

COVID-19 疫情前后高校在线教学数据分析

孔 啸¹, 刘乃嘉², 张梦豪^{1,3}, 徐明伟^{1,3}

(1. 清华大学 网络科学与网络空间研究院, 北京信息科学与技术国家研究中心, 北京 100084;
2. 清华大学 信息化技术中心, 北京 100084; 3. 清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

摘 要: 受 2020 年初爆发的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情影响, 中国高校全面开展线上教学工作。现有文献通过调查的方式对线上教学条件下学生学习效果和积极性产生的变化进行研究和探讨, 得到的调查结果存在调查的主观偏差和样本的局限性问题。高校的教学选课系统是每个学生日常必须使用的。该文以清华大学为例, 以其教学选课系统的日志数据为切入点, 对线上教学前后同期学生的学习、生活特点进行解读。该文根据 HTTP 协议的特点对日志数据进行了清洗和整合, 并以不同的视角对数据进行可视化和分析。该文发现, 疫情期间至少 98% 的会话来自校园外。学生在脱离了校园环境后, 访问教学选课系统的会话量下降了 25%~47%, 使用移动设备访问系统的人次下降了约 7%, 系统平均浏览时长下降了约 8%。结果表明, 线上教学期间学生对于校园学习、工作的积极性发生了明显的下降, 需要学校更加重视对学生积极性与学习能动性的调动, 从而改善教学质量。

关键词: Web 服务器; 新型冠状病毒肺炎(COVID-19); 在线教学; 学习能动性

中图分类号: TP393.0

文献标志码: A

文章编号: 1000-0054(2021)02-0104-13

DOI: 10.16511/j.cnki.qhdxxb.2020.21.017

Analysis of online college teaching data before and after the COVID-19 epidemic

KONG Xiao¹, LIU Naijia², ZHANG Menghao^{1,3}, XU Mingwei^{1,3}

- (1. Institute for Network Science and Cyberspace & BNRist, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. Information Technology Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
3. Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The corona virus disease 2019 (COVID-19) pandemic has led Chinese universities to turn to online teaching. Several researchers have used surveys to study the characteristics and challenges of online teaching. However, these surveys inevitably

included subjective bias and sample limitations. This study analyzed the server logs of the Tsinghua University course selection system during online teaching with comparisons with those of the past two years. Since all students must visit the course selection system every semester, the server logs track the students' learning and living habits. After data cleaning, visualization and analysis, the logs show that over 98% of the sessions came from outside the campus during the epidemic. The number of visits to the system decreased by 25%~47%, the number of visits originating from mobile devices decreased by 7%, and the average browsing time per visit declined by 8%. Thus, this study shows evidence that online teaching leads to a notable decline in student engagement with the system. This study then suggests that colleges pay more attention to the student's productivity and engagement, thereby improving the quality of teaching.

Key words: Web servers; corona virus disease 2019 (COVID-19); online teaching; student engagement

2020 年初, 随着新型冠状病毒肺炎(COVID-19^[1])疫情在全球范围内的大规模传播, 各个行业、领域均受到了不同程度的影响。例如, 城市交通总量因受到出行管制的影响出现了大幅度的下降^[2], 居家隔离政策使得新零售产业的交易规模迎来高增长^[3], 疫情的快速变化也导致居民的心理状况产生较大的波动^[4-6]。同样, 因人员流动范围过大, 全球各高校在疫情的影响下也难以恢复正常的教学秩序。

在保证学生安全的前提下, 为保证高校的正常教学秩序, 中华人民共和国教育部于 2020 年 2 月 4 日发布《教育部应对新型冠状病毒感染肺炎疫情工作领导小组办公室关于在疫情防控期间做好普通高等学校在线教学组织与管理工作的指导意见》^[7],

收稿日期: 2020-07-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61625203)

作者简介: 孔啸(1997-), 男, 硕士研究生。

通信作者: 徐明伟, 教授, E-mail: xumw@tsinghua.edu.cn

文件要求各高等学校在疫情期间依托各类在线课程平台、校内网络学习空间开展教学工作。清华大学也于 2020 年 1 月 26 日发布《清华大学关于调整 2019—2020 学年度春季学期教学安排的通知》^[8], 要求全体学生延期返校, 并施行在线教学。在此情形下, 学生在校外通过雨课堂^[9]、Zoom^[10]、腾讯会议^[11]等平台进行在线学习。随着学习方式和学习环境的变化, 学生对于课程的选择和对于学习的态度也必然发生变化。

现有部分工作对疫情期间的在线教学模式进行了研究^[12-20]。其中, 绝大多数文献^[12-13, 17-20]仅仅对在线教学模式的优缺点及其可能的改进意见进行了大量的探讨, 少部分文献^[14-16]通过调查问卷、学校公布的教学质量报告、网络教学平台公布的信息等方式获取了反映疫情期间在线教育特征的数据, 从而对当前线上教学的现状进行分析。采用调查问卷的方式, 样本的采样无法做到全面, 且无法准确地控制变量, 导致研究者只能以被调查者的主观体会为基准进行分析研究; 而学校、网络教学平台公布的数据不存在时间上的特征, 学校线上的开课数量、布置作业的数量、互动的频率等数据仅能反映当前线上教学的开展情况, 无法将其与往年线下教学的教学情况直接对比。

不同于已有工作, 本文使用高校教学系统的真实数据, 并将其与往年同期横向对比。特别地, 本文以清华大学教学选课系统为例, 将疫情期间与 2018 和 2019 年同期高校学生的特征变化进行了对比和分析。教学选课系统中包含选退课、更改培养方案、查看课程安排等多个功能, 这些功能均是学生在学期开学时必须使用的。这保证了学生在教学选课系统的操作行为可以反映学生在不同时期生活、学习上的特点。

本文获取了清华大学教学选课系统在 2018、2019、2020 年春季学期的系统后端日志和网络服务器日志, 共约 5 300 万条。依据请求地址与请求结果对日志进行了清洗, 并依据用户 IP 地址、用户代理 (user agent, UA) 字符串、时间等信息对日志进行了会话聚类, 利用 PostgreSQL^[21]数据库对已归类数据进行了整理。经过清洗、分类和整理后, 对剩余的约 3 559 万条请求记录、约 81 万条会话记录和约 185 万条系统后端日志进行了数据统计与分析。

本文将网络服务器日志中的信息拆分为 2 方面: 一是会话属性即会话本身的特征, 包括会话的来源 (设备、网络地址) 和会话的持续时间、会话包

含的操作次数、操作间隔等; 二是会话分布即会话在时间上的分布, 具体是指用户在何时登录系统。从统计分析中发现, 疫情期间学生对教学选课系统访问的时间、方式与操作等特征均与往年同期有着明显的差异。本文认为, 这些差异的背后可以体现出学生的作息時間、选退课的积极性、设备的使用习惯等方面的变化。

从数据呈现出的规律和特征中可知, 脱离了学校的环境后, 学生对于学习和选课的积极性明显下降。目前, 线上教学可能长期在高校施行^[22], 学生在线上教学期间呈现的特点和暴露出的问题更值得人们关注和思考。本文分析其中的原因发现, 疫情本身给学生带来的焦虑和低落、线上教学带来的心理压力和学生长期处于家庭环境中造成的精力分散, 都会造成学生的学习能动性下降。因此, 高校教师和辅导员群体需更加重视与学生的互动, 并针对性地对课程的讲授方法和作业要求进行改进, 以提高学生的学习能动性。

需要特别说明的是, 在数据处理的过程中, 本文仔细考虑了对用户的隐私保护和对系统的安全保护。用户隐私方面, 对本文中所使用的所有日志数据做了仔细的匿名化处理, 抹去了用户所操作的具体课程等涉及到个人的信息, 无法通过文中所使用的数据确定某个用户的具体行为; 系统安全方面, 隐去了校园网内部的域名以及 IP 地址, 以保证在文中公开的数据不会对系统造成任何安全威胁。

1 背景与数据

1.1 疫情期间的在线教育现状

疫情期间的“停课不停学”政策, 使得全国各学校多年以来一直在探索的线上学习模式成为主流。各个学校依托教育部组织的 22 个课程教学平台^[7]及多个视频直播平台试水开展在线教育工作。姜卉等^[13]对反馈互动式的在线教学模式进行了探讨, 提出自学反馈、互动指导两步走的在线教育模式, 以便于强化对学生的管理、增进互动交流、提高教学效率。杨金勇等^[14]以欠发达地区学生作为案例, 希望通过发挥宣传渠道、进行供给侧改革等方式改善乡村的在线教学状况。胡小平等^[15]对截至 2020 年 3 月份以来全国 148 所高校在疫情期间的在线教育现状进行了分析, 发现约有 89.3% 的高校学生对在线学习的效果感到满意, 线上学习为学生提供的学习资源非常丰富, 教师与学生之间的互动也较为频繁。但是在线学习也显现出了一些问题。由于使

用了多种在线教学平台,设备和网络故障导致授课的灵活性和流畅度受阻,教学平台不统一也给学生的学习带来了困扰。而对于教师和学生来说,在线教学的效果得不到保证,教师教学效率低、学生个体差异大,教学工作变得更加困难。虽然上述工作对疫情期间在线教育的整体趋势进行了较好的研究,但是无法反映出疫情前后学生的生活、学习特点变化。本文希望借助清华大学教学选课系统的数据,发掘疫情期间的线上学习使学生在生活、学习中发生的变化。

1.2 数据来源

截至2019年12月31日,清华大学共设有学院20所,提供82个本科专业和58个硕博学位授权点。现有学生50394人,其中本科生16037人,硕博研究生34357人。

清华大学教学选课系统架设在清华大学校园网之中,主要承担课程选择和培养计划维护等工作。教学选课系统在每个学期的3个时间段开启,提供选退课、更改培养方案、查看课程安排等多种服务。每个时段提供的选退课服务也有所区别:学期末,教学选课系统提供“选课”服务;学期初,教学选课系统提供“补退选”服务,学生可以调整选课方案,调整后空余的名额将在每天固定的时间点释放供所有同学选择;在学期中,教学选课系统会提供若干次“退选”服务,在此阶段学生仅能退选课程。在剩余的时间中,教学选课系统为关闭状态。在每年春季学期的第1、2教学周,清华大学均安排课程补退选与第1次退选(见表1)。在此期间,学生可以选择仍有余量的课程或退选已选择的课程。

表1 清华大学选课系统服务时段

年份	学生类别	服务	起始时间	结束时间
2018	本、研	补退选	02-28 13:00	03-05 08:00
	本、研	退选	03-05 13:00	03-09 16:00
2019	本、研	补退选	02-25 13:00	03-04 08:00
	本、研	退选	03-04 13:00	03-08 16:00
2020	本	补退选	02-17 13:00	02-26 08:00
	研	补退选	02-20 13:00	02-26 08:00
	本、研	退选	02-26 13:00	03-02 16:00

清华大学教学选课系统采用动态网页框架,即多个功能共享相同的主页面元素。教学选课系统不对互联网开放,但保留互联网的域名解析服务。校园网外用户需要通过清华大学虚拟专用网络(virtual private network, VPN)服务访问教学选课

系统。清华大学VPN服务向身处校园网环境外的师生提供SSL VPN和WebVPN两种VPN服务,均需要使用者通过清华大学统一身份认证系统的认证方可使用。其中,对于每一次VPN会话,SSL VPN都会使用一个不重复的内部网络IP地址;而对于WebVPN,多个使用者可以共享同一个内部网络IP地址。

本文获取了清华大学教学选课系统的日志并进行了分析。日志包含两部分,一是网络服务器的日志,二是教学选课系统后端的日志。网络服务器的每条日志代表对服务器的一次HTTP请求,包含部分HTTP^[23]层和部分IP^[24]层的信息(示例日志见图1)。每条日志由9个域组成:1) IP地址(已匿名化),2) 访问时刻,3) HTTP请求,4) 请求路径,5) HTTP版本,6) HTTP状态码,7) HTTP内容长度,8) 主机名,9) UA字符串。每个域都体现着发起请求的用户的部分信息。例如,从IP地址可以追溯请求的网络IP来源;从访问时刻可以对用户访问系统的时间分布进行分析;从HTTP请求、路径、状态码和长度可以对某些常用特定的网站功能的访问情况进行分析;而从UA字符串可以分析用户访问系统所使用的软件平台。

```
24.216.43.218 -- [24/Feb/2020:06:37:47 +0800]
"GET /yjs.xk.do?m=main HTTP/1.1" 200 2716
"http://thxk.tsinghua.edu.cn" "Mozilla/5.0
(Linux; Android 10; VOG-AL10)
AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko)
Chrome/70.0.3538.64 HuaweiBrowser/10.0.3.311"
```

图1 网络服务器日志示例

系统后端的日志(示例日志见图2)记录的是选课的情况,包含时刻、IP地址和脱敏后的选课信息。选课信息包含学号、学生类别(本科生或研究生)、操作、课程类别和会话ID等5部分。

```
2010022406:37:47 24.216.43.218 2016XXXXXX bks
xk sk cbaf0MHv1eCHXbws2Vtax
```

图2 系统后端日志示例

本文获得的日志数据共有约5300万条,其中2018年日志数据的起止时间为2018年2月27日至2018年3月13日,2019年日志数据的起止时间为2019年2月22日至2019年3月11日,2020年日志数据的起止时间为2020年2月3日至2020年3月4日。日志数据覆盖了清华大学2018、2019和2020年春季学期补退选和第1次退选(见表1)的所

有时段。

1.3 数据处理

本文对日志数据进行了清洗、整合与标准化处理。

首先是日志数据的清洗。本文发现日志中 HTTP 请求的文件类型主要有以下几类:一是请求的动态网页本身;二是附属的网页资源,如层叠样式表(cascading style sheets, CSS)、JavaScript、图片等。由于教学选课系统采用静态网页框架与动态内容的设计, CSS、JavaScript、图片等资源只在进入登录页面和登录成功时各请求一次,因此其请求次数与系统的登录次数是呈正相关的,其大小在每次登录时也是相同的,所以在分析时将网页资源的请求日志全部剔除。剔除后,剩余的日志数据量共约 3 118 万条。

在对 Web 的分析中,对网络会话(session)的划分尤为重要。本文将一个用户对系统完整访问的过程称为一次会话。在教学选课系统的背景下,会话可以简单地理解为从首次访问系统到退出系统(或长时间未继续请求)的过程。由于网络服务器的日志以请求为单位,且由于网络服务器的日志中没有会话的标识,需要手动对日志进行分割和整合,最终形成以会话为单位的数据。对于会话的分割和整合考虑以下几个要素。首先是登录行为,对于登录页面的请求可以认为是一次会话的开始;其次是请求的时间,如果 2 次请求的间隔超过 20 min,则教学选课系统会自动中止会话,所以间隔时间超过 20 min 的请求不会属于同一会话,可以进行分割;最后是 IP 地址与 UA 字符串,只有 IP 地址和 UA 字符串均相同,请求才可能是属于同一会话,否则可以分割。

另外,本文通过时间和 IP 信息,将系统后端日志插入到网络服务器日志中,即可以从网络服务器日志中获取后端日志包含的学生的选课信息。

本文使用 PostgreSQL^[21]数据库对所有的日志数据进行整理。在进行了数据清洗和会话整合后,形成 2 个数据库表:一是会话记录,其中包括会话的开始时间、截止时间、IP 地址和 UA 字符串;二是请求的记录,其中包括会话序号及网页服务器日志中单次请求包含的信息。经过数据清洗和整合,最终得到了约 3 559 万条 HTTP 请求记录、约 81 万条会话记录。

图 3 为 3 个年度网络服务器日志中补退选和第

1 次退选分布情况,反映的是网络请求的每天数量分布,图中展示的日志数量已经过清洗。粗略观察可以看出,3 个年度的请求数量在每个阶段中均随着时间降低,而 2020 年的每天请求和会话数量均明显低于 2018 和 2019 年。详细的分析将在后文给出。

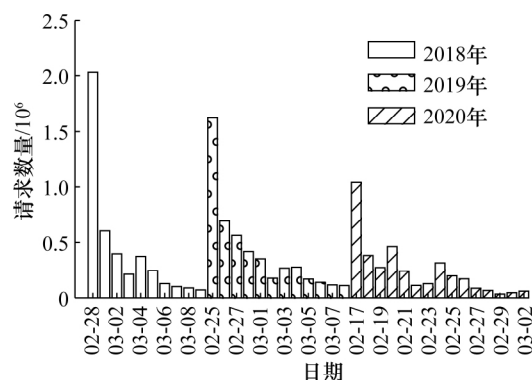


图3 网络请求的分布

2 会话属性

本文以一名普通学生的视角描述与教学选课系统的一次会话。首先,校外学生对教学选课系统的访问会被重定向至清华大学 VPN 系统,学生需要先登录清华大学 VPN 系统以进入校内网络。进入校内网络后,学生请求教学选课系统的登录页面及其页面元素资源,这标志着一次网络会话的开始。成功登录后,浏览器请求对应学生类别(本科生或研究生)的主页面框架元素。而后,学生在框架内选择各个功能入口,包括选课、退课、课表查询、剩余课容量查询等。在学生完成所有操作后,可选择退出系统或直接关闭页面,这标志着一次网络会话的结束。

这样的一次网络对话包含许多特征。首先,一次会话中所有请求有相同的来源,其中,源 IP 地址代表会话的网络来源,UA 字符串代表会话的软件来源,本文将这两者统称为会话的来源;其次,一次会话中包含多个 HTTP 请求,这些请求的数量、间隔、数据量、总时长均体现着用户的使用习惯,本文统称为会话中请求的属性。

2.1 会话来源

会话的来源包括 2 个方面:一是网络来源,即发起会话请求的 IP 地址;二是设备来源,即用户进行会话所使用的软件信息,可以从 HTTP 请求中的 UA 字符串中判断。

1) 网络来源——IP 地址分布。

由于教学选课系统仅可以通过校园网内部访问,因此请求包中 IP 层的地址均为校园网内地址。本文对网络服务器日志中的 IP 地址字段以前 16 位(/16)的粒度进行了统计和分析,统计 3 年中最常见的网段,结果如图 4 所示。为保证校园网的隐私安全,使用字母 A—F 替代 IP 地址的 0—16 位。另外,在所有网络地址中,本文发现 A. 21. 0/24(指 IP 地址前 24 位)网段在其母网段(A. 0. 0/16)中占比极高,在图中特别以白色斜线表示。

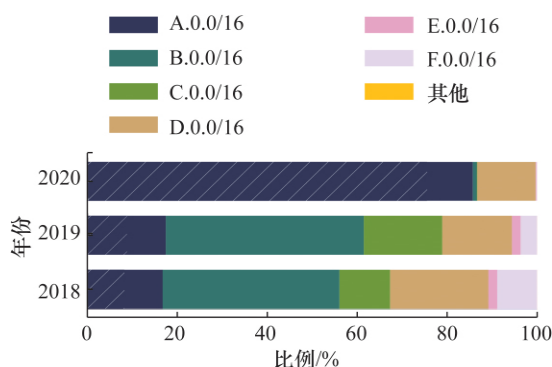


图 4 (网络版彩图) 用户 IP 分布

图 4 中网段在校园网中的具体分配情况如下: A. 21. 0/24 网段分配至清华大学 WebVPN 服务器使用; B. 0. 0/16 和 C. 0. 0/16 网段大部分分配至校园内无线网络使用,少部分分配至 SSL VPN 服务作为内部网络出口地址; D. 0. 0/16 分配至 SSL VPN 服务作为内部网络出口地址;剩余部分的 A. 0. 0/16 和 E. 0. 0/16 网段分配至办公、科研区的有线网络使用; F. 0. 0/16 网段分配至住宅、宿舍的有线网络使用。

从图 4 可以发现,在 2018 和 2019 年,约有 60% 的会话来自校内无线网络,25% 以上的会话来自校园 VPN 服务,不足 25% 的会话来自于校内各处的有线网络。而在 2020 年,会话来源的 IP 地址分布呈现出了完全不同的特征。至少有超过 98% 的会话来自于校园 VPN 服务,剩余不足 2% 的会话来源不能确定。本文无法从会话的网络分布占比直接推理得到学生的地理位置占比,但是二者表现出的趋势是基本相同的。这样的数据反映出疫情期间在校学生极少,绝大部分学生均在校园网外,需要通过校园 VPN 服务访问教学选课系统。

2) 软件来源——UA 字符串。

UA 字符串是 HTTP 协议中请求报头中的可选域,通常由代表用户行为的软件代理程序所提

供,作为该程序对自己的标识符^[23]。网络服务器可以根据 UA 字符串判断请求来源的软件。在 HTTP 协议中,UA 字符串标注的来源软件通常是用户使用的网络浏览器和操作系统。由此,UA 字符串被用于内容协商,即网络服务器可根据用户使用的不同操作系统和浏览器返回不同的内容,以优化网站的功能或性能。

本文对所有会话的 UA 字符串进行了整理,以推测用户访问教学选课系统时使用的操作系统及浏览器信息。由于浏览器的内核日益趋同,由 UA 字符串难以对浏览器的类别作出清晰的判断,而操作系统的信息在 UA 字符串中体现得十分明显。例如,Windows 平台浏览器发送 HTTP 请求时 UA 字符串会包含有“Windows NT”字样及版本号,macOS 平台浏览器发送 HTTP 请求时 UA 字符串会包含有“Macintosh”字样及版本号等等。据此,可以对所有会话信息进行分类,得出该会话中用户所使用的操作系统信息。需要说明的是,HTTP 请求中带有的 UA 字符串可以由发起请求的软件任意修改,如果用户使用非正规渠道下载的非常见浏览器,浏览器提交的 UA 字符串存在伪造、不按照规范填写等可能性。本文对日志数据中的 UA 字符串进行比对,发现其中超过 99% 的 UA 字符串是明确、规范、可辨别的。因此本文认为,在此数据集上通过 UA 字符推测操作系统的方法是较为准确、合理的。

图 5 为利用会话的 UA 字符串推测出的来自不同操作系统的会话分布。2018 和 2019 年,来自 Windows 操作系统的会话占比分别约为 63% 和 64%,来自 macOS 操作系统的会话占比分别约为 18% 和 20%,来自桌面操作系统的会话(Windows、macOS 和 Linux)占比之和分别约为 83% 和 85%。在移动端,来自 Android 操作系统的会话占比从 2018

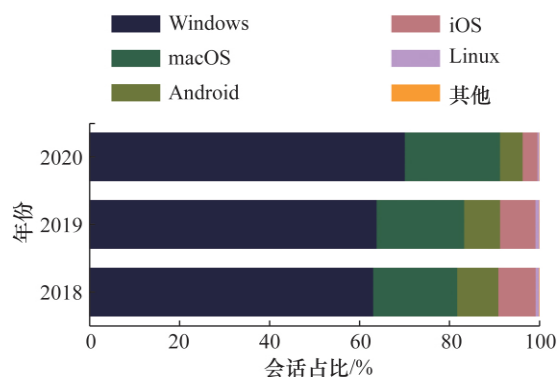


图 5 (网络版彩图) 来自不同操作系统的会话分布

年超过 8% 下降至 2019 年不足 7%; 而这 2 年来自 iOS 操作系统的会话占比基本相同, 略高于 7%。而在 2020 年, 来自桌面操作系统的会话急剧增长, 占比达到 91% 以上, 来自 Android 和 iOS 操作系统的会话占比仅分别约为 5% 和 4%。由此可见, 在疫情期间, 来自桌面操作系统的会话明显增多, 来自移动操作系统的会话明显减少。

本文认为, 这种现象的出现与学生对教学选课系统的访问复杂性增加有关。学生在校期间通过校园网可以直接访问教学选课系统, 所以使用移动设备执行操作较为便捷; 而在疫情期间, 学生处于校园网外, 访问教学选课系统需要通过 VPN 服务, 在移动设备上执行这种较为复杂的访问流程显然并不方便, 这就导致了来自移动设备的会话明显减少。

进一步, 将各个操作系统每个版本的会话量进行了详细的对比, 如表 2—5 所示。每张表中, 用深灰色代表了各个操作系统的最新版本占比, 浅灰色代表次新版本占比。

首先是桌面操作系统。对于 Windows 操作系统(见表 2), Windows 10 毫无疑问占据着绝对主流的地位, 来自 Windows 10 的会话占比在 2019 年提升了 9%, 在 2020 年提升了 5%, 最终达到了约 94%; 与之相对的, 来自其他版本的 Windows 系统的会话占比大幅减小。这一定程度上可以说明, Windows 10 随着时间的变化和硬件的更替, 正在逐渐被用户所接受。macOS 操作系统(见表 3)呈现了不同的规律。在 2018 和 2019 年时, 约有一半的会话来自最新版本的 macOS; 而在 2020 年, 只有不足 42% 的会话来自最新版本。显然, 用户对于 macOS 10.15 的接受程度低于 macOS 10.14, 这可能是 macOS 10.15 频繁故障事件^[25]导致的。

表 2 来自不同版本 Windows 操作系统的会话占比 %

年份	版本 10	版本 8.1	版本 8	版本 7	其他版本
2018	79.55	5.71	0.77	12.42	7.26
2019	88.95	2.69	0.35	7.19	0.82
2020	93.95	1.13	0.11	4.47	0.34

表 3 来自不同版本 macOS 操作系统的会话占比 %

年份	版本 10.15	版本 10.14	版本 10.13	版本 10.12	其他版本
2018	—	—	47.12	29.66	23.22
2019	—	51.35	28.18	11.22	9.25
2020	41.82	34.86	14.63	5.97	2.72

而在移动端, 大部分 iOS 操作系统的用户在第一时间升级到最新版本的系统(见表 4), 这是由于 iOS 拥有统一的升级渠道。与之相比, Android 操作系统的最新系统版本使用人数占比较低, 其背后的原因在于 Android 操作系统的可定制化和碎片化现象。由表 5 可知, 3 年间 Android 操作系统的版本升级情况有了明显的进步。2018 年, 来自 Android 最新版本的会话占比仅约 17%, 这个数据在 2020 年大幅提升到了约 40%。来自旧 Android 版本(指落后最新版本 2 代及以上)的会话占比也从约 27% 下降到了约 14%。本文认为这样的改变背后可能有 2 方面的原因。首先, 由图 5 可以看出, 3 年中来自 Android 的会话在来自移动操作系统的会话占比从 48.3% 提升至 57.4%, 可以推测有一定数量的用户从 iOS 设备更换为 Android 设备; 其次, 近些年来, 使用 Android 操作系统的手机厂商在不断提升系统版本升级的频率, 这也使得 Android 的系统升级相比过去更为普遍。

表 4 来自不同版本 iOS 操作系统的会话占比 %

年份	版本 13	版本 12	版本 11	版本 10	其他版本
2018	—	—	73.45	20.91	5.64
2019	—	69.70	24.59	3.94	1.77
2020	64.12	23.19	9.98	1.38	1.33

表 5 来自不同版本 Android 操作系统的会话占比 %

年份	版本 10	版本 9	版本 8	版本 7	其他版本
2018	—	—	16.81	56.36	26.83
2019	—	28.42	52.03	12.14	7.41
2020	40.45	46.02	8.40	3.67	1.46

2.2 会话中请求的属性

若干次网络请求组成一次网络会话, 进而, 网络会话的很多属性是由其中的网络请求赋予的。会话中请求的属性多种多样: 第一次请求和最后一次请求之间的时间差代表了一次会话持续的时间长度; 每一次请求的 HTTP 回复包的数据量之和构成了一次会话的总数据量大小; 请求之间的时间间隔的平均值可以代表会话中用户的操作频率。其中, 本文将一次会话的第一次请求到最后一次请求的时间间隔作为该会话的时间长度; 合计所有 HTTP 请求的回复长度作为会话的数据大小。所有数据均剔除了对网页资源的请求(详见节 1.3)。本节将描绘这些会话特征与时间、用户设备呈现出的关系, 探寻这样的关系是否在疫情的背景下出现

变化。

由节 1.3 可知,教学选课系统的网页框架在一次会话中只请求一次,剩余的请求均为对 HTTP 页面的请求,每个请求的 HTTP 回复的数据量较为平均,所以会话产生的数据量大小与会话中的 HTTP 请求数量呈正相关。简洁起见,在本节后续将用“会话中的 HTTP 请求数量”替代“会话产生的数据量大小”这一指标。请求之间的时间间隔的分布在不同年份、不同时段、不同学生群体中没有出现明显的差异,在本节的分析中将不再关注。

1) 会话属性的时间分布。

图 6 和 7 分别为 2019 和 2020 年本科生补退选阶段每天的会话持续时间、会话的 HTTP 请求数量。2 年呈现的数据规律较为相似:每年的平均会话持续时间均在 250 s 以上,平均每次会话的 HTTP 请求数量均在 20 次以上,且均在阶段的第一天和最后一天达到高峰。而 2 年间也存在一些差别:2020 年的平均会话持续时间比 2019 年降低了约 20 s,平均每次会话的 HTTP 请求数量下降了 2 次。

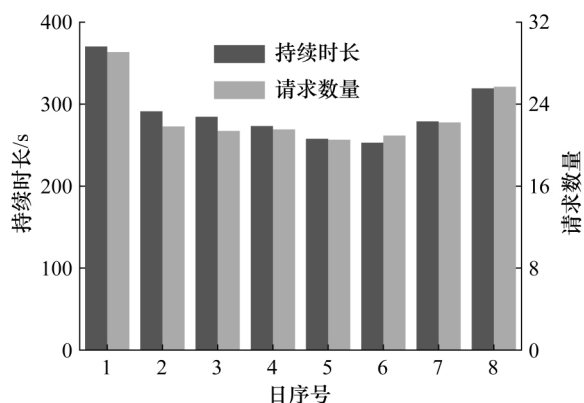


图 6 2019 年每天平均会话时间长度和会话包含的请求数目

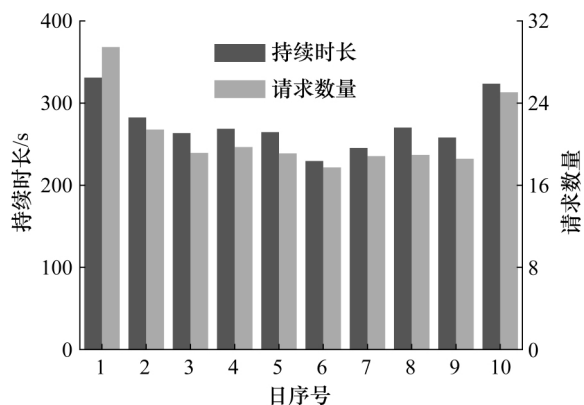


图 7 2020 年每天平均会话时间长度和会话包含的请求数目

学生在教学选课系统上花费的时间和操作的次数减少,本文猜测其背后的原因与学生所处的环境

息息相关。在疫情期间,脱离了校园的环境,学生在家中的注意力不完全在学业,也没有周围同学的影响与对比,这使得学生每次访问教学选课系统时带有更强的目的性,完成目标后访问其他功能的频次降低,所以一次会话的持续时间和请求数量降低。

2) 会话中请求的特征与访问设备操作系统的关系。

图 8 和 9 分别为 2019 和 2020 年会话中请求的特征与访问设备操作系统之间的关系。可以看出,桌面设备(Windows、macOS 和部分 Linux)发起的会话持续时间和请求次数均明显高于移动设备(Android、iOS)。2020 年,桌面设备的平均会话时间降低了约 25 s,但移动设备的平均访问时间与 2019 年基本持平,二者的差距明显减小。对于桌面设备,学生访问时更强的目的性导致了平均访问时间的下降。以往学生使用移动设备访问多是因为步骤较简单。在 2020 年如此繁琐的访问步骤下,依旧使用移动设备的学生更多的是因为无法使用桌面设备而“不得不”使用移动设备,所以使用移动设备的会话时长和操作次数与使用桌面设备的差距减小。

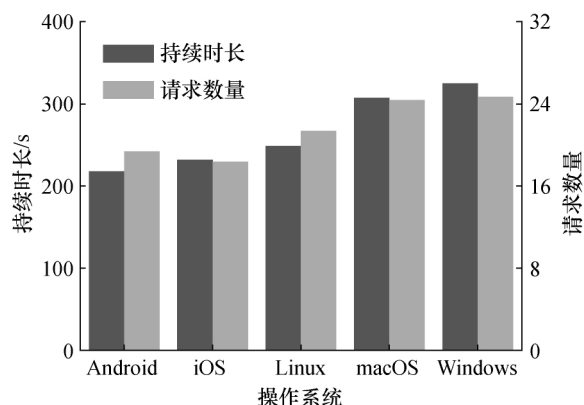


图 8 2019 年不同平台平均会话时间长度和会话包含的请求数目

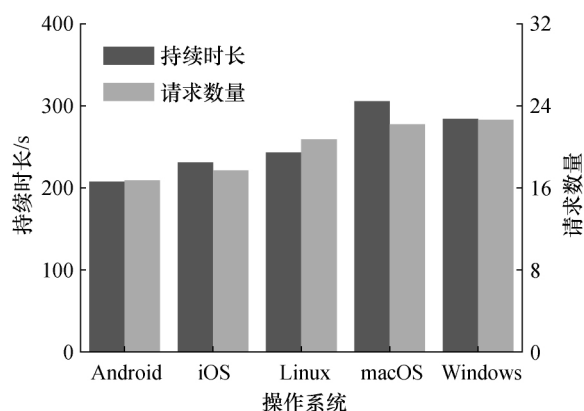


图 9 2020 年不同平台平均会话时间长度和会话包含的请求数目

3 会话分布

由于疫情的影响,对比3年的日志数据,网络会话在时间分布上呈现出了不同的特征。选课各个阶段中每天的会话量分布和一天中各小时会话量分布所呈现的规律在3年间均有差异。

由于疫情的影响,绝大多数学生在家中通过VPN访问教学选课系统。学生访问教学选课系统更加复杂,再加上脱离了校园的环境,学生访问教学选课系统的意愿降低,这可能导致会话的总数量降低。并且,学生在家中失去统一、固定的作息习惯,这可能导致影响会话的时间分布更为离散。

3.1 补退选阶段会话分布

图10为本科生补退选阶段每天会话数量。可以看出,3年间每天会话量的总体趋势基本相同:补退选阶段开始的第一天会话量最高,而后依次降低,直至结束的前1~2天呈现略显回升的趋势,而最后一天的会话量总是最低的。这里呈现出的趋势易于理解:在补退选阶段开始之初,学生最为积极地抢选课程,所以第一天会话量达到顶峰;而后几天选到课程的可能性逐渐降低,越来越多的学生已经选到满意的课程,所以会话量逐渐下降;而结束前1~2天学生会登录系统确认选择无误,因而会话量会有一定的回升;而最后一天系统仅开放8h,故会话量极低。

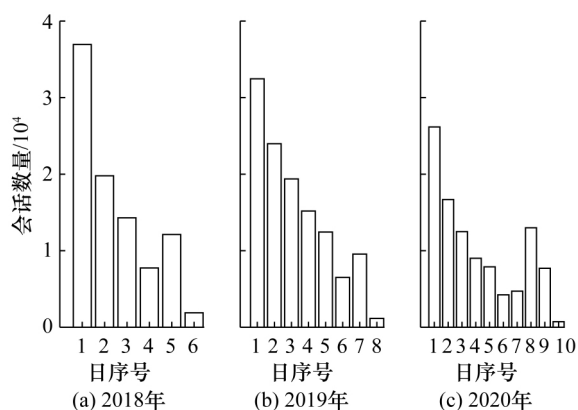


图10 本科生补退选阶段会话分布

但是2020年的每天会话量远低于2018和2019年,而2018和2019年的日均会话量相近。2020年日均会话量相比2018年下降33%,相比2019年下降32%。在清华大学本科生总数量变化甚微的情况下,这样的下降说明了在远程学习的现状下,平均每位本科生访问教学选课系统的次数有明显的减少。另外,相比2018和2019年,2020年

补退选阶段中每天的会话量变化更加剧烈、不均衡,这种不均衡尤其体现在第5~9天,其中第8天的单日会话量达到第7天的近2.5倍。

本文认为这些特征的背后有3方面的原因:一是学生需要通过VPN访问教学选课系统,访问过程变得繁琐,非必要情况下学生的访问意愿明显下降;二是学生脱离了学校的环境,身边没有同学的沟通与讨论,这使得学生对学习、选课的关注频率和关注程度下降;三是学生的家庭和生活在一定程度上占用了时间精力,这也使得学生对于学习、选课的关心程度有所下降。

3.2 单天会话分布

图11和12为学生会话的开始时间在一天当中的分布情况。由于每个选课阶段开始和结束时会出现大量学生集中访问教学选课系统的情况,因此本文剔除掉所有阶段开始和结束日的数据,以便于更好地观察学生对教学选课系统的访问规律。

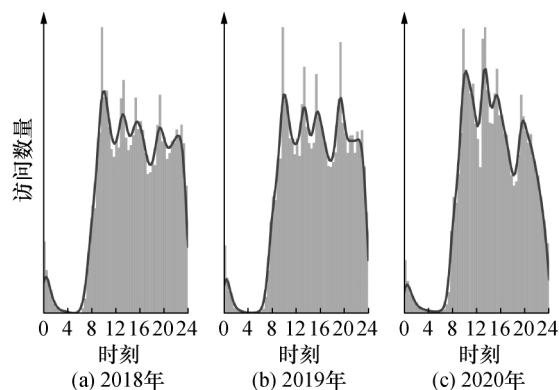


图11 本科生每天会话分布

2018和2019年在校期间,本科生白天对于教学选课系统的访问较为均衡,一天中在9时45分、13时20分、15时20分和19时15分左右达到小高峰,这些时间分别恰恰是第3、6、8和12节课的上课时间;而在晚上,从19时30分至23时0分的访问量较为均衡,而后逐渐下降,但仍有3%~4%的会话来自23时0分以后的深夜。与之相对比,2020年疫情期间,白天的访问高峰与2019年相同,但是除高峰外其他时间会话量均有大幅度的下降,在12时30分、18时0分均出现了明显的谷底。晚上的会话量从19时15分的高峰过后持续下降,23时0分后的会话量只占全天的约1.8%。

可以看到,本科生在疫情期间,每天的会话量高峰更加集中、低谷更加明显。频繁的课程使本科生在大部分时间依旧保持着规律的作息,但是课程

以外的时间访问教学选课系统的积极性明显降低,这也是脱离了校园环境所导致的。值得注意的是,在校期间由于有统一熄灯制度,本科生的访问次数在 23 时 0 分后有断崖式的下降;而疫情期间,本科生在 23 时 0 分以后访问教学选课系统的次数明显减少。结合白天的访问规律,本文认为这也是学生在课下访问教学选课系统的积极性降低所导致的结果。

研究生每天会话分布出现了与本科生不同的特征。从图 12 可以看出,研究生 2018 和 2019 年在校期间对教学选课系统的访问非常规律,图中出现了上午、下午、晚上 3 部分密集的访问高峰和午餐、晚餐 2 部分明显的访问低谷。而在 2020 年疫情期间,研究生的访问高峰与低谷的差异显然减小,说明研究生的作息(就餐和休息)时间在离校期间明显更加不统一。

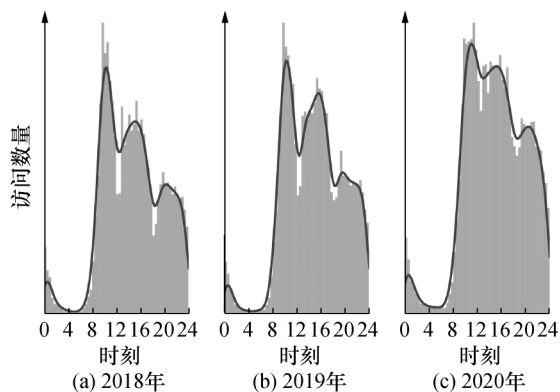


图 12 研究生每天会话分布

综合 3 年中研究生在教学选课系统的会话量分布可以看出,研究生的工作时间可以较为清晰地分为上午、下午、晚上 3 个部分,工作时间方面下午和晚上明显长于上午;每小时会话量方面上午明显高于下午和晚上,反映出研究生更倾向于在上午的时段获取信息。

总体而言,在失去了校园环境的约束后,本科生依旧会被课程的时间所约束,每天的作息时间因课程而保持规律,但是在课下时间关注选课的积极性明显下降。对于研究生而言,课程的数量较少,日常的时间专注于对课题的研究,脱离了学校环境的约束后,可以完全按照自己的喜好和习惯安排作息,作息自然没有在校期间统一。

3.3 会话分布的相关性

本文利用系统后端日志中携带的学号信息对 3 年中均有选课操作的学生进行了筛选,并对他们每

年访问选课系统的时间分布进行了相关性检验,结果如图 13 所示。1 天时间分为 4 段: 0 时至 6 时为凌晨, 6 时至 12 时为上午, 12 时至 18 时为下午, 18 时至 24 时为夜晚。

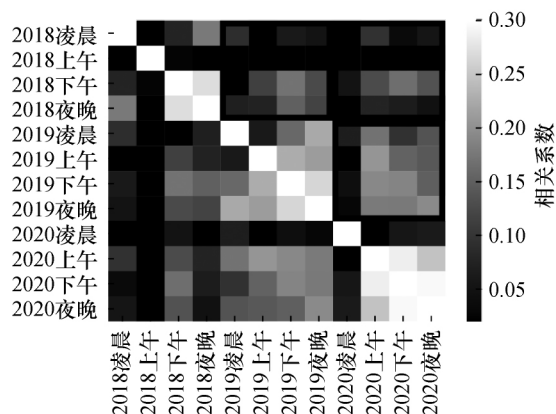


图 13 每年不同时间会话数量的相关性

图 13 表明,单个学生对于选课系统的访问时间喜好在 3 年中并没有呈现强相关。但是依然可以看出一些规律: 学生在 2018 年下午选课的数量与 2019 年下午、2020 年下午选课的数量呈弱相关 ($r=0.17, p<0.05$), 2019 年上午与 2020 年上午选课的数量呈弱相关 ($r=0.20, p<0.05$)。这表明学生每年的选课时段是有一定的倾向和规律的。

4 讨论与分析

上文对选课系统日志各个角度的数据进行了分析,结果表明学生在疫情期间的表现相比往年同期有不同的特点。其中最大的不同是学生对选课系统的访问积极性大幅下降,这体现在访问次数、时长、分布等多个方面。

4.1 疫情对于学生心理的影响

2020 年初,新型冠状病毒引发的肺炎疫情骤然席卷全球。疫情与中国农历新年的重合使所有人都笼罩在其影响之中,媒体频繁播报和推送的疫情新闻触目惊心。这使得所有人的心理都受到了一定的冲击,无法正常返校学习的大学生群体尤为严重。Cao 等^[26]对中国大学生在新冠肺炎疫情影响下的心理健康问题进行了详细的调查研究,发现在受访的大学生中,约 24.9% 的学生出现了明显的焦虑(anxiety)和低落(depression)心理,0.9% 的学生患有重度焦虑。在导致焦虑的因素中,除疾病蔓延、物资短缺、新闻放大等原因外,疫情导致的学习延迟也是其中之一。数据表明,学习延迟与学生的焦虑程度成中度正相关 ($r=0.315, p<0.001$)。这一

点也被文^[27-28]所证明。

文^[29-31]分别以美国、中国、瑞士为例,分别通过智能手机、调查问卷、社交网络的角度研究了本国大学生在新冠肺炎疫情期间的心理状态。其中,静止时间长、低落情绪和焦虑心理普遍存在于3个国家的大学生群体当中。研究表明,在居家隔离的过程中,长时间的静止、缺少人与人之间的互动和情感支持、物理上的孤独均会导致低落情绪和焦虑心理。

事实上,疾病或疫情致使的焦虑和低落早就被研究人员所发现。早在2003年的SARS疫情^[32]期间,学生人群中超过9%出现了明显的焦虑和低落心理,许多甚至因此遭受了失眠的困扰^[33-34]。

4.2 线上教学对于学生的影响

《本科生教学实践的七项原则》^[35]表明良好的大学教育应提倡师生互动、学生之间的合作、主动学习和主动反馈。一直以来,线上教学的实施方(学校、教师)和平台软件提供方均在努力缩小线上教学与线下教学之间的差距,然而缺少面对面的互动、交流和合作仍会导致学生的学习效率降低^[36-38],这一点在需要广泛讨论交流的大学生课程中尤为显著。更为重要的是,Sanders^[39]认为通信技术无法替代学生与老师、学生与学生之间的物理接触和在讨论或课堂休息时的某些偶然瞬间。Pekrun等^[40]提出,线上教学时学生仅可以与同伴在线交流,而这种交流常常蕴含着更少的情感因素,使得学生在情绪上更难以达到积极的状态。

疫情期间统一施行的全面、强制线上教学,使得学生与同学、教师之间无法建立强烈的情感纽带,对学习的情绪难以达到积极状态。另外,对于涉及实践的课程或需要合作的课程,线上教学的劣势就会逐渐展现,学生无法获得与线下教学相同的学习效果。综合而言,学生在线上教学期间对学习的积极性下降,从而会减少对课程的关心与选择。

4.3 所处环境对于学生心理的影响

疫情期间,学生处在家庭环境当中,在日常生活中并不会与老师、同学接触,而是要每天面对父母和家庭事务。直觉上,如果父母能够配合学校完成学习工作,在家中线上学习应该能够达到不错的效果。然而,Pajarianto等^[41]对印度尼西亚学生线上学习的环境状态的调查研究表明事实并非如此。在大规模施行线上学习的前提下,教师与往常一样布置家庭作业,然而缺少了学习的环境和同学

的陪伴,学生很难以同样的效率完成作业任务,从而产生很大的心理压力。同样的,家庭环境中的各种事务也会占据学生的精力,精力的分散也会成为学生心理压力的源头。而学生的心理压力往往会成为焦虑、低落的诱因^[42]。

4.4 学生心理及其学习能动性

学生的学习能动性定义为学生主观上对学习过程的意愿、需求和渴望。学生自身的心理和情绪会极大地影响学生学习能动性^[29,40,43]。

人的情绪可以从情绪性质和情绪强度2个维度评估。情绪性质指的是情绪的积极和消极,例如高兴为积极情绪,悲伤为消极情绪;情绪强度指的是情绪的持续时间,例如平和为弱(常态性)的情绪,而生气为强(激活性)的情绪。研究发现,学生的情绪与其学习能动性是相关的,在线上学习的过程中这个现象更为明显^[44-46]。Pekrun等^[40]的研究表明,在不同的心理状态下,不同的学习方法会有不同的作用。在激活性积极情绪下,应采取灵活的学习方式;而在负面情绪下,应坚持更严格、更注重细节的学习。焦虑等激活性消极情绪会使学生的认知能力下降,即对难度大的学习任务表现更差。其原因在于,焦虑、情绪低落等消极心理状态会使学生产生与学习无关的思维,从而占据学生思考的精力,并破坏学生学习的内在动力。

4.5 小结与建议

疫情对于学生的影响是多方面的。首先,疫情本身会使学生群体产生焦虑和低落心理;其次,疫情带来的线上教学使学生与同学、老师之间无法建立强烈的情感纽带,部分课程教学效果比线下差;再次,学生在家庭环境中会产生更难以排解的压力,压力可能转换为焦虑、低落情绪。而学生的心理健康,尤其是焦虑、低落等激活性消极情绪,会使学生的学习能动性下降。所以,这些影响的最终表现即是疫情期间学生对待课程和学习的积极性下降。

随着疫情防控的常态化,线上、线下教学在未来的很长一段时间内会同步进行。如何提高线上教学时学生的积极性是需要思考解决的问题。学生的学习能动性主要受到自主性、明确性和外界的反馈3个客观因素的控制^[43]。自主性是指学生能够自主选择学习和研究的权利;明确性是指学生对学习目标和成果要求的明确程度;外界反馈是指协助者(教师或助教)对学生的反馈和指导。从自主性而

言,课程的任务要求可以设置得更为灵活,并给予学生自主选择的权利。例如,由于学生之间的合作交流受限,适当的缩减课程难度并由单人完成课程项目比多人合作更为有效。从明确性而言,应摒弃过去以期末项目或考试结课的方式,而将课程任务的完成时间均匀地分散到学期当中,使学生在每一阶段明确自己需要完成的小任务,从而调动起学生的积极性。从外界反馈而言,由于线上教学中缺少师生、学生与学生之间的情感交流,课堂中的互动安排应比往常更灵活和频繁,例如利用网络教学平台的小组功能开设小组讨论课。这样才可以使学生完全融入到课堂,更加沉浸到学习中。

5 结 论

本文以清华大学为例,以学期初所有学生都会访问的教学选课系统的服务器日志为切入点,对高校学生在2020年新型冠状病毒肺炎疫情前后的学习、生活特点进行了数据分析。将服务器日志进行HTTP请求级别的清洗、整合和标准化,以不同的视角对数据进行了可视化与解读。可以发现,疫情期间至少有超过98%的访问来自校园外。学生在校园外面临的情况与在校内相比有3点不同:一是校园外对教学选课系统的访问变得更加复杂;二是脱离了校园环境,没有了老师、同学和校园活动所营造的学习氛围;三是家庭事务和更充裕的生活时间占用了学生的部分精力。本文对教学选课系统服务器日志的分析印证了学生选课积极性下降的问题。在对教学选课系统的访问中,使用移动设备访问系统的人次下降了约7%;系统的总访问量下降25%~47%,在没有课程的时间段内下降更为明显;系统的平均访问时长下降了约8%。

对于学生选课积极性下降的问题,本文借助心理学和教育学的思想作为指导,认为学校应从自主性、明确性和外界反馈3方面提高学生的学习能动性。在学科要求、课程安排和课堂模式这3方面均应向更加灵活、更加明确和更多互动的方向调整。同时,辅导员、导师等也应在线上学习期间更加关注学生的生活状态,鼓励学生在家庭中保持学习的积极性。

参考文献 (References)

- [1] WHO. Coronavirus disease (COVID-19) pandemic [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.

- [2] 李爽, 张宇. 非常态下北京城市交通系统规划建设[J]. 城市交通, 2020, 18(3): 28-32.
LI S, ZHANG Y. Urban transportation system planning under the COVID-19 pandemic in Beijing [J]. Urban Transport of China, 2020, 18(3): 28-32. (in Chinese)
- [3] 兰虹, 赵佳伟. 新冠疫情背景下新零售行业发展面临的机遇、挑战与应对策略[J]. 西南金融, 2020(7): 3-16.
LAN H, ZHAO J W. Opportunities, challenges and coping strategies faced by the development of new retail industry under the COVID-19 epidemic situation [J]. Southwest Finance, 2020(7): 3-16. (in Chinese)
- [4] 滕婷, 夏琳, 熊慧清, 等. 新冠肺炎疫情下大学生心理状态调查[J]. 心理月刊, 2020, 15(14): 31-31, 33.
TENG T, XIA L, XIONG H Q, et al. Investigation on the psychological state of college students under the COVID-19 Epidemic Situation [J]. Psychologies, 2020, 15(14): 31-31, 33. (in Chinese)
- [5] 张珊珊, 周心怡, 刘克涛, 等. 新冠肺炎疫情下高校学生心理防疫教育的探讨: 以北京中医药大学为例[J]. 心理月刊, 2020, 15(9): 1-2, 7.
ZHANG S S, ZHOU X Y, LIU K T, et al. Discussion on psychological prevention of college students under the outbreak of novel coronavirus pneumonia: A case study of Beijing University of Chinese Medicine [J]. Psychologies, 2020, 15(9): 1-2, 7. (in Chinese)
- [6] 王亚. 疫情防控期间大学生焦虑水平及其影响因素研究[J]. 教师教育学报, 2020, 7(3): 76-83.
WANG Y. A study on college students' anxiety levels and influencing factors during the novel coronavirus prevention period [J]. Journal of Teacher Education, 2020, 7(3): 76-83. (in Chinese)
- [7] 中华人民共和国教育部. 教育部应对新型冠状病毒感染肺炎疫情工作领导小组办公室关于在疫情防控期间做好普通高等学校在线教学组织与管理工作的指导意见 [EB/OL]. [2020-06-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202002/t20200205_418138.html.
Ministry of Education of the People's Republic of China. MOE issues instructions for deployment of HEI online teaching [EB/OL]. [2020-06-01]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202002/t20200205_418138.html. (in Chinese)
- [8] Tsinghua University. Notice to adjust the teaching schedule for spring semester [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://news.tsinghua.edu.cn/en/info/1012/10315.htm>.
- [9] 学堂在线. 雨课堂 [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.yuketang.cn/>.

- XuetangX. Rain Classroom [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.yuketang.cn/>. (in Chinese)
- [10] Zoom Video Communications. Zoom [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://zoom.us>.
- [11] VooV Meeting. VooV Meeting [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://voovmeeting.com/>.
- [12] 焦建利, 周晓清, 陈泽璇. 疫情防控背景下“停课不停学”在线教学案例研究 [J]. 中国电化教育, 2020(3): 106-113.
JIAO J L, ZHOU X Q, CHEN Z X. Case analysis of the online instruction in the context of “classes suspended but learning continues” for plague prevention [J]. China Educational Technology, 2020(3): 106-113. (in Chinese)
- [13] 姜卉, 姜莉杰, 于瑞利. 疫情延期开学期间反馈互动式在线教学模式的构建 [J]. 中国电化教育, 2020(4): 40-41.
JIANG H, JIANG L J, YU R L. Construction of feedback-interactive online teaching mode during the epidemic [J]. China Educational Technology, 2020(4): 40-41. (in Chinese)
- [14] 杨金勇, 裴文云, 刘胜峰, 等. 疫情期间在线教学实践与经验 [J]. 中国电化教育, 2020(4): 1-13.
YANG J Y, PEI W Y, LIU S F, et al. Online teaching practice and experience during the epidemic [J]. China Educational Technology, 2020(4): 1-13. (in Chinese)
- [15] 胡小平, 谢作栩. 疫情下高校在线教学的优势与挑战探析 [J]. 中国高教研究, 2020(4): 18-22, 58.
HU X P, XIE Z X. On the advantages and challenges of online teaching & learning in universities & colleges under the epidemic [J]. China Higher Education Research, 2020(4): 18-22, 58. (in Chinese)
- [16] 张得保, 秦春波, 张辉, 等. 新冠肺炎疫情下普通高校体育课在线教学的实施与思考 [J]. 沈阳体育学院学报, 2020, 39(3): 1-8.
ZHANG D B, QIN C B, ZHANG H, et al. Implementation and thoughts of online teaching of physical education in colleges and universities under COVID-19 epidemic [J]. Journal of Shenyang Sport University, 2020, 39(3): 1-8. (in Chinese)
- [17] 梁林梅, 蔡建东, 耿倩倩. 疫情之下的中小学在线教学: 现实、改进策略与未来重构: 基于学习视角的分析 [J]. 电化教育研究, 2020, 41(5): 5-11.
LIANG L M, CAI J D, GENG Q Q. Online teaching in primary and secondary schools under the epidemic: Reality, improvement strategy and future reconstruction: Analysis from learning perspective [J]. e-Education Research, 2020, 41(5): 5-11. (in Chinese)
- [18] 邬大光. 教育技术演进的回顾与思考: 基于新冠肺炎疫情背景下高校在线教学的视角 [J]. 中国高教研究, 2020(4): 1-6, 11.
- WU D G. The retrospect and reflection of educational technology evolution: Online teaching in universities under the epidemic situation [J]. China Higher Education Research, 2020(4): 1-6, 11. (in Chinese)
- [19] 谢幼如, 邱艺, 黄瑜玲, 等. 疫情防控期间“停课不停学”在线教学方式的特征、问题与创新 [J]. 电化教育研究, 2020, 41(3): 20-28.
XIE Y R, QIU Y, HUANG Y L, et al. Characteristics, problems and innovations of online teaching of “no suspension of classes” during the period of epidemic prevention and control [J]. e-Education Research, 2020, 41(3): 20-28. (in Chinese)
- [20] 唐燕儿, 关淑文. 基于霍姆伯格远程教育思想的在线教学创新策略研究: 以疫情期间成人高等教育在线教学为例 [J]. 中国电化教育, 2020(5): 27-33.
TANG Y E, GUAN S W. Research on innovative strategies of online teaching based on Bolmberg's distance education thought: Taking online teaching of adult higher education during the epidemic as an example [J]. China Educational Technology, 2020(5): 27-33. (in Chinese)
- [21] The PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL: The world's most advanced open source relational database [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.postgresql.org/>.
- [22] 新华社. 北京市教委: 下学期做好线上线下学习的双重准备 [EB/OL]. [2020-06-01]. http://www.xinhuanet.com/2020-06/17/c_1126125132.htm.
Xinhua News Agency. Beijing Municipal Commission of Education: Make preparations for both online and offline learning next semester [EB/OL]. [2020-06-01]. http://www.xinhuanet.com/2020-06/17/c_1126125132.htm. (in Chinese)
- [23] IETF. Hypertext transfer protocol: HTTP/1.1 [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://tools.ietf.org/html/rfc2616>.
- [24] IETF. Internet protocol [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://tools.ietf.org/html/rfc791>.
- [25] MACWORLD. Users report serious problems with macOS Catalina 10.15.4 [EB/OL]. [2020-06-01]. <https://www.macworld.co.uk/news/mac-software/problems-macos-catalina-10154-3785841/>.
- [26] CAO W J, FANG Z W, HOU G Q, et al. The psychological impact of the COVID-19 epidemic on college students in China [J]. Psychiatry Research, 2020, 287: 112934.
- [27] CORNINE A. Reducing nursing student anxiety in the clinical setting: An integrative review [J]. Nursing Education Perspectives, 2020, 41(4): 229-234.

- [28] TANG W J, HU T, HU B D, et al. Prevalence and correlates of PTSD and depressive symptoms one month after the outbreak of the COVID-19 epidemic in a sample of home-quarantined Chinese university students [J]. *Journal of Affective Disorders*, 2020, 274: 1–7.
- [29] HUCKINS J F, DASILVA A W, WANG W, et al. Mental health and behavior of college students during the early phases of the COVID-19 pandemic: Longitudinal smartphone and ecological momentary assessment study in college students [J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22(6): e2018.
- [30] LIANG L L, REN H, CAO R L, et al. The effect of COVID-19 on youth mental health [J]. *Psychiatric Quarterly*, 2020; 91: 841–852.
- [31] ELMER T, MEPHAM K, STADTFELD C. Students under lockdown: Comparisons of students' social networks and mental health before and during the COVID-19 crisis in Switzerland [J]. *Plos One*, 2020, 15(7): 236–337.
- [32] WHO. SARS (severe acute respiratory syndrome) [EB/OL]. [2020-09-01]. <https://www.who.int/ith/diseases/sars/en/>.
- [33] CHEN R, CHOU K R, HUANG Y J, et al. Effects of a SARS prevention programme in Taiwan on nursing staff's anxiety, depression and sleep quality: A longitudinal survey [J]. *International Journal of Nursing Studies*, 2006, 43(2): 215–225.
- [34] JOHAL S S. Psychosocial impacts of quarantine during disease outbreaks and interventions that may help to relieve strain [J]. *The New Zealand Medical Journal*, 2009, 122(1296): 47–52.
- [35] CHICKERING A W, GAMSON Z F. Seven principles for good practice in undergraduate education [J]. *Biochemical Education*, 1989, 17(3): 140–141.
- [36] BULLEN M. Participation and critical thinking in online university distance education [J]. *Journal of Distance Education*, 1998, 13(2): 1–32.
- [37] TERRELL S R, DRINGUS L P. An investigation of the effect of learning style on student success in an online learning environment [J]. *Journal of Educational Technology Systems*, 2000, 28(3): 231–238.
- [38] WARD M, NEWLANDS D. Use of the Web in undergraduate teaching [J]. *Computers & Education*, 1998, 31(2): 171–184.
- [39] SANDERS R. The “imponderable bloom”: Reconsidering the role of technology in education [J]. *Innovate: Journal of Online Education*, 2006, 2(6): 6–6.
- [40] PEKRUN R, LINNENBRINK-GARCIA L. Academic emotions and student engagement [M]// *Handbook of research on student engagement*. New York, USA: Springer, 2012: 259–282.
- [41] PAJARIANTO H, KADIR A, GALUGU N, et al. Study from home in the middle of the COVID-19 pandemic: Analysis of religiosity, teacher, and parents support against academic stress [J]. *Journal of Talent Development and Excellence*, 2020, 12(2): 1791–1807.
- [42] RAWSON H E, BLOOMER K, KENDALL A. Stress, anxiety, depression, and physical illness in college students [J]. *The Journal of Genetic Psychology*, 1994, 155(3): 321–330.
- [43] STEELE J P, FULLAGAR C J. Facilitators and outcomes of student engagement in a college setting [J]. *The Journal of Psychology*, 2009, 143(1): 5–27.
- [44] NUMMENMAA M, NUMMENMAA L. University students' emotions, interest and activities in a web-based learning environment [J]. *British Journal of Educational Psychology*, 2008, 78(1): 163–178.
- [45] VUORELA M, NUMMENMAA L. Experienced emotions, emotion regulation and student activity in a web-based learning environment [J]. *European Journal of Psychology of Education*, 2004, 19(4): 423–436.
- [46] WOSNITZA M, VOLET S. Origin, direction and impact of emotions in social online learning [J]. *Learning and Instruction*, 2005, 15(5): 449–464.

(责任编辑 刘森)