

36

Network Diagrams

网络图

可视化网络的层级结构和信息路径



艺术不是工艺品，艺术传递艺术家的体验。

Art is not a handicraft, it is the transmission of feeling the artist has experienced.

—— 列夫·托尔斯泰 (Leo Tolstoy) | 俄国作家 | 1828 ~ 1910



36.1 网络图

在深度学习中，**网络图**（network diagram）是指描述神经网络架构和连接关系的图形表示。它是一种可视化工具，用于展示神经网络中的各个层以及它们之间的连接。

网络图通常由**节点**（node）和**边**（edge）组成。节点代表神经网络的层或单个神经元，而边表示它们之间的连接或信息传递。节点之间的连接可以是有向的或无向的，这取决于神经网络的结构。

通过网络图，可以清晰地展示神经网络的层级结构和信息流动的路径。它可以帮助人们理解和分析神经网络的架构，以及如何在不同层之间传递和转换数据。

网络图还可以用于可视化神经网络的参数和权重，以及它们在不同层之间的传递。这有助于深入了解神经网络的工作原理，以及每个层对输入数据的处理方式。

NetworkX 是一个用于创建、操作和研究复杂网络的 Python 软件包。它提供了一种灵活且高效的方式来表示、分析和可视化各种类型的网络结构，包括社交网络、生物网络、物流网络等等。

NetworkX 具有丰富的功能，可用于执行各种网络分析任务。它支持创建网络的节点和边，并提供了各种算法和方法来研究网络的特性和行为。通过 **NetworkX**，大家可以进行节点和边的属性设置、图形布局、路径查找、子图提取、连通性分析、社区检测以及中心性和影响力度量等。

NetworkX 的官方网站上提供了丰富的示例和图库，展示了该软件包在各种应用领域的应用。图 1 ~ 图 10 所示为精选出来的几个例子，下面逐一简介。

▲ 注意，本章所有案例均来自 **NetworkX**，知识点也不需要大家掌握，可视化方案也不会展开介绍。

图 1 上图展示的是多层网络。图 1 下图可视化 13 个节点的循环布局图。边根据节点之间的距离着色。节点之间的距离是指在圆上的任意两个节点之间沿弧线穿越的最小节点数。

图 2 上图为随机几何位置的无向图，下图为 128 个美国城市人口和距离组成的无向图。无向图是一种图论中的基本概念，表示节点之间的双向连接关系。它由一组节点和连接这些节点的边组成，边没有方向性，即两个节点之间的连接是相互的。

图 3 可视化互联网上的 186 个站点到洛斯阿拉莫斯国家实验室的路由 LANL Routes 信息。

旅行推销员问题（Traveling Salesman Problem, TSP）是一种著名的组合优化问题，属于图论领域。问题的目标是找到一条最短路径，使得旅行推销员能够访问一组给定的城市，并返回起始城市，同时经过每个城市一次且仅一次。

如图 4 所示，每个节点表示一个城市，边的权重表示城市之间的距离或成本。旅行推销员问题要求找到一条路径，使得旅行员从起始城市出发，经过所有其他城市，最后回到起始城市，并使得路径的总长度最小。图 4 中红色线代表最优路径。

图 5 可视化 1886 年至 1985 年的所有 685 场世界国际象棋锦标赛比赛参赛者、赛事、成绩。边宽度代表对弈的数量，点的大小代表获胜棋局数量。

图 6 所示为 5757 个 5 个字母的单词上生成一个无向图。如果两个单词在一个字母上不同，它们之间就会有一条边。

图 7 上图为随机几何位置的无向图，图 7 下图为 128 个美国城市人口和距离组成的无向图。

图 8 所示为 16 种可能的三元组类型。三元组类型是指在社交网络或其他网络中，根据节点之间的连接关系，将节点组合成不同类型的三元组。三元组由三个节点组成，它们之间存在特定的连接模式。图中，前三位数字表示相互、非对称和空值二元组（双向、单向和非连接边）的数量，字母表示方向，分别是**向上**（U）、**向下**（D）、**循环**（C）或**传递**（T）。

图 9 可视化具有最多 6 个节点的所有连通图的图谱。

图 10 展示基因之间的**介数中心性**（Betweenness Centrality），它使用了 WormNet v.3-GS 数据来测量基因之间的正向功能关联。WormNet 是一个用于研究**秀丽隐杆线虫**（*Caenorhabditis elegans*）基因功能网络的资源。



以上这些例子对应的代码、数据可以在如下链接找到：

https://networkx.org/documentation/stable/auto_examples/index.html
<https://github.com/networkx/networkx/tree/main/examples>



首先祝贺大家！读到这里，大家已经正式完成《编程不难》《可视之美》的修炼！特别是在《可视之美》中，希望大家不但掌握了创作思路、可视化方案、作图技巧，更学到了利用几何视角观察数学、数据的技能。

《可视之美》更希望做到的是，让代码有形状，让公式有色彩，用艺术维度为大家打开一扇发现数学之美的窗口。

把艺术两个字拆开来看，Python 编程是“术”，真正的“艺”来自于数学！

“好读书，不求甚解；每有会意，便欣然忘食。”《编程不难》《可视之美》只要求大家知其然，不需要大家知其所以然。

而接下来的数学三部曲——《数学要素》《矩阵力量》《统计至简》——则希望大家不但要知其然，而且要知其所以然！

万物皆可数学，数学皆可艺术。

读完《可视之美》后，大家可能会问，数学研究、艺术创作，到底有什么用？

想想我们今天的物质世界有多少和牛顿力学直接或间接相关。再想想，牛顿同时代的人有多少人根本不理解牛顿力学三定义，甚至可能都没听过牛顿这个人。

不管是宏观，还是微观，只有不断“升维”，提升认知的维度，才能让我们跳脱刘慈欣《三体》描述的“火鸡视角”。而数学和艺术就是射穿“火鸡视角”的那束光。

套用刘慈欣的话，我们都是阴沟里的虫子，抑或是农场里的火鸡，但总的有人要投身数学、热爱艺术、仰望星空。

下面邀请大家开启数学三部曲的旅程！

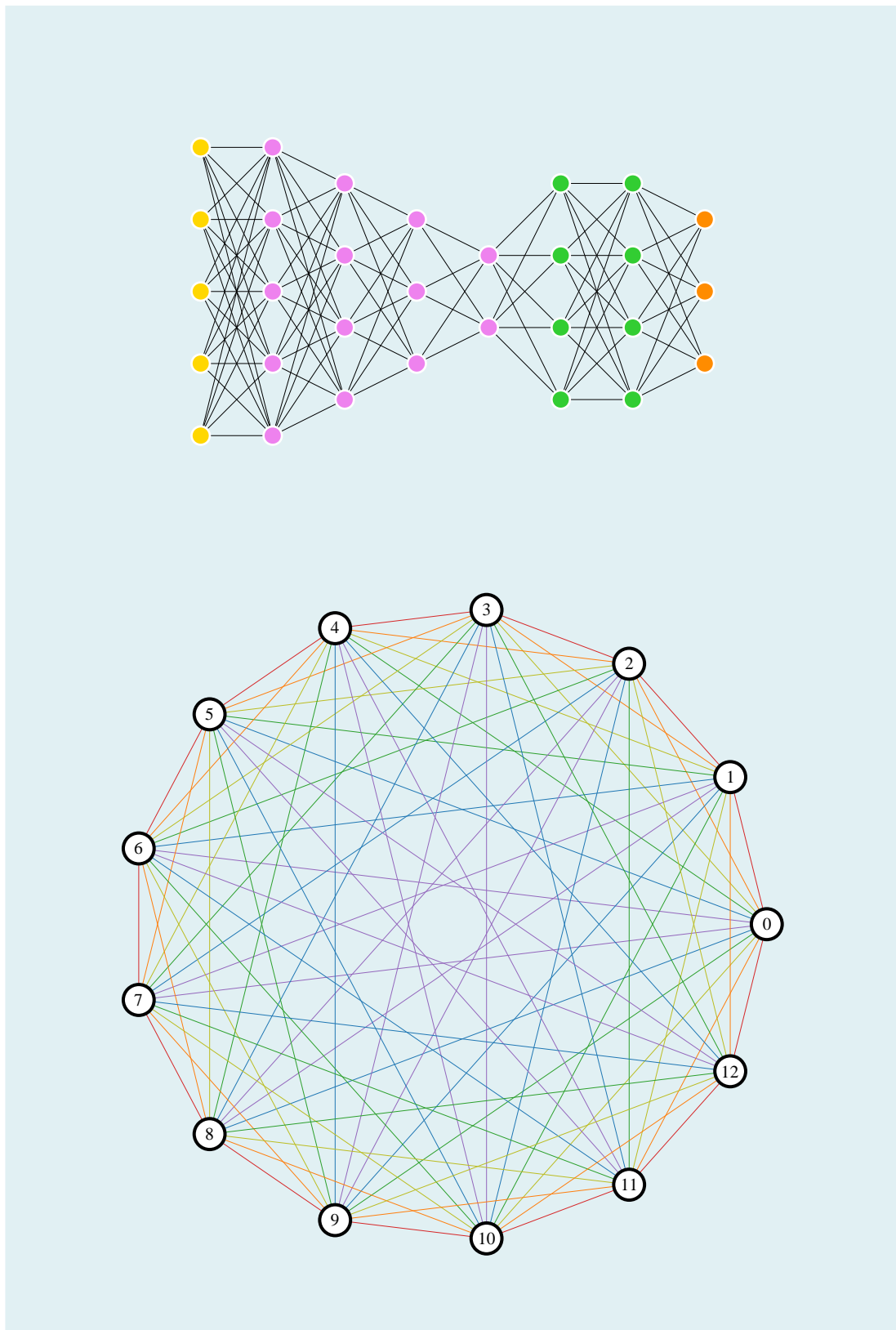


图 1. 上图展示的是多层网络，下图可视化 13 个节点的循环布局图

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger: <https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

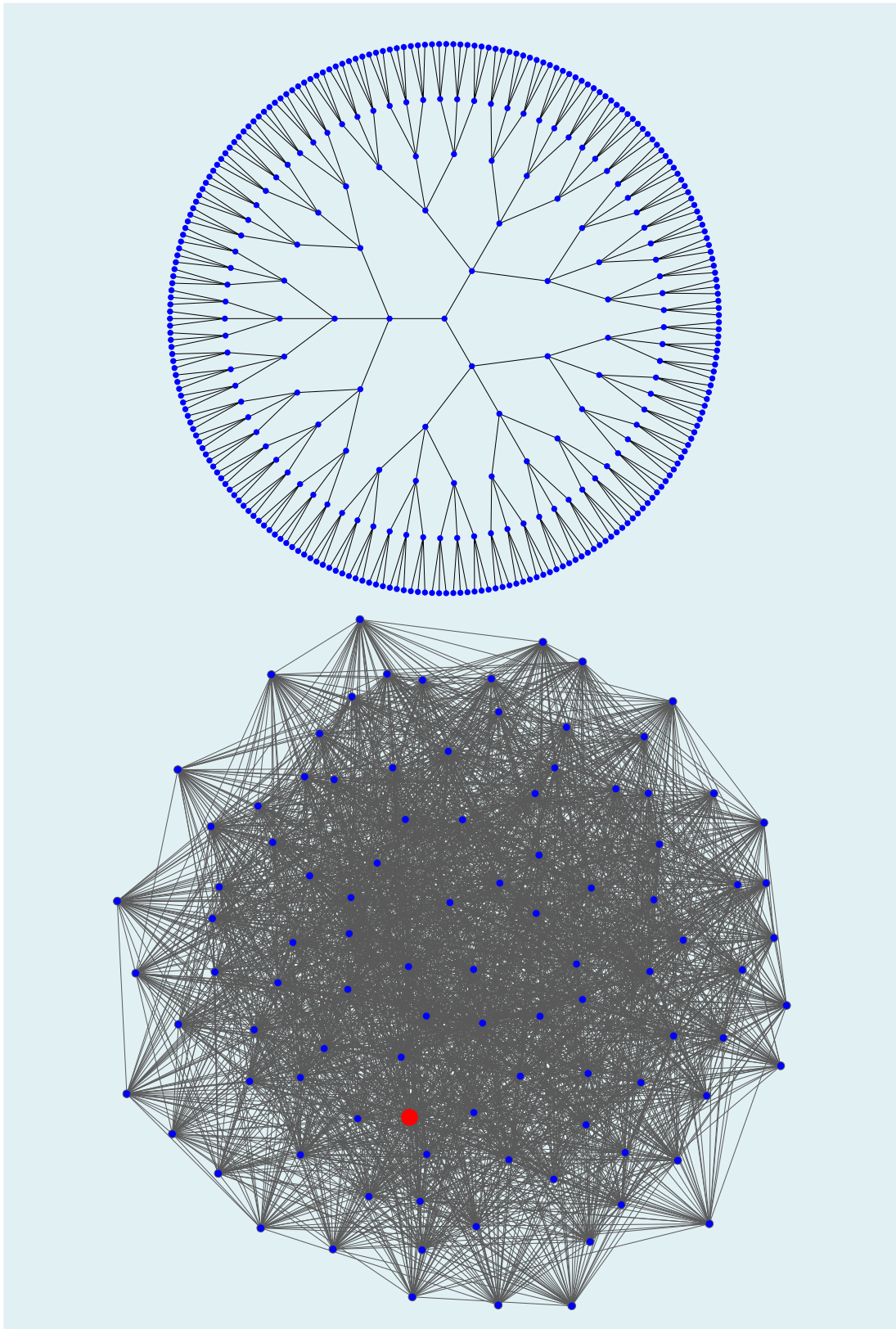


图 2. 上图为随机几何位置无向图；下图可视化了一种搜索节点算法



图 3. 互联网上的 186 个站点到洛斯阿拉莫斯国家实验室的路由 LANL Routes 信息

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

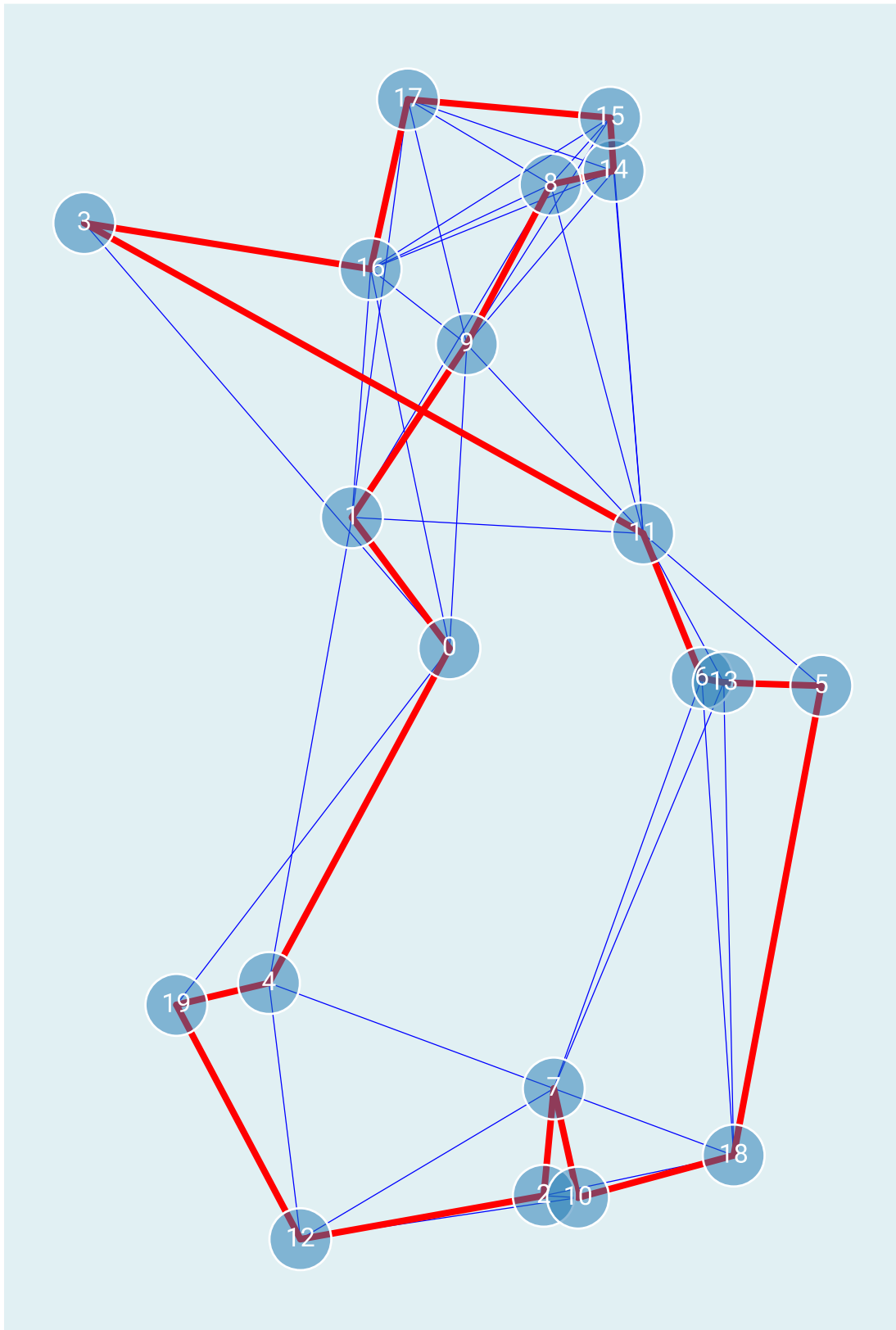


图 4. 销售员问题

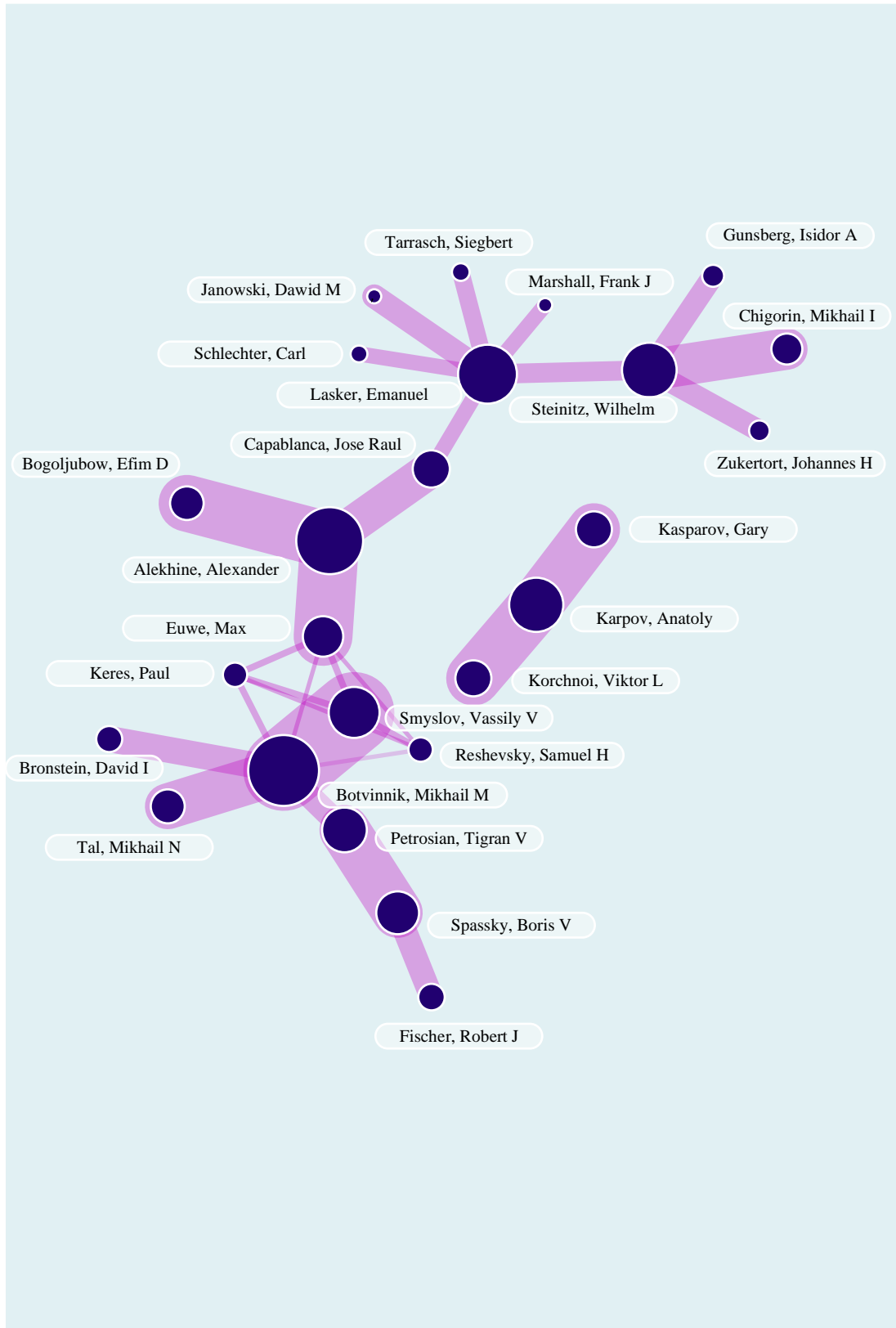


图 5. 可视化 1886 年至 1985 年的所有 685 场世界国际象棋锦标赛比赛参赛者、赛事、成绩

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

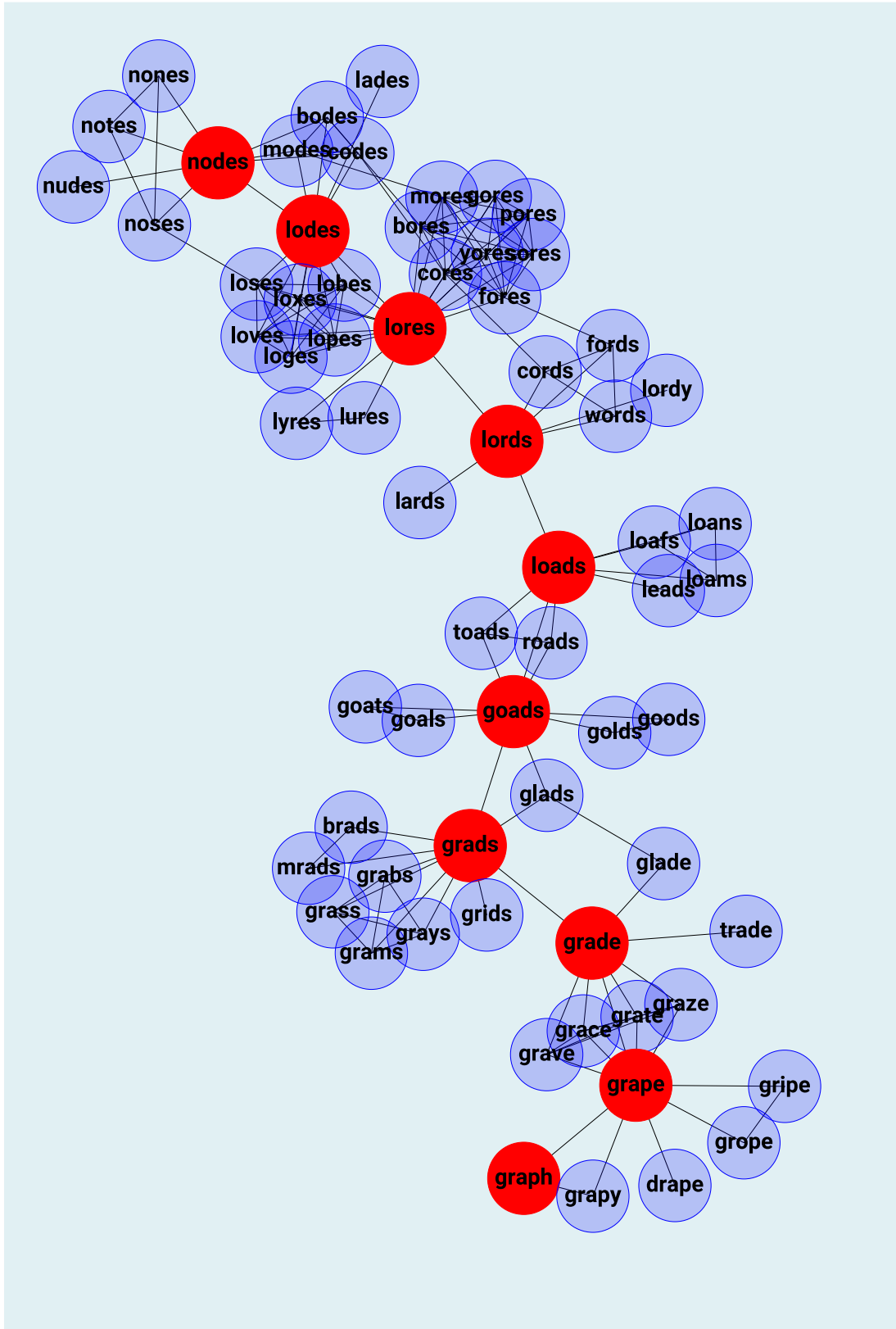


图 6. 5757 个 5 个字母的单词上生成一个无向图；如果两个单词在一个字母上不同，它们之间就会有一条边

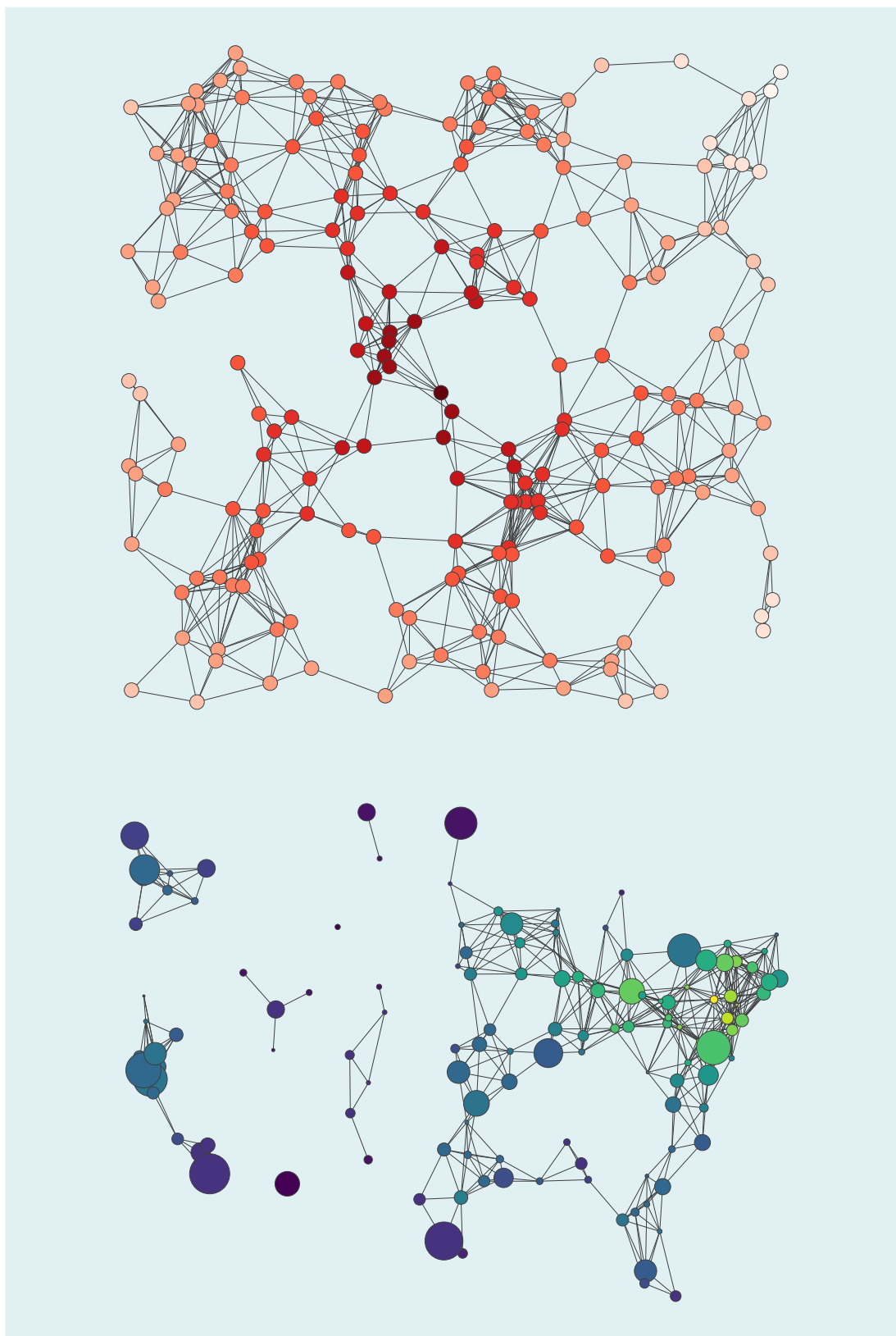


图 7. 上图为随机几何位置的无向图，下图为 128 个美国城市人口和距离组成的无向图

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger: <https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

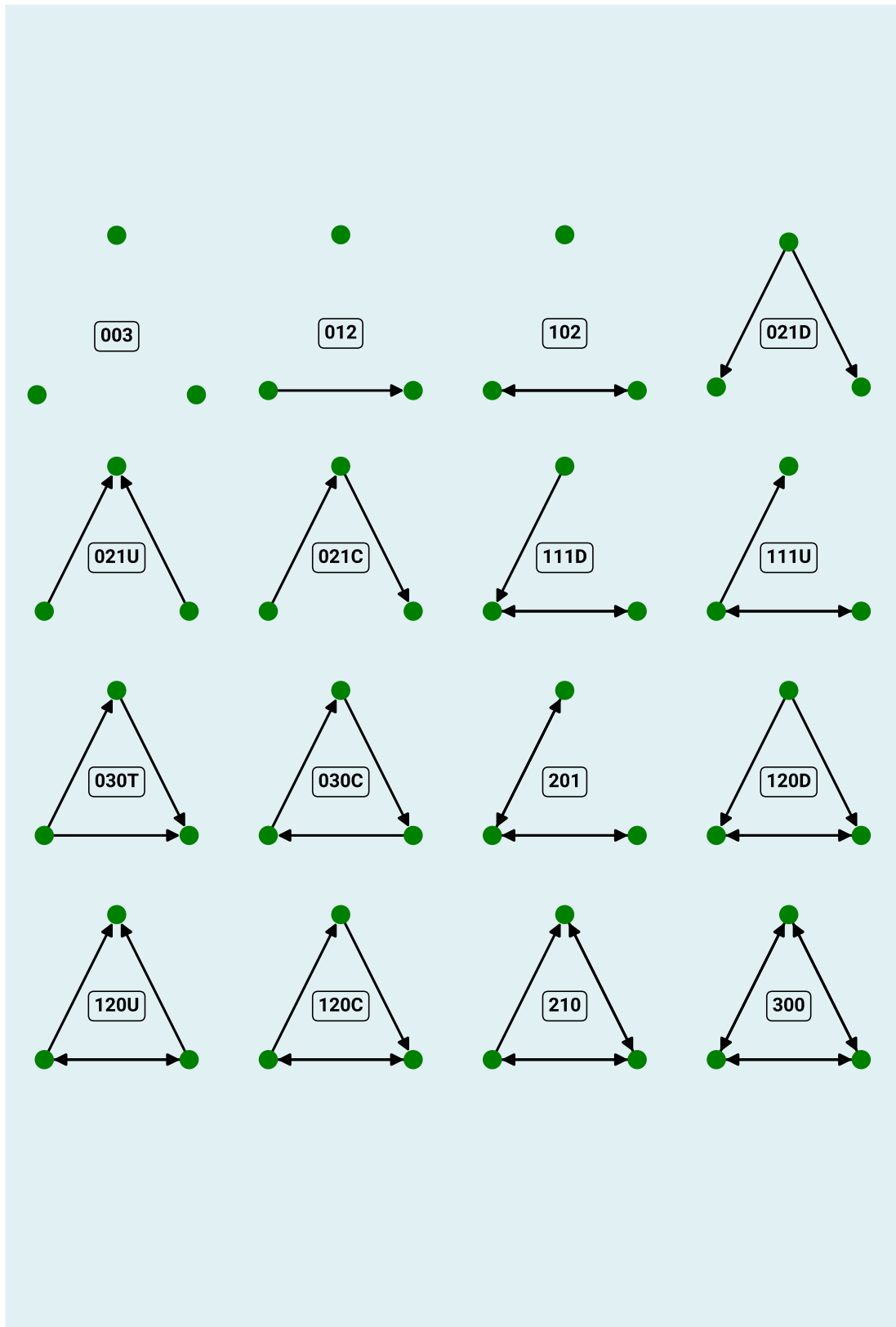


图 8. 16 种可能的三元组类型

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

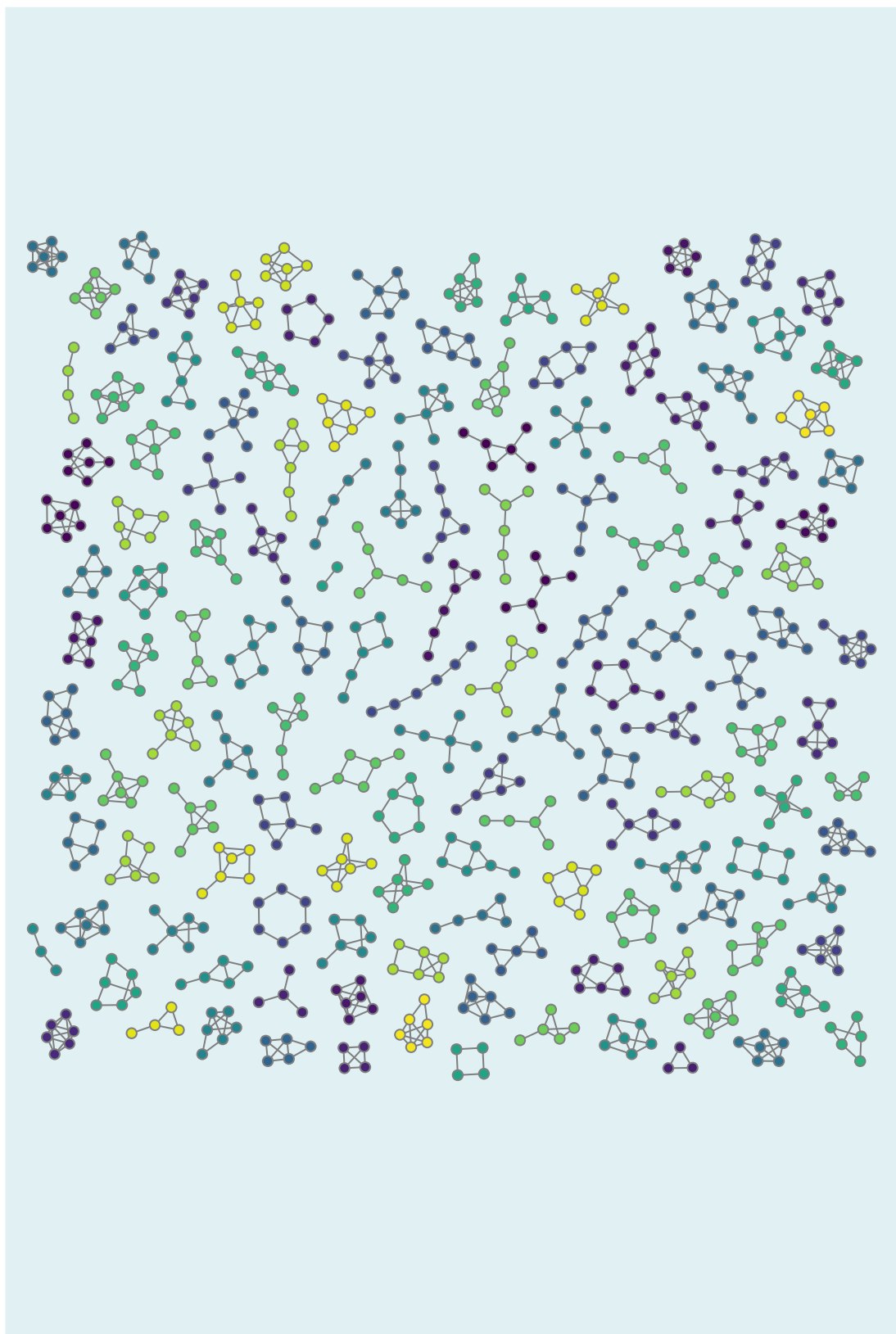


图 9. 最多 6 个节点的所有连通图的图谱

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger: <https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

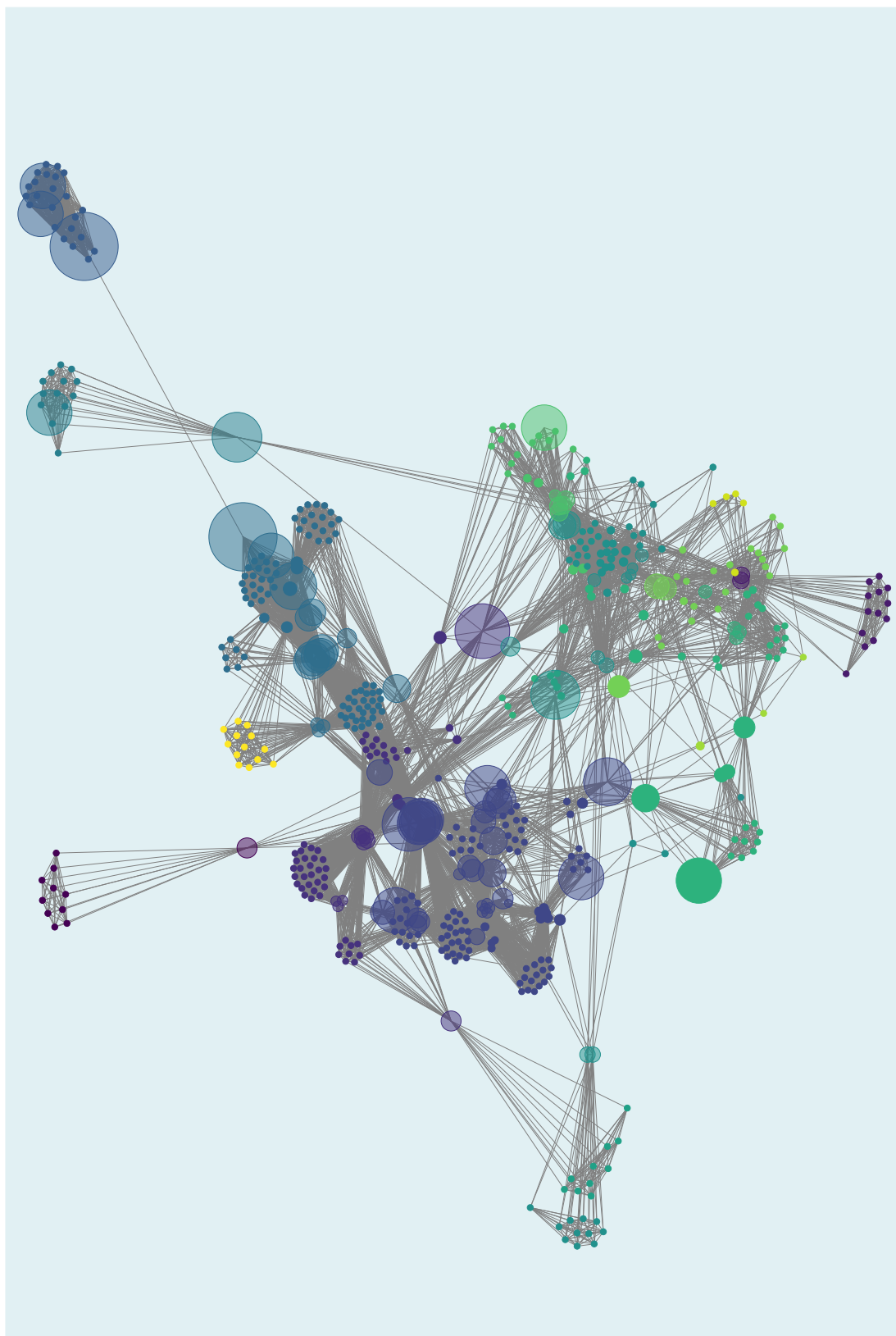


图 10. WormNet v.3-GS 数据来测量基因之间的正向功能关联

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com