

基于数据增强设计方法论的教学实践

龙瀛、张恩嘉

清华大学建筑学院

摘要：新数据环境的快速发展以及城市研究方法和手段的进步，促进了计算机辅助规划设计的方法由系统支持转向数据驱动，为此龙瀛和沈尧（2015）率先提出了数据增强设计（Data Augmented Design、DAD）这一规划设计新方法论。本文首先简要介绍了数据增强设计及其相关概念以及数据增强设计的教学思想。然后重点介绍了笔者开设或参与的三门课程，通过课程简介、教学特色及教学成果三方面讨论数据增强设计的嵌入过程、思路及成效。最后讨论笔者在课程中积累的经验 and 收获的教训，从而进行总结和展望。

关键词：数据增强设计、城市规划、量化分析、教学特色、成效

Abstract: With the booming development of new data environment and emerging methodologies & techniques for urban studies, the form of computer aided planning and design is under the transition from system support to data driven. In such a background, Long and Shen (2015) has proposed the methodological framework Data Augmented Design (DAD). This paper firstly addresses the term Data Augmented Design and its related concepts to lead to the introduction of teaching thoughts. Then, this paper pays more attention on DAD's applications in three courses. Through the discussion of introductions, teaching features and achievements, we present the methods, ideas and effectiveness that DAD integrated into courses. The experiences and lessons learned have also been summarized to share with the researchers and planners & designers in the domain of urban planning and design.

Keywords: Data Augmented Design, urban planning, quantitative analysis, teaching features, effectiveness

作者简介：

龙瀛，清华大学建筑学院，清华大学恒隆房地产研究中心，特别研究员，博士生导师，

ylong@tsinghua.edu.cn

张恩嘉，清华大学建筑学院，在读博士研究生， enjiazhang@foxmail.com

1. 数据增强设计及教学思想

1.1 数据增强设计

新数据环境的快速发展及城市研究方法和手段的进步,促进了计算机辅助规划设计的方法由系统支持转向数据驱动(刘伦和龙瀛,2014)。王建国提出以人机互动的数字技术方法工具变革为核心特征的第四代城市设计(王建国,2018)。吴志强及其合作者介绍了数据及技术转型时期的城市智能规划技术的实践(吴志强和甘惟,2018)。可见数据驱动规划设计的重要趋势。

龙瀛和沈尧(2015)率先提出了数据增强设计(Data Augmented Design、DAD)这一规划设计新方法论。“数据增强设计(DAD)是以定量城市分析为驱动的规划设计方法,通过数据分析、建模、预测等手段,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具(图1),以数据实证提高设计的科学性,并激发规划设计人员的创造力。DAD借助简单直接的方法,充分利用传统数据和新数据,强化规划设计中方案生成或评估的某个环节,易于推广到大量场地,同时兼顾场地的独特性。DAD的定位是现有规划设计体系下的一种新的规划设计方法论,是强调定量分析的启发式作用的一种设计方法,致力于减轻设计师的负担而使其专注于创造本身,同时增强结果的可预测性和可评估性”。

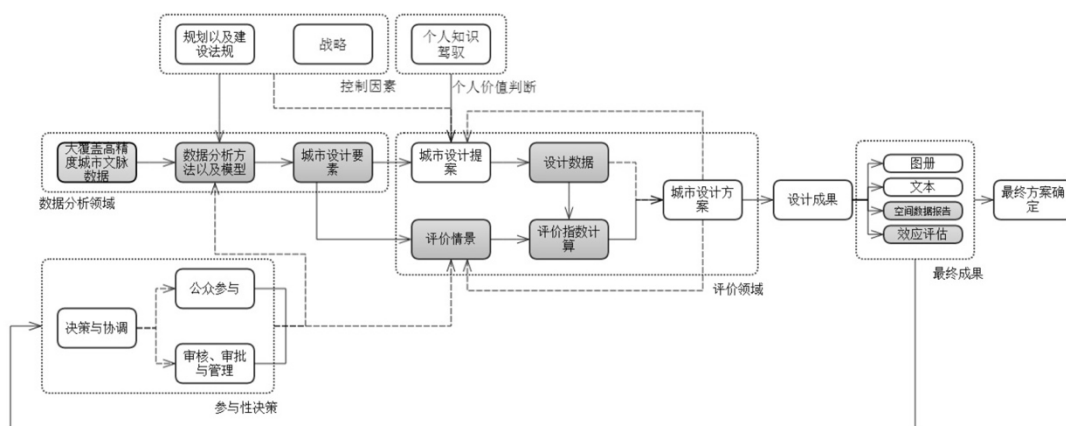


图1 数据增强城市设计的一般流程

考虑到大尺度城市设计中对场地的时间、空间和人三个维度的认识,存在尺度与粒度的折中,难以实现大尺度与细粒度的完美认识及对设计客体人的充分认知,因而限制了“以人为本”的城市设计的具体实践。在DAD方法论的指导下,

龙瀛和沈尧（2016）构建了大尺度城市设计的时间、空间与人的 TSP 模型，重点阐述了新数据环境支持下针对时间、空间和人三个维度的数据增强城市设计框架（表 1）。

表 1 基于新数据支持总体城市设计的框架体系

尺度/维度	区域/城市/片区/乡镇街道办事处	街区/地块	街区/地块内部	街道	街道内部
开发：遥感解译的土地利用、用地现状图（规划）、土地利用图（国土）	城镇用地面积、建设强度、生态安全格局、适宜开发土地 [城市扩张速度、城市扩张规模]	开发年代、是否适宜开发	肌理变化	角度变化	
形态：分等级路网、道路交叉口、建筑物、土地出让/规划许可、街景	基于道路交叉口的城乡判断、建筑面积、路网密度、交叉口密度、开放空间比例 [再开发比例、扩张比例]	尺度、紧凑度、基于建筑的城市形态类型、建筑密度、容积率、是否为开放空间、开放空间类型、可达性 [再开发与否、扩张与否]	是否有小路、建筑分布规律、是否有内部围墙 [历史道路构成]	长度、区位、直线率、建筑贴线率、界面密度、橱窗比、宽高比、可达性、铺装、建筑色彩 [历史上是否存在]	建筑分布特征
功能：兴趣点、用地现状图（规划）、土地利用图（国土）、街景	各种功能总量及比例、（城镇建设用地上）各种公共服务覆盖率/服务水平、职住平衡水平、产业结构/优势/潜力	用地性质、（各种）功能密度、功能多样性、主导功能、第二功能、各种公共服务设施可达性、市井生活相关的功能密度	（各种）功能分布特征（单面、双面、三面还是四面）、内部功能相比总功能（内部+临街）占比、界面连续度	（各种）功能密度、功能多样性、主导功能、第二功能、各种公共服务设施可达性、市井生活相关的功能密度、步行指数（walk score）、绿化、等级	（各种）功能分布特征（交叉口附近还是中间）
活动：普查人口、企业、手机、微博、点评、签到、公交卡、位置照片、百度热力图、高分辨率航拍图	总体分布特征、（城镇建设用地上）各等级活动所占面积比例、人口/就业密度体现的多中心性、联系所反映的多中心性、平均通勤时间/距离、各种出行方式比例	（不同时段）活动密度、微博密度、点评密度、签到密度、与之产生联系的地块、人口密度、就业密度、热点时段、通勤时间/距离	活动分布特征（内部还是边缘）、内部联系特征	（不同时段）活动密度、与之产生联系的街道、点评密度、热点时段、（各类型）交通流量、选择度与整合度、限速	活动分布特征（交叉口附近还是中间）
活力：街景、点评、手机、位置照片、微博和房价等	平均心情、整体意象、整体活力、幸福感	平均心情、平均消费价格、好评率、意象、市井活力、平均房价、居住隔离程度		平均消费价格、好评率、设计品质、风貌特色、活力、意象、平均房价	

注：表中 [] 特别给出了简单指标变化之外的指标；此表也适用于城市规划与设计方案的评价

此外，在 DAD 方法论支持下，龙瀛提出了街道城市主义（Street Urbanism）（2016）的概念，建立以街道为个体的城市空间分析、统计、模拟和评价的框架体系，致力于发展相应的城市理论、支撑街道尺度的实证研究以及实践层面的规划设计支持，并与合作者提出图片城市主义（Picture Urbanism）（龙瀛和周垠，2017）的概念，强调图片将在短期的未来得到高度重视，大规模图片的量化研究将极大促进人本尺度的城市设计。

1.2 教学思想

随着大数据在规划领域的不断应用，当代规划师对大数据、新数据环境的接受程度较高，为做规划支持系统和规划设计的人或团队提供紧密合作或成为一类人的契机。

为此，要发展数据增强设计，笔者（下文如无特殊说明，特指本文第一作者）认为教育至关重要。目前笔者在清华大学开设了研究生《大数据与城市规划》课程，面向对象以城市规划、建筑学和景观专业的学生为主，旨在使学生具备大数据分析、量化研究的技术，增加其毕业后到设计院或事务所的优势。同时笔者也在研究生的《总体城市设计》和《EPMA 城市设计》课程中结合了 DAD 理念，

将其应用于规划设计中，深化学生对城市设计理论和方法的掌握与运用的同时补充其定量研究与设计的知识结构，拓展其对城市发展与设计的认知视野。

此外，DAD 理念还在上海城市设计挑战赛及义龙未来城市设计国际竞赛中得到充分体现，具体内容发表于相关刊物中。

2. 课程特色与过程

2.1 《总体城市设计》教学环节的尝试

1 课程简介

《总体城市设计》课程是针对城乡规划学研究生（含硕士生与直读博士生）的专题设计课程，重点针对特定城市或大尺度城市综合性片区的总体城市设计训练，深化对城市设计理论和方法的掌握与运用，对总体城市设计范围内具有代表性和热点关注特征的城市现象和城市环境进行详细研究，并针对特定地段进行深化设计。

2 教学特色

在此课程中，笔者参与及贡献如下：（1）在集中授课阶段，介绍大数据和开放数据用于总体城市设计的思路（“数据增强城市设计概论”），并提供给学生第一版成都市域的共享数据（图 2）；（2）在赴成都现场调研期间更新并提供给学生第二版数据，制作课程网站，共享后续讲课程相关的资料、课件及数据（图 3）；

（3）提供第三版本数据，在课外向学生们补充介绍“大数据与城市设计的若干思考”，并展示所共享的基础数据情况和可能使用的方法，提供基于建筑数据生成的三维 SketchUp 模型（由 ESRI ArcScene 数据转出）（图 4）。（4）在最后答疑阶段，介绍 GIS 的操作和数据分析方法，提供基于建筑物的城市形态分析结果（详见 <https://www.beijingcitylab.com/courses/structural-urban-design/>）。

成都及主要片区的大数据（可直接下载，准备中）

- 城市物理空间
 - 城镇建设用地范围（城市开发的年龄）：1980s-2010
 - 街道网络（形态）：附带成都项目的若干属性 2009-2014
 - 道路交叉口：2009-2014
 - 街景照片（推荐作为现场调研的补充手段）
 - 建筑（基底与层数）
 - 其他基础GIS
- 城市社会空间（人类的电子足迹 e-footprint）
 - 手机信令（社会活力）
 - 大众点评（经济活力）
 - 腾讯和百度热力图（社会活力）
 - 兴趣点（points of interest、功能）：2009-2014
 - 位置微博（活动）：2009-2014

•位置照片（活动）
成都的详细的开放数据和大数据，请联系助教获得，主要包括道路交叉口、兴趣点、位置照片、位置微博、大众点评、轨道交通、街道绿化等，请在ESRI ArcGIS中打开(version 10.0 or above)，用OpenStreetMap（底图），如果用其他底图会有偏差。后续还会继续补充街景照片、建筑数据以及微博反映的城市内部空间的联系。

图2 提供给学生的数据一览

The screenshot shows the website for Beijing City Lab (BCL). The navigation menu includes HOME, PROJECTS, MEMBERS, WORKING PAPERS, SLIDES, COURSES (highlighted), and DATA RELEASED. Below the menu, there are links for RANKING, LINKS&PARTNERS, and ABOUT. The main content area is titled 'Courses » Big Data and Urban Planning' and features a large red heading '大数据与城市规划' (Big Data and Urban Planning). Below the heading, it states '2016年秋，清华大学研究生课程' (Autumn 2016, Tsinghua University Graduate Course) and '第十讲：数据增强设计' (Lecture 10: Data-enhanced Design). Under the heading '课件' (Lecture Materials), there are three items, each with a PDF icon, a title, and a 'Download' button: 1. '大数据与城市规划 第十周.pdf' (5.5 MB); 2. '《上海城市规划》数据增强设计DAD专刊.pdf' (5.6 MB); 3. 'The Elusiveness of Data-driven urbanism' (1.3 MB). Under the heading '参考资料' (Reference Materials), there is one item: '龙瀛和沈尧 2015 上海城市规划_数据增强设计.pdf' (7.2 MB).

图3 上课课件分享

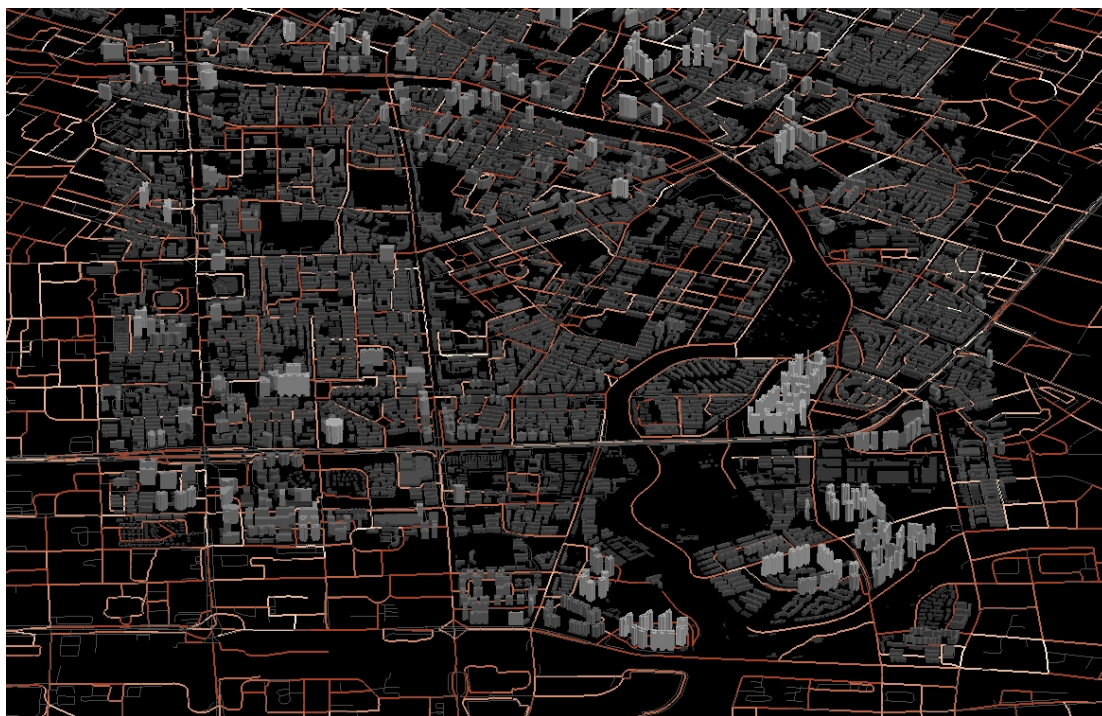


图 4 建筑物与街道的三维表达

3 教学成果

(1) **新数据环境助力远程调研并促进场地认知和问题诊断：**调研前，学生们利用街景和所提供的数据对地段进行初步判断。在调研完毕后续的设计过程中，学生们也多次利用在线地图和浏览器搜索等手段，补充对场地的认知，为核心设计地块的识别提供支持（图 5 及图 6）。

(2) **建筑数据的提供减轻了学生大量的工作量：**笔者提供给学生建筑物轮廓和层数数据（此前，学生通过描图及影像阴影人工获取），节省了大量基础数据的准备时间，特别是针对尺度较大、建筑较多、设计改变比例不大的设计地段。所提供的建筑数据极大地支持了城市设计核心平台 SketchUp 模型的生成效率（利用 Maya 将 ESRI ArcScene 文件转为 OBJ 格式，进而读入 SketchUp）。此外，该数据还有助于设计地段现状的识别，如对城市形态的分类（如基于 SpaceMatrix）。

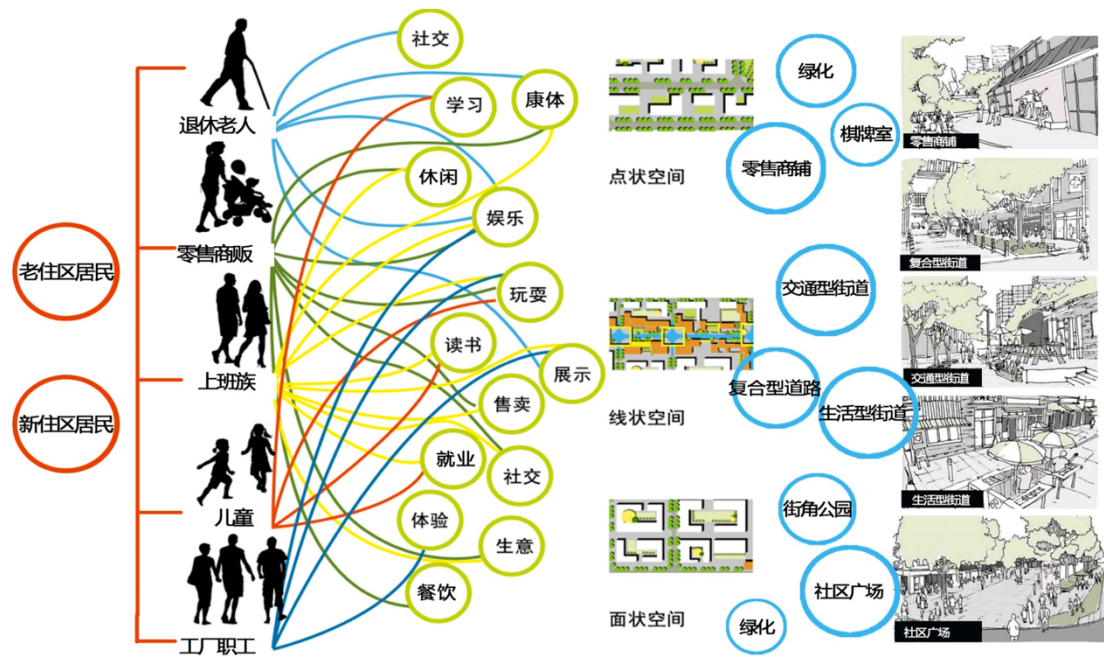


图 5 某组学生设计作品的各类人群需求与街道空间对应关系

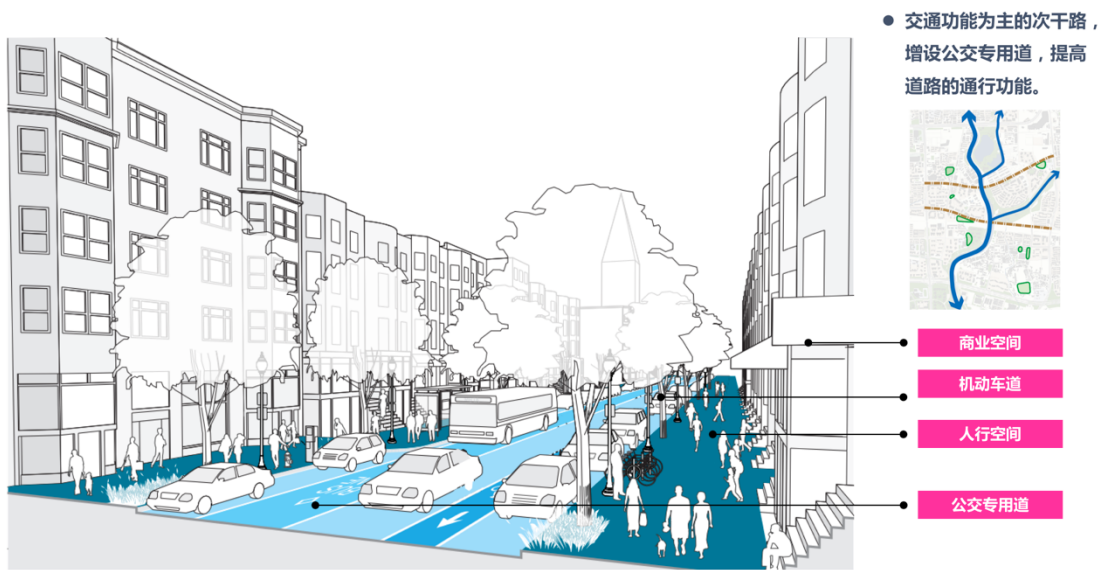


图 6 某组学生设计作品的街道设计方案

(3) 设计成果走出设计课：设计课结束的两年来，已有几组同学的设计作品，因为量化的现状分析和较好的设计思想体现，在国际竞赛中获奖，或所撰写的学术论文发表在专业期刊和会议上。笔者认为，这与数据增强设计思想在这门设计课中的体现不无关系。

2.2 《大数据与城市规划》课程的开设

1 课程简介

清华大学研究生课程（理论课）《大数据与城市规划》结合中国城市规划及技术发展特点进行讲授，秉承技术方法与规划设计并重的原则，倡导以技术作为认识城市、衡量城市的手段，同时强调团队协作，集中授课、分组调研与课外沙龙相结合，紧密联系现实城市问题，实现开放性、融入性教学体验。

2 教学特色

课程主要分为两部分，（1）侧重大数据技术方法的讲解，完整地介绍大数据分析流程和具体操作方法，涵盖大数据概述、数据获取、数据统计和分析、数据可视化及数据的挖掘，以便学生掌握必要的分析工具和技术；（2）侧重规划与设计领域的应用，如规划设计方案的制定与评价。课程还关注如何理解城市，如城市的开发、形态、功能/密度、活动和活力等。同时，笔者在教学过程中结合目前最前沿的理论探索，如人本尺度城市形态、街道城市主义、图片城市主义等，提供研究项目的成果作为课堂上的研究案例，使教学过程具有探究性（详见<https://www.beijingcitylab.com/courses/big-data-and-urban-planning/>）。此外，通过校内与校外、课上与课下、线上与线下等多种相互补充的学习途径丰富授课形式，拓展学生的思维，增强学习效果（图7）。



图7 课外沙龙现场

3 教学成果

“大数据与城市规划”课程并非教大家如何遵循范式来研究问题，而是传授一种思维方式，启发同学们从大数据的角度对城市现象和问题进行思考。教学成果主要体现在如下几方面：（1）获得了清华大学教改项目的支持；（2）2016 年秋学生们的多篇课程论文陆续投稿/发表在中英文专业期刊或在国际国内会议上宣读，5 篇课程论文被澎湃新闻报道；（3）2017 年秋本课程的 15 篇课程论文，研究对象都是北京二环，全部被《北京规划建设》这一学术期刊接受，并将发表于 2018 年第 4 期，其中还有 7 篇将要被澎湃新闻报道；（4）作为国内高校首个开设大数据与城市规划相结合的课程，得到了兄弟院校的较多关注和来清华调研课程开设情况；（5）本课程产生的影响也引起了清华大学数据科学研究院的关注，自 2017 年秋开始本课程被选入清华大学“大数据能力提升项目”的课程之一；（6）MOOC 课程申请也得到了学校的批准，目前正在拍摄中，2018 年秋将开始引入 MOOC 这一新兴教学方式。

2.3 《EPMA 城市设计》课程的应用

1 课程简介

EPMA（English Program Master of Architecture）是清华大学建筑学硕士的英语项目，城市设计是此项目的一门设计课，为期八周。近两年此项目包括了清华大学与新加坡国立大学联合举办的工作营。该课程旨在推动多学科合作，促进与场地保持一致的全面性设计。笔者参与了 2018 年春季的设计课，主题为“共享城市（Sharing City）”，以北京 751 工厂为基地，鼓励学生以共享交通、共享办公、共享居住、共享娱乐等为视角，充分挖掘场地特征，并进行小尺度城市设计。

2 教学特色

本课程多数学生没有 GIS 相关的学科基础，为辅助学生远程调研并促进其场地认知和问题诊断，笔者引入“Do Big DAD and GIS in PS & GeoHey”的概念，将北京 751 场地的相关资料如：反映人群活动特征的微博签到数据、腾讯出行数据、腾讯使用者数据、摩拜单车数据、大众点评等数据，以及反映空间特征的公交车位置、建筑信息、街景图片、兴趣点（Point of Interest, POI）等数据，通过

浏览器 GeoHey 在线可视化展现的方式（图 8），让零 GIS 基础的学生仍能通过数据分析了解场地的特征，从而为设计提供依据和参考（详见：<https://geohey.com/apps/dataviz/972929206bcf43dba7b971c251a1252d/share?ak=Nzl iN2MxZDM1YmQzNDA3NzhiN'TI3YTFfjNzYxNzYxYjc>）。为了让学生更好地理解数据，笔者还制作了数据说明 PPT，详细说明数据的含义及特征（图 9）。

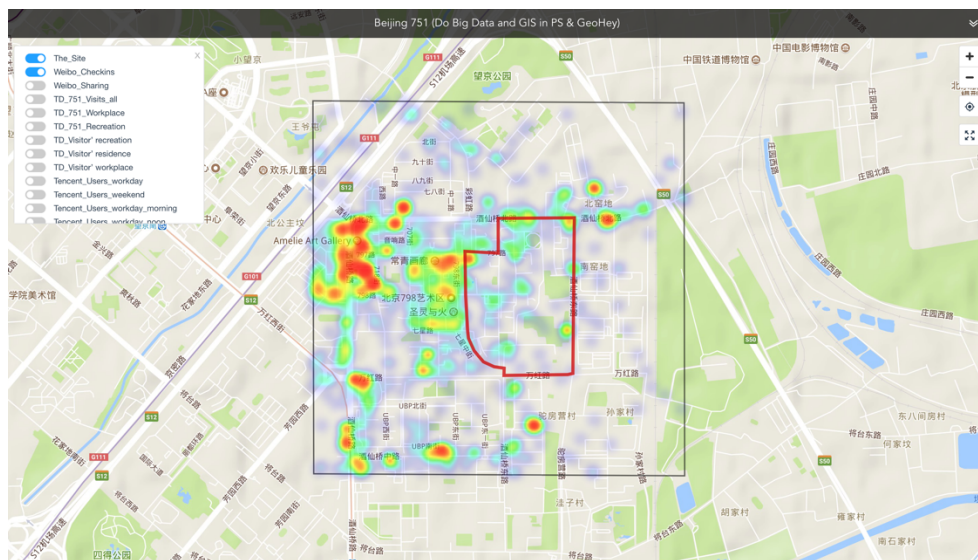


图 8 提供给同学们的大数据可视化平台（GeoHey）

Data Contents

Analysis_scope/The_Site	POI2016gaode
Buildings	Road2016gaode
BusStations2014	StreetViewPictures_point
Dianping2014jped	Weibo_POI_Checkins
Firm2009in	Weibo2014_07_10
LandTransaction	

图 9 数据说明 PPT

3 教学成果

2018 年 4 月底刚上完这门设计课，教学成果预计在未来有体现。

2.4 课外竞赛

笔者在课外指导学生参加竞赛的过程中，鼓励学生利用数据和先进技术手段认识和规划设计城市，并将数据增强设计概括为三种形式：

1、理解现实场地内的城市，创造场地的未来

笔者曾指导学生在 2016/ 2017 上海城市挑战赛中，结合数据增强设计、图片城市主义、街道城市主义等概念，充分利用多元数据进行场地要素及特征的挖掘，更加全面地理解场地，从而创造场地的未来（图 10）。



图 10 “数联衡复，优活代谢”作品：慢行指数评价

2、借鉴其他优秀城市，创造场地的未来

在 2017 上海城市挑战赛中，笔者除了鼓励场地数据的分析和研究，还激发学生通过案例研究及特征提取的方式，学习优秀的相关案例，从而创造场地的未来（图 11）。



图 11 “数联影动，幸福番禺”作品：案例研究及特征提取

3、超越目前建成环境，拥抱当下最先进的技术和未来短期内实现的技术，创造场地的未来

在义龙未来城市设计国际竞赛中，笔者强调对未来城市的思考，充分考虑先进技术对人们生活、工作、居住、游憩及相应空间的影响，从而创造场地的未来（图 12）。

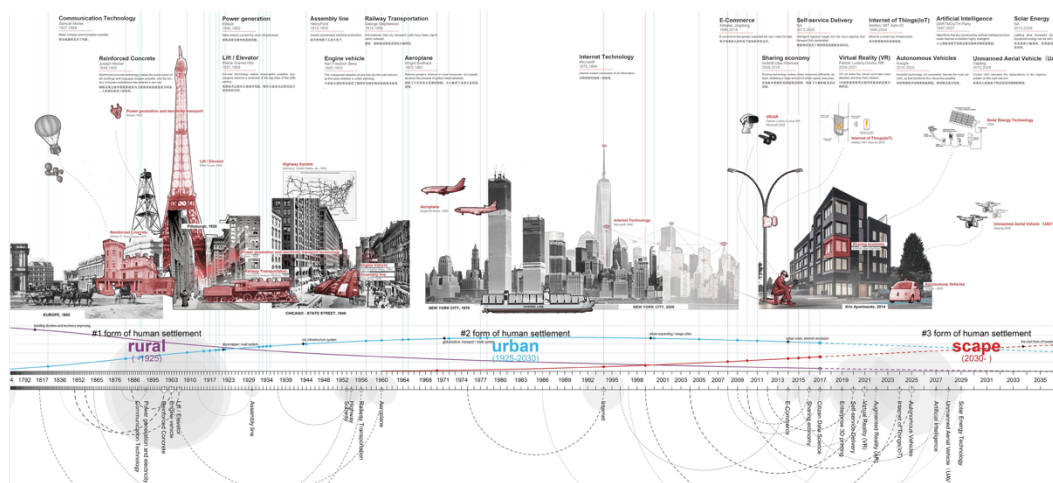


图 12 “the next form of human settlement”作品：技术演变对人类生活的影响

在数据增强设计方法论的指导下，竞赛作品均获得较好成绩，作品“数联衡复，优活代谢”及“数联影动，幸福番禺”分别获 2016 上海城市挑战赛衡复风貌区项目专业组第二名及 2017 上海城市挑战赛慢行交通设计奖。作为面向未来的设计“the next form of human settlement”获义龙未来城市设计国际竞赛优秀奖（18/1688）。

3. 各界反馈

3.1 学生反馈

数据与规划设计的结合无论在国际还是国内，都属于新兴的方向。目前开设的《大数据与城市规划》课程，两次均满选，且有许多其他专业的学生选修，可见相关内容受学生关注较多，较易引起学生的兴趣。学生在课余仍积极深化研究，主动与笔者联系沟通，并进行论文写作，可见其极大促进了学生的主观能动性，

激发了学生研究的兴趣和潜力。通过收集学生的课程总结这一反馈机制，笔者发现学生在短时间内熟悉 ArcGIS、GeoHey、火车头采集器、SPSS 等软件的难度较大，部分学生反映出对专业性课程或课外补充学习的需求。

3.2 校外反馈

我们秉承着促进整个大数据行业共同学习、进步的原则，将课件、课外阅读和数据等材料全部上传到北京城市实验室网站（详见 <https://www.beijingcitylab.com>）及北京城市实验室的微信公众号（beijingcitylab），并向整个社会开放共享，得到大量关注、阅读和下载。部分用户表示期待着将来更多的内容，并希望我们后续能够开设网络公开课（如 MOOC）。

4. 经验及教训

笔者一直对学生基于数据增强设计方法论来支持规划设计的过程进行观察，涵盖现状—问题—手法—设计—评价等多个环节，因而归纳了若干经验也总结了些许教训。

4.1 经验

（1）因人而异的数据增强设计：课程面向对象是学生，而学生定量城市研究的基础不同，因而 DAD 教学也应因人而异。对于有较好基础的学生，鼓励其参加竞赛，并提供多元数据，支撑其研究设计。对于基础一般的学生，每组保证一位学生熟练操作 GIS 软件，并在提供多元数据的同时，开设相关理论课或在课内讲解数据处理及分析的方法，提供学习手册，鼓励学生掌握相关技术和方法，从而更好地将研究运用于设计中。对于零基础的学生，通过在线可视化的方式让学生充分理解场地，支持其设计的生成。

（2）因尺度而异的数据增强设计：研究及设计的尺度不同，数据增强设计的数据和方法也有所差异。龙瀛和沈尧（2016）构建的大尺度城市设计的时间、空间与人的 TSP 模型，阐述了不同尺度的数据增强城市设计框架。此外，通过《总体城市设计》及《EPMA 城市设计》课程的教学实践对比，笔者发现大尺度

场地的设计需要强化类型学的观念,小尺度场地的设计需要强调研究及设计的精细化、精准化及差异化。

(3) 因数据而异的数据增强设计: 由于数据的完整性不同,数据增强设计的方法也不同。对于数据较充足的场地,可充分挖掘数据的内涵及其反映的人群或空间特征。而对于数据稀缺的场地,可采取另外两种模式:一是可以采用地理设计(GeoDesign)、基于过程建模(Procedural Urban Modeling)、生成式设计(Generative Design)等方法进行设计支持,在此过程中传统的空间分析仍具较大作用,二是借鉴相似规划目标的已建优秀案例,关注其体现的开发-形态-功能-活动-活力的关系,识别不同类型城市形态的优秀基因,提取模式,支持设计方案的评价和优选。

4.2 教训

教训主要体现在方法、设计与研究关系、团队合作等方面。

(1) 学生热情高涨但掌握的技术方法有限: 不同或同一课程的学生在量化研究方面的基础不同,虽然笔者针对不同基础的学生调整教学方法,但基础的差异仍制约着对数据的深入使用。目前虽开设有《大数据与城市规划》课程,但具体讲相关内容的章节有限,如果开设一门更具针对性的理论课,教学效果将更好。

(2) 研究成果丰富但支持设计仍需桥梁: 数据增强城市设计领域较新,已有方法论和软件工具支持力度不足,研究进展存在局限,制约着DAD思想在教学中的推进,数据和量化方法多应用于现状评价,出现问题与策略脱节,现状分析与未来设计脱节等问题,且在方案生成和方案评价方面进展缓慢,从研究到设计仍有难度。为此有必要开发生成式城市设计平台及设计方案量化评价平台进行支持,这也有待于对形态-功能-活动的类型学方面的深入研究。

(3) 不同人或团队的深入合作仍存在困难: 做定量研究和规划设计的往往是不同的人或团队,两者虽会配合,但两者松散合作或合作困难的关系,造成了DAD应用的局限性。如何有效利用DAD的教学思想,突破现有障碍,促进两类人紧密合作对数据增强设计在实践中的应用具有重要意义。

5. 总结与展望

数据增强设计（DAD）由笔者和伦敦大学学院（UCL）沈尧共同提出，在其支撑下，笔者与合作者还提出与之密切联系的相关方法及概念，并在多门课堂教学中推进其教学思想的应用。本文对此进行了概述，并重点介绍了在清华大学三门课程中 DAD 思想的应用过程、成果及所取得的经验和教训。希望为日后在清华大学以及兄弟院校的相关教学工作，以及中国规划设计界的实践，提供参考。也希望这些参考，能够促进数据增强设计在规划设计教学和实践中的应用不断深入。

参考文献（References）

1. 刘伦, 龙瀛, 麦克·巴蒂. 2014. 城市模型的回顾与展望——访谈麦克·巴蒂之后的新思考. 城市规划, 38(8): 63-70.
2. 王建国. 2018. 基于人机互动的数字化城市设计——城市设计第四代范型刍议[J]. 国际城市规划, 33(1): 1-6.
3. 吴志强, 甘惟. 2018. 转型时期的城市智能规划技术实践[J]. 城市建筑, (3): 26-29.
4. 龙瀛, 沈尧. 2015. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变. 上海城市规划, (2): 81-87.
5. 龙瀛, 沈尧. 2016. 大尺度城市设计的时间、空间与人（TSP）模型：突破尺度与粒度的折中. 城市建筑, (6): 33-37.
7. 龙瀛. 2016. 街道城市主义, 新数据环境下城市研究与规划设计的新思路. 时代建筑, (2): 128-132.
8. 龙瀛, 周垠. 2017. 图片城市主义: 人本尺度城市形态研究的新思路. 规划师, 33(2): 54-60.