系统,并对原始数据使用了相关的机器学习方法来处理、提炼。当然,游戏数据的可视分析这个领域比较新,已有的关于探索设计游戏虚拟数据的相关统计模型和有效可视系统的工作较少,故而在本文对于结合模型和可视系统的游戏数据可视分析主要以提出挑战和建议为主。

基于对在线网络游戏数据的类型和相对应的

任务需求,本文想给研究者一个基于游戏数据、由游戏领域任务驱动的最新可视化技术的分类和纵览,本文将对其进行两个大类的划分,并阐述各自目前的进展、趋势、挑战和展望,最后进行总结。为了简化表达,之后均用“游戏”二字来代指“在线网络游戏”。

## 2 游戏数据可视分析技术的分类

按照游戏开发者的领域任务来分类可视化技术和相应模型,由第1节所述游戏数据的意义和任务需求的类型,将游戏数据可视化技术分成2个大类来解决2个方面的游戏开发者所要遇到的问题。第一类是评估游戏的表现(performance),诸如游戏的可玩性、娱乐性的衡量,用户游戏体验的表达,或者游戏的设计方面可选空间,优化表达,以及一些小的细节如帧频率、分辨率、网络延迟方面的分析。

另一类是分析游戏中玩家的行为。分析师要观察玩家在游戏里的复杂交互行为和状态信息,从中理解玩家行为的规律和它对游戏运营造成的影响。

## 3 游戏数据可视分析的研究进展

游戏可视化是可视化领域新出现的具有巨大潜力一个研究领域<sup>[31]</sup>。一方面,把可视化的技术和方法理论应用到游戏中去分析游戏中海量复杂的数据,或是直观形象地进行游戏的多项表现的评估,可以带来不菲的经济创收;另一方面,游戏设计上使用的一些可视数据方法,诸如多维度图甚至文本可视化技术得到了很好的有效性检验,并会在不久的将来得到广泛应用<sup>[30]</sup>,从而游戏领域对于可视化也有很好的理论指导。由于游戏详尽完善的数据不易获取,而可视化应用领域的发展时间也不长,对设备收集的海量游戏数据进行可视分析的工作才刚刚起步,多数其他学科领域对游戏的分析和研究还停留在传统的主观用户反馈,或是小部分数据的简单统计分析;再有就是论述游戏效果的三维渲染、游戏引擎方面的文章,但涉及可视化方面的工作并不算多。相比而言,使用了合适的成熟可视化技术或是提出相关处理模型,并对应设计出有用、有效的可视化系统的相关工作

[https://en.wikipedia.org/wiki/Call\\_of\\_Duty:\\_Black\\_Ops](https://en.wikipedia.org/wiki/Call_of_Duty:_Black_Ops)

[https://en.wikipedia.org/wiki/SimCity\\_\(1989\\_video\\_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/SimCity_(1989_video_game))



只有寥寥几篇<sup>[30-31]</sup>.

本文从 2 个方面对于游戏可视化的研究进展和方向进行论述和建议. 叙述过程中本文先对其他研究领域已有的一些简单的可视化工作进行描述和总结, 并在分析其作用的同时, 提出进一步深入剖析数据的可视化方法, 以及其他没有相关可视化工作进行展现的游戏数据类型的可视分析方法.

### 3.1 游戏表现的可视分析

关于游戏的表现研究, 已有的工作分为游戏设计空间中包含的可视化技术研究和特定游戏细节特征, 如网络延迟、分辨率、帧频率对游戏性能影响的研究. 正如文献<sup>[31]</sup>所提出的那样, 在游戏中加入可视化技术的应用可以很好地促进玩家的体验和游戏的可玩性、娱乐性, 这在文献<sup>[31]</sup>中引用的多种游戏中均有体现. 基于此, 相关可视化工作<sup>[31]</sup>还提出的在游戏界面上方停放重要基本属性和信息; 提供重播某段游戏视频的工具条; 展现一个进度树来帮助分析游戏前后的情况; 将时空数据的合理聚合表达以及其他的一些小的设计模式. 由此这项工作很好地体现了游戏设计和可视化技术的相互促进. 进一步, 可以尝试借助可视化让玩家也能目睹整个游戏的时间和状态, 看到玩家自己游戏过程的前世今生, 增强游戏体验.

另一方面, 可视化工作<sup>[30]</sup>根据评估结果指标来调整游戏的细节指标, 迈出了可视化辅助分析游戏细节调整的步伐. 该工作完成了分析游戏帧数的规律模式以及该数据与整个游戏表现的关联的任务. 事实上, 由于游戏帧数是时空变化的数据, 故而完成以上任务对一般的数据处理技术极具挑战, 为此文献<sup>[30]</sup>提出了一个如图 3 所示完整的多视图协同工作的可视系统 FPSSeer, 以同时表现游戏帧数数据分布、变化、聚合的特征, 以及该数据的时空关联和对整体游戏表现的影响的动态变化. 该系统对于游戏帧数数据良好的呈现分析能力, 很好地说明了可视化方法和技术在辅助分析游戏表现和相关因素关联时的强大作用. 这里用到数据的一个特殊之处在于游戏表现的评估数据, 该数据目前还是采用对游戏玩家进行多次游戏测试的方式进行, 能否借助可视化的方法来分析这个评估数据的可靠性, 或者利用可视化分析处理一些

原来无法使用的数据来辅助这个评估数据, 是可以进一步考虑的.

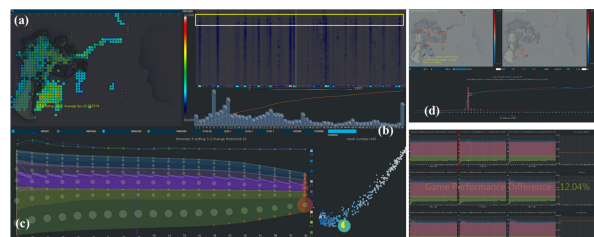


图 3 游戏帧数数据可视化系统 FPSSeer 界面

### 3.2 游戏中玩家行为的可视分析

关于玩家在游戏行为中的行为分析, 一些简单的游戏数据可视化常常按照玩家出现的坐标直观地展现用户的行为数据, 如热力图<sup>[13]</sup>中就用图标分布图及其他地图分布的可视化来表现用户某项行为数据在地图上分布的总趋势, 并就此观察异常区域和一些规律模式的出现. 这类的数据展示方式还可以通过多细节层次、放大等常用的可视化技术, 进一步查看和比较一个特定区域玩家该项数据的详细指标. 在可视化领域, 有很多放大部分的文献<sup>[32]</sup>. 另外, 通过一些优化的算法和设计, 采用多种不易混淆和良好的布局结构<sup>[33]</sup>, 分析者甚至可以在一张地图上同时表现几项数据的分布情况, 并观察分析看到它们各自分布上的不同, 以及共同分布相互之间的依赖性、关联和相似性, 或者其他有趣的模式特征. 除了使用玩家的虚拟地图位置信息, 借助玩家在虚拟社会的交流网、交易网络, 以及关系网络上的社会地位来进行布局也是一种选择. 举例来说, 基本的点线图、层次树、导向图以及一些放射性、气泡相关的布局等社交网络的布局或个人网络布局. 若要综合考虑多种因素找出隐藏在数据中的玩家的相似性和相异性, 可以将带有多重行为和状态属性的海量玩家数据作为多维数据来聚类、降维, 并运用散点图、聚合方法来进行展示. 对于高维数据的可视化, 已有非常多高质量的工作<sup>[34-37]</sup>. 游戏数据还具有时间属性, 时序的网络数据可以按照以不同时间段的网络特征来形成该时段的特征向量, 进而将所有向量降到二维, 用散点的方式和时间连线表现出不同时段的网络变化<sup>[38]</sup>. 其他时序多维数据则可以在聚类后把一个个玩家相应地聚合为不同的类, 然后

<http://bl.ocks.org/mbostock/4062045>

<http://bl.ocks.org/1062288>

<http://mbostock.github.com/d3/ex/tree.html>

观察和分析时间点之间各个类别的流入流出情况。还有一类玩家的行为数据就是玩家的消费信息,玩家消费的商品类别不尽相同,这可以形成一个玩家和商品的二部图,从而进一步提取特征向量进行聚类、分析。

现今大多数玩家行为数据的可视研究只是做了简单的数据可视呈现和初步可视分析,使用的数据规模和复杂度并不算大。这样的分析只能获取部分数据的视角,很多时候无法从整个数据出发关联性地考虑各个层面的问题。如之前的工作往往考察每个玩家在多人游戏中变化行为的几个截面,从而限制分析者对动态潜在的 player 行为的理解。除此之外,之前的很多研究剥离了玩家所处的多人在线游戏的虚拟社会环境,并假设玩家的行为是个人决策的结果。另外,大多数研究集中关注于一种特定的游戏行为而忽略了多种玩家自然行为,这阻碍了社会研究者发现多种类型行为之间的动态关联。

事实上,借助一些社会学已有的研究和理论模型<sup>[39-41]</sup>,除了独立地研究玩家个人动态的某项行为外,还可以把玩家的行为放在玩家所处的虚拟游戏环境中去考虑,同时把玩家的某项行为受到其他行为的影响、多种行为之间的关联考虑进来。具体而言,研究者可以考虑通过天然游戏中玩家的组归属标签,或是聚类,或是降维、主因子分析等方法,将玩家划分为各个社会关系和社会相似性决定的社会组,然后针对不同组在关系网络拓扑结构中的相关社会地位,以及相互之间的社会交互,在各个考察方面度量进行计算和提取;再利用多种社会学和统计学的模型和相关分析方法,如回归、相关性分析等来得到某一组甚至某个玩家某项行为受到其他组玩家诸多交互的影响在时间轴上的演化趋势和变化规律。如图4所示,各个组多种行为的动态变化和比较,以及行为和影响力的共同演化模式规律可以采用叠加影响力条带的流图的形式来进行编码和表达。每种行为以一种类型的流来表达,而不同组的行为流则并列在时间轴上,河流上叠加的影响力可以反映组之间交互对各自消费的影响。一个完善的可视系统,除了呈现这个作为主视图的行为流图,还需要同时提供相关联的详细视图,本课题组正在可视化领域尝试这样的可视化表达。综上所述,在研究游戏虚拟社会中的玩家行为数据可视化时,同时建立相关的数据处理模型,并设计带有交互界面的多视

角、多层次的可视系统,这样既借用真实社会中已有的成熟研究理论、模型和融入人智慧的可视系统来更为深入和透彻地分析虚拟游戏玩家动态行为,同时借助虚拟游戏数据更易得、完善和新奇的数据来验证,以丰富、拓展、探究相应模型理论和可视系统工具。这里建立模型往往会产生一些不同于游戏本身原始数据的新数据,比如为了更好地表达和分析玩家组之间的关联和影响,通过聚合、主因子提取和回归中的贡献度分析得到新的属性和特征,从而实现对原始数据的有效转换、重要特征选取,以有的放矢地对数据进行可视展现<sup>[42]</sup>。

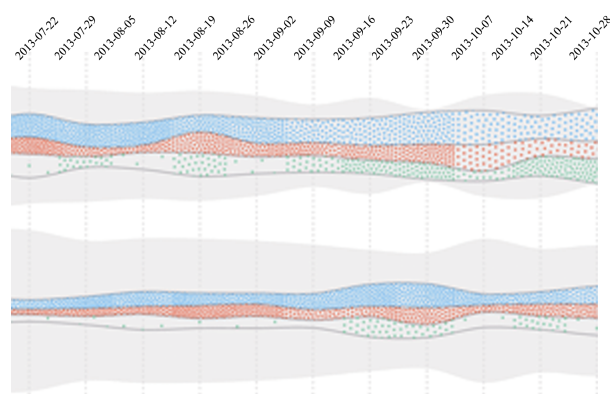


图4 2组玩家消费值和影响力共同演化

#### 4 游戏可视化的研究挑战

游戏的一大挑战是,玩家复杂多维时变的交互行为数据难以分析理解,尤其隐藏在数据中玩家组之间的依赖性、关联性和相似性。尽管已经运用一些成熟的社会学模型理论来帮助理清一些抽象的关系和影响,但是正如现实社会足够复杂而存在一些无法排除掉的干扰,虚拟游戏社会也存在这种隐藏的、不易被模型所捕捉到的复杂性。

另一方面,尽管利用设备自动收集游戏的事件和状态数据来分析玩家行为的方法有诸多优点和相当的客观性,并渐渐成为游戏分析的主要手段,但是却不易解释数据所呈现玩家行为现象的原因<sup>[4,8-9,43-44]</sup>。客观收集的游戏数据不提供一些相关游戏的背景附加信息,也不提供玩家在游戏过程中是否得到满足和放松,对于玩家的喜好取向和性格特征更是无从体现。当然,通过一些合适的社会科学中的机制,可建立模型解释和分析数据背后隐藏的玩家的一部分情感和行为特征。但是,若能在数据源中加入传统方法收集的 player 反馈数据,在设计可视化系统时,结合定量的遥测行为

数据和定性的用户调查数据,以多角度、相关联地可视化全面的信息,则可以更大程度地利用已有信息渠道及相关信息来更全面地理解游戏内的发展势态和玩家社会行为。然而对于这种复杂的多元异构数据,寻求高效便于理解的表达方式将成为一个挑战。如何设计合理的多视图系统,或是派生出新的可视元素来表现关联都是值得进一步思考和解决的问题。

游戏中某项因素对性能影响的可视化分析刚刚起步。之前的分析某项因素对整体性能的影响大都是利用统计数据或是相关模型的相应指标,以离散的值评估某个游戏因素对游戏的影响。相关工作正在尝试引入可视化的方法以多视角、直观地分析某个因素,如游戏帧数、分辨率、网络延迟的时空变化规律和与性能评估结果的关联。目前,游戏性能评估的方法是使用主观用户反馈数据<sup>[30]</sup>,如何准确处理使用该种评估方法,并寻求它和相关游戏因素时空分布的关联,是一个需要解决的问题。

## 5 游戏可视化的一些研究展望和建议

随着网络技术的发展,游戏日益流行,利用大量详尽的玩家行为数据来分析和理解玩家行为、丰富游戏设计空间、促进游戏性能评估的做法越来越受到重视;同时,可视分析玩家行为数据也有助于对虚拟社会内部机制的研究,有助于验证和发展一些相关的社会模型理论。故而在不久的将来,游戏中的可视化方法技术以及分析游戏数据的相关模型和有效可视化系统,将会愈加广泛地产生和流行。

对于游戏设计空间中的可视框架<sup>[31]</sup>,可以尝试在游戏界面上添加相关的可视设计选项让玩家选择,并给予游戏奖励,从而实时获得玩家对于设计空间的可视偏好。基于对游戏帧数的可视化<sup>[30]</sup>,研究者还可以考虑网络延迟的问题,甚至结合不同网络延迟的玩家的地区分布,探索深层次的诸如网络地域状况与相关游戏性能变动的关联问题。对于游戏玩家行为数据的展现和分析,正如研究进展部分所提到的那样,可以结合相关社会或是虚拟领域的成熟理论模型,精简和提取数据中有价值的信息,动态地在虚拟社会环境中去考虑各种行为和各类玩家,并设计多层次的可视系统和辅助人智慧发挥的界面交互,从而更全面且彻底地可视分析大规模、高复杂度的玩家数据中不同组

玩家的共同演化趋势,以及不同行为之间的交互。

另外,近年来手机游戏在国内外的市场上迅速崛起,并具有相当的市场份额<sup>[45]</sup>。分析者可以通过手机获取相应的玩家位置信息,以及许多社交媒体、城市计算信息的接口。未来对游戏可视化系统和技术可以考虑加上对手机上得到的相关信息的处理和展现,从而做到在更宽广的层次上分析玩家的行为。

## 6 游戏数据简介

尽管近年来社交游戏和移动游戏崛起、盛行,但是游戏数据分析在国内发展较为缓慢。此外,相关从业者对于游戏数据分类分析的系统整理、传播,相关经验、技术的累积、分享更是很少有过<sup>[46]</sup>。在移动互联网时代,游戏数据分析开始转向以用户为中心<sup>[47]</sup>。就本课题组做游戏可视化项目的经验和所查询的相关资料而言,对于一个相对稳定的在线网络游戏,用户状态、用户活跃度、游戏内用户付费、游戏内用户之间的交互是分析游戏用户行为的主要数据指标。用户的状态包括玩家在游戏中虚拟形象的各项衡量指标(如等级、装备、从注册起累积游戏时间、技能、修为等)。用户活跃度可以利用固定周期内用户登录情况、在线时长分布和进行的特殊个人事件(如完成个人任务等)来度量和分析。游戏中用户付费考虑用户的累积消费额度、固定周期内消费额度;更进一步地,考虑用户的消费喜好或者消费结构。用户之间的交互则是从个人行为到群体行为的连接点,具体而言要考察用户之间从简单到复杂的交互(各个游戏频道上的聊天、好友私信、语音、代买替付、推荐、共同战斗、共同参加活动、完成群体任务等等),同时兼顾用户之间的其他关系(职业、门派、帮派、好友、夫妻、结拜、性别)。除此之外,借助社会科学如传播学以及网络科学的机制和模型,可以得到玩家之间交互在不同传播机制、影响渠道上的指标,同时利用玩家的状态、活跃度或消费、交流等特征确定玩家的群体类别,或者找出消费引领玩家、活动核心玩家等作为特殊数据对象。

诚然,对于一个新开服的网络游戏,或者逐渐衰亡的网络游戏,还有诸多如用户获取、用户留存、乃至游戏设计、游戏宣传、用户调研等业务指标相关的数据指标。这些在一些新出现的网络文档、书籍中有相关介绍<sup>[46-47]</sup>。另外,关于获取游戏

数据资源,目前相关研究者多是采用和游戏领域专家合作的方式进行的。

## 7 结 语

本文介绍并分析了游戏可视化这么一个越来越受到关注和具有重要意义的新兴领域。对于游戏可视化的2个主要研究方向,游戏表现评估和游戏玩家行为分析,本文对其中已有的工作和可以使用的一些可视化技术进行了总结分析。与此同时,本文给出了相关挑战性的描述,以及一些参考的建议和展望。

可视化在游戏方面的工作还处于初级阶段,就所查阅的文献而言,还没有一篇与可视化关联紧密的研究综述,所以本文进行了第一次尝试。当然,本文存在许多不足之处:1) 本文着重总结了可视化领域游戏方面的工作,没有深度调研其他领域可能出现的与可视化有交叉的分支工作,希望今后的研究者能补上诸如虚拟现实、人机交互方面在游戏中与可视化协同发挥的作用;2) 本文未对企业界游戏运营商在设计和分析游戏时运用可视化的情况进行小结。事实上,很多目光长远的游戏公司已经开始着手和可视化研究者进行合作,甚至打造自己的可视化团队和工具;3) 本文谈到游戏方面可视化工作着重介绍了信息表达方面的工作,忽略了交互方面的可视技术的描述。

正如游戏本身是一个复杂多变的虚拟社会体,游戏可视化是一个包含诸如运动和传输数据可视化、文本数据可视化、社交媒体可视化、时空数据可视化等多种类可视化技术综合的可视化研究领域。由于游戏领域本身具有极大的经济效益、社会意义和数据价值,相信将来可视化领域会有更多的关于游戏可视化的文献和成果不断涌现。

## 参考文献(References):

- [1] Sinclair B. Gaming will hit \$91.5 billion this year-Newzoo[OL]. [2016-05-07]. <http://www.gamesindustry.biz/articles/2015-04-22-gaming-will-hit-usd91-5-billion-this-year-newzoo>
- [2] Golder S A, Macy M W. Digital footprints: Opportunities and challenges for online social research[J]. *Annual Review of Sociology*, 2014, 40: 129-152
- [3] Dixit P N, Youngblood G M. Understanding playtest data through visual data mining in interactive 3D environments[OL]. [2016-05-07]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.579.7874&rep=rep1&type=pdf>
- [4] Drachen A, Canossa A. Towards gameplay analysis via gameplay metrics[C] //Proceedings of the 13th International Mind-Trek Conference: Everyday Life in the Ubiquitous Era. New York: ACM Press, 2009: 202-209
- [5] Andersen E, Liu Y E, Apter E, *et al.* Gameplay analysis through state projection[C] //Proceedings of the 5th International Conference on the Foundations of Digital Games. New York: ACM Press, 2010: 1-8
- [6] Drachen A, Canossa A, Yannakakis G N. Player modeling using self-organization in tomb raider: underworld[C] //Proceedings of the 5th international conference on Computational Intelligence and Games. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2009: 1-8
- [7] Thawonmas R, Kurashige M, Chen K T. Detection of Landmarks for Clustering of Online-Game Players[J]. *The International Journal of Virtual Reality*, 2007, 6(3): 11-16
- [8] Drachen A, Canossa A. Analyzing spatial user behavior in computer games using geographic information systems[C] //Proceedings of the 13th International MindTrek Conference: Everyday Life in the Ubiquitous Era. New York: ACM Press, 2009: 182-189
- [9] Calleja G. Experiential narrative in gameenvironments[OL]. [2016-05-07]. <http://homes.lmc.gatech.edu/~cpearce3/DiGRA09/Friday%204%20September/248%20Experiential%20Narrative%20in%20Game%20Environments.pdf>
- [10] Medler B. Generations of game analytics, achievements and high scores[J]. *Eludamos. Journal for Computer Game Culture*, 2009, 3(2): 177-194
- [11] Medler B, John M, Lane J. Data cracker: developing a visual game analytic tool for analyzing online gameplay[C] //Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM Press, 2011: 2365-2374
- [12] Thawonmas R, Hirano M, Kurashige M. Cellular automata and Hilditch thinning for extraction of user paths in online games[C] //Proceedings of the 5th ACM SIGCOMM Workshop on Network and System Support for Games. New York: ACM Press, 2006: Article No. 38
- [13] Ashton M, Verbrugge C. Measuring cooperative gameplay pacing in World of Warcraft[C] //Proceedings of the 6th International Conference on Foundations of Digital Games. New York: ACM Press, 2011: 77-83
- [14] Moura D, el-Nasr M S, Shaw C D. Visualizing and understanding players' behavior in video games: discovering patterns and supporting aggregation and comparison[C] //Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games. New York: ACM Press, 2011: 11-15
- [15] Adrienko N, Adrienko G. Spatial generalization and aggregation of massive movement data[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2011, 17(2): 205-219
- [16] Buchin K, Speckmann B, Verbeek K. Flow map layout via spiral trees[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2011, 17(12): 2536-2544
- [17] Wallner G, Kriglstein S. PLATO: a visual analytics system for gameplay data[J]. *Computers & Graphics*, 2014, 38: 341-356
- [18] Havre S, Hetzler B, Nowell L. ThemeRiver: visualizing theme changes over time[C] //Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization. Los Alamitos: IEEE Computer So-



- ciety Press, 2000: 115-123
- [19] Tanahashi Y, Ma K L. Design considerations for optimizing storyline visualizations[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012, 18(12): 2679-2688
- [20] Liu S X, Wu Y C, Wei E X, *et al.* StoryFlow: tracking the evolution of stories[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(12): 2436-2445
- [21] Dou W W, Yu L, Wang X Y, *et al.* HierarchicalTopics: visually exploring large text collections using topic hierarchies[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(12): 2002-2011
- [22] Luo D N, Yang J, Krstajic M, *et al.* Eventriver: Visually exploring text collections with temporal references[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012, 18(1): 93-105
- [23] Wongsuphasawat K, Guerra Gómez J A, Plaisant C, *et al.* LifeFlow: visualizing an overview of event sequences[C] // *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM Press, 2011: 1747-1756
- [24] Wongsuphasawat K, Gotz D. Outflow: visualizing patient flow by symptoms and outcome[C] // *Proceedings of the IEEE VisWeek Workshop on Visual Analytics in Healthcare*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2011: 25-28
- [25] von Landesberger T, Kuijper A, Schreck T, *et al.* Visual analysis of large graphs: state of the art and future research challenges[J]. *Computer Graphics Forum*, 2011, 30(6): 1719-1749
- [26] Beck F, Burch M, Diehl S, *et al.* The state of the art in visualizing dynamic graphs[M] // *EuroVis STAR*. Aire-la-Ville: Eurographics Association Press, 2014
- [27] Heer J, Boyd D. Vizster: visualizing online social networks[C] // *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2005: page5
- [28] Henry N, Fekete J D, McGuffin M J. NodeTriX: a hybrid visualization of social networks[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2007, 13(6): 1302-1309
- [29] Bezerianos A, Chevalier F, Dragicevic P, *et al.* Graphdice: A system for exploring multivariate social networks[J]. *Computer Graphics Forum*, 2010, 29(3): 863-872
- [30] Li Q, Xu P, Qu H M. FPSSeer: visual analysis of game frame rate data[C] // *Proceedings of IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology*. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 2015: 73-80
- [31] Bowman B, Elmqvist N, Jankun-Kelly T. Toward visualization for games: Theory, design space, and patterns[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012, 18(11): 1956-1968
- [32] Cohé A, Liutkus B, Bailly G, *et al.* SchemeLens: a content-aware vector-based fisheye technique for navigating large systems diagrams[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2016, 22(1): 330-338
- [33] Buchheim C, Jünger M, Leipert S. Improving walker's algorithm to run in linear time[M] // *Lecture Notes in Computer Science*. Heidelberg: Springer, 2002, 2528: 344-353
- [34] Grivet S, Auber D, Domenger J P, *et al.* Bubble tree drawing algorithm[M] // *Computational Imaging and Vision*. Heidelberg: Springer, 2006, 32: 633-641
- [35] Zhao J, Collins C, Chevalier F, *et al.* Interactive exploration of implicit and explicit relations in faceted datasets[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(12): 2080-2089
- [36] Gleicher M. Explainers: expert explorations with crafted projections[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(12): 2042-2051
- [37] Nam J E, Mueller K. TripAdvisor\_N-D: a tourism-inspired high-dimensional space exploration framework with overview and detail[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2013, 19(2): 291-305
- [38] van den Elzen S, Holten D, Blaas J, *et al.* Reducing snapshots to points: a visual analytics approach to dynamic network exploration[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2016, 22(1): 1-10
- [39] Aral S, Walker D. Identifying influential and susceptible members of social networks[J]. *Science*, 2012, 337(6092): 337-341
- [40] Moretti E. Social learning and peer effects in consumption: evidence from movie sales[J]. *Review of Economic Studies*, 2011, 78(1): 356-393
- [41] Munzner T. Visualization analysis and design[M]. Boca Raton: CRC Press, 2014: 50-52
- [42] Szell M, Lambiotte R, Thurner S. Multirelational organization of large-scale social networks in an online world[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2010, 107(31): 13636-13641
- [43] Lynn J. Data metrics and user experience testing[OL]. [2016-05-07]. <http://gur.hcigames.com/wp-content/uploads/2015/02/Data-Metrics-and-User-Experience-Testing.pdf>
- [44] Kim J H, Gunn D V, Schuh E, *et al.* Tracking real-time user experience (TRUE): a comprehensive instrumentation solution for complex systems[C] // *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM Press, 2008: 443-452
- [45] iResearchCenter. China mobile game sector report[OL]. [2016-05-07]. [http://www.iresearch.com.cn/report/2387.html\(in Chinese\)](http://www.iresearch.com.cn/report/2387.html(in%20Chinese))  
(艾瑞研究院. 2015 年中国移动游戏行业研究报告[OL]. [2016-05-07]. <http://www.iresearch.com.cn/report/2387.html>)
- [46] Yu Yang, Yu Minxiong, Wu Na, *et al.* The Art of Game Analytics[M]. Beijing: China Machine Press, 2015(in Chinese)  
(于洋, 余敏雄, 吴娜, 等. 游戏数据分析的艺术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015)
- [47] Bao Zhongtie. Era of big data, business secrets in digital mobile Internet operations[OL]. [2016-05-07]. <http://www.36dsj.com/archives/38843> (in Chinese)  
(鲍忠铁. 大数据时代数字化移动互联网运营里的商业秘密[OL]. [2016-05-07]. <http://www.36dsj.com/archives/38843>)