

基本概念

一本关于信息可视化的书应该介绍哪些基本概念？本章将通过一个具体的例子来展示信息可视化工具应具有的基本功能。我们选择了一个很具代表性的任务并对其进行了深入的讨论。虽然我们只选择了一个任务，但是它展示了大多数信息可视化应用所涉及的基本概念。本章中出现的重要概念均用黑体加以强调[⊖]。

2.1 任务

本章的中心任务 (task) 是选购一辆汽车，这是一个非常典型的例子：根据属性从多个对象中选出一个对象，或者从大量对象中选出一些备选对象进行进一步的审查。从一个数据集中获取信息启示 (gaining insight) 是一个重要的子任务，它是数据挖掘和决策支持的重要组成部分。虽然我们可以在数字信息空间 (information space) 内完成汽车选择任务，但是数字信息空间存在着物理世界中的对等物，如汽车展厅。

16

2.2 问题的本质

考虑到问题的实际性，我们应该意识到所选择的这个任务经常缺少精确的描述。常见的汽车选择标准有“外形美观”、“动感的”和“负担得起”等。此外，购买者可能意识到了一些标准，如颜色和时尚度等，但却很难用语言去描述。甚至存在一些消费者未意识到但可能影响最终选择的因素。毫无意外的，“问题只有在被解决时才能得到完整的描述” (Schon, 1983) 这一现象时常发生。我们经常意识不到哪些东西是我们所不知道的。

2.3 数据

汽车数据通常用表格的形式呈现 (presented) 给消费者 (见图2-1)：每行代表一辆汽车 (普遍说来，代表某个对象 (object))，每列表示该汽车的一个属性 (attribute)。这些属性可能属于不同的数据类型：数值型 (如价格)、类别型 (如品牌)、顺序型 (如评分) 等。有的属性可能像推荐一样包含文字信息。

品牌	价格 (£)	MPG	评分	车龄 (yrs)
Ford	15 450	31	*****	3
Chevy	12 450	27	***	4

图2-1 记录了一组对象 (行) 的属性值 (列) 的表格

⊖ 只在本章中有效。后续章节中的黑体表示术语表中列举的术语在正文中第一次出现的位置。

2.4 表格表示

虽然我们对表格非常熟悉，但是当有多行或列数超过10时，表格的有用性是有限的。当消费者有非常精确的需求时（这种情况通常很少见），可以对表格进行人工扫描或利用某些搜索功能来定位符合条件的汽车。即使找到了一个精确匹配，购买者可能还想看看有没有其他的可能选择。即使没有精确匹配，逐行扫描的办法对消费者的心理模型也没有太大帮助。我们后面讨论到表格透镜（Table Lens）时将看到，允许按属性（如价格）对表格的行和列进行交互式重排（interactive rearrangement）是非常有用的。

17

2.5 条形图

所有汽车属性里消费者最关心的可能就是大致的价格范围了。除非表格里所有汽车数据是按照价格升序或降序排列的（虽然在众多属性中将价格作为排序标准并不一定合理），否则很难从中确定价格范围。图2-2显示了对价格数据的条形图描述（representation）法。这种半定性（semi-qualitative）描述假设价格范围（而非具体数值，至少在初始时）能提供有效信息。每个条形的长度表示处于该价格段的汽车数量，从而展示了每个价格段内的汽车数量分布。即使只是对该条形图的迅速一瞥也能对所有汽车的价格范围和每个价格段的汽车数量分布形成一个有用的心理模型（mental model）。我们可以认为条形图能提供价格和数量分布的总图（overview）。

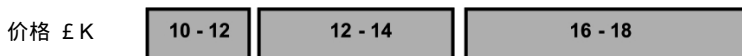


图2-2 该条形图表示了一组待售汽车的价格范围，每个条形的长度对应于该价格范围内的汽车数量

2.6 交互式对象选择

在研究价格总图前，消费者可能会偶然地在一组汽车图片（图2-3）中看到一辆特别有吸引力的汽车，然后就会很自然地查询这辆车的价格以及更多的细节（detail）信息。虽然价格可以直接标注在图片下方，但是在可能多于10个的属性中只标出价格不一定是合理的。一种解决办法是，用价格条形图上方的图标来表示该车在条形图中的位置。为了用同样的方式标示出所有汽车，可以在条形图上方创建一个如图2-4所示的“对象向量”（object vector）。对象向量同样可以立即显示出每个价格段中的汽车数量分布。为了便于对比，对象向量中的图标通常按价格排序[⊖]。汽车图片（图2-3）和对应价格范围（图2-4）之间的关系（relation）可以通过它们之间的连线来表示。但是，一种更有效的方法是使用颜色编码：在图片上加上一个颜色边框（图2-5），然后使用相同的颜色来标注对应的图标。这样，图片和价格之间的关系就变得清晰且易于记忆，从而扩展了用户对这些汽车的心理模型。

[⊖] 图标之间的相等距离无法表示出精确的价格差别。



图2-3 汽车的一个（难以量化的）属性，它的外观可能会完全吸引购买者的注意力

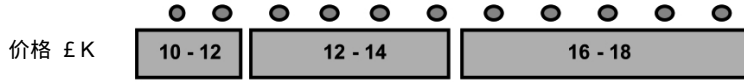


图2-4 条形图上方的图标表示对应的汽车

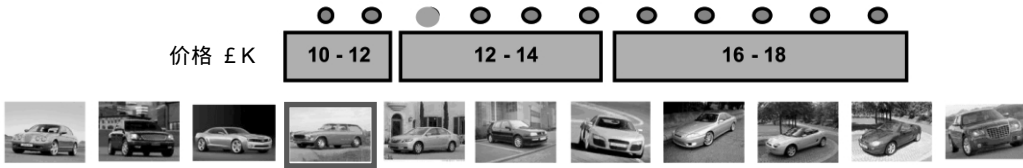


图2-5 通过图片选定一辆汽车，它的价格通过图片和条形图上对应图标的颜色编码得以体现（见彩图）

2.7 总图

本节将进一步讨论在2.5节中介绍过的总图（overview）的概念。虽然很难对总图进行精确的定义，但一般可以将其视为对数据的某一方面的量化认知，这一认知应能迅速或下意识地（即不需要耗费认知成本（cognitive effort）地）获得。例如，对可选汽车数量（“大概20辆”或“值得一看的”）或价格范围（“大概10~20万”）的估计。虽然总图不一定对应于整个数据集，但总图对应的数据越多，该描述方法就越有用。从总图中可以得到很多有用的信息，比如数据集的分布（“多数车都太贵了”）和突出特点（“这些车要么太贵，要么太便宜，没有中间价位的”）。还有一些信息可以用于识别需要过滤的部分数据以便更有效地完成任务（Cairns and Craft, 2005）。

18
19

2.8 多属性

价格并不总是购买汽车的唯一标准。如果考虑到每加仑公里数（MPG），可以在价格条形图上方再显示一个MPG条形图（见图2-6），并且也可以在新的条形图上加上一组对象向量。两个条形图上方的图标数量是一样的，但图标的顺序可能不一致。当鼠标点击或悬停在某一幅图片上时，两个条形图上方对应的图标都会呈现同样的颜色编码，这样就有效地将图片和两个属性联系（relating）起来了，用户也能得到更多的细节（detail）信息。

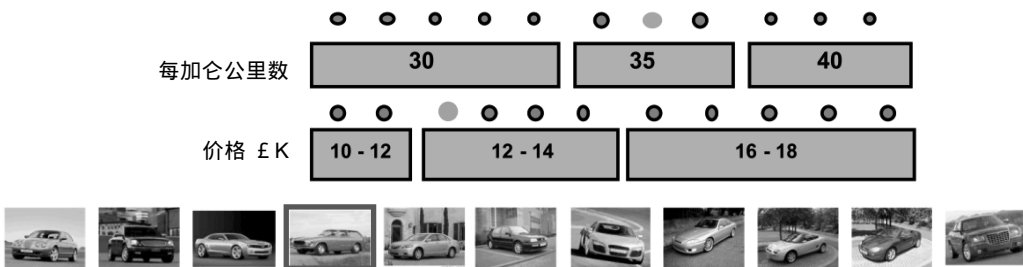


图2-6 对应图标的颜色编码显示了选中汽车在各个条形图中的位置（见彩图）

2.9 细节

和总图相比，细节（detail）一词对应于对象多个不同属性的聚合。细节的察觉需要耗费用户的认知成本。除非支持快速认知的数据编码设计完美，否则细节信息的察觉通常不会是一个快速过程。一辆汽车的可能细节是“12万，低MPG，强力推荐的，1990年生产的别克牌，比买Chevy划算”。细节不强制要求精度。

由于信息可视化的定义中显示其主要目的是为数据创建心理模型，因此总图不需要始终出现在细节认知之前（Shneiderman, 1996）。例如，消费者可能首先选择一辆汽车，通过查看价格、MPG、车龄、马力等细节来了解该类汽车的性能。又如一个购房者如果对所在国家或地区不熟悉，他可能会任意地查看一栋房子的卡片来获得对该地区房产的初步印象。该行为如同“平面”上的一“点”，可以作为构建心理模型的出发点，可能的后续操作是获取更多的细节或总图。

20

2.10 显著对象

对象间不同关系的显示有助于消费者的决策判断。消费者的心目中通常有一辆理想的汽车。虽然当前可能没有这辆车，但还是可以用同样的方式将这辆理想汽车（图2-7）描述出来。为了避免混淆，应该使用一个特别的图标以示区分。这样，所有可选汽车和理想汽车之间的关系就可以得到视觉呈现。可选汽车图标和理想汽车图标之间的距离代表了它们和理想汽车之间的差异。同样的，一辆汽车可以成为“备选项”并得到某种形式的标注（图2-8），从而减低存储该信息的需求。

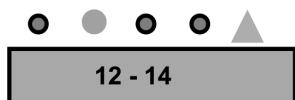


图2-7 条形图上的图标可以表示一辆理想（但不可能存在）的汽车。该图标可作为参考标准（见彩图）

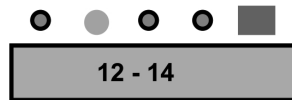


图2-8 可以对列入考虑范围的汽车加以“标注”，以供进一步考察（见彩图）

2.11 交互式属性选择

相对于通过识别图片来获取汽车细节，消费者可能更倾向于在价格条形图上选择一个合适的范围来进行价格筛选（图2-9）。当用户选择了一个价格范围后，该范围内的图标会得到高显，对应的图片也会加上一个同色边框。不需要进一步的交互，对应的MPG条形图上的图标就能显示这些汽车的MPG属性值。通过这样一个聚焦（focusing）操作，消费者可以实现“在这个可接受的价格范围内进行进一步考察”的活动。

当符合条件的汽车有多辆时，无法分辨条形图上方的每个高显图标所对应的高显图片，我们可以使用一种简单而有效的技术“扫光”（brushing）来解决这个问题。当鼠标悬停在某幅图片上时，该汽车在价格和MPG对象向量上的对应图标将得到某种形式的高显，反之亦然。对MPG范围的交互式选择（interactive selection，图2-10）将显示同时满足价格和MPG两个属性条件的汽车。在浏览数据的过程中，用户可以随时设定或取消筛选范围，只有满足所有属性

条件的汽车才会得到高显。系统对用户操作的实时反应可以增强用户的心理模型，帮助用户进行问题的重定义。

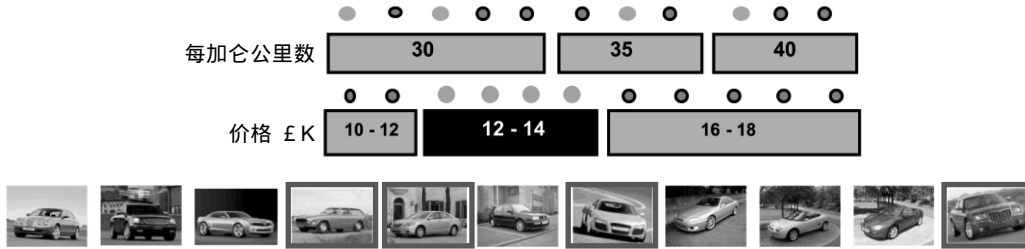


图2-9 对条形图范围的动态选择（本例中设价格范围为12~14万）显示有4辆符合条件的汽车（见彩图）

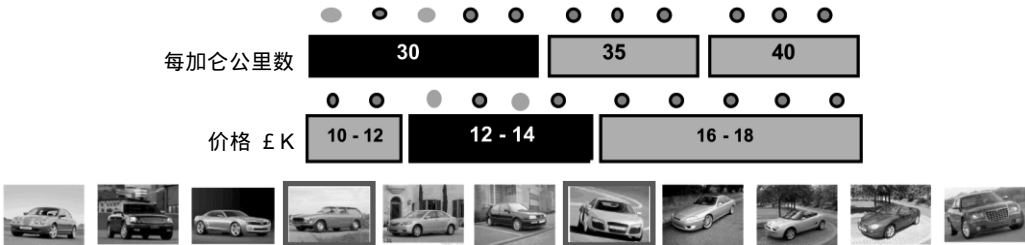


图2-10 交互式地选择了MPG范围后，只有同时满足价格和MPG条件的汽车才会得到高显（见彩图）

2.12 空间局限性

在消费者做出最终决定前，可能会对10个以上的属性进行考察。遗憾的是，这些条形图和对应图片不能同时显示在有限的显示器屏幕上。虽然传统的翻页功能（图2-11）是一种可能的解决办法，但它最大的缺点在于不能同时查看某辆汽车的所有属性。另一种多属性表示方法是减少大多数条形图的高度，抑制范围标签，同时保持条形图上方的图标和对应颜色编码不变（图2-12）。如果用户主要关注其中两个属性，例如价格和MPG，则其他条形图的显著变化将变得很醒目。如果用户需要查看其他非焦点属性，可以通过滚动方式展示它们的全视图。

21
22

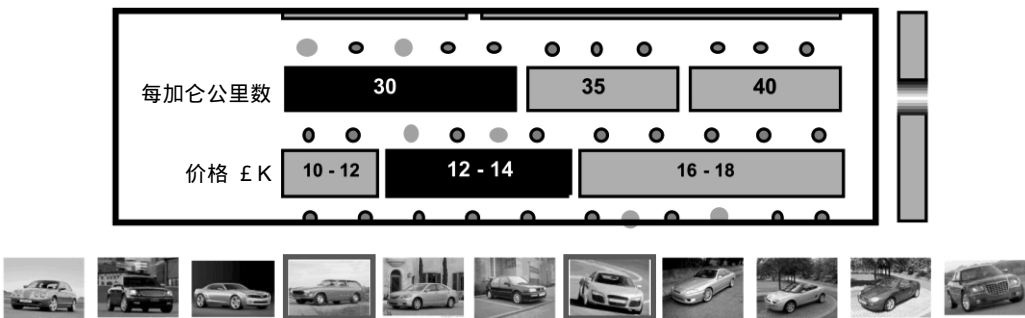


图2-11 当没有足够的空间显示所有的条形图时，可以在视窗中滚动查看这些属性（见彩图）

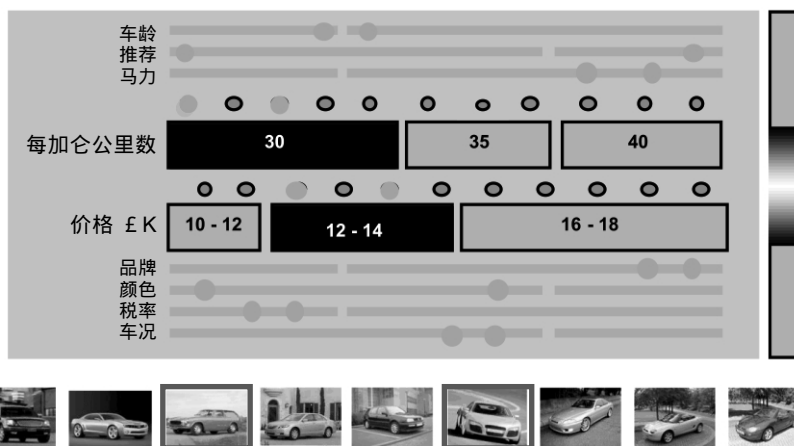
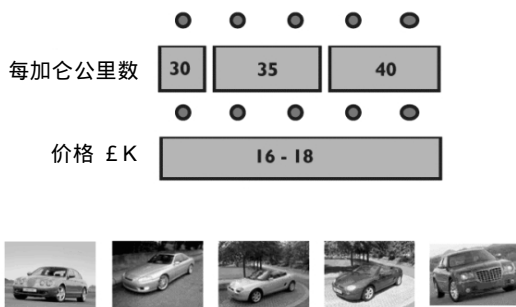


图2-12 当没有足够的空间显示所有的条形图时，可以通过压缩非焦点条形图高度的方法来一次性地显示更多的条形图。通过滚动功能来决定当前完全展开的条形图（见彩图）

2.13 过滤

对于消费者而言，过滤是一个很实用的功能。例如，如果消费者只对价格在16~18万元的汽车感兴趣，可以通过某些交互技术保证条形图中只呈现符合该价格条件的汽车（图2-13）。这种过滤功能的一大优势在于数据抑制（suppression），它可以将用户的注意力集中在某个数据子集上，从而减少可能的认知成本。从图2-13中可以看到，过滤技术的不足在于上下文信息的丢失。



23 图2-13 如果用户只对某一价格范围内的汽车感兴趣，可以压缩掉其他不相关的数据（见彩图）

2.14 小结

我们讨论以上这个汽车购买系统的目的在于介绍理解和研究信息可视化所必须掌握的重要概念。到目前为止，我们已经讨论了两个概念：数据描述（representation：数据的视觉或听觉编码）和数据表示（presentation：在有限的时间和空间内对已编码数据进行选择和布局）。我们将在第3章和第4章对这两个概念进行详细介绍。第三类需要讨论的技术是交互（interaction），它是最近15~20年间信息可视化重要性得到迅速肯定的主要原因。我们可以提出一个想法或问题，然后通过即时反应的交互得到反馈，从而增强对数据的理解。交互允许用户选择数据的不同视图，由于我们经常取得“Ah HA!!”的信息启示前频繁切换于不同的视图间，因此

必须确定在不同的视图间的“定位”方式 (Woods and Watts, 1997)。

2.15 定位帮助

当用户设置了一定的属性范围对数据进行筛选时，通常会有这样一个想法：“如果再增加1000美元预算会怎样？”为了回答这类“如果……怎样”的问题，可以选择下一个高价位范围然后观察相应的变化。但是为了回答“如果保持价格范围不变，降低MPG值，又会怎样？”的新问题，就必须重复以上操作。事实上回答这类“如果……怎样”的问题的更有效的方法是对图表向量做一个简单的修改。“边界图标”(图2-14)是指不符合用户设定的属性范围的图标，但如果选中该图标下方的条形，该图标会立即满足所有限制条件。换句话说，边界图标下方未被选中的属性范围是该汽车唯一不满足的限制条件。这种编码方式可以提供敏感度信息 (sensitivity information)，它可以帮助用户发现以前没有考虑过的可能性，对用户的信息空间内的浏览 (exploration) 非常有用。EZChooser (Wittenburg *et al.*, 2001) 是一个使用了敏感度信息的信息可视化工具 (见图2-15)，它是本章中大多数例子的灵感来源。



图2-14 条形图上方的“边界”图标表示该属性范围是该边界汽车唯一不满足的条件。如果该属性范围被选中，这个图标也会相应地发生改变以标志它符合所有设定的属性范围

24

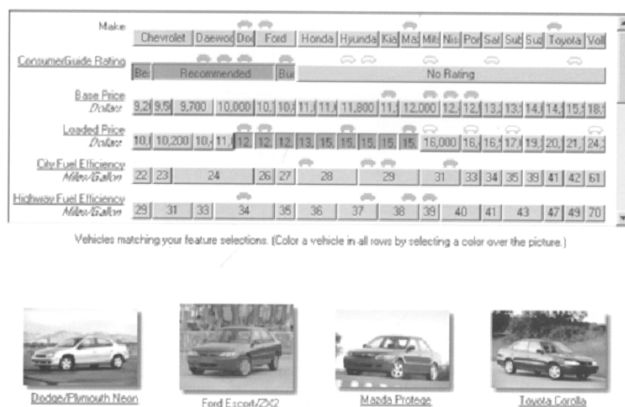


图2-15 EZChooser视图，敏感信息通过边界汽车图标加以体现。图片来源：感谢Kent Wittenburg 惠允

2.16 在信息空间中的移动

现代信息可视化工具和Minard、Snow及Nightingale等传统作品最大的不同之处在于交互 (interaction)，即允许用户进行数据视图切换。以汽车购买为例，前面图中记录下的用户活动序列显示，购买者通过交互查看汽车数据的不同视图序列。整个过程是渐进式的：用户首先要了解汽车数据 (如建立一个心理模型)，然后逐步形成最后的决定。在这个过程中，用户的心理模型可能发生显著的变化：对信息启示进行初步收集，并对心理模型进行增删操作。视图间

的切换可以看做是整个汽车数据信息空间内的活动 (movement)。

一对夫妇决定晚上的娱乐项目可以看做是活动的另一个不同的实例 (图2-16)。他们利用一个简单的菜单系统在预设框架内进行顺序查找。这和汽车购买很不一样, 汽车消费者可以自由查看多个不同视图, 并且和系统有着很多不同的交互方式。但这两个例子中由交互控制的基本活动都是通过信息空间内的移动对数据的不同视图进行查看。

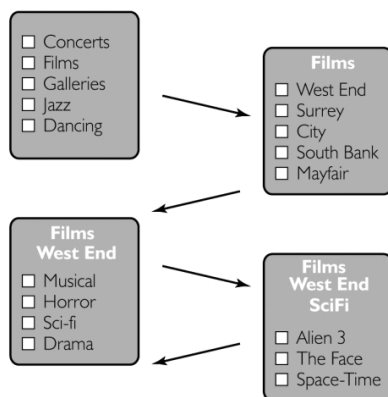


图2-16 利用菜单系统来决定娱乐活动, 这一任务由离散信息空间中的一系列移动组成

信息空间内的交互式移动也叫定位 (navigation)。虽然决定晚上的娱乐项目只涉及信息空间内的少数几个移动, 但是其他类似于汽车购买的常见任务可能涉及100个或更多的活动。特别当活动涉及很多步骤时, 交互设计师应重点考虑如何提供定位线索 (cues)。图2-14和图2-15已经展示了边界图标的例子。图2-16中每幅图片上方的标题也是一个实例: 它们展示了用户的浏览记录, 使用户能方便地回退到已访问的页面。

考虑到交互的重要性, 我们在第3章数据描述和第4章数据表示之后加入了第5章交互, 这三个概念组成了本书的核心内容, 同时也是数据和寻找启示的用户之间的桥梁 (图2-17)。在深入讨论各章之前, 我们再次重申信息可视化是对数据建立心理模型的过程。因此我们首先需要了解这些和信息可视化直接相关的人类行为。

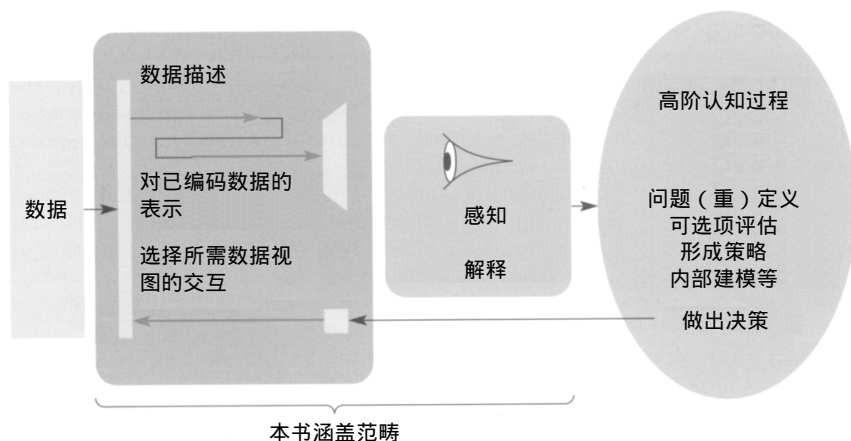


图2-17 本书强调交互受控于高阶认知过程

2.17 感知与解释

在汽车购买一例中我们讨论了可视化活动中的人类行为。感知 (perception) 与解释 (interpretation) 是其中最本质的两种行为 (图2-17)。视觉感知, 即观看数据描述, 发生在对描述 (无论它是条形图上方的高显图标还是旁边的拖动栏) 进行解释之前。根据当前的普遍理解, 在信息可视化范围内对这些人类行为进行研究是可能的而且是有用的。本书没有编写单独的章节来介绍这些概念, 而是把相应的内容放在各章节的适当位置来介绍。对该课题的深入研究可以参考Colin Ware所著的《Information Visualization: Perception for Design》(信息可视化: 设计感知) 一书。

感知与解释不是唯一和信息可视化相关的人类行为, 还存在更多的属于“高阶认知过程” (higher-order cognitive processes) 的行为 (图2-17)。这一认知过程得益于信息可视化技术。例如, 在信息空间内所采取的下一步骤取决于用户当前的内部模型、对问题的当前描述、为增强模型所采取的策略以及对已实施行动所采用的评价指标。所有这些行为毫无疑问都受储存在用户长期记忆中的历史经验的影响。虽然这些行为对交互设计师非常重要, 但对它们的研究不如对感知与解释的研究深入, 我们在本书中也不做深度探讨。

2.18 总结

本章通过一个具体例子介绍了信息可视化的基本活动如过滤、聚焦等, 以及细节和总图的获取。我们也看到了这些活动的有效性是如何受数据 (包括数值和关系) 的描述和表示方式的影响, 同时也体会到了交互所带来的益处。接下来, 第3章至第5章将分别讨论信息可视化的三个最重要的技术: 数据描述、数据表示以及交互。

27

习题

建议通过课堂讨论的形式来加深对以下习题的理解。

- 2.1 (复习题) 列出条形图描述法的优缺点。
- 2.2 (复习题) 解释EZChooser中出现在条形图上方的边界图标的作用。
- 2.3 (复习题) 比较过滤和聚焦的优缺点。
- 2.4 (复习题) 一辆汽车的属性有价格、外观、品牌、推荐值、马力、生产年份及车龄。
请分别指出其中属于数值型、顺序型或类别型的属性。
- 2.5 根据你购买多属性对象 (如移动电话、洗衣机、自行车或汽车) 的经验, 陈述你对“总图”和“细节”的理解并举出具体实例。
- 2.6 对于习题2.4中提到的属性, 哪些可以用于对条形图上方的对象做排序?

28