

8-14-2020

## Circular Space-filling Algorithm for Hierarchical Data Visualization

Kun Hou

*Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Zhilong Li

*Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Yuchao Feng

*Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Chen Yi

*Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## Circular Space-filling Algorithm for Hierarchical Data Visualization

### Abstract

**Abstract:** The existed Circle Packing methods mainly take the style of top-down to arrange all the nodes. When the nodes of different layer was arranged, the scaling and translation would cause relative high time complexity of the algorithm, and the size proportional discordance of nodes of different father nodes but the same layer, and it also causes the problems like defective tightness between the layouts of father nodes and child nodes. To solve problems above, on the basis of summarizing methods of arranging brother nodes of the same layer, *the algorithm—CRCA(Circle and Rectangle Center Algorithm) was proposed, which took the style of down-top. And an indicator evaluating the layout tightness between father nodes and child nodes was presented, which was called AR(Area Ratio)*. The Circle Packing method based on CRCA would be applied to the visual analysis on the data of Maximum Residue Limits (MRLs) of pesticides in China (GB2763-2014). After visualizing the MRLs data, it is proved efficient to help users to compare the data and also significant to get a better knowledge of the MRLs data.

### Keywords

information visualization, hierarchical structure, circle packing, evaluation indicator

### Recommended Citation

Hou Kun, Li Zhilong, Feng Yuchao, Chen Yi. Circular Space-filling Algorithm for Hierarchical Data Visualization[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(9): 2035-2041.

## 一种面向层次数据可视化的圆形空间填充算法

侯堃, 李志龙, 冯玉超, 陈谊

(北京工商大学食品安全大数据技术北京市重点实验室计算机与信息工程学院, 北京 100048)

**摘要:** 现有的嵌套圆排列方法主要采用自顶向下的排列方式。排列过程中的多次缩放和平移将导致算法时间复杂度增高、各层节点大小比例不一致以及局部排列不够紧密等问题。为解决上述问题, 在总结层次结构中同层兄弟节点圆外切排列算法的基础上, 提出了自底向上父子节点的递归排列算法——圆形-矩形中心法 CRCA(Circle and Rectangle Center Algorithm), 并提出了一种评价父子节点排列紧密性的指标——面积比 AR(Area Ratio)。将基于 CRCA 算法的嵌套圆排列方法应用于各国农药最大残留限量标准数据的可视化中。实验表明, 该方法能够保持同层节点的大小比例和更紧密的排列效果, 提高空间利用率, 在数据展示方面取得良好效果。

**关键词:** 信息可视化; 层次结构; 嵌套圆; 评价指标

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2016) 09-2035-07

## Circular Space-filling Algorithm for Hierarchical Data Visualization

Hou Kun, Li Zhilong, Feng Yuchao, Chen Yi

(Beijing Key Laboratory of Big Data Technology for Food Safety, School of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** The existed Circle Packing methods mainly take the style of top-down to arrange all the nodes. When the nodes of different layer was arranged, the scaling and translation would cause relative high time complexity of the algorithm, and the size proportional discordance of nodes of different father nodes but the same layer, and it also causes the problems like defective tightness between the layouts of father nodes and child nodes. To solve problems above, on the basis of summarizing methods of arranging brother nodes of the same layer, the algorithm——CRCA(Circle and Rectangle Center Algorithm) was proposed, which took the style of down-top. And an indicator evaluating the layout tightness between father nodes and child nodes was presented, which was called AR(Area Ratio). The Circle Packing method based on CRCA would be applied to the visual analysis on the data of Maximum Residue Limits (MRLs) of pesticides in China (GB2763-2014). After visualizing the MRLs data, it is proved efficient to help users to compare the data and also significant to get a better knowledge of the MRLs data.

**Keywords:** information visualization; hierarchical structure; circle packing; evaluation indicator

## 引言

层次信息是一种常见的信息类型, 例如文件系



收稿日期: 2015-05-20 修回日期: 2015-07-24;  
基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2012BAD29 B01-2), 国家科技基础性工作专项(2015FY111200), 虚拟现实技术与系统国家重点实验室开放基金(BUAA-VR-14KF-04);  
作者简介: 侯堃(1985-), 男, 北京, 硕士, 实验师, 研究方向为信息可视化与可视分析。

统、农药分类信息, 农产品分类信息等都是层次信息。概括起来, 层次信息可视化方法可分为节点连接法和空间填充法两大类。节点连接法是在给定空间内, 用直线段或曲线段将具有父子关系的节点彼此连接起来, 将子节点和中间节点的信息清晰地表达出来。但是, 对于节点多、层次多的信息, 节点连接法很快会因为横向(每层节点个数)和纵向(层

次结构的层数)扩展的比例不一致而导致层次结构分支拥挤,容纳不了全部信息,空间利用率变低<sup>[1]</sup>。空间填充法是将给定的空间划分成多个子空间,原空间代表父节点,子空间代表其子节点,这样,原空间就被一系列的子空间(子节点)所填充。根据填充方式的不同,空间填充法又分为矩形填充法、圆形填充法等。Treemap<sup>[2]</sup>及其改进方法是典型的矩形填充法,能够在有限的空间内显示整体结构信息,适用于大规模结构信息的可视化。圆形填充法是用圆、圆环或分割圆环的扇形体来代表层次信息的节点。圆形填充法有用放射圆(radial circles)来代表节点的,如 John Stasko 等开发的基于放射圆填充的可视化层次信息工具—Sunburst<sup>[3]</sup>;也有用嵌套圆(nested circles)来代表节点的,如 Grokker 搜索引擎<sup>[4]</sup>;王威信等提出的嵌套圆排列(Circle Packing)方法<sup>[5]</sup>,用相外切的圆表示层次结构中同层兄弟节点,以圆的嵌套关系表示层次结构的父子节点。与矩形填充法相比,圆形填充法更能展示出层次信息的整体结构,可使用户对层次结构有一个概览,但是其空间利用率一般会比矩形填充算法低。

使用嵌套圆排列方法的层次结构清晰,叶子节点和中间节点的结构都很明显,既能够在有限的区域内显示整体结构,又能方便观察局部细节信息。但是,现有的嵌套圆排列方法主要采用自顶向下的排列方式。在排列过程中,不同层父子节点排列时的多次缩放和平移将导致算法时间复杂度增高、各层节点大小比例不一致性以及局部排列不够紧密等问题。本文将针对上述问题,在总结层次结构同层兄弟节点圆外切排列算法的基础上,提出了自底向上异层节点的递归排列算法——圆形-矩形中心算法 CRCA(Circle and Rectangle Center Algorithm, CRCA),并提出了一种评价父子节点排列紧密性的指标——面积比 AR(Area Ratio, AR)。最后,将基于 CRCA 算法的嵌套圆排列方法应用于各国农药最大残留限量标准数据的可视化中。实验表明,该方法能够保持同层节点的大小比例以及更紧密的外切排列效果,提高空间利用率,在数据展示方面取得良好效果。

## 1 嵌套圆排列方法

用于层次信息可视化的嵌套圆排列方法包括两方面的内容:一是以圆的外切关系表示层次结构的兄弟关系;二是以圆的嵌套关系表示层次结构的父子关系<sup>[6]</sup>。

对于新加入的节点,不管它是表示父节点的圆还是表示子节点的圆,加入已排列好圆中的排列方法都是相同的。排列方法的主要思想就是新加入圆总是添加在距离中心点最近的外围圆处,使得外围圆的轮廓近似接近于圆形,便于被圆形父节点包围;新添加的圆与已排列的圆相切且不重叠,使得各圆排列紧密。

### 1.1 新节点加入的排列方法

1) 取出新排列的圆  $C_i$ , 从双向链表  $L$ ( $L$  用来记录外围圆位置、半径以及距离中心点的距离。)中找到距离中心点最近的圆  $C_m$  以及  $C_n(n=m+1)$ , 然后根据  $C_i$  与  $C_m$  和  $C_n$  都相切的条件以及新加入圆的半径  $R_i$ 、圆  $C_m$  的半径  $R_m$ 、圆  $C_n$  的半径  $R_n$ , 计算出圆  $C_i$  的圆心坐标, 将得到两个关于直线  $C_m C_n$  对称的圆心坐标, 取离中心点比较远的圆心坐标<sup>[7-8]</sup>。

选取的方法为: 由  $C_m$  圆心坐标  $A(x_1, y_1)$  和  $C_n$  圆心坐标  $B(x_2, y_2)$  得到向量  $\overrightarrow{AB}$ , 再利用向量叉积来选取在向量  $\overrightarrow{AB}$  外侧的以  $C(x_3, y_3)$  为圆心的圆  $C_i$ 。由公式:  $\overrightarrow{AB} = (X, Y) = (x_2 - x_1, y_2 - y_1)$ ,  $\overrightarrow{M} = (Y, -X)$ , 则凡是  $\overrightarrow{AB} \cdot \overrightarrow{M} > 0$  的点  $C$  都在向量  $\overrightarrow{AB}$  的外侧。

2) 搜索双向链表中与  $C_i$  相交的圆  $C_j$ 。

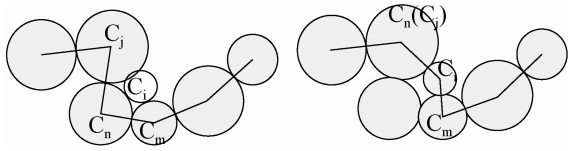
3) 如果双向链表中的任意圆  $C_j$  都不与  $C_i$  相交, 即  $C_i$  和  $C_j$  的圆心距离大于等于两圆的半径和。则  $C_i$  应该排列在  $C_m C_n$  处, 将  $C_i$  加入到双向链表  $L$  中, 更新  $L$  为  $\{\dots \leftrightarrow C_m \leftrightarrow C_i \leftrightarrow C_n \leftrightarrow \dots\}$ , 转到第 6 步;

4) 如果  $L$  中存在圆  $C_j$  和  $C_i$  相交, 即  $C_i$  和  $C_j$  的圆心距离小于两圆的半径和, 判断此时  $C_j$  在双向链表  $L$  中的位置, 若  $C_j$  是  $C_n$  的后继节点, 则将  $C_m$  到  $C_j$  之间的圆从双向链表中删除, 并且把  $C_j$  赋值给  $C_n$ 。转到第 1 步, 根据  $C_i$  和圆  $C_m$  及圆  $C_n(C_j)$

相切, 计算圆  $C_i$  的新位置。如图 1 所示。

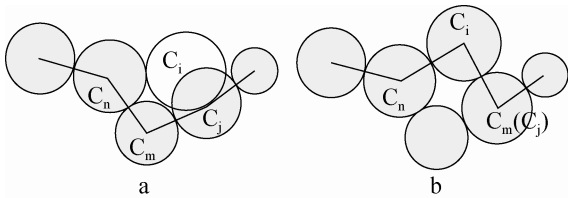
5) 如果  $C_j$  是  $C_m$  的前驱节点, 则将  $C_j$  到  $C_n$  之间的圆从双向链表中删除, 并且把  $C_j$  赋值给  $C_m$ 。转到第 1 步, 根据  $C_i$  和圆  $C_m(C_j)$  及圆  $C_n$  相切, 计算圆  $C_i$  的新位置。如图 2 所示。

6) 新加入圆  $C_i$  排列结束。



(a) 新加入圆  $C_i$  与外围圆相交情况一 (b) 新位置

图 1 新节点加入情况一



(a) 新加入圆  $C_i$  与外围圆相交情况二 (b) 新位置

图 2 新节点加入情况二

### 1.2 同层兄弟节点排列方法

在排列同层兄弟节点时<sup>[9]</sup>, 根据待排列节点的排列顺序以及排列方式可以得到 6 种排列方法。排

列顺序有无序、从小到大排序以及从大到小排序三种。排列方式有 2 种: (1)取前三个圆相互外切排列, 然后将三个圆的圆心所构成的三角形的内心作为排列中心点; (2)取第一个圆的圆心作为排列的中心点。

给定一组圆, 半径大小分别为 50, 40, 60, 30, 50, 20, 35, 70, 80(单位 pixel)。现总结已有的嵌套圆排列方法, 按不同的组合方式排列, 如表 1 所示。对比各个布局方法可知, 对于 a、b、d、e 这 4 种排列方法而言, 如果需要排列的圆大小相差不大, 排列后的圆组整体形状接近于圆形, 但是对于大小相差比较大的一组圆排列时, 从图 3 的 a、b、d、e 布局方法中可以观察到, 圆组的整体形状容易偏离圆形, 容易导致局部突出的不规则形状, 这样会造成显示空间的浪费。

表 1 同层兄弟节点布局方法

排列方式	排列顺序		
	无序	从小到大	从大到小
方式一	图 3 a	图 3 b	图 3 c
方式二	图 3 d	图 3 e	图 3 f

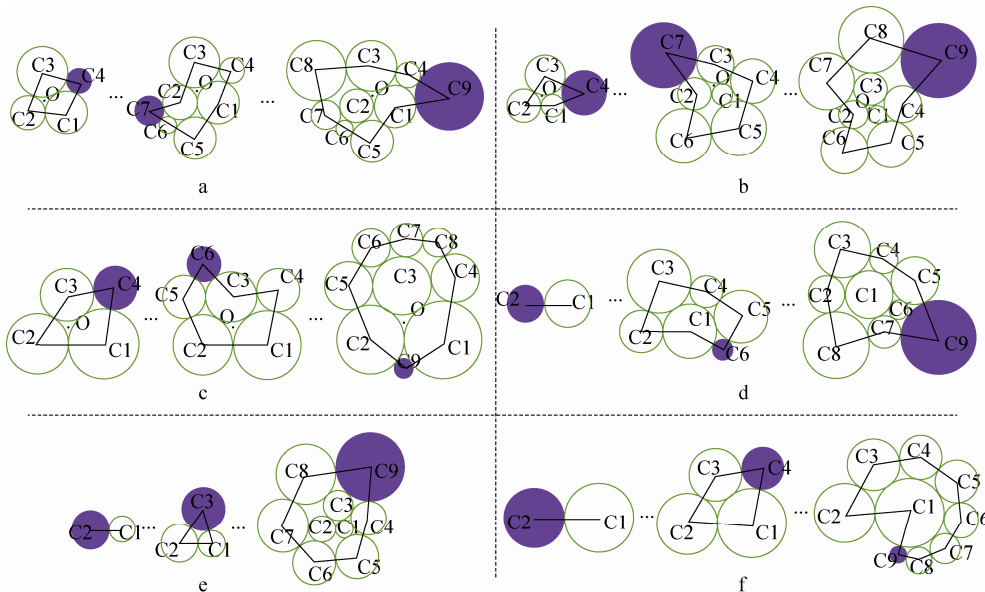


图 3 同层兄弟节点布局方法

对于 c、f 这 2 种排列方法，将待排序的圆按从大到小的顺序排序，无论以何种方式选取中心点，排列后的圆组整体形状会更加接近于圆形，能够用一个较小的圆表示父节点，从而可以提高空间的利用率。同时，将包含更多内容信息的节点映射为较大的嵌套圆，排列在显示区域的中心位置，这样，在排列后的嵌套圆整体视图中，每层嵌套圆都是将包含更多信息的节点排列在中心位置，沿径向依次排列信息量少的节点，从而更有利于用户对嵌套圆视图所表达信息的认知。

## 2 CRCA 算法

由于圆的特性，在使用嵌套圆排列算法的时候，父节点的面积并不是简单的将所有子节点面积加和。这就需要找到能够容纳下所有子节点的最小父节点半径。在该问题中需要先确定父节点的圆心，须知，父节点的圆心位置不一样，将所有排列好的子节点全部包含所需要的半径也就会不一样。

在对现有嵌套圆排列方法的研究中发现，父节点面积的计算只是简单的将各个子节点面积加和，然后将子节点置入父节点中的时候进行多次适当的缩放和平移，这势必会造成算法时间复杂度比较高、各层节点大小比例的不一致性以及局部排列不够紧密等问题。为了解决上述问题，提出了从子节点逐层向上根据各子节点大小计算父节点大小的算法——圆形-矩形中心算法 CRCA，首先使用圆形中心法(Circle Centered Algorithm, CCA)和矩形中心法(Rectangle Centered Algorithm, RCA)分别计算出父节点的半径大小，然后再使用评价指标 AR 衡量父子节点排列的紧密性，选择 AR 值比较大的计算方式，完成父节点半径的计算。

### 2.1 圆形中心法(CCA)

给定一组圆，记为  $\{(C_i, R_i) | i=1, 2, \dots, N\}$ ，表示同层兄弟节点。在该算法中以第一个圆的圆心或者前 3 个圆的圆心所构成三角形的内心作为父节点的圆心。设  $R$  为父节点的半径，初始值为 0。为了

计算  $R$ ，在笛卡尔坐标系中，将父节点的圆心设置在原点(0, 0)处。同时，将同层兄弟节点排列算法的排列中心点也设置在原点(0, 0)处，当每加入一个新圆  $C_i$  时，根据兄弟节点外切排列算法得到该圆在坐标系中的圆心坐标  $(X_i, Y_i)$ ，如图 4 所示。

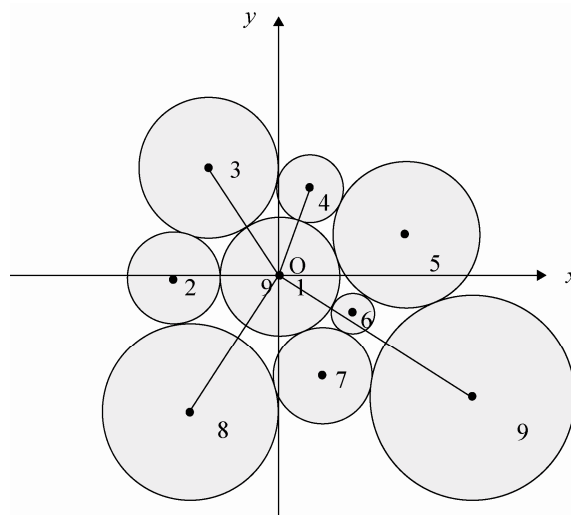


图 4 圆形中心法求父节点大小

然后根据如下公式计算出父节点的半径  $R'$ ，如果加入新圆后计算得到的父节点半径  $R'$  比加入新圆前的父节点半径  $R$  更大，则用  $R'$  值更新  $R$ 。如果  $R' < R$ ，则不更新  $R$ 。公式如下：

$$R' = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2} + R_i \quad (1)$$

$$\text{If } R < R', R = R' \quad (2)$$

我们称该方法为圆形中心法(CCA)。此方法适用于子节点排列后的图形趋近于圆形的时候。

### 2.2 矩形中心法(RCA)

将子节点的中心点设置在笛卡尔坐标系的原点(0, 0)处，然后再将所有的子节点排列在笛卡尔坐标系中。根据双向链表中外围圆的圆心位置以及半径值，可以得到将这些已排列好的子节点圆包围的最小矩形。求出矩形的中心点，将该中心点作为父节点的圆心  $O'$ ，然后计算  $O'$  到外围圆圆心  $O_i$  的距离，取其中  $\overline{O'O_i} + R_i$  的最大值作为父节点的半径。我们称该方法为矩形中心法(RCA)，如图 5 所示。

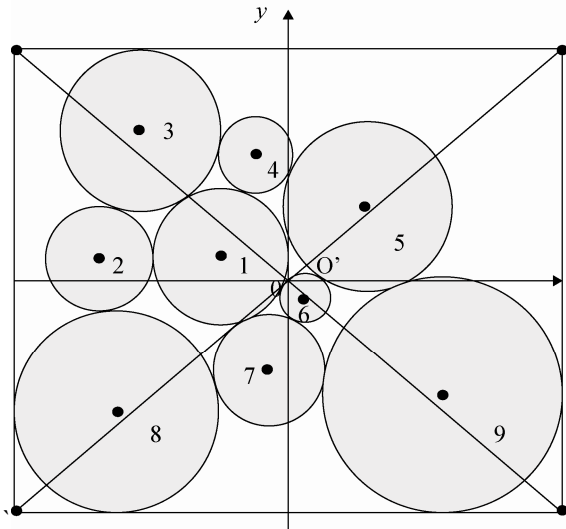


图 5 矩形中心法求父节点大小

具体算法如下所示:

1) 设 4 个变量  $L_{up}$ ,  $L_{down}$ ,  $L_{right}$ ,  $L_{left}$  作为排列圆的边界限量。其中,  $L_{up}$  和  $L_{left}$  的初始值设为 MAX,  $L_{down}$  和  $L_{right}$  的初始值设为 MIN。

2) 在排列圆的过程中, 更新 4 个变量的值。其中, 总是以得到的更小的边界值来更新  $L_{up}$  和  $L_{left}$ , 而以更大的边界值来更新  $L_{down}$  和  $L_{right}$ 。

3) 求得父节点的圆心  $O'$ , 即  $O'((L_{left}+L_{right})/2, (L_{up}+L_{down})/2)$ 。

4) 计算  $O'$  到各个外围圆的距离, 取最大值  $L$  作为父节点圆的半径

$$L = \text{Max}\{\overline{OO_i} + R_i\} \quad (3)$$

5) 求出父节点圆的半径  $R'$  的大小,  $R'=L$ 。

6) 记录父节点圆心  $O'$  到子节点排列时中心原点  $(0, 0)$  的偏移向量  $\vec{M}$ , 为从上到下逐层绘制代表各个节点的圆做准备。

### 2.3 面积比(AR)

通过对兄弟节点排列算法以及父子节点排列算法的研究, 可知父节点的面积会比各个子节点面积之和大。子节点面积之和与父节点面积的比值可定量反映出父子节点排列的紧密性。设面积比  $P$  表示的是子节点面积之和与父节点面积的比值大小。面积比  $P$  的定义如下:

设子节点的面积之和为  $S$ , 则

$$S = \sum_{i=1}^n \pi R_i^2 \quad (4)$$

面积比  $P$  的值为

$$P = \frac{S}{\pi R'^2} \quad (5)$$

其中,  $R'$  为相应父节点的半径大小。

在给定父节点大小求法的前提下, 如果子节点排列越紧密, 形状越接近圆形, 则所需要的父节点半径越小,  $P$  值会越大, 空间利用率越高; 反之, 如若子节点排列不紧密, 形状偏离圆形, 则需要的父节点半径会越大,  $P$  值会越小, 空间利用率越低。

在子节点排列方式确定的情况下, 同层子节点的排列位置是一定的, 计算出的父节点半径越小, 则  $P$  值越大, 父子节点排列越紧密, 空间利用率越高; 反之, 计算出的父节点半径越大,  $P$  值越小, 父子节点排列越稀疏, 空间利用率越低。

### 2.4 算法步骤

为了更好的阐述 CRCA 算法的思想, 下面结合实例对 CRCA 算法的步骤加以描述:

step 1: 给定一组子节点圆  $\{(C_i, R_i)|i=1, 2, \dots, N\}$ , 并且按圆的半径从大到小排序, 置入数组  $C[i]$ 。

继续使用 2.2 节中所给定的一组圆, 半径大小分别为 50, 40, 60, 30, 50, 20, 35, 70, 80(单位 pixel), 需要先把这些圆按半径从大到小排序。

Step 2: 使用 2.2 节中同层兄弟节点布局方法 c 和 f 将数组  $C[i]$  中的圆排列起来, 然后分别用 CCA 和 RCA 算法计算出使用两种布局方法排列后对应的父节点圆的半径, 共得到 4 组结果, 如表 2 所示。

Step 3: 使用 AR 指数  $P$  评价 step2 四种方法中父子节点排列的紧密程度, 选择 AR 指数  $P$  最大的子节点排列方式与父节点半径计算算法的组合。

表 2 最后一列的值即为 AR 指数  $P$ , 可知, 对于示例给定这组圆, 使用 RCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 c 得到的父子节点排列最为紧密。

Step 4: 循环迭代以上步骤, 直到计算出的父节点为根节点。

表 2 4 种方法对比分析

方法	子节点圆面积和 $S$	父节点半径	父节点面积 $S_1$	$P=S/S_1$
CCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 c	24 025 $\pi$	208.71	43 561.25 $\pi$	0.552
CCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 f	24 025 $\pi$	220	48 400.00 $\pi$	0.496
RCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 c	24 025 $\pi$	195.11	38 067.93 $\pi$	0.631
RCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 f	24 025 $\pi$	198.29	39 318.65 $\pi$	0.611

虽然可从表 2 中得出, 使用 RCA 算法结合同层兄弟节点布局方法 c 得到的父子节点排列最为紧密, 但该方法在求解父节点半径中并不一定是最优的。经过实验可知, 这四种方法求解父节点半径大小时并不存在哪种组合更优, 所以在求解不同节点时, 需要根据提出的 AR 指数 P 来选择具体使用哪一种组合。

## 2.5 与现有方法的比较

现有的自顶向下的嵌套圆排列算法在排列不同层次节点时, 当子节点排列之后, 需要对其进行适当的平移和缩放, 使其恰好容纳在其父节点之中。不仅需要根据各个子节点圆的半径计算相应的位置, 同时还需要在子节点排列完毕以后判断这些子节点是否完全容纳在父节点中, 如果不是, 则需要不断地对子节点进行缩放或平移, 直到完全容纳在父节点之中。

从时间复杂度的角度来考虑, 绘制整个图形的时间包括: 计算各个节点圆位置的时间、平移或缩放子节点圆的时间以及绘制各个节点圆的时间。而本文提出的自底向上的嵌套圆排列方法则只包括计算各个节点圆位置的时间以及绘制各个节点圆的时间。

从各个叶子节点圆比例大小的角度来考虑, 本文自底向上的方法在整个排列过程中叶子节点圆的大小都不会发生变化, 保持一致的比例以及初始值; 而在自顶向下的嵌套圆排列方法中, 由于缩放的原因, 当绘制到叶子节点圆时, 不可避免的无法保持初始值, 甚至会无法保持大小比例的一致性。

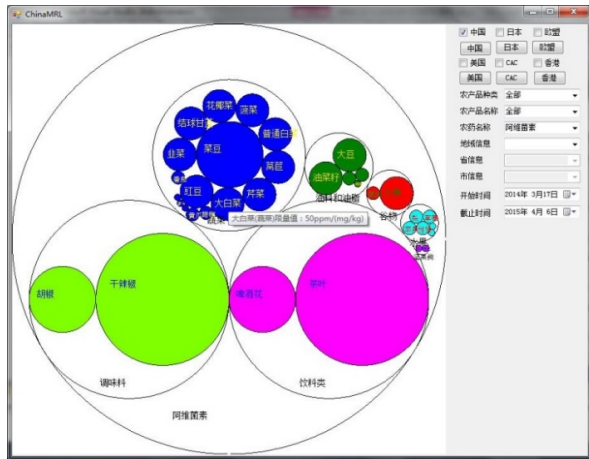
## 3 应用

最大残留限量(Maximum Residue Limits)简称 MRLs, 是农药在某农产品、食品、饲料中的最高法定允许残留浓度。食用农产品中的农药残留是导致食用农产品安全问题的原因之一<sup>[10]</sup>, 不管是从防止食用农产品中农药残留超标方面, 还是保障食用农产品安全方面, 对我国的最大残留限量标准进行研究都显得非常必要。因此, 本文尝试将上文中介绍的方法应用在我国最新颁布的农药最大残留限量标准(GB2763-2014)中<sup>[11]</sup>, 对最大残留限量标准进行可视分析。

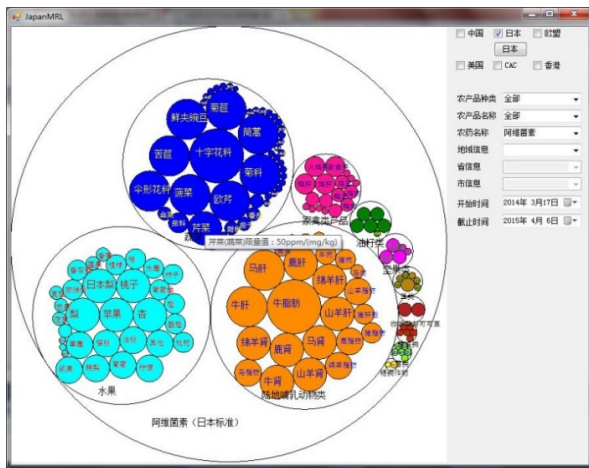
图 6(a)中展示的是中国 MRLs 中各类农产品所含阿维菌素的最大残留限量值。在图中, 不同的颜色代表不同种类的农产品, 圆的大小代表相应的限量值, 使用标签来显示具体农产品的限量值。从图 6(a)中可以得出, 阿维菌素农药在蔬菜、水果中规定的限量标准比较多, 在坚果、谷物类中规定的较少, 在调味料类和饮料类中规定的限量值比较大, 而在坚果类中对阿维菌素规定的限量值比较严格。

图 6(b)中展示的是日本 MRLs 中各类农产品所含阿维菌素的最大残留限量值。对比图 6(a)和(b), 从整体上看, 日本 MRLs 中对阿维菌素的限量标准多于中国 MRLs 中对阿维菌素的限量标准; 日本 MRLs 中阿维菌素在 11 类农产品中有限量规定, 而中国 MRLs 中阿维菌素只在 7 类农产品中有限量规定; 在相同的农产品类别中, 日本 MRLs 中阿维菌素在更多的农产品中有限量规定, 比如在水果中有 32 项规定, 而中国 MRLs 中阿维菌素在水果类中仅有 6 项规定。





(a) 参照中国标准



(b) 参照日本标准

图 6 农药阿维菌素在各类农产品中的最大残留限量标准可视化

## 4 结论

本文首先对嵌套圆布局算法中的同层兄弟节点布局方法进行了归纳总结。针对不同层父子节点排列时的缩放与平移会造成同层非兄弟节点大小比例的不一致以及父子节点之间排列不够紧密等问题,提出了自底向上不同层节点的递归排列方法——圆形-矩形中心算法 CRCA,同时,利用子节点面积之和与父节点面积的比值作为评价父子节点布局紧密性的指标——面积比 AR。实验表明,针对层次数据,CRCA 算法能够提供更紧密的排列效果,使用较小的父节点圆将各个子节点容纳在其中,提高空间利用率,同时更利于用户认知。最后,将基于 CRCA 算法的嵌套圆布局方法应用在农药

最大残留限量标准中,通过将标准中的数据可视化,可以很好地帮助用户对标准中的数据进行对比分析以及加深对标准的认识。未来的研究工作主要包括:将 Focus+Context 交互技术应用于农药最大残留限量标准数据的可视化中,帮助用户实现多角度分析;优化展示效果,提供更为良好的用户体验。

## 参考文献:

- [1] 周宁, 刘玮, 赵丹. 信息提供的可视化研究 [J]. 情报科学, 2004, 22(3): 257-260.
- [2] Johnson B, Shneiderman B. Tree-maps: a space-filling approach to the visualization of hierarchical information structures [C]// Visualization, Visualization '91, Proceedings., IEEE Conference on. USA: IEEE, 1991: 284-291.
- [3] Stasko J, Zhang E. Focus+context display and navigation techniques for enhancing radial, space-filling hierarchy visualizations [C]// Information Visualization, 2000. InfoVis 2000. IEEE Symposium on. USA: IEEE, 2000: 57-65.
- [4] 乔红丽. 令人耳目一新的可视化搜索引擎——Grokker [J]. 农业图书情报学刊, 2008, 20 (8): 160-161.
- [5] Weixin Wang, Hui Wang, Guozhong Dai, et al. Visualization of Large Hierarchical Data by Circle Packing [C]// SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY, USA: ACM Press, 2006: 517-520.
- [6] 肖卫东, 孙扬, 赵翔, 等. 层次信息可视化技术研究综述 [J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32 (1): 137-146.
- [7] 陈雪. 基于嵌套圆的可视化聚类方法研究 [J]. 情报杂志, 2013, 32(9): 195-198.
- [8] 王威信, 明春英, 王宏安, 等. 基于 Venn 图的层次信息可视化 [J]. 计算机学报, 2007, 30(9): 1632-1637.
- [9] 任磊, 王威信, 滕东兴, 等. 一种层次结构信息可视化方法 [C]// 第三届和谐人机环境联合(第 16 届全国多媒体技术、第 3 届全国人机交互、第 3 届全国普适计算)学术会议, 济南, 2007: 761-767.
- [10] 庞国芳, 范春林, 常巧英. 加强监测技术标准化研究, 促进食品安全水平不断提升 [J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2011, 29(3): 1-7. (Pang Guofang, Fan Chunlin, Chang Qiaoying. Strengthening study on analytical technique standards and promoting food safety level constantly [J]. Journal of Beijing Technology and Business University (Natural Science Edition) (S1671-1513), 2011, 29(3): 1-7. (in Chinese))
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中华人民共和国农业部. GB2763-2014 食品安全国家标准食品中农药最大残留限量 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.