

# 通过模式语言研究 GIS 用户界面

李响<sup>1)</sup> 华一新<sup>1)</sup> 王双<sup>2)</sup> 孙丰垒<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(信息工程大学测绘学院, 郑州 450052) <sup>2)</sup>(中国科学院地理研究所资源环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要** 目前国内外已经有学者通过模式语言来研究用户界面设计。但是还没有学者通过模式语言研究 GIS 用户界面设计的问题。本文建立了一个初步的 GIS 用户界面模式语言框架,并在用户认知心理学,地图学等理论和寻路,屏幕截图等实验的基础上提出了4个有代表性的模式:中央地图模式、“抬头”地图模式、“用户中心”地图模式和分级圆模式。

**关键词** 模式 模式语言 GIS 用户界面设计

中图法分类号: P208 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)07-1014-09

## The Research of Pattern Language for GIS User Interface

LI Xiang<sup>1)</sup>, HUA Yixin<sup>1)</sup>, WANG Shuang<sup>2)</sup>, SUN Fenglei<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>(Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052)

<sup>2)</sup>(LRES, Institute of Geographic Science and Natural Resources, Beijing 100101)

**Abstract** Some researchers have discussed pattern language for user interface. But no paper discusses the topic about pattern language for GIS user interface. This paper first discusses some issues about GIS user interface with pattern language. It builds framework of GIS user interface through pattern language and proposes four typical patterns, center-stage, head-up map, egocentric map and graduate circle. This is based on user cognitive and cartography theory, and way-finding and screen snap experiments.

**Keywords** pattern, pattern language, GIS user interface

## 0 引言

模式的概念,最早是在建筑领域里提出来的<sup>[1-2]</sup>。之后在20世纪90年代中期,软件开发领域中出版了《设计模式:可复用面向对象软件的基础》一书<sup>[3]</sup>。该书对整个软件业的影响是巨大的。从此,“模式”一词在软件开发领域中声名大噪。目前在人机交互的用户界面设计中,也有一部分学者通过模式来研究好的用户界面设计方案<sup>[4-7]</sup>。

GIS用户界面的研究内容比较广泛<sup>[8-18]</sup>,很多学者针对某一具体问题提出了相应的解决方案。但是这样的方案通常存在以下两个弊端:1)往往针对的是某一个具体的问题,导致这些方案难以复用;

2)这些方案是零散的,相互之间没有联系,缺少一个统一的框架。而模式语言就提供一个统一的框架,将这些好的设计方案集中和系统化。在这个统一框架下,GIS用户界面设计师和用户可以分享和重用好的设计方案。

## 1 模式语言的关键问题

模式、模式集合和模式语言是3个不同的概念。模式是用来描述我们周围不断重复发生问题和已经被证实有效的该问题解决方案的核心。而模式集合则是一系列的模式,这些模式只是无规则的组合在一起,彼此之间并没有联系,也没有形成一个层次结构。而模式语言则是具备了完整的层次结构的模式集合,

基金项目:信息工程大学测绘学院基金项目(Y0905);国家自然科学基金项目(40971239)

收稿日期:2009-04-08;改回日期:2010-03-09

第一作者简介:李响(1982—),男,讲师。2007年在读信息工程大学测绘学院制图学与地理信息工程博士研究生。主要研究方向为GIS开发和用户界面设计。E-mail: LoveHello2ee@126.com

模式和模式之间也有明显的关联关系。Alexander 认为孤立模式的价值并不高。通过与相关模式的联系,并且显示相互之间如何联系和影响,他相信能够创建一种完整的模式语言,这要比各种孤立模式的堆砌更好。研究模式语言需要解决 3 个关键问题,一是采用什么样规范化的形式描述一个模式;二是模式语言的层次结构;三是模式和模式之间的联系。

### 1.1 模式的形式

模式的形式主要是指用几个属性项来描述一个模式。Alexander 用表 1 所示的几项来描述一个模式。

表 1 Alexander 的模式形式

Tab.1 Alexander's pattern description

名称	唯一标示该模式
有效性	标示模式的有效性
上下文	解释是该模式是否和更高层次的模式有一定的关联关系
问题综述	描述了应该在何时使用模式
解决方案	描述了解决该问题的方案,也是模式当中最核心的部分
图表	以图形化的方式说明该方案和其组成部分
参考	为读者指出了还有哪些模式可以用来组合实现该模式

而 Gamma 在软件工程领域里对模式的描述则更为简单一些,主要有模式名称、问题、解决方案和效果 4 个部分组成<sup>[3]</sup>。

Tidwell 早期是比较严格地忠实于 Alexander 描述模式的方式,但是到后来她认为过于拘泥这种严格的形式会影响到信息的传递<sup>[19]</sup>。于是在《界面设计》一书里,她用名称、它是什么、什么时候使用、为什么使用、如何使用、主要例子、其他例子来描述一个模式。

Welie 认为描述模式应该从用户的角度出发,他主张模式描述的焦点是可用性。因此在他的模式描述里有合理性一项。这一项主要是回答模式是否真的有效,为什么有效。Welie 希望模式的作者从性能、易学性、易记忆性、满意度、任务完成的程度和错误这 5 个方面来回答模式是否真正有效<sup>[20]</sup>。

### 1.2 模式语言的层次结构

Alexander 的模式语言层次结构是按照空间的大小由高到低来划分的,从一个城市到社区再到单个建筑,甚至是到窗户和座位的设计,高级别的模式可以由低级别的模式组成。

Gamma 则是按照软件工程当中归纳的模式特点划分为创建型、结构型和行为型。这种分类方式是完全按照软件开发的特点划分的,已经不具备层次结构的特性<sup>[3]</sup>。这样的分类方式是和 Alexander 的模式语言思想不一样的。

在人机交互领域里, Mahemoff 将模式分成任务、用户、用户界面元素和整个系统 4 大类<sup>[21]</sup>。Guy 将社交活动的理论应用到了模式语言的层次划分上,在社交活动理论里,人的活动被划分为 3 个层次:操作、行为和活动。这 3 个层次可以映射到模式的层次划分上,比如“点击一个按钮”称之为操作。它是一种在特定环境内的无意识行为。再比如“写一个便条”称之为行为,它是有意识地受一种目的驱动的行为。最高层次的被称之为活动,它是受一种动机所驱使的,比如写一篇文章,它的动机就是要发表在特定的杂志上<sup>[22]</sup>。

Welie 将模式划分为 5 个层次:事务目标、立场、体验、任务和行动。这样的划分实际上是覆盖了 Guy 的 3 层结构,且更为合理。如图 1 所示,该图主

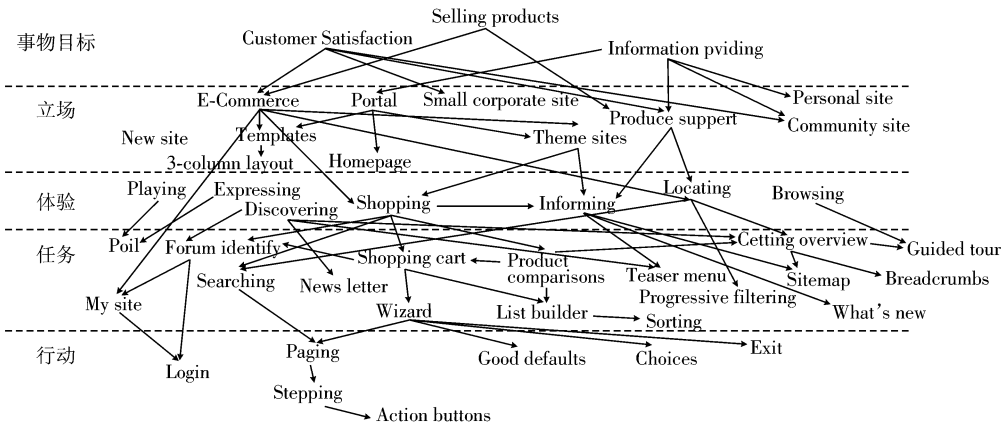


图 1 Welie 的模式语言层次结构

Fig. 1 Welie's pattern language structure

要是针对网站设计的模式语言<sup>[6]</sup>。

在事务目标这一层次上实际是一个组织的行为,它包括了很多的行为和该组织的动机。比如一个公司需要建立一个网站,售出产品和让用户满意模式都属于这个层次的。立场实际上是一个系统的类型,比如一个公司构建的网站是购物网站,还是个人主页等。体验则描述了用户的主要目的和任务以及其他扩展的任务。比如在网站里购物、定位和浏览等都属于这个层次的模式。任务这个层次里则一般是我们看到的比较具体的模式,大部分常用的模式都在这个层次上,比如购物车模式。行动这个层次的模式则没有很明确的用户目的,比如良好的默认值等<sup>[6]</sup>。

### 1.3 模式之间的关系

如果模式之间不存在关系,则不是模式语言,而只是模式集合。Welie 借鉴了面向对象的程序语言思想,将模式之间的关系划分为了如下 3 类:聚合、继承和关联<sup>[6]</sup>。这 3 种关系非常类似面向对象当中的关系,因此不再详述。在下文中我们可以看到本文提出的中央地图模式和中央舞台模式<sup>[7]</sup>就是一种继承关系。

## 2 GIS 用户界面模式语言

本文提出的 GIS 用户界面的模式语言只是一个初步的框架,它仅仅是一个开始。本文所描述的 4 个模式也不是创新,而是将过去已有的研究成果和好的方案用模式的形式表达出来。

### 2.1 GIS 用户界面模式语言外部关系

GIS 用户界面模式语言外部关系主要是指和一般的界面模式语言的关系。GIS 系统和一般系统最本质的区别在于 GIS 需要处理与空间相关的数据。这个本质的区别造成了 GIS 用户界面和一般用户界面有以下 3 点不同:

- 1) GIS 用户界面中有地图,图层控制器等这样与空间数据相关的控件,并且这一类控件在 GIS 用户界面中占据了非常重要的地位;
- 2) GIS 用户界面中有漫游,放大和缩小等这样与空间数据相关的交互工具;
- 3) 由于地图在 GIS 用户界面中占据的重要性,因此地图的可视化(地图符号、制图综合等)也是 GIS 用户界面中研究的一个重点。

普通的界面模式语言对于以上 3 点是无能为力的。虽然 Tidwell 提出的总览加细节、数据提示和局

部缩放<sup>[7]</sup>都不同程度地涉及到 GIS 用户界面设计,但还是远远不够。

GIS 用户界面设计可以分为与空间相关的界面设计和与空间无关的界面设计。普通的模式语言可以解决与空间无关的界面设计问题,而 GIS 用户界面模式语言是普通界面模式语言的一个扩展,它既要解决与空间无关的界面设计问题,也要解决与空间相关的界面设计问题。

### 2.2 GIS 用户界面模式语言内部结构

#### 2.2.1 GIS 用户界面模式的形式

采用表 2 所示几项描述一个模式。

表 2 GIS 用户界面模式语言形式  
Tab.2 The description about pattern for GIS user interface

模式名称	唯一标示该模式的名词或者短语
问题	描述了应该在何时使用模式,通常是简短的一句话
情景	描述该模式使用的情景
方案	描述了解决该问题的方案,也是模式当中最核心的部分
图表	以图形化的方式说明该方案和其组成部分
已知的应用	描述目前该方案比较成功的应用
相关模式	和该模式相关的模式

#### 2.2.2 GIS 用户界面模式语言的层次结构

GIS 用户界面模式语言的层次结构遵循 Welie 提出的 5 个层次。如图 2 所示,其中阴影部分的模式是下节将要介绍的模式,模式和模式之间用箭头线相连表示两个模式之间存在一定的关系,这种关系可能是聚合、继承或者关联关系。

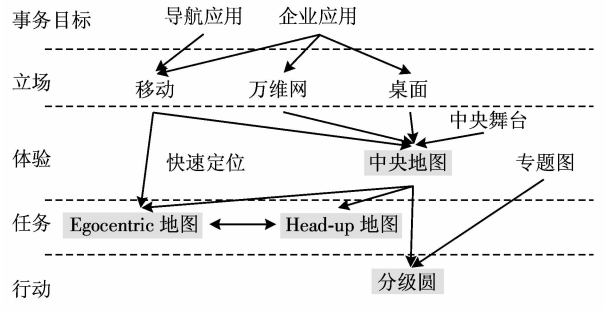


图 2 GIS 用户界面模式语言层次结构

Fig.2 The pattern language structure for GIS user interface

### 2.3 GIS 用户界面模式

由于模式是针对过去遇到的设计问题提出的被

证实有效的设计方案。因此模式的提出需要谨慎, 本文所提出的 4 个模式都是在理论和实验证明的前提下归纳总结而成的。而且 4 个模式分属于 3 个不同的层次, 具有一定的代表性。

### 2.3.1 中央地图

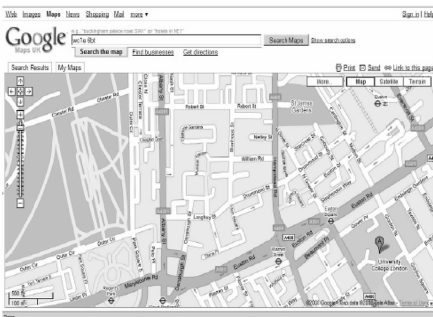
#### 1) 中央地图模式提出的背景

Tidwell 曾经提出了一个中央舞台模式, 意思是把最重要的 UI(用户界面)部分放到页面或窗口最大的子栏目上, 把一些辅助工具和内容放置在它周围的小面板上<sup>[7]</sup>。那么对于 GIS 系统来说, 地图控件是整个系统的最为重要的部分, 因此地图应该放在 GIS 系统当中最大的子栏目上。

事实上地图的大小会直接影响到地图的可用性。Haklay 博士分析了由于屏幕地图一般是每英寸 90~120 个像素, 而纸质地图通常是每英寸 1 200 个点, 因此同样大小的纸质地图的信息负载量要比屏幕地图的信息负载量大得多。屏幕地图的尺寸应该尽可能地大, 分辨率应该尽可能地高。如图 3, 整个图 3(a) 尺寸为 153 mm × 180 mm, 其方框中区域对应图 3(b) Google 地图显示的区域, 整个 Google 地



(a) 纸质地图



(b) 电子地图

图 3 纸质地图和电子地图信息负载量比较

Fig. 3 The information comparison between paper map and screen map

图尺寸为 183 mm × 254 mm, 即使这样, 同一区域 Google 地图上的信息负载量还是明显小于纸质地图<sup>[10]</sup>。

有学者做了这样的一个实验, 请 30 个用户在 Google 地图和 MapQuest 上寻找与一个指定的位置最近的地铁站。实验结果表明, 用户在 Google 地图上平均 3 s 就可以完成任务, 而在 MapQuest 上则需要超过 40 s 的时间。除去其他因素, 这个和屏幕地图尺寸有着直接的影响<sup>[23]</sup>。如图 4 所示可以看出 Google 地图的尺寸明显大于 MapQuest。

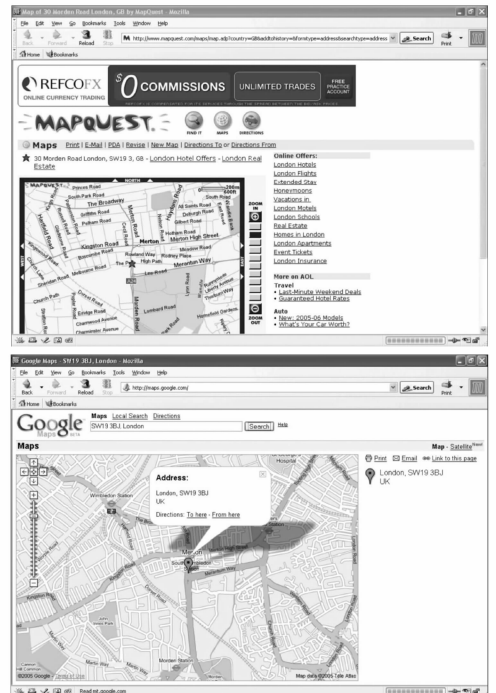


图 4 Google 和 MapQuest 地图大小比较

Fig. 4 The size comparison between MapQuest and Google map

为了进一步研究地图尺寸和用户使用地图效率的关系, 学者又做了如下实验, 两个被测试者要求在 17 寸显示器上利用 MapInfo 完成伦敦及其郊区人均拥有一辆汽车的专题图, 随后又要求在 24 寸显示器上利用 MapInfo 完成伦敦西部拥有两辆汽车的专题图。实验当中会记录下来用户使用放大、缩小和漫游操作的次数。实验表明用户在 17 寸显示器上操作的次数比在 24 寸显示器上多出 69%<sup>[10]</sup>。

还有其他学者对屏幕地图大小和地图的使用效率作出了研究<sup>[24]</sup>。所有的研究结果都表明“地图尺寸越大, 则地图效用就越高”。这也是中央地图模式的理论依据。

## 2) 中央地图模式

(1) 模式名称 中央地图模式。

(2) 问题 用户需要在地图上进行各项操作,如显示、查询和分析等。

(3) 情景 中央地图模式几乎适用于任何 GIS 使用情景,如在移动设备上,互联网上或者桌面应用等等。只要用户需要在地图上进行各项操作,那么就on应该考虑中央地图模式。

(4) 方案 将地图放到页面或者窗口最大的子栏目上,将辅助工具和内容放置在它周围的小面板上。地图尺寸应该至少大于 50%,这个数据是通过分析现有的 GIS 软件而得到的<sup>[10]</sup>。当然如果有条件更换硬件,可以考虑购置大尺寸和高分辨率的显示器。

(5) 图表 如图 5 所示 (Source: www.googlemap.com)。

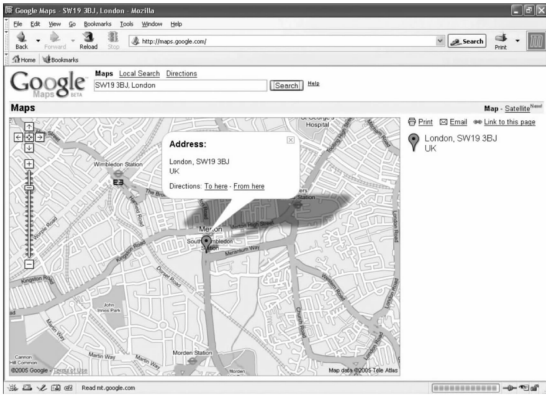


图 5 中央地图模式示意图

Fig. 5 The center map pattern's diagram

(6) 已知的应用 目前绝大多数成熟的桌面 GIS 软件,如 ArcGIS, MapInfo 和 SuperMap 等都采用了这种模式。互联网上的应用,如 GoogleMap, YahooMap 等也采用了这种模式。但是也有部分地图网站并未使用这样的中央地图模式,而是使用类似 Google 搜索的设计,我们认为这并不是一个好的设计,因为容易让用户误解这根本不是一个地图网站。

(7) 相关模式 中央舞台模式<sup>[7]</sup>。中央地图模式和中央舞台模式是一种继承关系。

### 2.3.2 避免认知旋转

认知旋转或者称之为心理旋转,最早是由 Shepard 和 Metzler 提出来的<sup>[25]</sup>。这一术语最早出现在心理学上,但是使用地图的时候同样存在这样的认知旋转问题。主要表现为两个方面。

比如一个向正南方向的旅行者,当他在地图上

看到下一个路口是向右拐的,而实际上真实世界上需要向左拐。这是因为地图正上方都是向北,而旅行者前进的方向是向南而造成的。因此旅行者需要在大脑里进行这样的旋转让地图和客观实际一致(当然有时候可能是旅行者旋转地图来和客观实际保持一致,这种方法又称之为地图定向),这就是一个认知旋转的过程。

另外,传统的地图都是一种鸟瞰视角,即人在地球上空看世界。而实际生活中,人则是一种透视视角,即人是在地球表面看世界。地图和客观实际要保持一致,也需要认知旋转。

这种认知旋转造成人读图的困难。很多学者对人的认知旋转的能力作了比较深入的研究<sup>[25-26]</sup>。认知心理学也指出,人在定向时存在心理旋转的过程,其反应时间随着需要旋转角度的增大而增加。在 GIS 用户界面设计当中尽可能地避免认知旋转,使读图变得更加容易。由于现代技术的发展,我们可以让地图视角和人观察客观世界的视角保持一致。具体来说有两种视角方式,一种是“抬头”地图视角,另一种是“用户中心”地图视角。

“抬头”地图视角是指地图上方不再是正北方向,而是用户前进的方向。“用户中心”地图视角则是以用户为中心的一种透视视角,这种视角通常会在 3 维的地理环境里使用。

有实验证明了“抬头”地图视角和“用户中心”地图视角在导航和寻路方面比其他地图更有优势。Thomas 做了这样一个实验<sup>[27]</sup>,在一个 6 m × 6 m 的房间,将其划分为 10 × 10 的方格,其中有部分方格是障碍,有部分方格是通道。房间里放置了椅子等这样的标志性物体。实验者推着一个类似推车的实验装置由通道穿过,该装置上放有笔记本,并且能够通过定位装置定位到实验者的位置,并在地图上实时地显示出来,如图 6 所示。

实验者使用了 4 类地图,一种是纸质地图,一种是以正北方向为上方的电子地图(图 7(a)),一种是“抬头”视角的地图(图 7(b)),还有一种是“用户中心”地图视角的地图(图 7(c)),如图 7 所示。

实验结果表明在 45 个测试者当中,平均时间用时最少的是电子地图,仅为 111 s,而最慢的是传统纸质地图,用时 230 s。平均犯错误最少的也是电子地图,仅为 1.7 次,而最多的也是传统纸质地图,为 8.2 次。

由此,本文提出了两种模式避免认知旋转,一种

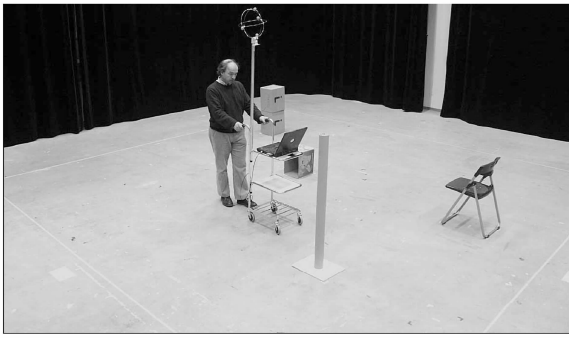


图 6 Thomas 的实验

Fig.6 Thomas's experiment

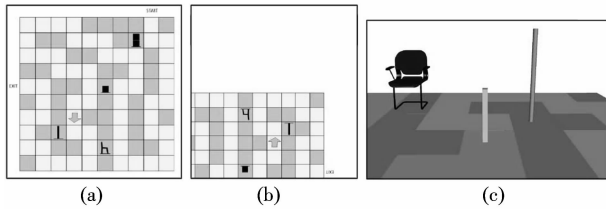


图 7 实验中使用的 3 类地图

Fig.7 Three types of map used in experiments

是“抬头”地图模式,另一种是“用户中心”地图模式。

1) “抬头”地图模式

(1) 模式名称 “抬头”地图模式。

(2) 问题 用户需要导航或者寻路。

(3) 情景 “抬头”地图模式一般用在地图导航当中,通常在小型的设备,如手机上使用该模式。

(4) 方案 地图的上方不再是正北方向,而是用户前进的方向。

(5) 图表 如图 8 所示<sup>[27]</sup>,图中的箭头代表的就是用户前进的方向,地图的正上方也是用户的前进方向。

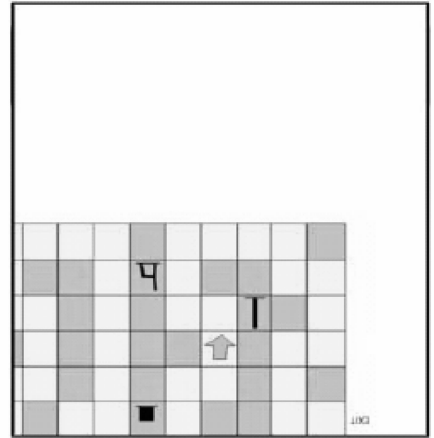


图 8 “抬头”地图模式示意图

Fig.8 Head-up map pattern's diagram

(6) 已知的应用 由于涉及导航和定向,因此这样的设计是较为复杂的。但是目前已经有手机在这方面进行了初步的尝试。比如诺基亚 6210 导航图当开启指南针功能时,用户在转动手机的同时,地图也会自动进行方向校正,如图 9 所示 (Source: <http://shop.smartphonecn.com>),注意两张图的方向和指南针的方向。

(7) 相关模式 “抬头”地图模式和“用户中心”地图模式都是为了避免认知旋转。

2) “用户中心”地图模式(Egocentric Map View)

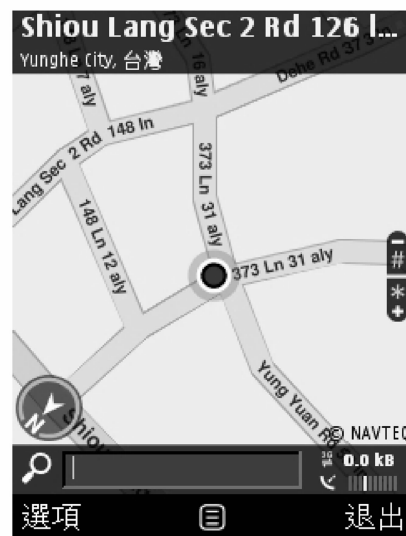
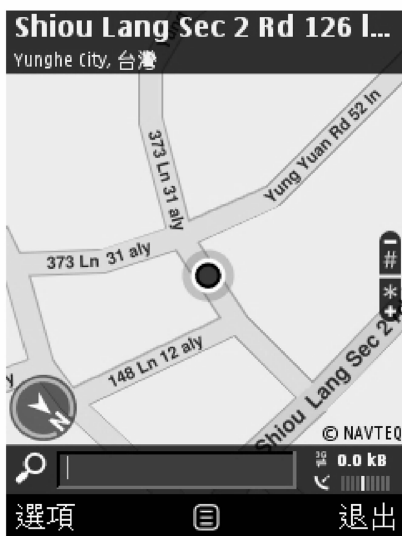


图 9 诺基亚 6210 导航图

Fig.9 Nokia 6210 Navigator

(1) 模式名称 “用户中心”地图模式。

(2) 问题 用户需要导航,寻路或者需要观察 3 维的地理环境。

(3) 情景 “用户中心”地图模式可以用在地图导航当中,同时也可以用在 3 维地理环境显示,可以在手机这样的小型设备上使用,也可以在中心指挥室里大屏幕上显示。

(4) 方案 地图的上方不是正北方向,这种地图多是 3 维地图,以用户为中心采用透视视角。但是在中心指挥室里,用户一般有两方面的需求,一方面用户需要形成对整个环境的全局观,另一方面也

需要通过透视视角了解局部详细的状态。因此通常用多屏显示,即一屏显示 2 维地图,而另一屏显示 3 维的透视地图。当然不具备两屏或者多屏的条件,就要仔细权衡是否采用这种方式,因为使用不当会违背中央地图模式。

(5) 图表 图 10(<http://eagle.onlineinventorysystem.com/clients/ABS/ELF1-5.nsf/catalog?openForm>) 是 2 维和 3 维视图多屏显示的方案,左屏是一个 2 维地图,在该图上动态地标绘了舰船所处的位置,而 3 维视图则是“用户中心”地图模式,以用户为中心显示 3 维地理环境。

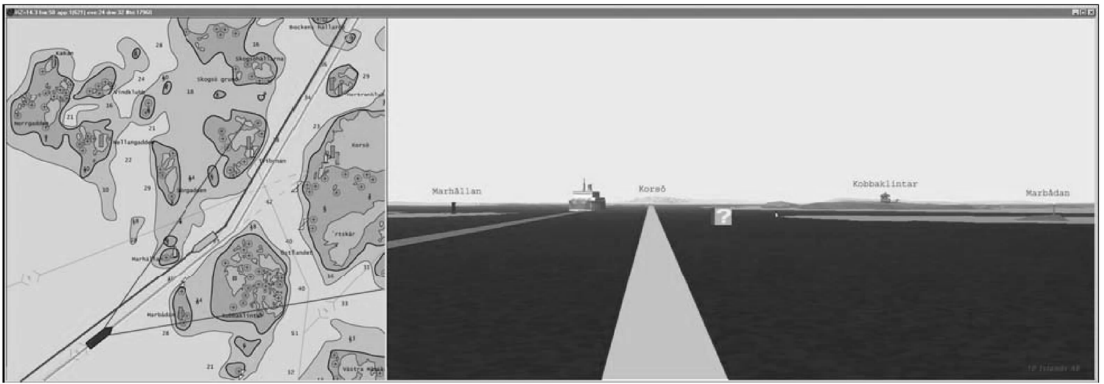


图 10 Egocentric 地图模式示意图

Fig. 10 Egocentric map pattern's diagram

(6) 已知的应用 很多企业级的应用都采用这种多屏显示的方式,也有单屏采用这两种方式显示的应用,但本文认为单屏的方式极易违背中央地图模式,用户的感受并不一定会非常好。比如 live Search Map 是一个基于城市影像的 Web GIS 系统,界面上半部分是汽车左、前、右 3 个视窗的图像拼图,下面是叠加 2 维矢量图形的城市正射影像。这种设计由于受硬件影响,使得 2 维地图和街景显示的区域都非常的小,导致用户获取地理信息困难,使用感受不好。同时汽车窗户较宽的黑窗框,把全景图分割成了 3 部分,本来是左、前、右 3 个平面上的视图,现在都集中在一个平面上。大多数用户可能很难体验坐在汽车里的感觉,而是看到 3 块难以连接的小图片<sup>[28]</sup>。

(7) 相关模式 “抬头”地图模式和“用户中心”地图模式都是为了避免认知旋转。

### 2.3.3 分级圆

#### 1) 分级圆模式提出的背景

分级圆符号是地图上广泛采用的一种符号,是把不同的数据转换成大小不同的圆形符号,便于进行视



图 11 live Search Map

Fig. 11 live Search Map

觉对比,通常用做专题图的制作。如图 12 所示。

Flannery 在对圆形符号做感受实验时,发现使用面积与表示值成比例的分级圆时,地图读者趋向于一致地低估它们的数量,之后该结论一直被反复地证实。这是分级圆模式提出的理论依据。

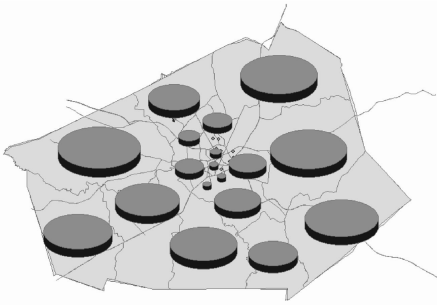


图12 分级圆专题图

Fig. 12 Graduated circle thematic map

## 2) 分级圆模式

(1) 问题 用户需要通过分级圆符号制作专题图。

(2) 情景 分级圆模式适用于用户使用分级圆制作专题图,如人口、粮食产量和工业产值等。

(3) 方案 如果不需要精确地计算,用户需要在绘制圆的时候有意识地增加其大小,以补偿圆大小判断上的视觉估计。如果需要精确计算,则

$$X_R = Y^{0.5718}$$

其中, $Y$ 为圆的实际面积,对应的是分级统计数据。 $X_R$ 为需要绘制的圆的半径。

(4) 图表 无。

(5) 已知的应用 实际上很多GIS软件都具备分级圆这样的功能,并且允许用户制作专题图的时候通过表达式来设置分级圆的尺寸,比如ArcMap等软件。

(6) 相关模式 无。

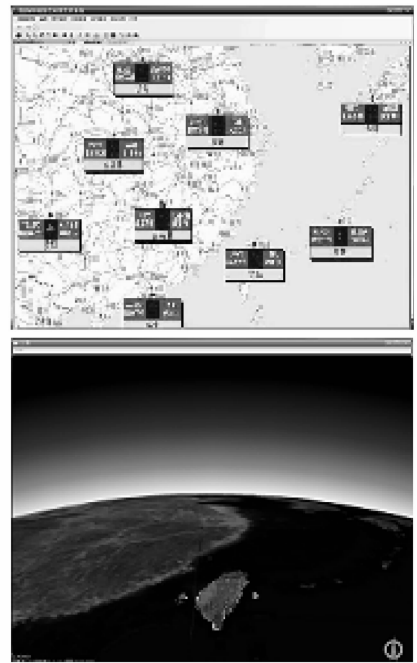


图13 2维和3维同步显示的GIS系统

Fig. 13 GIS system of 2D and 3D synchronous display

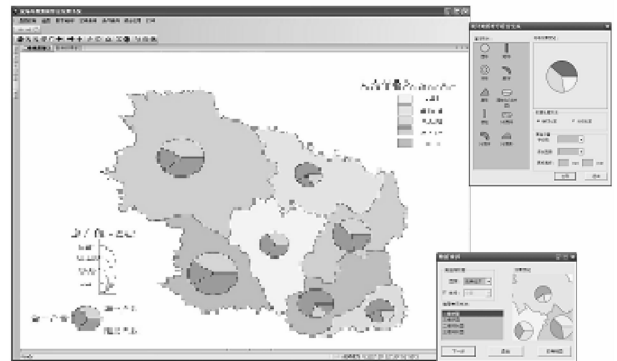


图14 专题图系统

Fig. 14 Thematic map system

## 3 实验及其应用

目前,GIS用户界面模式语言仅仅是一个初步的框架,但是其中的4个模式已经在笔者参与的项目当中有所应用。从应用情况来看,这些模式是有效和可行的。

图13是一个2维和3维同步显示的GIS项目,该项目由两屏组成。2维地图和3维地图各占一屏,2维地图控制3维地图,从而达到同步显示的效果。2维地图和3维地图均采用中央地图模式。3维地图默认情况采用的是“用户中心”地图模式,避免用户认知旋转。

图14是一个专题图系统,该系统的“饼状”专题图均采用分级圆模式。

## 4 结论

目前已经有部分学者通过模式语言来研究用户界面设计的问题。但是GIS用户界面设计,从公开发表的论文来看,在本文之前,尚未有学者通过模式语言来进行研究。由于GIS需要处理空间数据,因此GIS用户界面和普通用户界面设计存在相当大的区别。普通的用户界面模式语言无法解决GIS当中和空间数据相关的用户界面元素设计问题。因此GIS用户界面模式语言的提出是非常有必要的。

本文通过模式语言为GIS用户界面设计建立了一个初步的框架,并列出了中央地图、“抬头”地图、

“用户中心”地图和分级圆 4 个模式。希望本文只是一个开端,也希望有更多的学者一起来丰富这个框架,使 GIS 用户界面模式语言更为完备。

### 参考文献 (References)

- [ 1 ] Alexander C, Ishikawa S, Silverstein M, et al. A Pattern Language[M]. New York: Oxford University Press, 1977.
- [ 2 ] Alexander C. The Timeless Way of Building[M]. New York: Oxford University Press, 1979.
- [ 3 ] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson. Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software[M]. New Jersey: Addison-Wesley, 1995.
- [ 4 ] Borchers J O, John Wiley & Sons. A pattern approach to interaction design[C]//Proceedings of International Conference on Designing Interactive Systems. New York, USA: ACM, 2000: 369-378.
- [ 5 ] Van Duyne, Douglas, James A Landay, et al. The Design of Sites: Patterns, Principles, and Processes for Crafting a Customer-Centered Web Experience[M]. New Jersey: Addison-Wesley, 2002.
- [ 6 ] Van Welie M, Gerrit C, van der Veer. Pattern languages in interaction design: structure and organization[C]//Proceedings of Interact'03. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, 2003: 527-534.
- [ 7 ] Tidwell J. Designing Interfaces[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008: 1-18, 103-107. [ Tidwell J. Designing Interfaces[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 1-18, 103-107. ]
- [ 8 ] Gould M D. Human factors research and its value to GIS user interface design[C]//Proceedings of GIS/LIS'89. Orlando, Florida: American Congress on Surveying and Mapping, 1989: 541-550.
- [ 9 ] Hakley M, Zafiri A. Usability engineering for GIS: learning from a screenshot[J]. The Cartographic Journal, 2008, 45(2): 87-97.
- [ 10 ] Hakley M, Jones C. Usability and GIS—Why Your Boss Should Buy You A Larger Monitor[EB/OL]. (2008-10-01) [2008-02-10]. <http://eprints.ucl.ac.uk/13850/1/13850.pdf>.
- [ 11 ] Lanter D, Essinger R. User Centered Graphical User Interface Design for GIS[EB/OL]. (1991-06) [2008-02-10]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.33.8881&rep=rep1&type=pdf>.
- [ 12 ] Mark D M. Cognitive image-schemata for geographic information: relations to user views and GIS interfaces[C]//Proceedings of GIS/LIS'89. Orlando, Florida: American Congress on Surveying and Mapping, 1989: 551-560.
- [ 13 ] Mark D M, Frank A U. User Interfaces for Geographic Information Systems [EB/OL]. (1992-03) [2008-02-10]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.33.7861&rep=rep1&type=pdf>.
- [ 14 ] Max J Egenhofer, Bruns H Thomas. Getting Maps onto the Desktop: GIS User Interfaces Beyond Menus andButtons[EB/OL]. (1994) [2008-02-10]. <http://www.spatial.maine.edu/~max/GD.pdf>.
- [ 15 ] Nivala A M. Usability Perspectives for the Design of Interactive Maps[D]. Espoo, Finland: Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, 2007.
- [ 16 ] Oviatt S L. Multimodal interfaces for dynamic interactive maps [C]//Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Common Ground. ACM, New York, NY, USA: 1996: 95-102.
- [ 17 ] Sharma R, Proddar I, Ozyildiz. Toward interpretation of natural speech/gesture: spatial planning on a virtual map [C]//ARL Advanced Displays Annual Symposium. Adelphi, MD, 1999: 35-39.
- [ 18 ] Traynor C, Williams M G. Why Are Geographic Information Systems Hard to Use[C]//Proceedings of Companion of ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM New York, NY, USA: ACM, 1995: 288-289.
- [ 19 ] Tidwell J. Designing “Designing Interfaces”: How Not to Write a Pattern Catalog[EB/OL]. (2007-06-13) [2008-2-10]. <http://jtidwell.net/talks/>.
- [ 20 ] Van Welie, Tratteberg M H. Interaction Patterns in User Interfaces[EB/OL]. (2008-08-13) [2008-02-10]. [www.welie.com/papers/PLoP2k-Welie.pdf](http://www.welie.com/papers/PLoP2k-Welie.pdf).
- [ 21 ] Mahemoff M J, Johnston L J. Pattern languages for usability: an investigation of alternative approaches[C]//Proceedings of Asia-Pacific Conference on Human Computer Interaction (APCHI) 98 Proceedings, Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 1998: 25-31.
- [ 22 ] Guy E S, Copenhagen. Designing activity with patterns[C]//Proceedings of ATIT 2004, First International Workshop on Activity Theory Based Practical Methods for IT Design. Denmark: University of Aarhus, 2004.
- [ 23 ] Skarlatidou A, Haklay M. Public Web Mapping: Preliminary Usability Evaluation[EB/OL]. (2006-04-07) [2008-02-10]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.101.1236&rep=rep1&type=pdf>.
- [ 24 ] Nielsen J. Productivity and Screen Size, Alertbox [EB/OL]. (2006-10) [2008-7-1]. <http://www.useit.com/alertbox/screen-productivity.html>.
- [ 25 ] Shepard R N, Metzler J. Mental rotation of three-dimensional objects[J]. Science, 1971, 171(3972): 701-703.
- [ 26 ] Halpen D F. Sex Differences in Cognitive Abilities [M]. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2000.
- [ 27 ] Thomas Porathe. User-Centered Map Design[EB/OL]. (2007-06) [2008-02-10]. [http://www.upassoc.org/usability\\_resources/conference/2007/prp\\_033.pdf](http://www.upassoc.org/usability_resources/conference/2007/prp_033.pdf).
- [ 28 ] Xiong Lan. Study and Application on Web GIS Interaction Design [D]. Wuhan: Wuhan University, 2008. [熊岚. Web GIS 交互设计的研究与应用[D]. 武汉: 武汉大学, 2008.]