

2025 年第十二届中国可视化与可视分析大会

数据可视化竞赛 赛道 1-I

(ChinaVis Data Challenge 2025 - mini challenge 1-I)

答 卷

参赛队名称：重庆大学-邓怡杰-赛道 1-I

团队成员：邓怡杰，重庆大学，20214395@stu.cqu.edu.cn，队长

曹陆铖，重庆大学，604580403@qq.com

付婉婷，重庆大学，2494393842@qq.com

朱清杨，重庆大学，1906644185@qq.com

陈 研，重庆大学，1276288023@qq.com

胡海波，重庆大学，haibo.hu@cqu.edu.cn，指导老师

团队成员是否与报名表一致（是或否）： 是

是否学生队（是或否）： 是

使用的分析工具或开发工具（如果使用了自己研发的软件或工具请具体说明）： React, D3, Echarts, Python, QGIS, Git, Leaflet

共计耗费时间（人天）： 30 人天

本次比赛结束后，我们是否可以在网络上公布该答卷与视频（是或否）： 是

文档结构

本文档的前五章对五个问题做出解答，主要概述了视觉界面与用户交互的设计思路，并借助具体案例分析，在解决预设问题的同时，展现了系统应用的实用性和有效性。第六章概括介绍了系统的整体概览及分析流程。

1. 请结合水系、气候等自然地理数据，从时空维度刻画北京生态环境的长期演化轨迹。通过图表展示如河流改道、气候波动、植被覆盖变化等重要趋势，揭示其对城市格局演化、人类活动聚落及生计方式的影响。

1.1 视图构成

结合水系、气候、植被等自然地理数据，该部分视图从时空维度刻画了北京生态环境的总体概况和长期演化轨迹，并进一步说明与城市、人类之间的联系。视图由环境概况组合圆环和生态环境总览桑基图组成，两种图表可以自由切换。

1.1.1 生态环境总览桑基图

① 视图设计

在桑基图中，开始的桑基代表每个不同的自然环境信息，中间的桑基代表具体的自然环境变化情况以及具体的自然环境，通过桑基的流动呈现环境信息变化，并且桑基的宽度与变动量、自然环境相关量成正比，不同颜色代表不同的自然环境信息类型。

② 交互设计

生态环境总览桑基图支持“生态环境总览”和“主要水系分析”两种视图模式，用户可通过下拉菜单切换模式，并选择特定朝代或全局总览，结合桑基图与交互式弹窗直观展示水系变迁、气候波动及植被覆盖变化的重要趋势，揭示其对城市格局、人类活动聚落及生计方式的影响。用户可以查看北京当前选中的时期或者所有数据中的水系、气候、植被情况概览，当用户悬停在桑基图对应的节点或者边时可以查看更细节的数据。

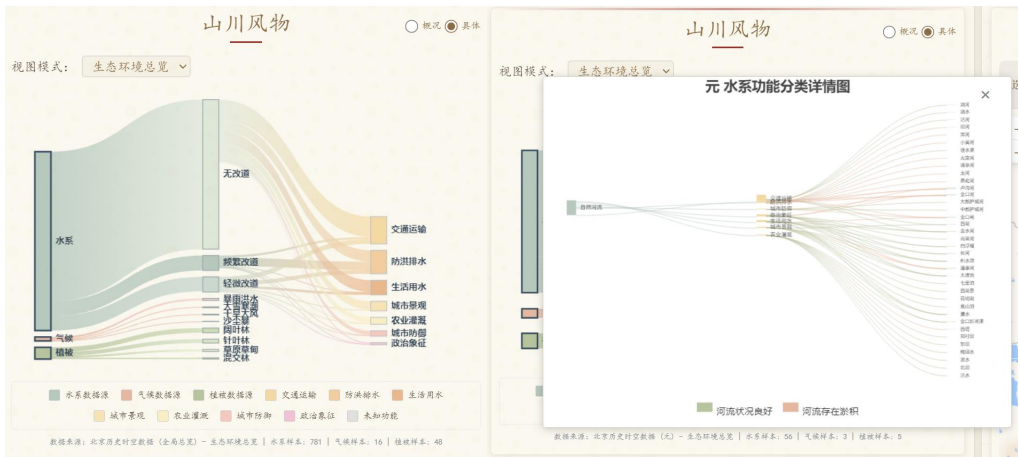


图 1.1 生态环境总览桑基图

1.1.2 环境概况组合圆环

环境概况组合圆环主要为说明北京地区自然环境信息与城市发展变化的关系，突出人口聚落的分布以及随自然信息的变化，视图主要分为内外两圈，内圈设计了一个简化地图，通过将人口分布与水系分布在图上进行映射，将数据中出现的地点结合对应历史时期的实际地图进行对照投射得到，主要说明人口分布、河流分布以及城市点变化，表现人类生活聚落区域。内层的简化地图中主要标出了河流和城市分布，地图外层呈现人口职业的大致构成。外圈主要分为三个部分，主要展示自然信息的三部分：气候、水系、植被，水系中最内层圆弧突出显示了该历史时期的主要河流，河流所占据的弧度代表该河流的重要性，河流外的第二层圆弧代表该河流的具体用途，不同用途分别用几种颜色表示，最外圈的圆弧则是对河流的用途进行总的统计，这样就展示了河流组成的概况；植被部分内层用曲线标明每种植被的茂盛度，外层展示了植被的构成；气候部分最内层是对北京地区的气候评分，外层是每个具体的天气信息。

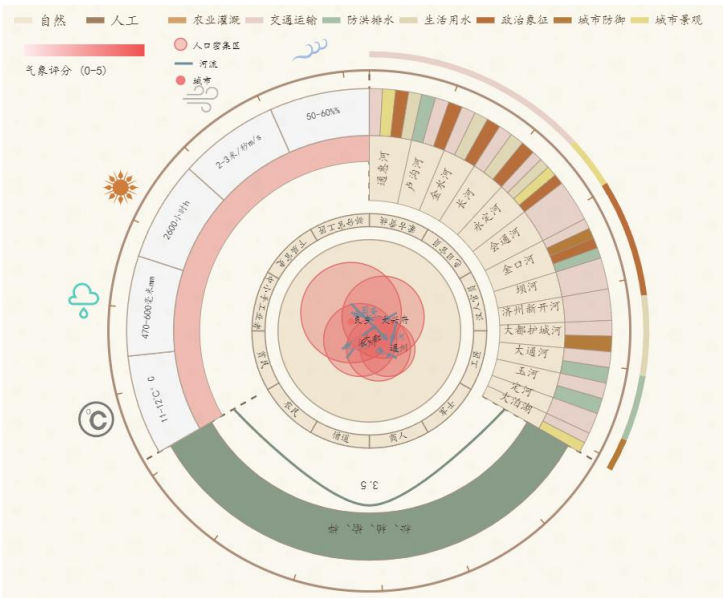


图 1.2 环境概况组合圆环

1.2 案例分析

依据历史时间轴顺序分析北京地区自然环境演化。上古时期少量的数据存在体现北京周边水系已经具有较为重要的生活、景观、政治功能，为后续聚落的壮大发展以及城市文明的萌芽成长打下良好的自然基础。

再对比元时期，图中自然生态数据记录明显增多，北京及其周边水系的作用与城市居民更加息息相关。同时，恶劣多变的天气得以记录下来，这些极端气候事件对水系稳定和植被生长产生直接影响。北京地区的永定河中上游依然保留着茂密森林，这既为天然防洪、防侵蚀提供屏障，也为木材供应与运输构成重要资源。此外，在简化地图中可以看到主要河流的数量较多，人口大多分布在河流附近，人口聚集范围相对较大，并且在元的人员职业也更为丰富，结合两张视图，说明在这一历史时期气候条件相对适宜，人口发展和自然环境息息相关，并且依赖

自然环境的分布。由此可以得出人类活动分布会随自然环境的分布而调整，并且自然资源影响人类活动、城市建成的发展。

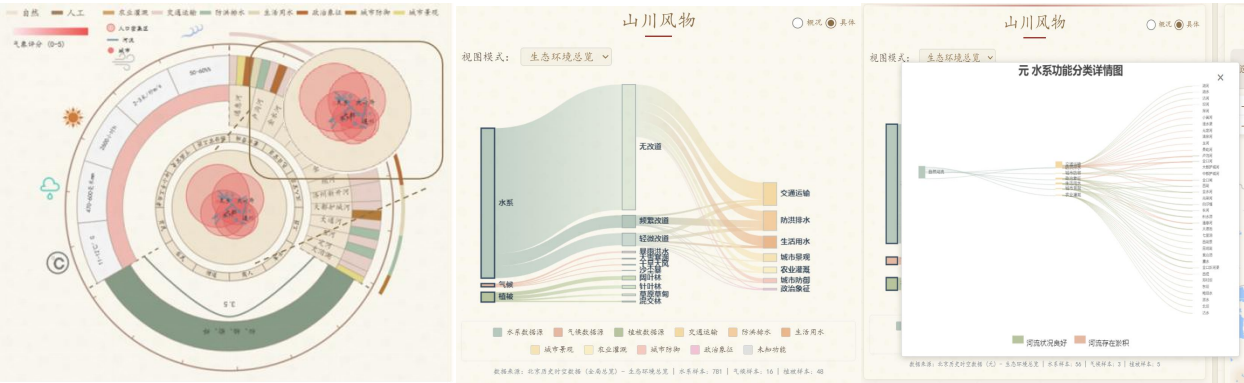


图 1.3 元朝时的整体分析

2. 灾害、战争、大事件等常是城市变迁的重要触发因素，在完成生态环境基础描绘的前提下，请基于自然灾害记录、战争、以及大事件等数据，构建重大事件的时空分布图，识别其与城市建成区扩展、人口迁移、政权更替等关键变量的关联性等，以揭示冲击事件如何塑造城市演变轨迹。

2.1 视图构成

结合灾害、战争、大事件数据，该部分视图构建重大事件的时空分布图，识别灾害、战争、大事件与城市建成区扩展、人口迁移、政权更替等关键变量的关联性。该部分主要包括重大事件时空分布地图以及数值分析视图，通过图像与地图的联动完成分析。

2.1.1 重大事件时空分布地图

① 视图设计

该部分的处理方式为将灾害、战争、事件相关的古代地名转换为现代地名，并使用高德地图获取经纬度，并标注在北京为中心的区域地图中，使用不同符号标注灾害、战争、事件，可以从地图上整体的重大事件布局得到重大事件的区域分布。

② 交互设计

从上方地图栏可以勾选灾害、战争、事件，获取不同重大事件类型在地图上的整体分布，点击相应标注可查看相关事件具体信息，对重大事件整体了解。



图 2.1 重大事件地图标点

2.1.2 数值分析视图

尽管在地图中能看到每个时期重大事件的分布以及数量，但由于只有位置信息与单个事件的文字描述，难以对该时期重大事件冲击对北京城市演变的影响，而在每个时期能够量化的数值为战争、灾害、事件的发生次数，所以使用多个辅助图标来展示影响。

(1) 重大事件时间分布图

① 视图设计

重大事件时间分布图结合热力图与折线图，展现重大事件的时间分布，热力图与该历史时期段内每个时间点发生的事件重要程度相关，折线图表示每个特定时间点的重大事件的发生次数。

② 交互设计

选定朝代后，重大事件会根据时间从左到右展示，鼠标悬浮能够得到具体的重大事件信息，用户能够根据该信息框得到具体的事件信息。

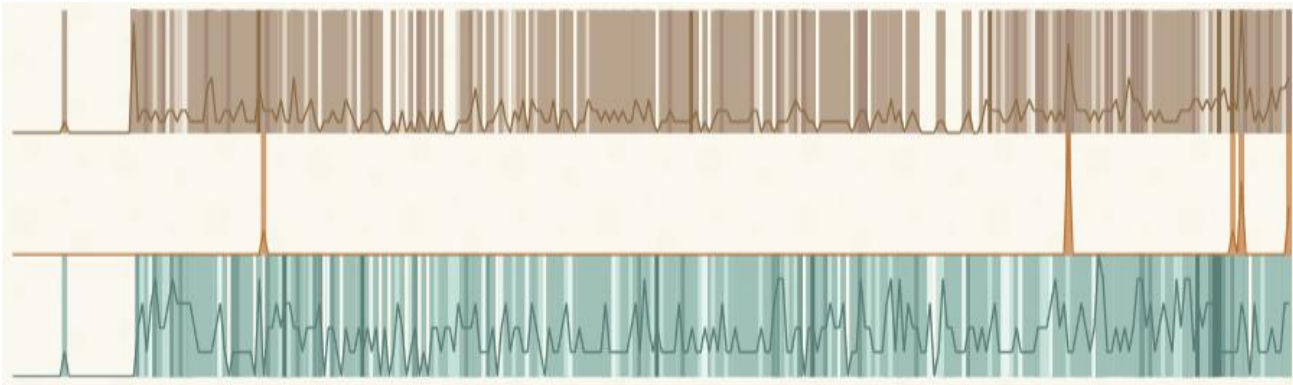


图 2.2 重大事件时间分布图

(2) 影响程度玫瑰图

① 视图设计

首先使用南丁格尔图来汇总展示不同时期战争、灾害、事件对城市不同类型影响的程度，不同颜色表示不同重大事件，影响越大扇形半径越大，可以观察出战争、灾害、事件对城市的哪个方面影响程度最大。

② 交互设计

通过图例可以对战争、灾害、事件的出现进行切换，从而可以具体观察每个类型的影响，并且同时显示综合的影响总和，从而便于对每种类型事件影响的对比。

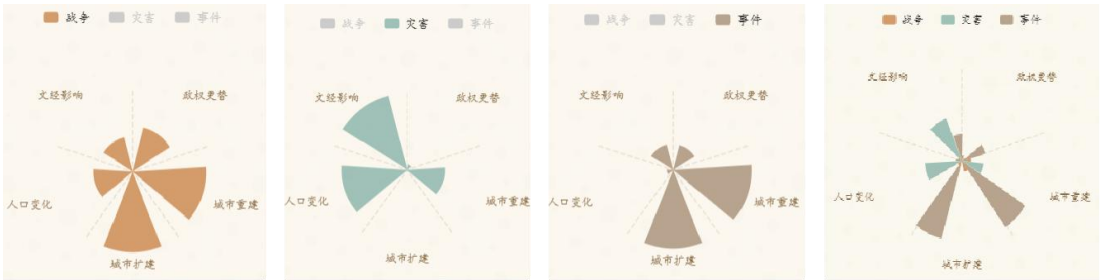


图 2.3 影响程度玫瑰图

(3) 相关性分析

为了进一步详细展示这三个事件与城市发展的影响，设计平行坐标系图，三根折线分别表示每个历史时期战争、灾害、事件与政权更替等变量之间的相关性，颜色编码与南丁格尔图保持一致，并且颜色与相关性值的大小相关，通过平行坐标系图展示了不同事件与城市发展影响之间的关联。



图 2.4 平行坐标系相关性图

最后为了挖掘出整个历史时期，所有的能够量化的指标之间的相关关系，比如战争发生次数、灾害发生次数、政权更替、城市重建、经济文化影响等之间的关系，进行了 spearman 相关性分析，分析不同指标两两之间的正负相关关系，并使用饼图进一步可视化，由此帮助用户发现不同变量间的变化规律。

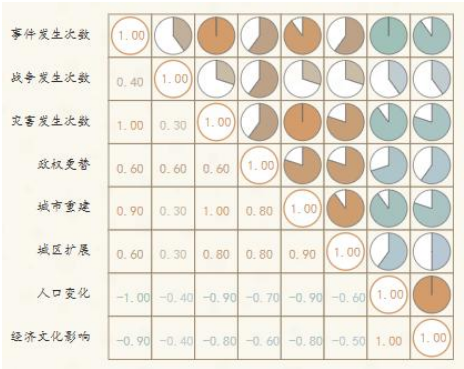


图 2.5 相关性分析饼图

2.2 案例分析

在时间选择框选取清这一历史时期，选择地图标注可看到八国联军侵华、火烧圆明园、北京条约签订等事件概要信息与位置信息，通过重大事件时间分布图可以发现，在清朝中后期，事件与战争的数量显著提高，这也符合当时清朝的历史实际情况。观察左下角的南丁格尔图，选择战争图例，发现战争对经济文化造成了严重的影响，也造成了一定程度的人口流出；选择灾害图例，发现灾害对经济文化衰退、人口流出、城市重建都产生了严重的影响；选择事件图例，各发现事件对城市的各方面都有影响，其中最主要是城市重建。综合来看，清朝时期，各种重大事件对经济文化衰退、人口流出和城市重建的影响最大。通过相关性分析可以得到，灾害、战争等都可能导致人口的流出、城市的重构等，它们发生的次数越频繁越不利于城市的稳定发展，因此需要注意城市发展中的冲击事件。

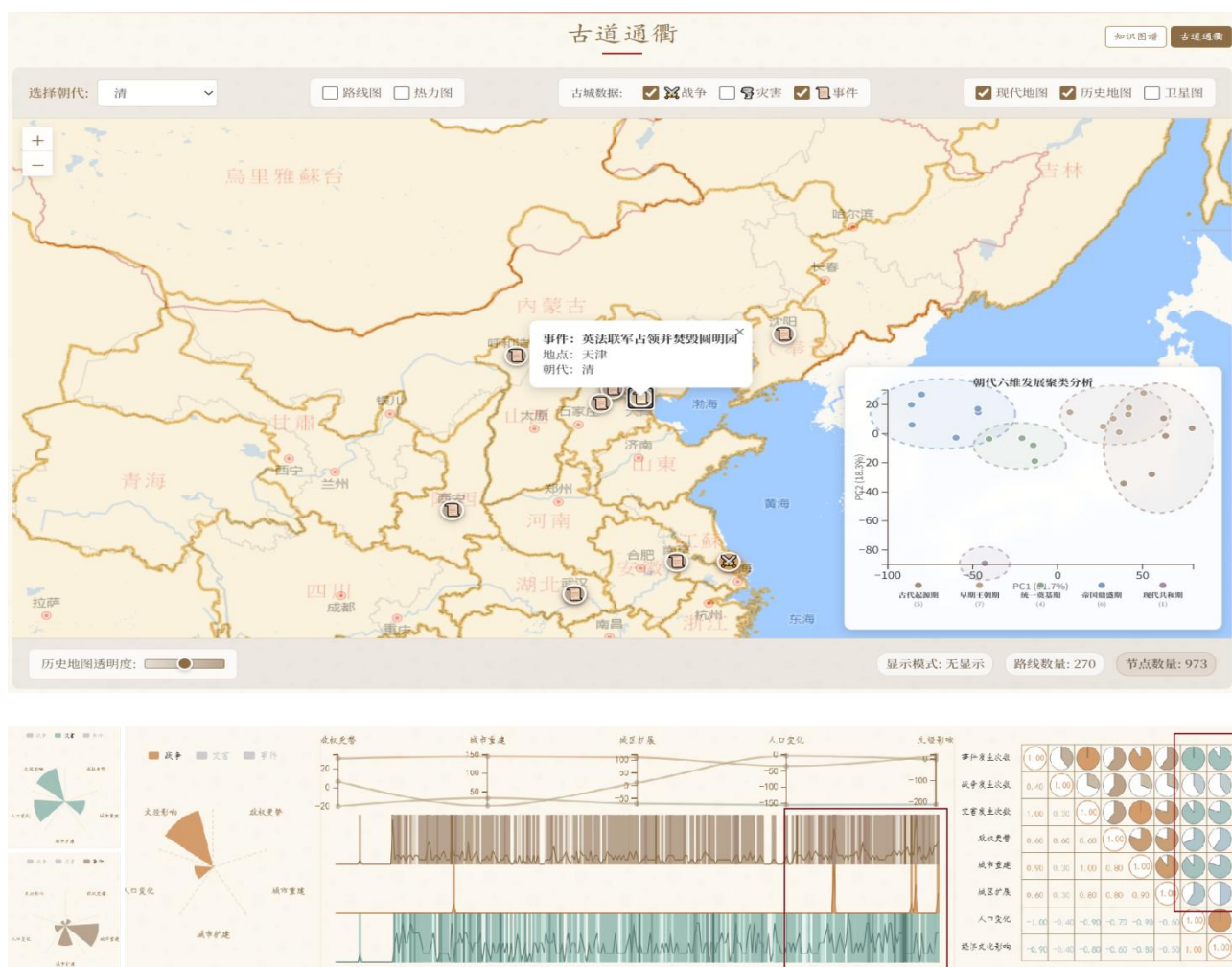


图 2.6 清朝案例分析

3. 在理解环境与外部冲击的基础上，聚焦城市系统内部的持续演进机制，请整合历史人口数据、交通与代表性物产分布记录，分析人口增长与流动、交通通达性变化、区域资源禀赋等因素如何协同驱动北京功能核心与城市空间结构的形成与演化。

3.1 视图构成

结合交通、物产、人口数据，该部分视图分析人口增长与流动、交通通达性变化、区域资源禀赋等因素如何协同驱动北京功能核心与城市空间结构的形成与演化。该部分主要包括人口变化情况分析、交通通达性变化分析、区域资源禀赋分析、多维度协同分析以此说明三者间的关联。

3.1.1 人口变化情况分析

(1) 人口变化面积图

① 视图设计

人口的变动情况是分析城市发展的关键因素。系统采用面积图的方式来展示人口变动情况，其中的花瓣图表示物产大类，在后面的部分进行介绍。面积图的背景是代表不同朝代的条带状区域，虽然每个朝代在时间维度上具有不同的长度，但是为了更直观地比较不同朝代的人口变化情况，同时暗含了书简隐喻。

② 交互设计

该页面在全局概览状态下会自动加载，分析者可以点击朝代对应的带状区域，展示每个朝代的人口主题词云图。也可以显示和隐藏每个朝代具体的人口数据点。在这一个视图中，用户可以了解到人口整体的变化情况和在每个朝代中周期性的变化规律。

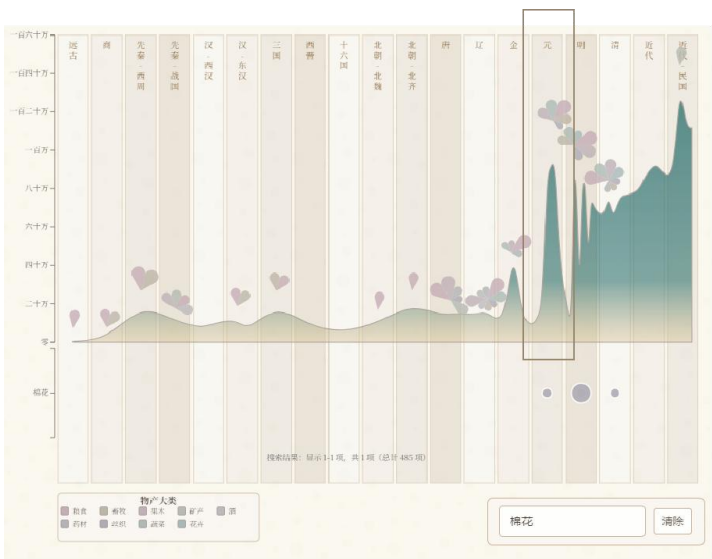


图 3.1 人口变化面积图

(2) 人口主题词云图

① 视图设计

人口主题词云图通过 LDA 主题分析法来获取了每个朝代对应的人口主题。在词云图中展示了与人口相关的各类主题以及关键词，可以详细地展示朝代人口的变动特点。

② 交互设计

系统初始状态默认选择朝代为元朝，因此该区域在初始加载状态下会自动加载元朝的词云图。分析者也可以通过与历史时间轴进行交互，选择其他朝代来控制词云图的显示。鼠标悬停在词云图具体的词上会显示其对应的权重。



图 3.2 人口主题词云图

3.1.2 交通通达性变化分析

(1) 交通概览视图

① 视图设计

交通通达性变化是衡量一个朝代发展情况的重要指标。交通概览视图由朝代发展水平综合评分柱状图和交通枢纽网络分析图构成。朝代发展综合水平通过多个维度进行计算，交通枢纽重要性则从几个维度进行计算。在柱状图中展示了不同朝代交通水平的变化，交通枢纽网络分析图中则可以查看北京及其周围的交通枢纽。交通枢纽网络分析中节点大小基于交通枢纽的综合得分，颜色编码则与枢纽被记载的朝代数量相关。分析者可以直观地看到交通发展状况与北京地区重要的交通枢纽。

② 交互设计

该页面在全局概览状态下会自动加载，鼠标悬停在交通枢纽节点和柱形上会显示节点和朝代的详细得分信息。

分析者可以通过与历史时间轴的交互来控制该视图的显示，也可以点击朝代对应的柱形，以展示每个朝代的交通要道详细情况。

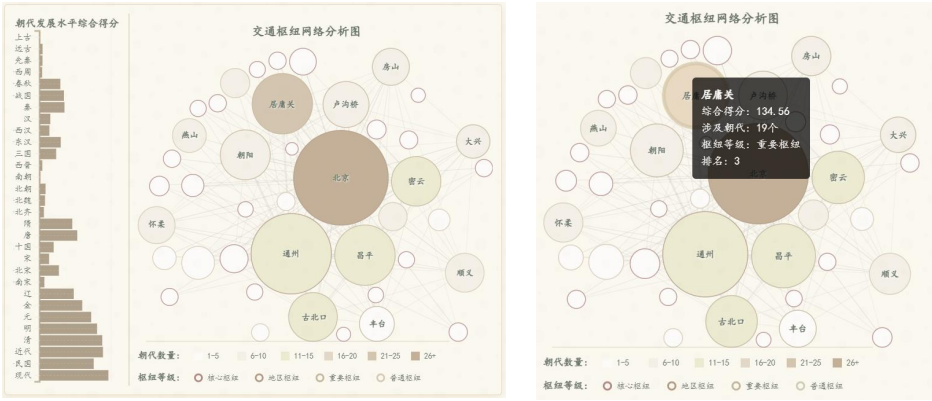


图 3.3 交通概览视图

(2) 交通详情列表

① 视图设计

交通详情列表按交通要道重要性展示了每个朝代所有的交通要道和一些其他的统计信息。左部分区域的交通要道列表用于控制主视图区域交通路线在地图上的呈现，列表中不同的路线卡片展示出了排名、起点、终点、重要性得分以及途径地点数的详细信息，被选中的卡片呈现不同的颜色与阴影效果。右部分区域则呈现了该朝代整体交通情况，包括交通要道总数、重要性、重要要道以及涉及地点数；交通工具区域则展示了朝代主要交通工具和所有交通工具。

② 交互设计

系统初始状态默认选择朝代为元朝，因此该区域在初始加载状态下会自动加载元朝的交通详情信息。分析者也可以通过与历史时间轴进行交互，选择其他朝代来控制该视图的显示。在交通要道列表中，用户可以选择在地图区域展示当前朝代的所有路线还是只展示选中的路线。其中，交通要道卡片有两种选中状态：复选框选中以及卡片选中。它们分别用于控制在地图上展示单个或者多个被选中的路线和高亮展示唯一一条路线。



图 3.4 交通详情列表视图

(3) 交通历史地理分析

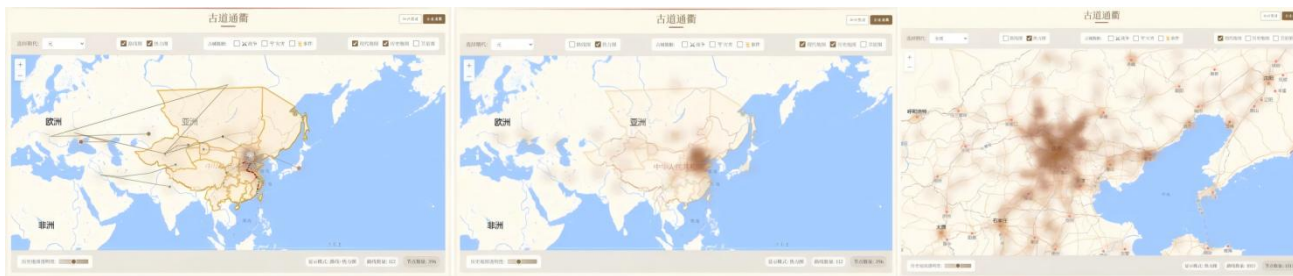
① 视图设计

交通状况最直观的呈现方式无疑是地图，因此提取了交通数据中 3513 个地名，1013 条交通路线绘制在真实地图上展示，用现代 GIS 技术重现古代地理空间。其中的现代地图和卫星地图信息来源于高德地图，历史地图信息来源于中央研究院 (Academia Sinica) 的中国历史文化时空信息系统 (CCTS)，其是在谭其骧的中国历史地图集的基础上进行绘制的。多种地图的叠加可以便于分析者结合时间和空间不同维度的信息进行分析。

分析者可以选择单个朝代的地理信息进行分析，或者选择所有朝代的地理信息进行分析。区域主要包含两个视图，一是路线图，二是热力图。路线图将具体路径可视化，清晰展示古代交通要道的实际走向。其中，多条路线交汇的重要节点会在地图上闪烁，并用不同线宽和透明度区分境内路线和国际路线，国外地点也会高亮显示。热力图则将交通密度可视化，量化了地理重要性。其中，通过颜色深浅展示地点的交通重要程度，颜色越深的区域，交通越繁忙、地位越重要。两个视图叠加互补，热力图提供宏观格局量化重要性，路线图提供具体路径展示连接关系，以便分析者从不同角度理解北京古代交通网络的复杂性和演变规律。

② 交互设计

系统初始状态默认选择朝代为元朝，不展示路线图和热力图，只展示现代地图和交通地图，分析者需要通过复选框选择需要呈现的视图。在交通列表进行选中路线后，即可在地图展示对应朝代单条或者多条交通路线信息，并高亮显示选中的路线进行查看。



(a) 热力图及路线图展示



(b) 路线选择

图 3.5 交通历史地理分析视图

3.1.3 区域资源禀赋分析

(1) 物产概览视图

① 视图设计

物产分布视图包括朝代对应物产大类分布图和历代地名出现频率统计图。朝代对应物产大类分布图采用节点连接图呈现了物产地理分布，其中中心节点为物产大类，二级节点为产地，三级节点为物产小类。产地节点的大小由其包含的物产小类数量决定。同一物产小类可能会产自不同的产地，因此物产小类节点可以同时连接多个物产大类节点。历代地名出现频率统计图则统计产地出现的频率，并进行展示。

② 交互设计

分析者点击物产大类花瓣后进入物产分布网络视图。为减轻视觉负担，默认只显示物产大类节点和产地节点，物产小类节点只有点击相应产地节点之后才会进行展示。

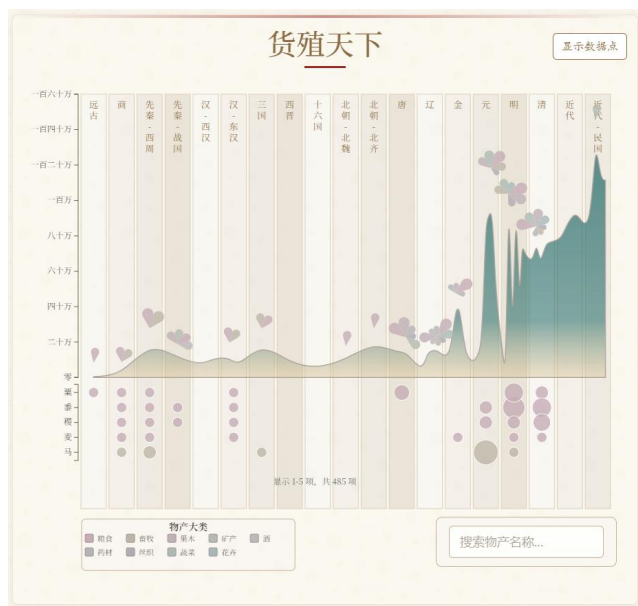


图 3.6 物产概览视图

(2) 物产分布视图

① 视图设计

物产分布视图包括朝代对应物产大类分布图和历代地名出现频率统计图。朝代对应物产大类分布图采用节点连接图呈现了物产地理分布，其中中心节点为物产大类，二级节点为产地，三级节点为物产小类。产地节点的大小由其包含的物产小类数量决定。同一物产小类可能会产自不同的产地，因此物产小类节点可以同时连接多个物产大类节点。历代地名出现频率统计图则统计产地出现的频率，并进行展示。

② 交互设计

分析者点击物产大类花瓣后进入物产分布网络视图。为减轻视觉负担，默认只显示物产大类节点和产地节点，物产小类节点只有点击相应产地节点之后才会进行展示。

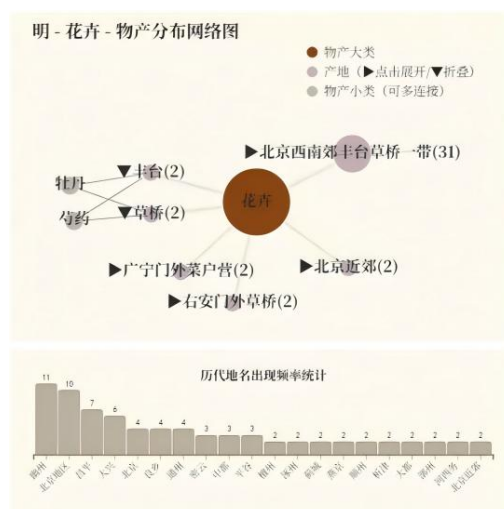


图 3.7 物产分布视图

3.1.4 多维度协同分析视图

① 视图设计

协同分析视图集合了政治、经济、交通、军事、资源、人口六个维度的数据来进行分析，主要包括聚类图与雷达图，以全面地分析北京城市格局与核心功能结构的演化。在聚类图中，将北京城市的发展分为五大时期，包括古代起源期、早期王朝期、统一奠基期、帝国鼎盛期和现代共和期。在雷达图中，可以观察到对于朝代的核心功能发展程度，以揭示不同朝代北京功能核心的转变。

② 交互设计

鼠标悬浮点击散点会显示对应朝代散点信息，点击聚类椭圆会显示这一聚类的描述信息。

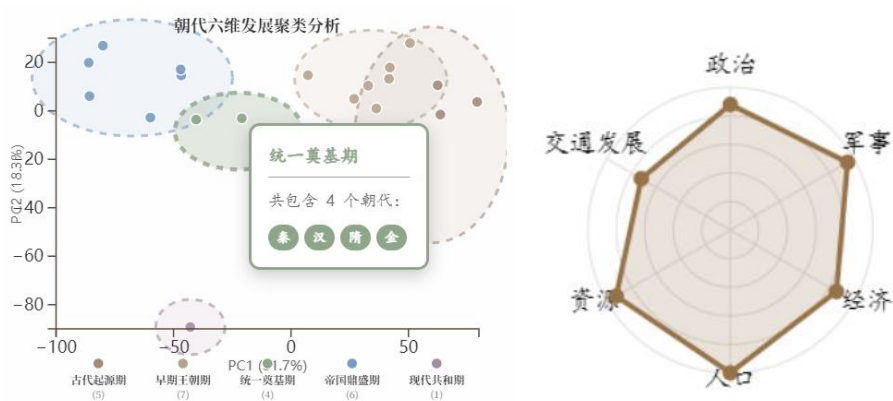


图 3.8 多维度协同分析视图

3.2 案例分析

以元朝为例，在全局概览状态下，分析者从人口变化面积图中可以观察到人口总体上呈现增长趋势，但每个时期存在周期性规律。以元朝为例，从朝代初到朝代末人口经历一个增长、减少、再增长的复杂变化过程，初期的增长往往是以军事或者政策手段造成的内聚迁移，中期在社会运行状况良好时往往是自然增长和自然迁移，后期往往因为战乱原因造成离散迁移。接着观察元朝对应的物产大类花瓣图，分析者可以观察到元朝物产丰富度较高，在交通发展状况柱状图也可以观察到元朝交通较为发达。为了更深入分析两者关系，点击元朝区域物产大类花瓣，通过物产分布网络了解到了在昌平、大兴、密云等地区物产丰富，这也与一些重要的交通枢纽重合。分析者从地理热力图中可以直观看出具体分布信息，元朝交通路线覆盖区域广泛，甚至远达欧洲多区域，这也是物产丰富的原因之一，可以从时间序列气泡图中看出元朝首次出现了棉花这一作物。另外，分析者可以从人口主题词云中可以看到不同朝代对应的历史主题，以元明清三个朝代为例，可以观察到元朝北京空间结构由旧城和新城构成，明朝北京开始有内城的雏形，清朝彻底形成内城外城的格局。通过元朝多维可视分析可以清晰地观察到人口动态、物产分布、交通网络和城市空间结构之间存在深度耦合关系，揭示了历史时期北京作为政治经济中心的综合发展规律和空间演化逻辑。

最后在朝代六维发展聚类分析视图中可以观察到元朝属于帝国鼎盛期，点击时间轴区域柱状图展示雷达图可以观察到元朝北京高度发展，是全国政治、经济中心，也是重要的交通中心和军事中心。同样地，以商朝为例可以观察到各方面都发展都较为初步，属于早期王朝期。从商朝的早期王朝期到元朝的帝国鼎盛期，清晰展现了不同历史时期北京在政治、经济、交通、军事等维度上的发展差异和功能核心演进轨迹，为理解古都发展的阶段性特征提供了量化依据。

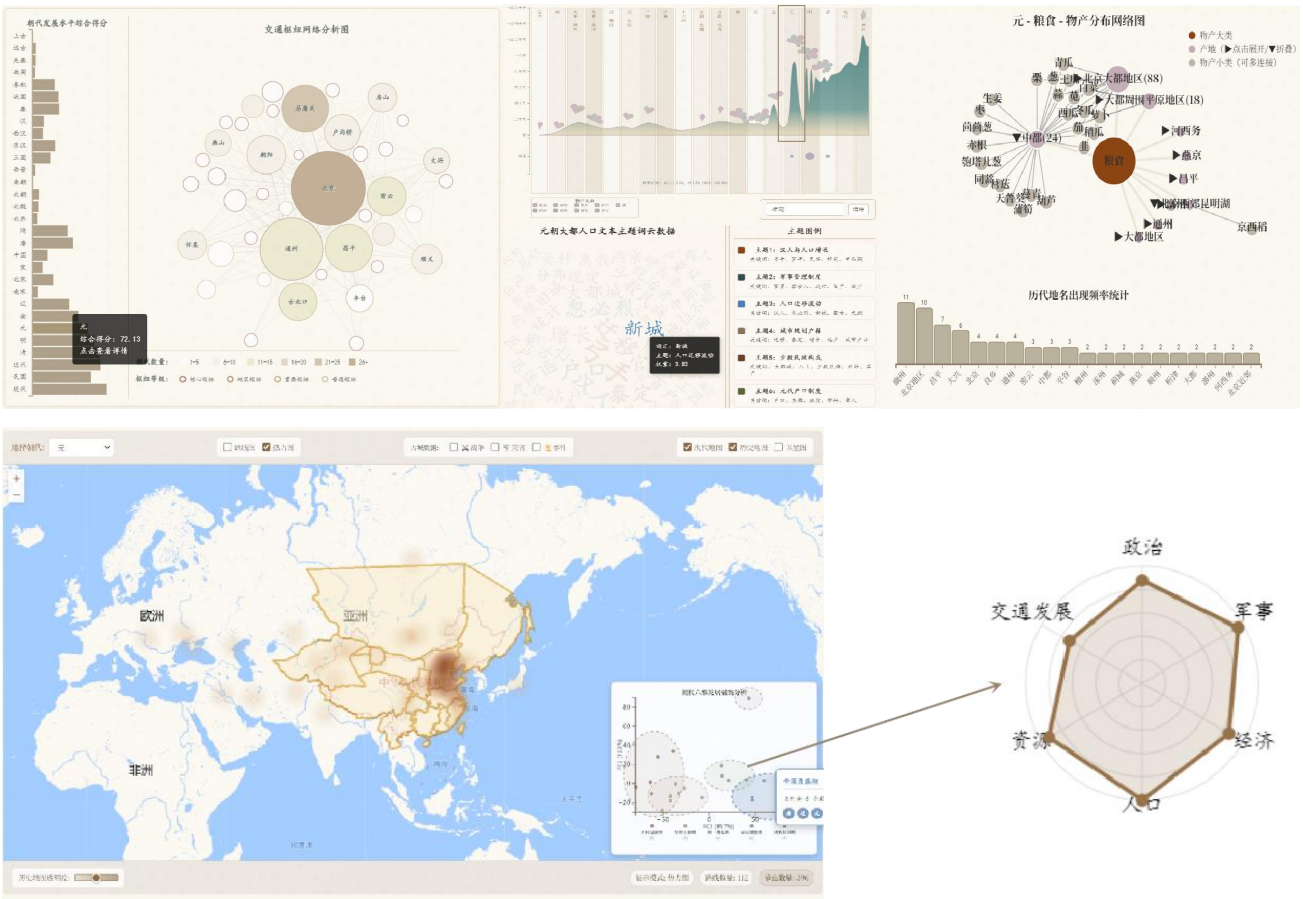


图 3.9 物产、交通、人口案例分析

4. 为进一步探讨城市治理结构和经济组织对城市形态的深层影响。请依据建制沿革记录与商业手工业活动分布数据等，梳理北京各历史时期的行政区划变迁、城市职能转变与经济活动中心的空间重构过程，分析制度逻辑如何嵌入城市空间与生产网络之中。

4.1 视图构成

结合建制沿革、商业手工业数据，该部分视图梳理北京各历史时期的行政区划变迁、城市职能转变与经济活动中心的空间重构过程。该部分主要包括建制沿革分析、商业手工业分析，以此说明建制沿革以及经济发展对城市空间与发展的影响。

4.1.1 建制沿革分析

(1) 朝代制度信息栏

① 视图设计

为了展示当前朝代的建制信息，在此处设计一个信息栏包括朝代建制介绍和建制结构树形图。主要的视图设计为通过树形图结构展示特定历史时期与北京地区（及其附近）相关的地区组成，展示地区的管辖关系，并且为了说明该历史时期的建制变化，在每个划分区域名称下方添加年份代表该特定时间段内该区域的名称，这样就能够清晰看到每个历史时期同一区域的名称变化。

② 交互设计

点击时间轴上的朝代后，会在信息栏中显示对应历史时期的北京地区缩略图、建制制度、行政机构等信息，帮助用户获得对当前历史时期行政区划总的认知，通过点击树形图的节点能够获取每一级的节点信息，从而获得北京地区的主要划分结构。



图 4.1 朝代制度信息栏

(2) 建制沿革事件图

① 视图设计

为了进一步说明该历史时期发生的所有改革事件，在该视图设计一个圆环图表示每个历史时期每个改革时间点的改革综合评分，从政治、经济等每个方面的评分用一个圆环图进行表示，每个存在评分的大小占据对应的圆环弧度，以此说明对应改革可能在某一方面所突出的影响。而圆环图下方的阶梯曲线代表当前改革事件相关地区变化数，阶梯曲线内堆叠的矩形代表每一个具体变化，矩形的颜色代表变化的重要性，当前变化越重要则矩形的颜色深度越深。

② 交互设计

当选定特定朝代后会显示对应朝代的建制沿革事件图，当鼠标悬浮在圆环上时，会显示每个圆弧对应的具体评分值，可以通过评分判断事件的影响。而点击每一个具体的堆叠矩形时，能够得到具体的改革变化信息，可以看到对应的改革名称以及相关影响与变迁结果。



图 4.2 建制沿革事件图

4.1.2 商业分析综合视图

(1) 商业手工业统计图

① 视图设计

商业与手工业构成用条形图展示其具体数量，三个分区分别代表商业、手工业、技术，在其中用不同透明度的颜色组代表它们的发展程度分别为传统和先进。而曲线图代表对应的商业、手工业等发展水平，在曲线上分布的点代表每一个历史时期中的重要商业和手工业发展事件。

② 交互设计

当鼠标悬浮在条形图上时可以看到每个条形具体的组成，其中包含了条形所代表的商业手工业等具体类型，悬浮在曲线上的散点可以得到对应的发展事件及其影响，这样就能够得到具体的商业手工业信息。

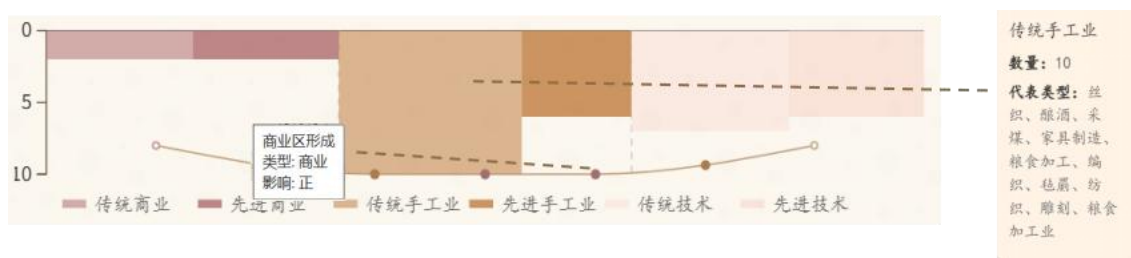


图 4.3 商业手工业统计图

(2) 商业区域分布图

① 视图设计

在商业区域分布图中显示具体的商业活动分布，每个散点代表一个具体的地点，将其分为不同的几种商区类型并且用不同颜色表示，散点的大小根据其重要性判断，散点的坐标通过原文文字信息以及历史地图信息映射得到。为了突出商业布局，将同一类型的点相连，以显示具体的商业格局分布。

② 交互设计

下方的区域分布则能够观察到具体的位置信息，当鼠标悬浮在每个不同的点上，能够获得到每个所标出的位置具体的商业功能描述以及它的重要程度。



图 4.4 商业区域分布图

4.2 案例分析

选取历史时期为元，可以看到元的制度分为四级制，制度管理更加严密。在北京设置多个行政、军事机构，并将北京设为都城，说明北京在元朝已经成为更加集中的行政区域，并且具备一定的军事预防，城市已经成为集中的大都城作为中央集权中心。观察建制沿革事件图可以发现元朝时的建制沿革基本在一定时期都会进行，并且可以观察到在 1271 年出现一个影响较大且相关变化数较多的改革事件，进一步点击每个改革事件可以得到在这一年发生了许多重大变革如御史台设置、中书省设置等，说明这一年的变化确实很关键是整个元朝最重要的改革之一，意味着北京地区此刻已经是中央所在，北京转变成为行政军事指挥中心。

观察商业分析综合视图，可以得到这一历史时期具有较多的商业、手工业、技术类型，说明了元朝时的商业手工业发展较为繁盛，观察重要发展事件得到其中包括商业区、手工业中心的形成，表示元朝时这一发展的盛大，也突出了元朝北京地区经济活动的活跃。通过商业区域分布图，可以得到各个商业区域及其类型的分布，并且通过商品信息数据可以得到在商业核心区售卖的商品大多为金银等高端商品以及文化市场，而基本的物资更多分布在城门贸易带，贴近居民需求。通过图可清晰看出元代大都商业布局的“中心—边缘”结构，符合历史文献中“前朝后市”的规划理念，这也体现了制度对经济变化的影响，当元朝在北京地区加强集权管理时，经济活动也更加集中并且进一步发展。

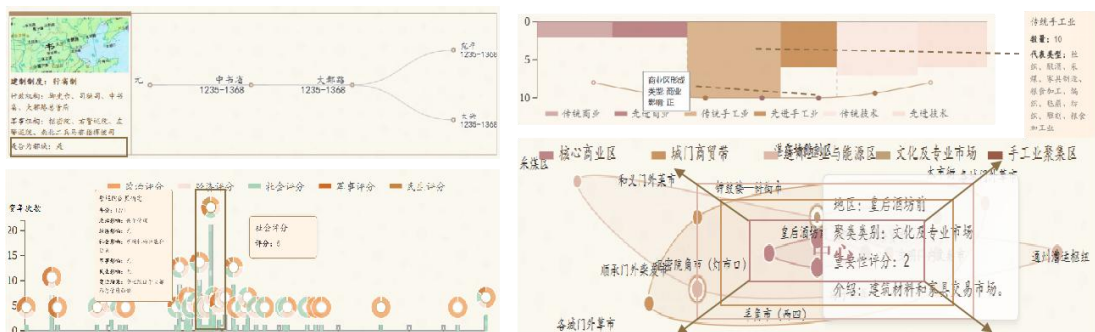


图 4.5 元朝案例分析

5. 在上述多维因素分析基础上，请围绕如制度改革、灾变等关键历史节点，构建具有时空双重线索的事件叙事图谱，并将其与前四项任务中提取的因素进行联动展示。总结北京城市演化中的共性机制、关键转折点与制度经验，探索其对当代城市可持续发展与空间治理的启示。

5.1 视图构成

结合综合数据，该部分视图建具有时空双重线索的事件叙事图谱，总结北京城市演化中的共性机制、关键转折点与制度经验。该部分主要包括知识图谱分析、历史数据聚类与相关性分析、时间轴联动展示。

5.1.1 北京地区历史事件知识图谱

① 视图设计

北京地区发展过程中相关事件的知识图谱通过语义分析构建后得到相关逻辑链，每个节点之间的连线采用力导向布局，使节点能够清晰显示在视图中，将前序任务中提取的相关因素进一步集合，最终呈现出每个历史时期节点、历史时期-事件、事件-人物等之间的关系。并在视图中放置图例对每一节点和边进行说明，以便用户操作。

② 交互设计

为进一步操控节点的出现，拖动时间轴会显示出当前时刻前的所有可视节点与连线。不同按钮对应不同事件的类型，在点击后可以筛选特定的事件类型以便于比较。通过鼠标悬浮可以观察节点的名称，通过缩放可以方便进一步的观察。当鼠标悬浮在节点上会显示出对应的节点信息名称。为进一步获取分析事件，在点击特定节点后会出现相关节点的具体信息栏，可以通过该信息栏得到具体的事件信息以及相关事件元素，并且会高亮出选择节点的相关节点便于用户观察。

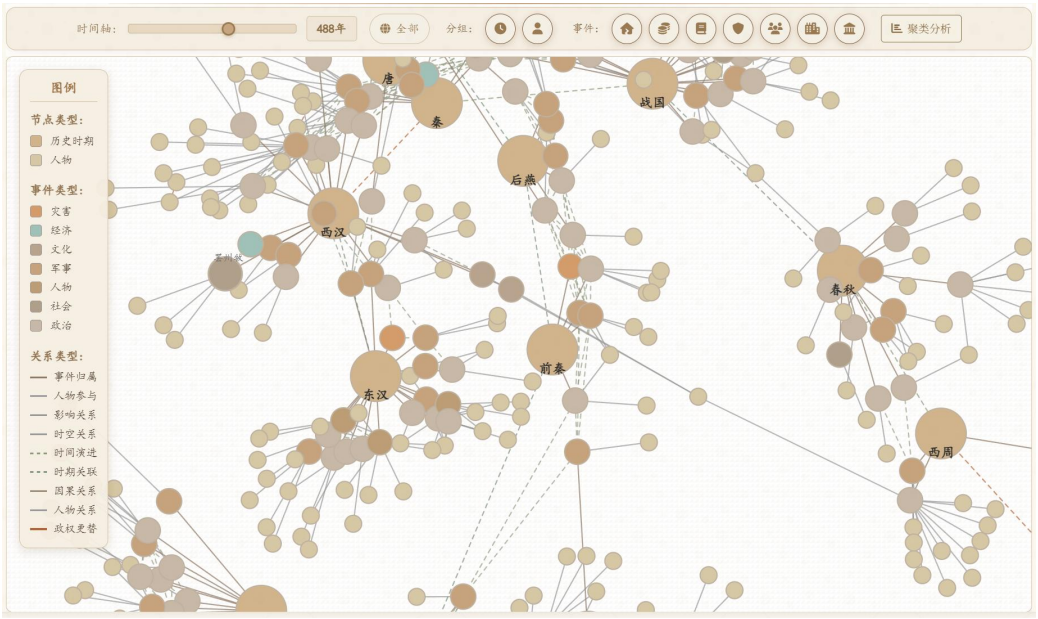


图 5.1 北京地区历史事件知识图谱

5.1.2 历史数据聚类与相关性分析

① 视图设计

为进一步探索北京城市演化中的共性机制与制度经验，基于聚类与相关性分析算法取得的结果设计了四张图表展示数据间的关系，包括散点、平行坐标系、雷达、热力图展示最终的数据分析结果。

② 交互设计

当鼠标悬浮在图上时可以得到每个放大的视图，便于进行数据的观察，并且当鼠标移动到特定图形会显示对应的数据结果。

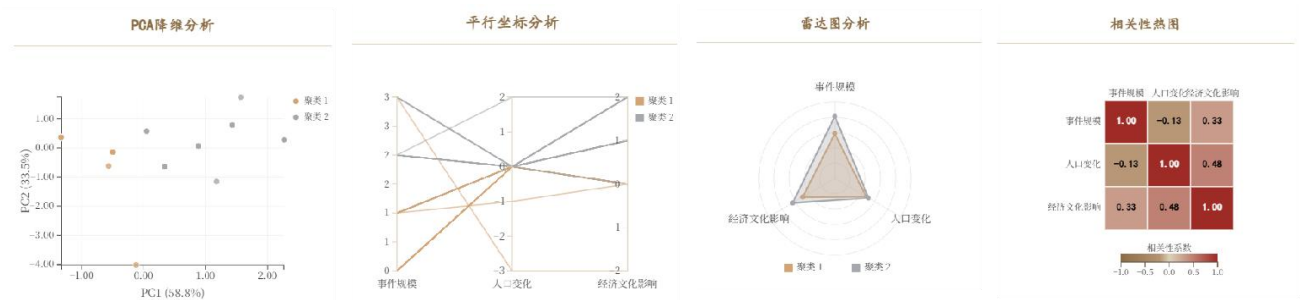


图 5.2 历史数据聚类与相关性分析

5.1.3 时间轴联动

① 视图设计

在页面的底部设计时间轴控件，用于控制并联动所有视图，在时间轴上设计了柱状的条形图，该条形图基于对所有历史时期的综合评价得到，可以显示出每个历史时期北京地区的发展程度，便于用户开始对感兴趣的历史时期的选择。并且基于评分数据设计聚类，从而进一步帮助用户定位北京地区发展繁盛的历史时期。

② 交互设计

当鼠标点击某个历史时期时所有视图会根据选择而变化，当鼠标悬浮在柱状图上时可以看到具体历史时期的雷达评分图，聚类图则能看到每个历史时期的聚类结果。



图 5.3 时间轴设计

5.2 案例分析

指定时间轴到 1354 年观察元中的灾害事件，筛选指定灾害事件按钮，通过鼠标悬浮看到“发生疫情”按钮并点击。查看事件的具体信息栏可以看到该事件的时间相近的相关节点中对于灾害发生后的治理措施包括免除差税两年等，这一措施确保了灾后重建工作，为当前城市治理提供启示，在发生灾害时需要即时做出举措才能有效延

缓灾情，实现城市的可持续发展。再观察建制沿革相关，点击“易州、雄州改归大都”节点，可以观察到在该时间前后有许多改革措施，说明了改革的相对集中性，说明了在特定阶段对城市治理的必要性。



图 5.4 元朝知识图谱分析

进一步观察历史数据聚类与相关性分析视图，制度改革数据的主成分中，PC1 与 PC2 分别贡献 46.9% 和 43.8% 的方差，说明演化张力被相对均衡地分散；平行坐标图显示的“聚类 1”多落在事件规模中高、而人口与经济文化增幅偏低的位置，“聚类 2”则呈现三轴同步抬升的协同模式。相应的相关矩阵中，人口变化与经济文化影响正相关系数高达 0.55，而事件规模与它们仅 -0.16 与 0.05 的微弱联动，这意味着改革往往先在制度层面定向发力，再经由人口-文化的弹性扩散完成效益放大。与之对照，灾变数据的 PC1 独占 76.7% 方差，表明冲击强度几乎完全锁定在单一主轴；此时事件规模与人口、经济文化相关系数骤降至 -0.59 与 -0.65，反向耦合清晰揭示了“大灾必致衰”的短期断裂，而人口与经济文化之间仍保留 0.66 的正关联，提示市民自发的社会-文化修复能力始终在底层维系着城市韧性。

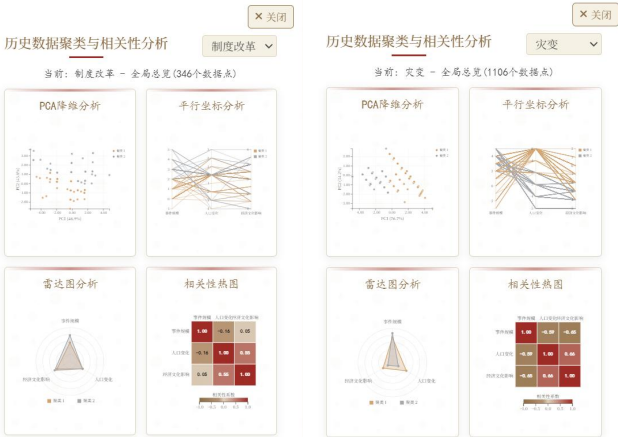


图 5.5 整体聚类相关性分析

6. 系统概览与分析流程

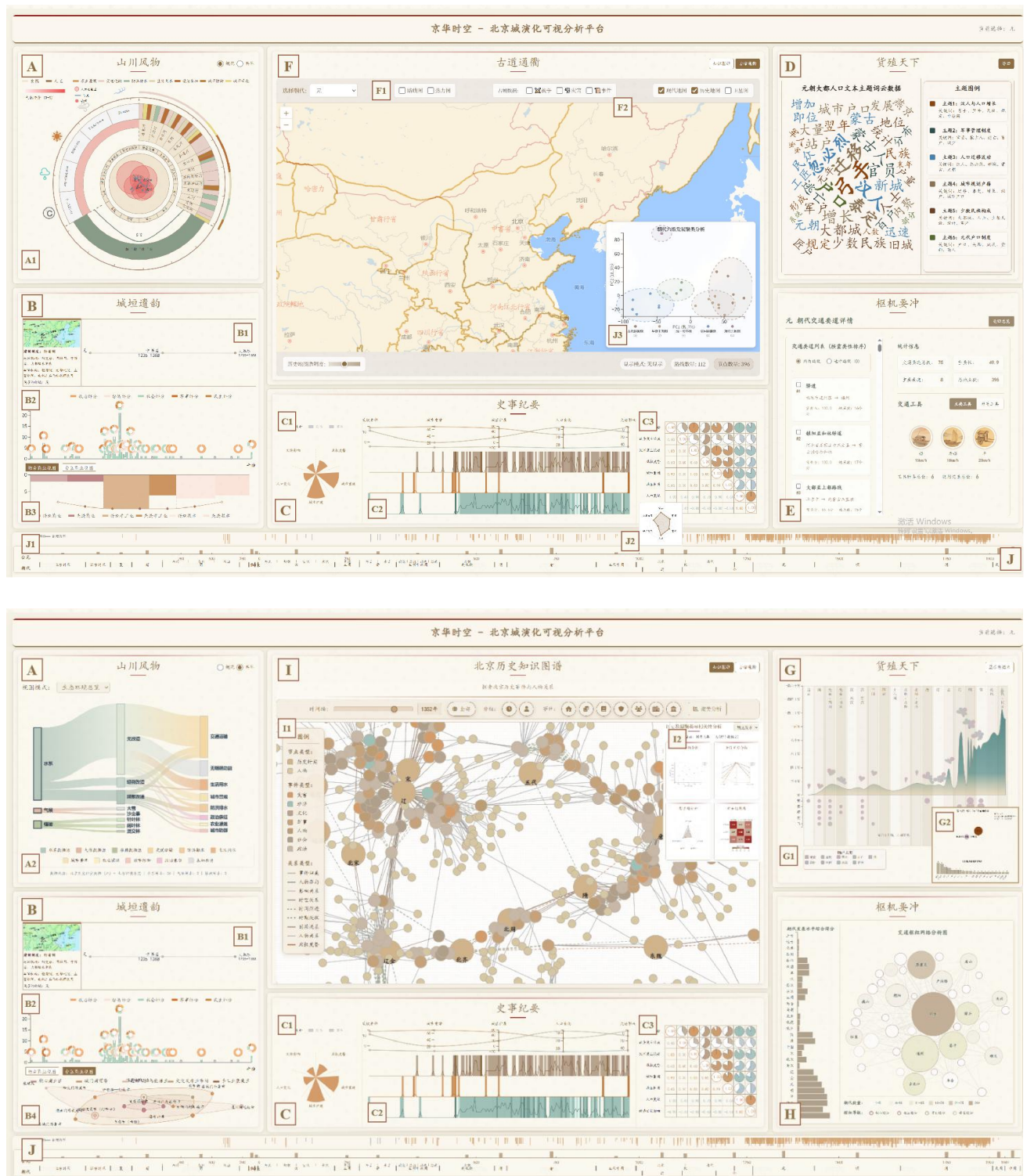


图 6.1 北京地区演化可视化分析系统

6.1 系统概览

作品设计并实现了一个北京地区演化可视化分析系统（图 6.1）。该系统包括多种视图，并结合合理的视觉编码以增强可读性和理解力。此外，系统还支持多种交互设计，帮助用户直观感知和理解数据。借助这一系统，用户能够充分利用数据分析与可视表达的手段，多维度还原北京城市发展的复杂时空演化模式等，为理解历史演变提供新视角，并为当代城市治理与未来发展带来一些启示。北京地区演化可视化分析系统通过多个视图描述北京地区演化，包括：

（1）A 部分主要包括两个视图环境人口概况 A1 和自然演化具体信息 A2，从时空维度刻画北京生态环境的长期演化轨迹。通过图表展示如河流改道、气候波动、植被覆盖变化等重要趋势，揭示其对城市格局演化、人类活动聚落及生计方式的影响，并使用切换实现不同视图的对比观察。

（2）B 部分主要包括四个视图 B1、B2、B3、B4，B 中的视图依据建制沿革记录与商业手工业活动分布数据等，梳理北京各历史时期的行政区划变迁、城市职能转变与经济活动中心的空间重构过程，辅助用户对制度逻辑的分析。

（3）C 部分主要包括三个视图 C1、C2、C3，主要说明了灾害、战争、大事件与城市建成区扩展、人口迁移、政权更替等关键变量的关联性，说明它们之间的相互影响。该部分视图与 F 中地图 F2 功能联动，从时空角度揭示冲击事件如何塑造城市演变轨迹。

（4）D 部分主要对每个历史时期的人口数据进行详细分析，通过主题词云表现人口的具体构成，E、H 部分主要对交通数据进行分析，说明不同交通工具、交通路线等信息，表现每个历史时期的交通通达性，G 中主要描述物产资源，说明了每个历史时期物产的丰富度。D、E、H、G 与 F 中地图 F1 功能进行联动，从多个角度帮助用户分析人口增长与流动、交通通达性变化、区域资源禀赋等因素如何协同驱动北京功能核心与城市空间结构的形成与演化。

（5）I 中主要包含两个视图 I1、I2，通过构建事件逻辑链与整体数据分析，实现多视图联动，总结北京城市演化中的共性机制、关键转折点与制度经验，探索其对当代城市可持续发展与空间治理的启示。

（6）J 中包含三个视图 J1、J2、J3，主要包括整体系统的时间轴控制实现整体联动以及对每个历史时期发展的综合评价，为当代城市治理提供启示。

6.2 系统分析流程

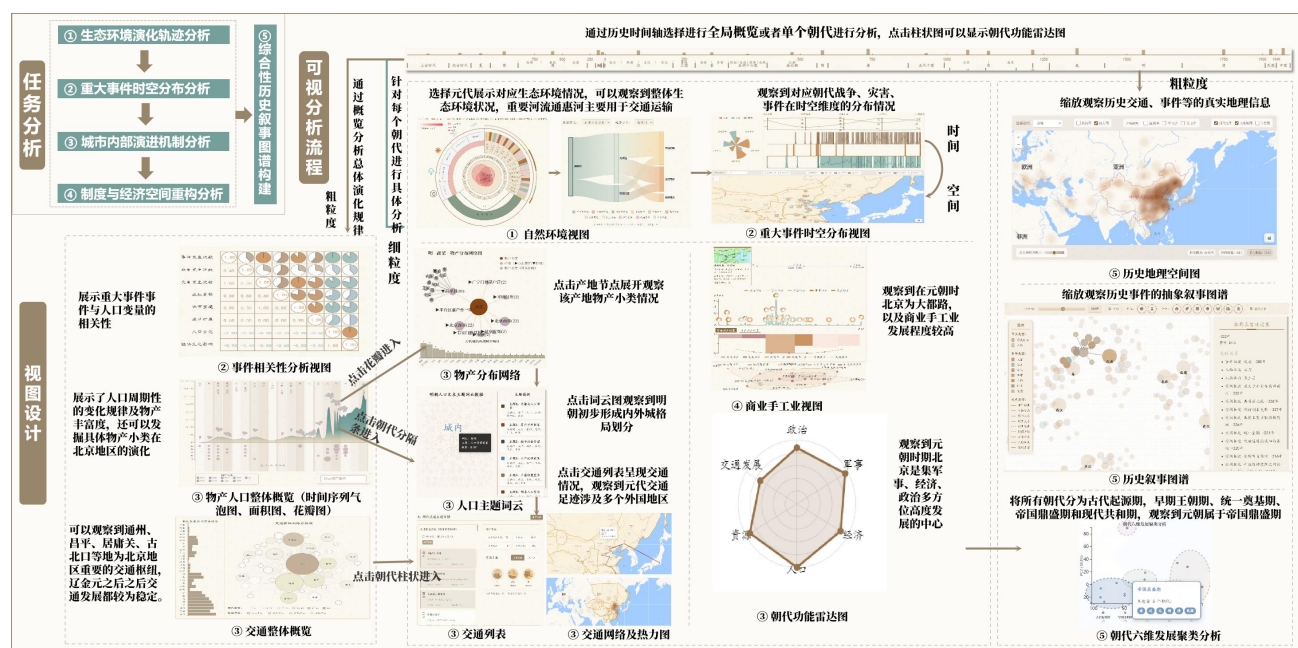


图 6.2 系统分析流程图