

连接点:解开可持续发展目标的网络系统

摘要: 可持续发展目标不仅是行动呼吁,而且是对一个更美好世界的希望愿景,在这个世界上,所有人都能茁壮成长,自然能够蓬勃发展,社会能够和谐发展。为了实现可持续发展,研究可持续发展目标之间的关系,选择最有效的优先目标至关重要。

对于问题一,采用多层网络方法建立可持续发展目标相互关系和影响分析模型,改进 UN 的目标-指标-指标模型,为每个 SDG 获得单独的网络。通过计算皮尔逊相关系数矩阵和网络连接得到最终模型。对 10 个区域的网络模型进行可视化分析,发现在 WLD 区域,SDG8 对其他可持续发展目标有积极影响,特别是对 SDG4,而 SDG17 对 14 个可持续发展目标有消极影响。

对于问题二,我们针对问题二提出了一种基于网络的评估算法,该算法考虑了反馈机制和时间影响,以确定可实现的目标并评估项目有效性。每个 SDG 的得分在 10 个地区进行了可视化,并在包括 WLD 和 ARB 在内的五个地区推荐了 SDG4。为实现 SDG1 的 9 个区域和实现 SDG17 的 2 个区域确定了 10 年内可实现的目标。

对于第三个问题,我们提出了一个修订计划,分析网络模型变化在实施特定 SDG 时的影响,确定对其他可持续发展目标影响较小的新的可行目标。以 WLD 为例,我们修改了网络模型,以考虑已实现可持续发展目标对其他可持续发展目标的单向影响,并对结果进行了可视化和分析。我们使用评估算法确定最优优先级目标,发现在 WLD 中实现 SDG4 时,最优优先级转移到 SDG8。考虑到技术和数字化对 SDG2、SDG3、SDG7 的积极影响,我们还建议将其纳入新的发展目标。

对于问题四,我们修改了模型,通过引入扰动矩阵来表示事件影响,并探索其对最优发展目标的影响,从而应对危机/机会。在 WLD/局部战争的情况下,最佳目标从 SDG1 转变为 SDG17。通过分析可持续发展目标 7 项下的事件,我们确定自然灾害对 UN 的工作影响最大。

对于问题五,我们的分层网络建模方法可以推广到分析目标联系,选择其他领域的优先发展目标。它可以将业务目标细化为公司的目标、指标和数据。我们以业务目标为例,建立了网络模型,确定了最优优先发展目标。我们的方法不仅局限于 SDG 领域,也可以帮助其他组织和个人实现他们的目标。

我们的结论是,我们的模型具有很强的鲁棒性、高稳定性和良好的可解释性。这为实现可持续发展目标提供了科学指导和支持。

关键词:SDG, 多重复杂网络, 皮尔逊相关系数, 系统动力学

目录

连接点:解开可持续发展目标的网络系统..... 1

1 介绍..... 4

 1.1 背景..... 4

 1.2 概述..... 4

 1.3 问题重述..... 4

 1.4 我们的工作..... 4

2 模型准备..... 5

 2.1 假设和证明..... 5

 2.2 符号..... 6

 2.3 数据准备..... 6

3 子模型 I:建立关系网络..... 6

 3.1 可持续发展目标之间相互作用的多重复杂模型..... 6

 3.1.1 介绍多重复杂网络..... 6

 3.1.2 利用多层复杂网络分析可持续发展目标之间的关系..... 7

 3.2 结果分析与呈现..... 9

 3.2.1 结果..... 9

 3.2.2 不同地区..... 10

4 子模型 II:基于关系网络的优先级选择..... 11

 4.1 优先级有效性的评价方法..... 11

 4.2 优先发展决策..... 12

 4.3 其他地区的优先决策情况..... 13

 4.4 下一个十年合理实现的 SDG..... 14

5 子模型 III:实现特定 SDG 的影响..... 15

 5.1 对网络结构的影响..... 15

 5.2 对优先级选择的影响..... 16

 5.3 其他可考虑的目标..... 16

6 子模型 IV:国际事件或危机的影响..... 17

 6.1 对网络模型和优先级选择的影响..... 17

 6.2 数值模拟及结果分析..... 18

 6.3 对联合国可持续发展业务的影响..... 19

7 推广模式:为其他组织设定目标优先级..... 20

8 稳健性测试和利弊分析..... 21

8.1 稳健性检验 21

8.2 优点 21

8.3 缺点 21

参考文献 22

1 介绍

1.1 背景

为了促进全人类的可持续发展，可持续发展目标的确立体现了人类对未来的希望。这些目标之间的相互关联、相互支持或对立影响着所有目标的实施。

此外，技术进步、全球流行病、战争和难民危机等国际事件也对可持续发展目标的实施产生重大影响。因此，需要跨学科和综合的研究方法来理解和解决这些复杂的关系和影响。

1.2 概述

可持续发展目标紧密相连，是一个不可分割的整体，因此研究它们之间的相互关系至关重要。社会各界对可持续发展目标之间的关系进行了广泛的研究。2015 年，联合国提出了 169 个具体目标，详细阐述了这 17 个目标。而国际科学理事会(International Council for Science)则利用网络模型来研究目标之间的相互联系。其他学者从不同的角度进行了研究，如联动路径、互动程度、可持续发展目标模型和执行方法等。他们取得了许多成果。

但是，目前的研究由于局限于专家知识，没有充分利用经济数据，存在一定的局限性。此外，如何利用可持续发展目标之间的关系来确定目标的优先级，目前还缺乏定量研究。

1.3 问题重述

我们的主要挑战是开发一个网络模型，描述 17 个可持续发展目标(sdg)之间的关系，并使用该模型来支持决策和评估潜在影响。具体而言，我们的目标如下：

- 构建一个描述 17 个可持续发展目标之间关系的网络结构。
- 利用网络结构评估单个可持续发展目标在促进业务发展方面的有效性，并确定未来十年的优先事项和可实现的目标。
- 探讨实现特定可持续发展目标对网络结构的影响，以及实现该可持续发展目标将如何影响确定优先事项的决定，并讨论可纳入联合国议程的其他可持续发展目标。
- 讨论技术进步和全球大流行病等国际事件对网络结构和优先事项确定决策的影响，并审查此类中断对可持续发展的影响。
- 向其他公司和组织推广构建网络结构的方法，帮助它们确定其目标的优先次序。

1.4 我们的工作

根据任务要求，我们的工作主要包括以下几个方面：

- 数据收集和预处理:**我们收集了来自联合国专家的 169 个目标和 241 个指标数据，以及 1967 年至 2018 年 500 个可持续发展指标的时间序列数据，涵盖 10 个研究区域。
- 模型建立:**基于数据之间的相关性和从目标到数据的 4 层网络结构，构建 SDG 关系网络模型。利用关系网络模型 G，我们提出了一种评估方法来评估优先实施特定 SDG 的有效性。

•**模型应用:**基于建立的网络模型，对十个研究区域的网络图进行可视化。利用评价方法，我们还对十个区域的优先策略的有效性进行了可视化。通过分析可视化结果，我们得出了结论。

基于网络模型，我们建立了一个模型来描述不同时间框架对可持续发展目标实现程度的影响。我们为不同地区在十年内合理实现的可持续发展目标建立了一个模型。

•**实现特定可持续发展目标的模型调整:**基于网络模型，我们修改了权重并调整了网络模型，考虑了对选择优先级项目的影响。我们还提出了一些可以纳入 UN 考虑的新目标，如技术发展和数字化，并从其他可持续发展目标影响的角度分析了原因。

•**国际危机或机遇时期的模型调整:**基于网络模型和评价方法，推导出新的关系网络 G' ，引入抗干扰指标 c ，提出扰动 Δx 与 G' 与原网络 G 之间的关系公式。对网络模型进行修正，考虑对优先项目选择的影响，分析危机前后对 UN 任务的影响。

•**模型分析方法的推广:**我们将关系网络的分析方法推广到其他领域，如分析公司战略目标之间的关系，帮助领导者对发展项目进行优先排序。

考虑到不同研究区域和事件对模型的扰动，我们进行了鲁棒性和稳定性分析。我们得出结论，该模型具有较强的稳定性和鲁棒性。此外，我们还分析了模型的优缺点。

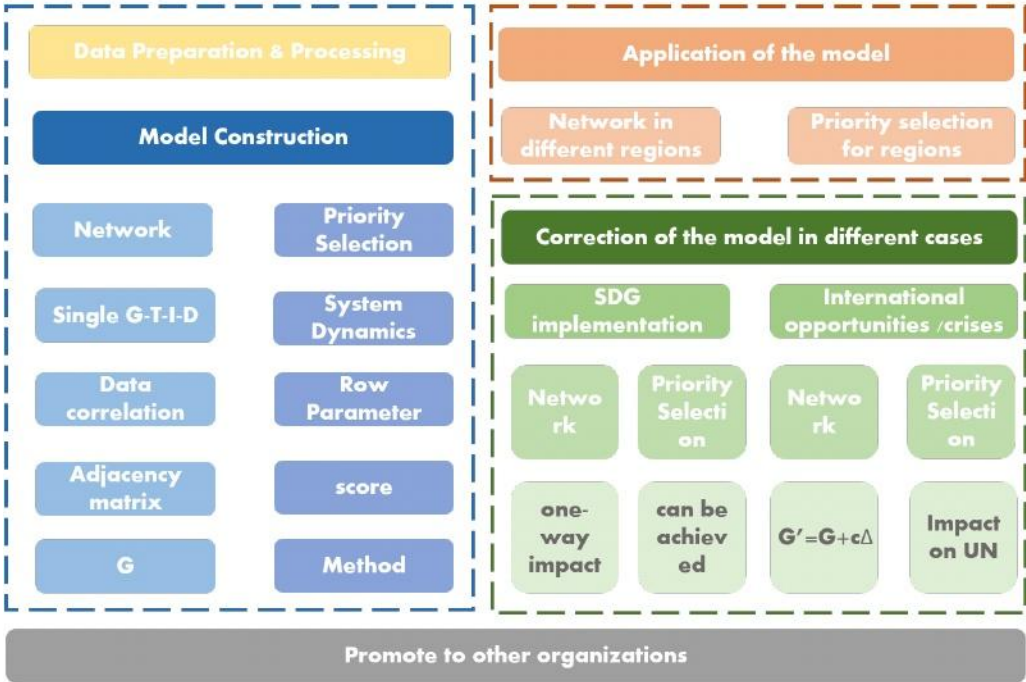


图 1:我们的工作

2 模型准备

2.1 假设和证明

为了简化问题并方便我们模拟现实生活条件，我们做了以下基本假设，每一个假设都是合理的。

•**考虑可持续发展目标之间的级联效应**，例如减少贫困和饥饿可能促进健康和教育，但同时可能对气候变化和环境产生负面影响，从而影响物种多样性等方面。

•**考虑不同地区和发展水平的国家之间可持续发展目标关系网络的差异。**

- 假设可持续发展目标之间的影响是稳定的，即关系网络不随时间变化。
- 假设获得的数据真实可靠，忽略数据中的小噪声。
- 假设不同指标的数据之间仅存在线性关系，尽管非线性关系广泛存在，但难以估计。因此，我们选择相关系数足够大的变量，这意味着我们大大降低了对结果可能产生的影响。
- 假设两个目标之间的影响是相同的，即邻接矩阵是一个无向幂图。

2.2 符号

Variable Name	M	eanings	Examples
N	Nodes, e.g. N_g denotes the set of Goal nodes		$N_g, N_t, N_i, N_d.$
A	Adjacency matrix		$A_{gg}, A_{tt}, A_{ii}, A_{dd}, \text{etc.}$
G	Relationship Network Model		$G = A_{gg}.$
x	The degree of realization of SDGs , as a 1*17 matrix		$x_0, x_1, \text{etc.}$
Δx	Perturbations arising , for 1*17 matrix		$\Delta x.$
c	Anti-interference coefficient, related		c

2.3 数据准备

在数据准备阶段，我们进行了指标和收集领域的确定、多层数据收集、世界银行数据处理，最终得到了以下数据。

- 来自 UN 专家研究的 169 个具体目标和 241 个指标的数据。
- 1967 年至 2018 年 10 个区域的时间序列数据，500 个可持续发展指标。

为了确定指标，我们使用了源自 UN 研究的目标-具体目标-指标结构来收集具体目标和指标数据。其次，我们选择了 10 个研究区域。这些是世界(WLD)，经济合作与发展组织(OECD) (OED)，阿拉伯世界(ARB)，中欧和波罗的海国家(CEB)，东亚和太平洋(EAS)，东亚和中亚(ECS)，欧盟(EUU)，拉丁美洲和加勒比(LCN)，中东和北非(MEA)北非(MEA)和北美(NAC)。

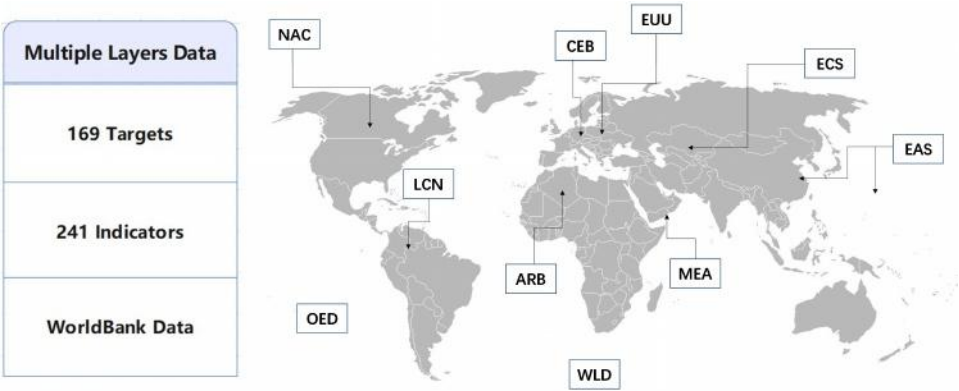


图 2:区域数据准备情况

在数据收集和处理方面，我们从世界银行等网站收集了 263 个国家和地区的时序数据。最终的数据是经过处理缺失值、剔除无用数据、按地区排序、按 G-T-I 结构对数据进行分类等过程获得的。

3 子模型 I:建立关系网络

3.1 可持续发展目标之间相互作用的多重复杂模型

3.1.1 介绍多重复杂网络

多层复杂网络(Multilayer Complex network, mcn)是指由多层或多层网络组成的复杂网络模型，这些网络可以相互作用或相互依赖。与传统的网络模型不同，多层复杂网络允许不同类型的节点和连接在不同层之间相交，并允许节点在不同层之间具有重叠关系。

多层复杂网络在描述和分析复杂的现实世界系统方面有着广泛的应用，如社会网络、生物网络和交通网络。它们可以提供更全面的视角来描述系统的结构和功能，并且可以更好地捕捉节点之间的多重关系。

多层复杂网络的分析方法包括图论方法、复杂网络模型和方法，以及机器学习方法等。通过分析多层复杂网络，我们可以更好地理解系统的演化和行为，并为解决实际问题提供新的见解和方法。

综上所述，多层复杂网络的研究对于理解复杂系统和解决现实问题具有巨大的潜力。多层复杂网络的分析方法和模型的发展可以为复杂系统的研究提供新的视角和途径。

3.1.2 利用多层复杂网络分析可持续发展目标之间的关系

可持续发展目标之间的相互关系非常复杂，因为每个目标都可能影响其他目标的实施。此外，有许多指标可以用来表示目标实现的程度，简单地将目标与数据指标联系起来可能会忽略它们之间错综复杂的关系。因此，我们转向数据驱动的方法，即 mcn 来分析数据指标之间的关系，这可以间接构建可持续发展目标之间的相互关系。这种方法可以帮助我们更好地理解可持续发展目标之间的相互影响，为解决实际问题提供新的思路和方法。

•UN 专家确定的 G-T-I 框架:

联合国已经确定了 169 个具体指标来评估 17 个可持续发展目标(sdg)是否已经实现。例如，SDG7 使用 7 个指标进行评估，包括增加可再生能源比例和提高能源效率。UN 专家建立了具体目标之间的联系，并使用指标对其进行量化。例如，可持续发展目标 1(无贫困)下的具体目标 1.1 是“在全球消除极端贫困和饥饿”，而具体目标 1.2 是“确保每个人都能获得适当的社会保护和医疗保健”。具体目标 1.1 下的指标 1.1.1 是“低于国际贫困线的人口比例，按性别、年龄、就业状况和地理位置(城市/农村)分列”。基于 UN 专家建立的 G-T-I 系统和已知数据，我们可以在世界银行数据和指标之间建立直接关系。这使我们能够更系统地呈现目标与数据之间的变化。通过将 241 个指标与 500 个 Data 指标相连接，最终得到 17 个隔离的 G-T-I-D 网络。以 SDG9 为例，网络结构如图 3 所示。

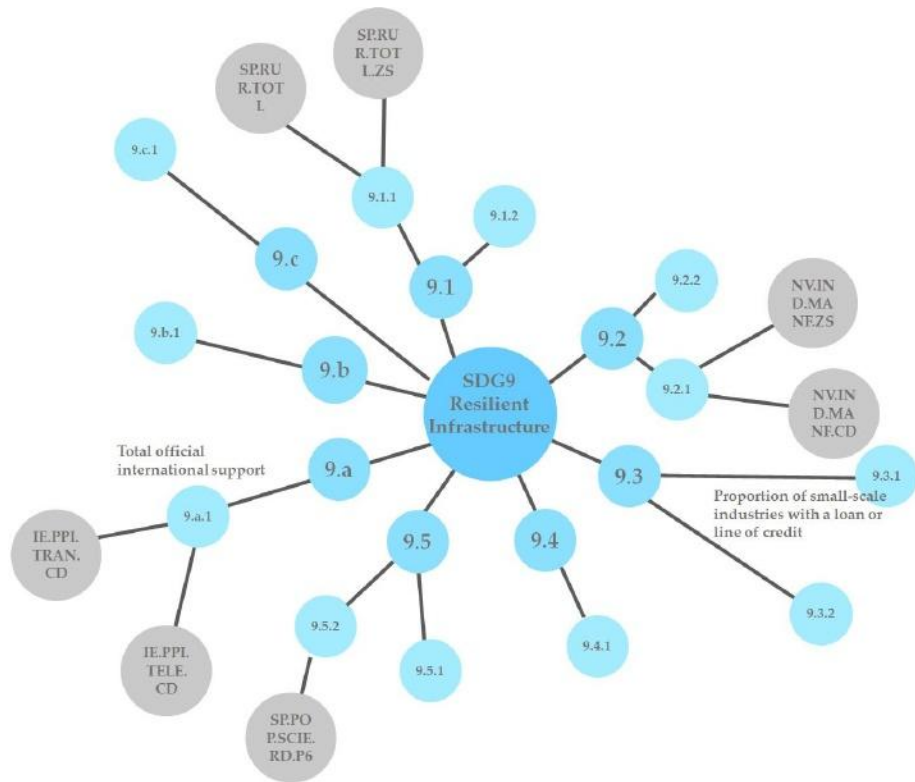


图 3:G-T-I-D 网络

•描述 G-T-I-D 网络中的互联机制:

如图 4 所示，两个 $G-T-I-D$ 网络通过 D 的相关性连接起来。 N 表示节点矩阵，其中 N_{ig} 、 N_i 、 N_d 、 N 分别表示目标、指标、指标和数据节点。 A 表示邻接矩阵，其中 $A_{gg}[17 \times 17]$ 、 $A_{ti}[169 \times 169]$ 、 $A_{ii}[241 \times 241]$ 、 $A_{dd}[500 \times 500]$ 分别表示目标、目标、指标、数据之间的邻接矩阵。 $A_{gt}[17 \times 169]$ 、 $A_{ti}[169 \times 241]$ 、 $A_{id}[241 \times 500]$ 分别表示目标与目标、目标与指标、指标与数据之间的邻接矩阵。这四个初始一矩阵的邻接矩阵由单个 $G-T-I-D$ 结构给出。

数据的链接是基于 Pearson 相关系数值的。(当 r 超过 0.9 且 $p < 0.1$ 显著性水平时，数据被连接。)

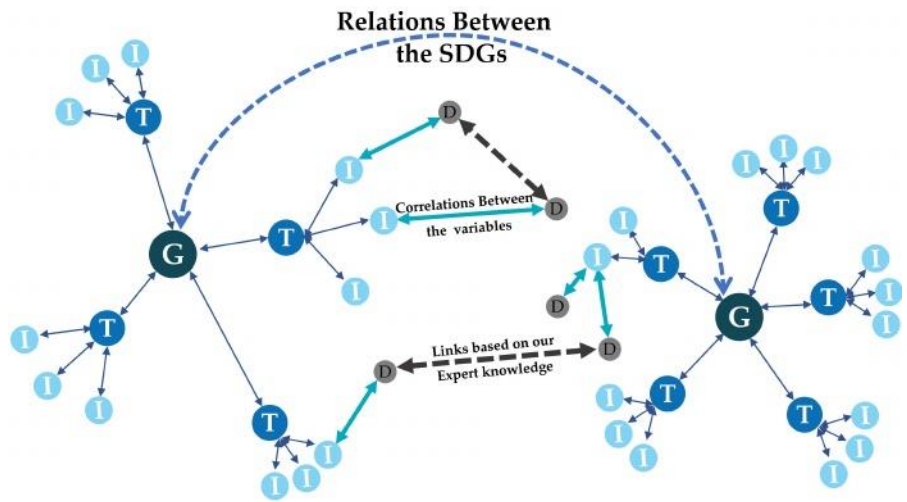


图 4:二 $G-T-I-D$ 网络

• $G-G$ 邻接矩阵的计算:

首先，计算数据之间的相关性:我们计算了世界银行数据指标之间的相关系数，以获得 $Am_{dd}atrix$ 。

然后，得到 I-I 邻接矩阵 $_{ii}A$ 为 $A_{ii}=A_{id} \cdot A_{dd} \cdot A_{di}$, T-T 邻接矩阵为 $A_{tt}=A \cdot A_{ti} \cdot A_{id} \cdot A_{dd} \cdot A_{di} \cdot A_{it}$ 。最后得到 G-G 邻接矩阵为 $A_{gg}=A \cdot A \cdot A_{gt} \cdot A_{ti} \cdot A_{id} \cdot A_{dd} \cdot A_{di} \cdot A_{it} \cdot A_{tg}$ 。过程如图 5 所示。

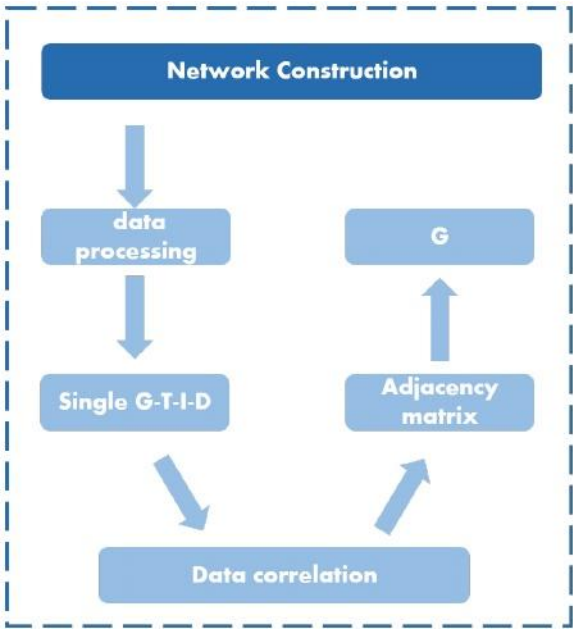


图 5:A 的计算

3.2 结果分析与呈现

3.2.1 结果

$G-G$ 邻接矩阵 A_{gg} 的元素表示 17 个可持续发展目标之间相互关联的权重。通过仅区分 0 和非 0 元素，我们可以得到可持续发展目标的无向无权图，表示两个可持续发展目标之间存在影响。如果考虑权重值，绝对值越大，说明两个可持续发展目标之间的影响程度越高，标志表明两个可持续发展目标之间相互支持或相互抵消。我们用橙红色和浅蓝色分别表示可持续发展目标之间的相互支持和对立关系，连接线颜色的亮度表示可持续发展目标之间的影响程度。优化结构后的可持续发展目标影响网络如图 6 所示。

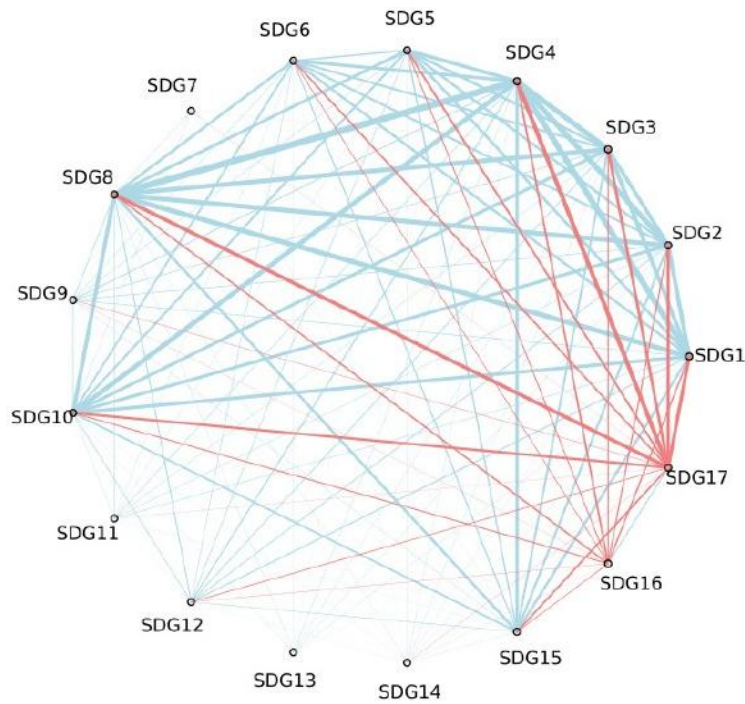


图 6:可持续发展目标互连加权图(以 WLD 为例)

在 WLD 地区，可持续发展目标 8、可持续发展目标 10 和可持续发展目标 4 对 14 个可持续发展目标产生了积极影响，表明这三个目标在该地区得到了很好的实施和执行。可持续发展目标 8 侧重于经济增长和就业，可持续发展目标 10 侧重于减少不平等，可持续发展目标 4 侧重于优质教育。这三个目标的共同特点是对经济社会发展作出了重要贡献，在 WLD 发展中占有重要地位。因此，这三个目标对其他可持续发展目标的积极影响并不令人惊讶。

相比之下，可持续发展目标 17 对 16 个可持续发展目标产生了负面影响，这表明 WLD 地区实施可持续发展目标 17 存在一些问题。可持续发展目标 17 侧重于全球伙伴关系，包括发展援助、贸易和技术转让，但在 WLD 地区，这些方面的发展面临一些挑战

3.2.2 不同地区

考虑到不同地区可持续发展目标之间的联系和影响可能不同，我们使用不同地区的数据来验证生成的网络结构。8 个地区的可持续发展目标网络如图 7 所示。

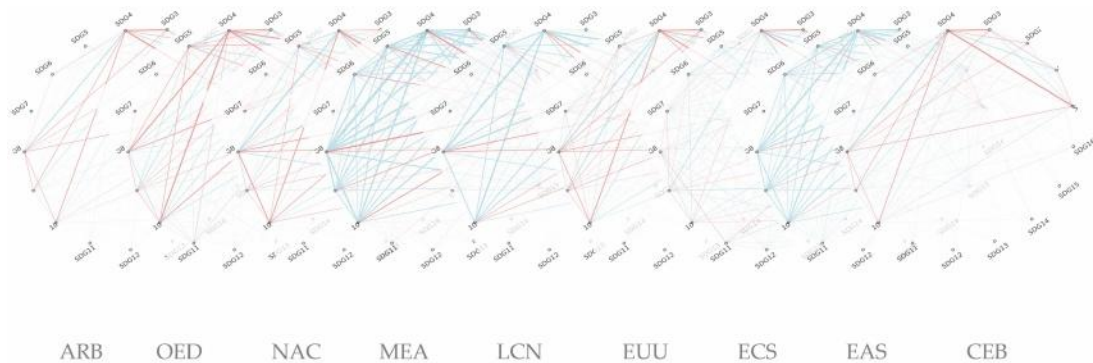


图 7:可持续发展目标互连加权图(以 WLD 为例)

在首行政首长区域，可持续发展目标 4 对包括可持续发展目标 3 在内的其他六个目标产生了负面影响，而对可持续发展目标 8 只有积极影响。另一方面，在东亚地区，可持续发展目标 4 对所有 16 个

可持续发展目标都有积极影响。在 OED 区域，大多数可持续发展目标相互之间具有负面影响，而在 MEA 区域，大多数可持续发展目标相互之间具有积极影响。造成这些差异的原因可能与各种因素有关，如经济、社会、文化和政治差异。

在行政首长协调会区域，缺乏教育和卫生资源可能是可持续发展目标 4 对其他目标产生负面影响的原因。例如，教育和卫生资源短缺可能导致疾病和贫困水平上升，从而对可持续发展目标 3 产生负面影响。

另一方面，在东亚地区，教育和卫生方面的成功可能是可持续发展目标 4 对其他目标产生积极影响的原因。例如，良好的教育和卫生水平可能有助于提高就业率，促进经济增长，从而对 SDG8 产生积极影响。

4 子模型 II:基于关系网络的优先级选择

4.1 优先级有效性的评价方法

•通过采用标准量化可持续发展目标的实施:

如果我们用一些数字来代表这 17 个可持续发展目标的当前实施水平，我们可以将这些数字标准化，使它们的范围限制在 0 到 1 之间。如果我们用 x_1 到 x_{17} 表示这 17 个可持续发展目标的实施水平，则值的范围为 0 到 1。然后，我们可以将这些数值作为一个 17 维向量 $x = [x_1, x_2, \dots, x_{17}]$ ，可以代表某一地区 17 项可持续发展目标的实施水平。

•考虑优先发展特定可持续发展目标的影响:

如果我们想要衡量执行层级变化的影响，我们可以用一个系数矩阵来计算执行向量 x_0 的变化。具体来说，假设系数矩阵为 A ，即可可持续发展目标之间关系网络的邻接矩阵 A_{gg} ，实现向量 x_0 可以通过一次迭代计算如下：

$$x_1 = Ax_0$$

这里， x_1 表示一次迭代后实现向量 x_0 的新值。这个新值反映了实施层级变化对其他指标的影响。如果 x 中的某个元素变得更接近 1，则表示相应指标的执行水平有所提高，反之亦然。

需要注意的是，系数矩阵 A 的值应该在 0 到 1 之间。如果系数大于 1，则可视为 1，小于 0 则可视为 0。这样就保证了计算出来的实现向量的每个元素 x_i 都在 0 到 1 之间。

•考虑级联效应:

然而，这些目标之间的关系并不总是直接的，可能是复杂的。例如，大量投资教育可能会对经济发展产生短期影响，但从长远来看，教育可以加速经济和技术的发展。因此，在考虑特定可持续发展目标优先级的级联效应时，重要的是要考虑短期和长期影响以及不同目标之间潜在的反馈循环。这需要更细致的分析和建模方法来捕捉可持续发展目标之间复杂的相互依赖关系。

$$x_n = A^n x_0, \quad \text{not} \quad x_n = A \cdot (n x_0)$$

因此，我们需要对原始模型进行修正。在这里，我们不仅要考虑可持续发展目标 1 对可持续发展目标 2 的影响，还要考虑可持续发展目标 1 对可持续发展目标 3 的影响，然后再考虑可持续发展目标 3

对可持续发展目标 2 的影响。图 8 展示了这种迭代的链式努力。这表明，在一定的迭代周期内，例如几年，我们应该始终期望一个可持续发展目标的重大发展不仅会对其他可持续发展目标产生直接影响，而且会产生间接影响。

此外，我们不能简单地假设某个可持续发展目标的制定不会对其本身产生影响。例如，在没有其他限制条件的情况下，经济的蓬勃发展(可持续发展目标 8)本身就会对经济发展产生积极的影响，这被称为“正反馈机制”。

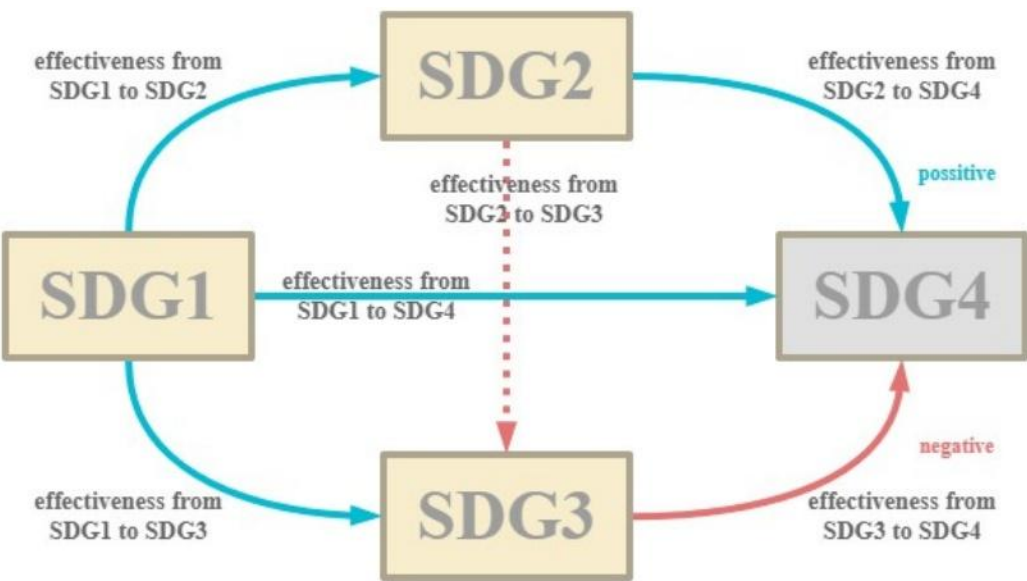


图 8:连锁努力

•新修改模型:

在上述基础上，利用影响系数矩阵 $A_{gg}^n=A^n$ 的 n 次幂近似反映一个指标的突然变化对其他指标的影响。这种影响可以代表强劲的可可持续发展目标发展在短期或数年内对其他目标进展的影响。

因此，如果取 n 为无穷大或足够大，则可以代表一个目标显著发展时其他目标的长期变化。的向量的算术和

$$y = ||A_{gg}^n|| = ||A^n||_1$$

然后可以表示从该目标的重大发展中获得的分数。通过进一步比较从每个目标的显著发展中获得的分数，我们可以确定优先发展目标和其他目标可能实现的目标。

4.2 优先发展决策

以 WLD 为例，应用我们的评价模型，计算了 WLD 的网络关系。为了表示可持续发展目标 g1 的优先级，我们取了一些初始值，并评估了对其他 16 个可持续发展目标的影响。通过量化对每个可持续发展目标的影响并将其相加，我们得到了可持续发展目标 g1 发展的有效性值。每个可持续发展目标都重复了同样的过程。得到 WLD17 个可持续发展目标的制定有效性值，并以表格形式呈现，如图 9 所示。将提供对结果的进一步分析。



图 9:17 个可持续发展目标优先发展的有效性(以世界粮食计划署为例)

4.3 其他地区的优先决策情况

将该模型应用到其他 8 个区域的网络关系模型中，我们得到了 17 个可持续发展目标发展的有效值，如图 10 所示。

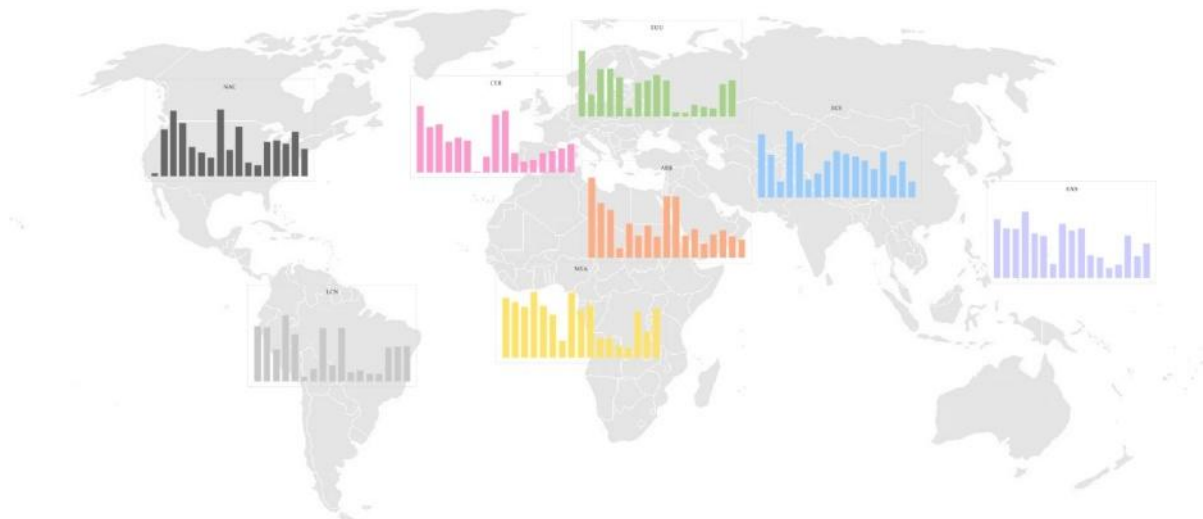


图 10:其他地区优先考虑 17 项可持续发展目标的效果

可以观察到，不同地区的优先发展需求有所不同。例如，在 MEA 地区，对可持续发展目标 1 和 2 的发展需求较高，而对可持续发展目标 13-15 的需求相对较低。另一方面，NAC 地区对可持续发展目标 13-15 的发展需求较高，对可持续发展目标 1-2 的发展需求较低。这两个地区的发展需求不同，并不意味着它们不需要在这些方面发展。有时候，可能是由于他们已经达到了比较高的发展水平，导致进一步发展的有效性较低。在其他时候，可能是因为他们需要优先考虑其他可持续发展目标的发展。

此外，通过将这些开发需求绘制成线形图，并将它们放在一个图 11 中。不同区域制定不同可持续发展目标的不同优先级别可以清晰地可视化。

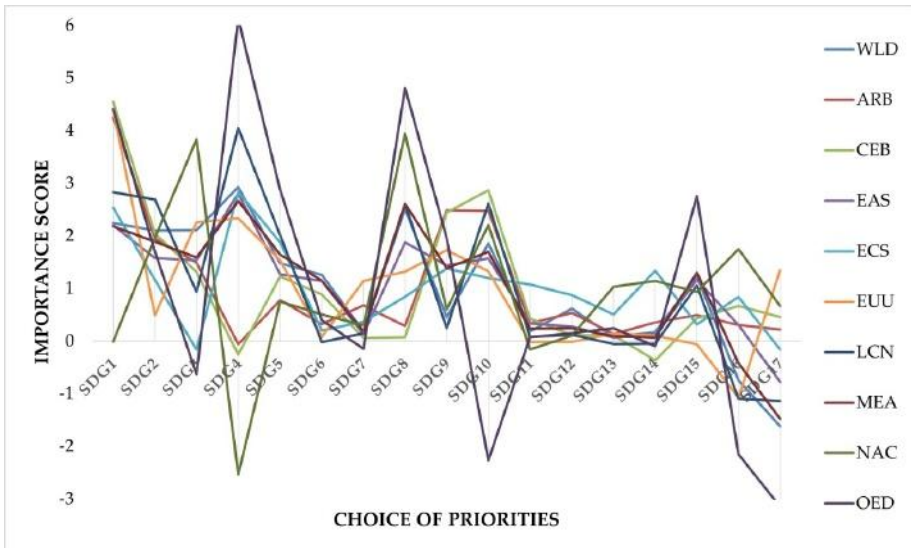


图 11:优先发展的有效性折线图

我们对不同区域的优先级评价进行了验证，发现与实际情况基本一致，表明我们的模型具有较好的鲁棒性。

4.4 下一个十年合理实现的 SDG

在我们之前的模型中，我们分析和量化了 SDG 实施的数字表示。我们设年份 $n=10$ 来计算 10 年后 17 个可持续发展目标的发展进度，并根据当前的实际发展水平选取系数来评价发展进度。根据评估结果，这十个区域在未来十年可实现的可持续发展目标如图 12 所示。

十年之内，SDG1 可以在 9 个地区实现，SDG4 可以在 8 个地区实现，而 SDG13、SDG14、SDG16、SDG17 只有一个地区可以实现。

SDG1 旨在消除贫困，是实现其他可持续发展目标的最基本和先决条件之一。其实施通常需要政府的政策支持和承诺，以及社会和经济发展方面的广泛努力。因此，9 个地区能够在 10 年内实现 SDG1，可能说明这些地区的经济社会基础设施相对发达，政府对减贫计划的投资承诺，以及良好的国际支持。

相比之下，SDG13、SDG14 和 SDG16 需要更多的全球合作和政策行动才能实现。由于气候变化和海洋保护问题往往涉及全球环境和经济影响，因此取得进展需要协调一致的国际行动。实现 SDG16 还需要建立有效的政治和司法制度，这在某些地区可能面临一些困难。

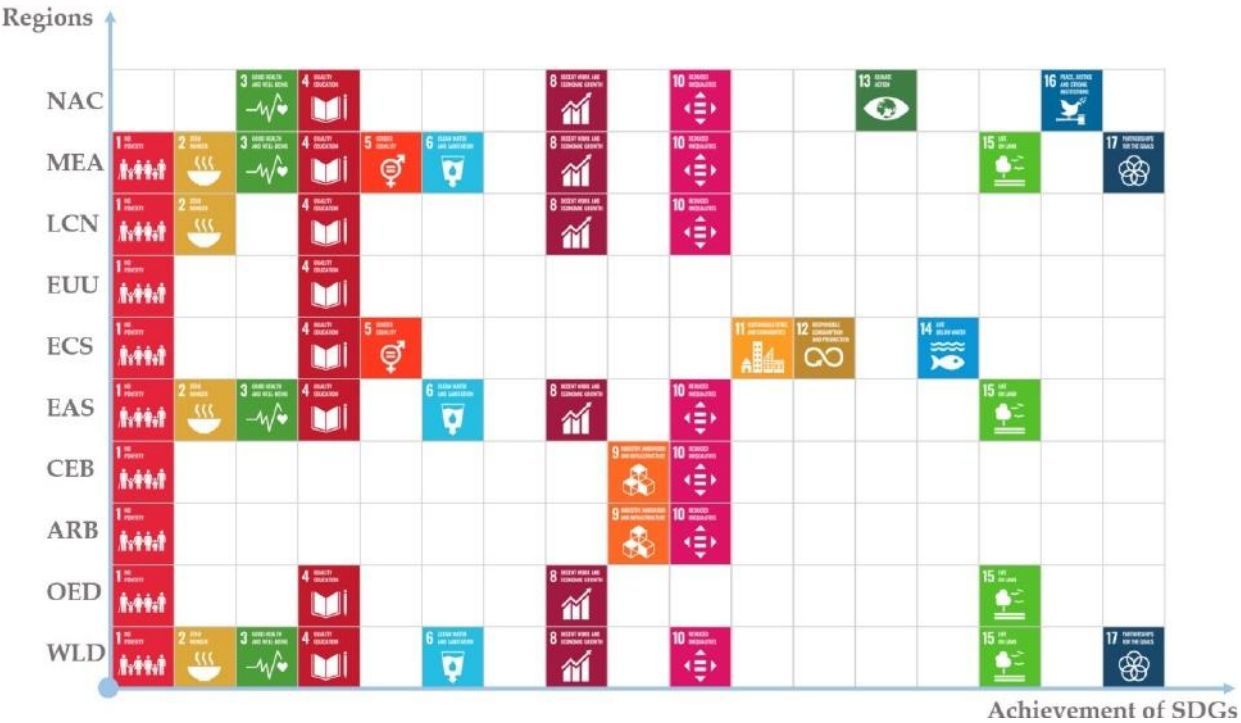


图 12:未来十年 10 个地区合理可实现的可持续发展目标

5 子模型 III:实现特定 SDG 的影响

5.1 对网络结构的影响

具体 SDG 的实现可以对其他可持续发展目标的实现产生重大影响，因为可持续发展目标是相互依存的。实施特定的 SDG 可能会将网络中现有的一些双向影响转变为单向影响。虽然已完成的可持续发展目标将继续对未完成的可持续发展目标产生积极或消极影响，但未完成的可持续发展目标将不再影响已完成的可持续发展目标。因此，通过将双向影响转化为单向影响，可以修改 $G-G$ 邻接矩阵 g_g 以纳入这些变化，从而形成可持续发展目标之间相互关系的新网络。

我们还将重点放在世界粮食计划署领域，并将可持续发展目标作为案例研究，分析实施这一 SDG 对相互关系网络的影响。为了比较可持续发展目标实施前后的相互关系网络，我们生成了图 13。我们的分析显示，在实现 SDG4 之后，当务之急是实现 SDG8，其次是 SDG17。因此，考虑到与 SDG4 的联系，SDG8 与 SDG17 之间的联系数量增加，意味着更多的可持续发展目标受到其发展的影响。

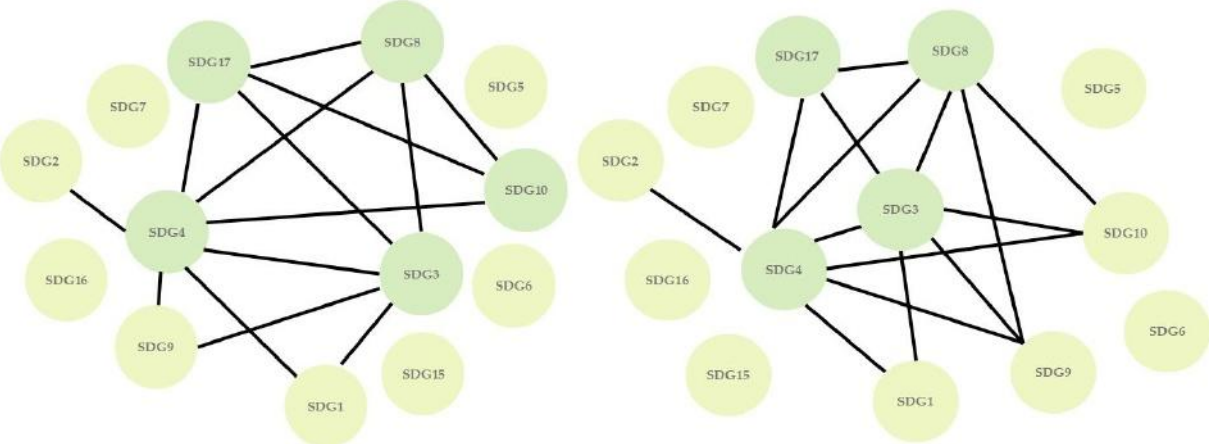


图 13:实施 SDG4 前后的关系网络对比

5.2 对优先级选择的影响

特定 SDG 的完成可以通过改变网络结构来影响发展目标的优先次序。

为了评估我们模型的有效性，我们将 $A_{gg}(i, j)$ 元素抽象为可持续发展 gi 对可持续发展 gj 的影响。通过对矩阵 A 的每一行进行求和和归一 A_{gg} 化，我们得出了可持续发展对所有 17 个可持续发展目标 (10 个地区) 的综合影响得分，以帮助选择平衡多个目标的最佳发展目标。

在实施特定的 SDG 后，相互关系网络 A_{gg} 经历了向 A'_{gg} 的转变。然而，评估有效性的相同方法可以应用于 A'_{gg} ，以便优先考虑发展目标。

以 WLD 领域为案例研究，我们研究了实施可持续发展目标对发展目标优先次序的影响。我们应用我们的评估方法计算了开发所有 17 个可持续发展目标的综合分数，包括在 A_{gg} 之前和 A'_{gg} 实施之后。实施可持续发展目标前后发展目标优先级的比较结果如图 14 所示。

我们的分析显示，在重点实现可持续发展目标 4（质量教育）的过程中，我们观察到可持续发展目标 7（负担得起和清洁能源）和可持续发展目标 14（水下生命）优先级下降的现象。这是因为可持续发展目标 4 和可持续发展目标 7/可持续发展目标 14 之间存在高度的重叠，而且由于教育的广泛推广，越来越多的人已经意识到可持续发展目标 7 和可持续发展目标 14 的重要性。因此，进一步发展这两个可持续发展目标的优先事项减少了。

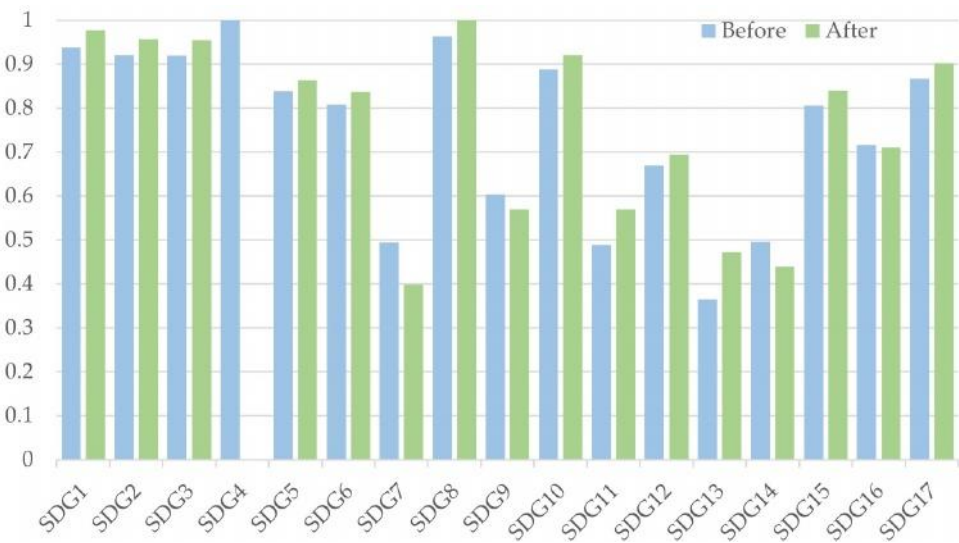


图 14:可持续发展目标实施前后的优先级选择得分对比

5.3 其他可考虑的目标

虽然可持续发展目标是一个广泛、包容的框架，但它仍然存在一些不足和挑战。如果其中一些目标已经实现，我们认为还有其他目标可以考虑，包括技术创新和数字化以及消除区域差异。我们将根据这些目标对其他可持续发展目标的影响来分析其原因。

- 技术创新和数字技术:

在可持续发展目标的背景下，社会、经济和环境的可持续性受到了广泛关注，但对技术创新和数字化的关注相对较少，这是一个缺点。技术创新和数字技术对实现多项可持续发展目标具有重要影响。

例如，在可持续发展目标 2(零饥饿)中，农业技术和数字技术的发展可以提高农业生产力，增加粮食供应，加强食品安全。在可持续发展目标 3(良好健康和福祉)中，数字技术可以支持远程医疗和电子健康记录等医疗保健服务的发展和创新。在可持续发展目标 4(素质教育)中，数字技术可以改善教育内容和教学方法，例如在线学习和虚拟现实技术。在可持续发展目标 7(负担得起的清洁能源)中，创新技术可以提高可再生能源的生产效率，减少太阳能、风能和地热能等能源的消耗。在可持续发展目标 11(可持续城市和社区)中，数字技术可以促进城市和社区的可持续发展，例如智能交通、智慧城市管理和智能建筑。

综上所述，技术创新和数字技术在实现多项可持续发展目标方面发挥着促进作用，为可持续发展提供了重要支撑。

•区域平等:

虽然可持续发展目标是一个全球框架，但不同地区和国家的需求和挑战是不同的。忽视区域差异的影响是有害的。因此，区域平等(消除区域差异)对多个可持续发展目标具体目标的实施具有重要影响，特别是对以下具体目标:

可持续发展目标 1(无贫困)、可持续发展目标 2(零饥饿)、可持续发展目标 3(良好健康和福祉)、可持续发展目标 4(素质教育)、可持续发展目标 9(工业、创新和基础设施)和可持续发展目标 10(减少不平等)。消除区域差异，可以缩小贫富地区差距，提高贫困地区人民生活水平，增强农村农业生产和粮食供应，促进医疗资源公平分配，缩小城乡教育水平差距，平衡不同地区经济发展和基础设施，从而促进社会公平和共同繁荣。

综上所述，消除区域差异对于可持续发展目标的实施具有重要意义，可以提高可持续发展目标的全面性和协调性，促进可持续发展进程。

6 子模型 IV:国际事件或危机的影响

6.1 对网络模型和优先级选择的影响

首先，我们模拟了机遇或危机发生前后可持续发展目标关系网络的表达。我们的分析显示，在重点实现可持续发展目标 4（质量教育）的过程中，我们观察到可持续发展目标 7（负担得起和清洁能源）和可持续发展目标 14（水下生命）优先级下降的现象。这是因为可持续发展目标 4 和可持续发展目标 7/可持续发展目标 14 之间存在高度的重叠，而且由于教育的广泛推广，越来越多的人已经意识到可持续发展目标 7 和可持续发展目标 14 的重要性。因此，进一步发展这两个可持续发展目标的优先事项减少了。

如果没有机会或危机，则初始状态 x_0 在受到网络的影响后就会变为 x_1 。这个过程可以表示为

$$x_1 = x_0 \cdot G \tag{1}$$

当机会或危机发生时，初始状态下的实现程度 x_0 变为机会或危机发生后的实现程度 x_2 。这个过程可以表示为

$$x_2 = x_0 \cdot G' \tag{2}$$

因此， x_1, x_2 可以通过扰动 Δx 来连接，它们之间的关系可以表示为

$$x_2 = x_1 + \Delta x \tag{3}$$

将方程 1、2、3 合并

$$x_0 \cdot G' = x_0 \cdot G + \Delta x \tag{4}$$

假设 x_0 可逆，进一步得到

$$G' = G + x_0^{-1} \cdot \Delta x \tag{5}$$

在这里，我们定义了 x^{-1}_0 s.t. $x^{-1}_0 x_0 = E_{17 \times 17}$ 的逆。

设 $G' = c \cdot \Delta x$ ，其中 G_{ij} 表示在 $SDGi$ 的 x_0 发展水平上对 $SDGj$ 干扰的抗性。

在机会或危机发生时的可持续发展目标网络 G' 可以表示为：

$$G' = G + \Delta G, \Delta G = c \cdot \Delta x$$

其中 c 与 x_0 相关，表示该地区在实施某一可持续发展目标水平时对机遇或风险的抗拒程度。

我们将继续使用以前采用的方法来评估优先发展问题的有效性。

6.2 数值模拟及结果分析

我们量化了进展或危机对 17 个可持续发展目标的影响，并将其表示为 1×17 扰动矩阵。自然灾害对可持续发展目标的实现有重大影响，因此我们将自然灾害纳入考虑的事件中。

根据常识和现有数据，我们分析了六个事件对可持续发展目标实施的影响。

例如，气候变化对生态系统和人类健康构成重大威胁，包括海平面上升、温度升高和自然灾害，这些都会对设定为-1 的 $SDG13$ 的实施产生负面影响。战争导致社会不稳定，破坏基础设施、经济、生态和人类健康，对 $SDG1$ 的实施产生负面影响，设定为-0.8。

综合分析，我们最终得到六种机会或风险下可持续发展目标实施的扰动矩阵 Δx ，如表 1 所示。

Event Name	Perturbation matrix
Technological advances	[0,0,0.1,0,-0.2,0.6,-0.5,0.8,0,0,0.9,0,0,0,-0.3,0.5,0]
Global Epidemics	[-0.5,-0.9,-0.8,-0.3,0,0,-0.1,0,0,0,0,0,0,0.4,-0.6,-0.7]
Climate Change	[-0.9,-0.8,-1,-0.6,0,0,-0.8,0,0,0,0,0,0,0.7,-0.4,-0.6]
Regional Wars	[-0.7,-0.8,-0.9,-1,0,0,-0.7,0,0,0,0,0,0,0.5,-0.8,-0.5]
Refugee Movement	[-0.7,-0.5,-0.6,-0.7,0,0,-0.6,0,0,0,0,0,0,0.7,-0.9,-0.4]
Natural Disasters	[-0.3,-0.2,0.3,0,0,-0.2,0.5,0,0,-0.2,0,0,0,0.3,0.3,0.3]

表 1:各事件的摄动矩阵

以 ARB 和自然灾害为例，给出初始发展水平 x_1 ，利用导出的公式计算 x 和 $2G'$ 。基于 G' 和有效性评估方法，我们给出了 ARB 地区受自然灾害影响前后可持续发展目标的发展关系网络和优先发展得分，如图 15 所示。

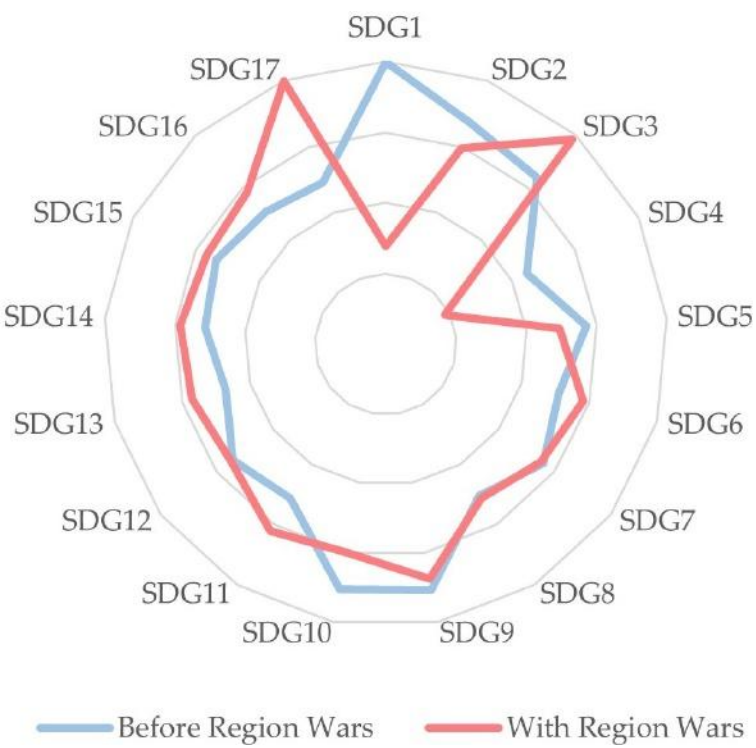


图 15:在受 ARB 地区战争影响的地区，优先考虑 SDG 发展的有效性

可持续发展目标的发展效果在不同情况下有所不同，战争是影响 SDG 发展优先事项确定的最重要因素之一。正如我们的分析所揭示的那样，制定可持续发展目标 g3(良好健康和福祉)和 SDG17(实现目标的伙伴关系)的有效性在战时变得更加重要。前者对于提高人民健康和生存能力至关重要，后者则可以帮助各国共同应对战争带来的挑战。然而，由于战争期间可能出现的潜在经济衰退和社会不稳定，SDG1(无贫困)和 SDG4(优质教育)的实现可能变得更加困难和不确定，从而导致发展议程的优先级相对较低。因此，必须认真考虑战争对 SDG 发展的影响，并据此确定优先顺序，以确保全面协调地实现可持续发展。

6.3 对联合国可持续发展业务的影响

通过比较 x_1 、 x_2 和 Δx ，我们可以评估机遇和挑战对联合国可持续发展计划的影响。例如，在 WLD 地区所有事件的情况下，如图 16 所示，

由此可见，自然灾害对 17 项可持续发展目标的优先顺序影响最大。它对我们所有的可持续发展目标都有巨大的负面影响，特别是 SDG4，其中缺乏足够的资金或人力用于教育是一个主要问题，以及 SDG1 和可持续发展目标 8，因为自然灾害可以摧毁人们的家园，破坏他们的财产，并极大地影响地区和国家经济发展和就业保障。此外，在大多数情况下，人们倾向于在自然灾害期间降低可持续发展目标的优先级，因为这些事件往往需要不同地区和国家个人和社区之间的团结与合作。因此，在这种情况下，优先发展 SDG17 的有效性相对较低。

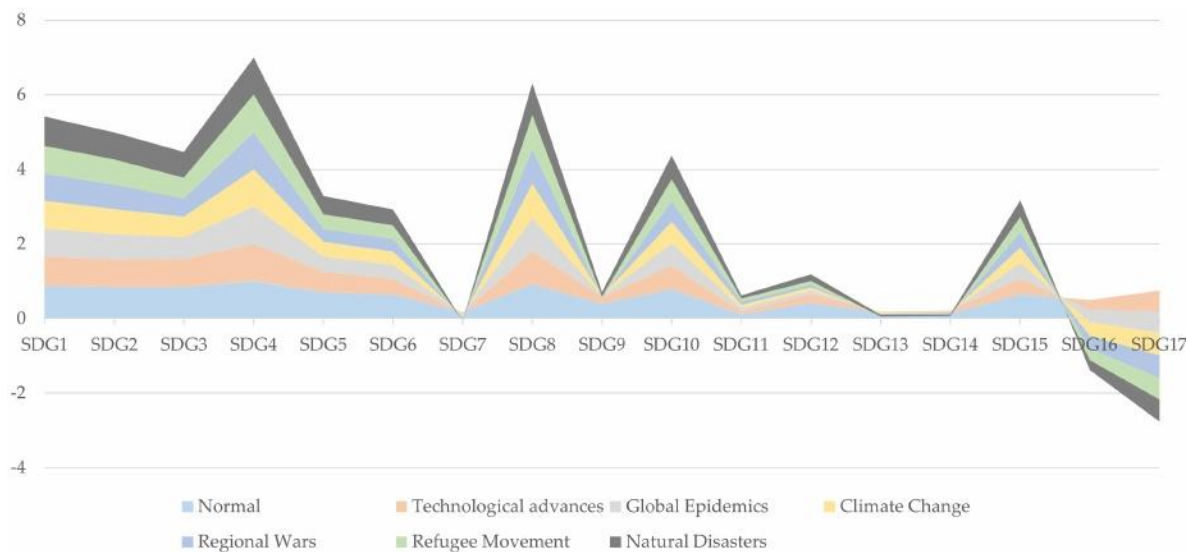


图 16:不同可持续发展目标在不同事件中的优先发展水平

7 推广模式:为其他组织设定目标优先级

•我们的方法具有很强的泛化性。在本文中，我们根据联合国专家建议对目标进行了细化，将抽象的可持续发展目标分解为更具体的目标，并进一步将这些目标分解为可量化的指标。然后，我们将现有数据与这些指标联系起来，构建单个目标的分层网络。基于数据的相互关系，我们通过网络结构间接链接多个单目标网络，获得目标之间、不同层次之间复杂的相互依存关系。

•对于公司的战略目标，可以使用类似的方法进行分析。假设公司有四个战略目标，即市场目标、创新目标、利润目标和社会目标。

•可以使用分层网络模型来分析这些目标，以市场目标为例，可以将其分解为两个具体目标:增加市场份额和提高产品质量。

•其中，增加市场份额可以进一步细化为增加销量、扩大销售渠道、扩大市场覆盖、提高品牌知名度等可量化的指标。增加的销量指标可以用总销量、销量、平均单价等具体数据来衡量。

•单个目标的网络图如图 17 所示，类似的分析方法可以得到四个宏观目标的多层网络。

根据数据之间的相关性，可以得到宏观目标之间的关系网络 G ，通过这个网络可以识别出最优优先发展项目。

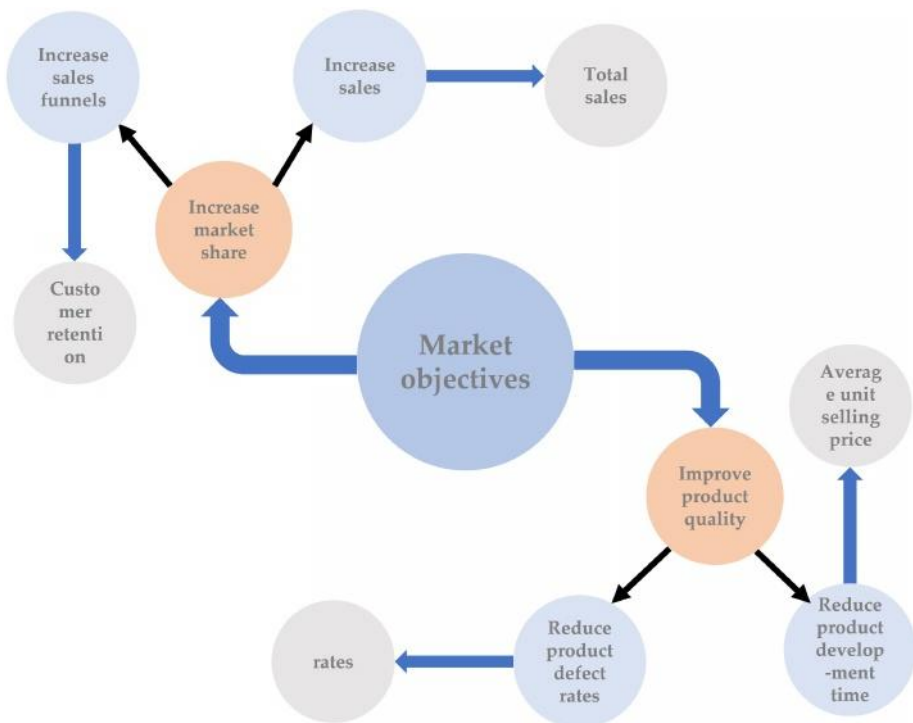


图 17:某公司的单层网络

同样的方法可以应用于分析任何组织或个人的目标，无论它们是商业的、非营利的还是个人的。将抽象的目标分解为具体的子目标，并进一步将其提炼为可量化的指标，可以帮助人们更好地理解自己的目标，跟踪和评估自己朝着目标前进的进度，并确定影响目标实现的关键因素。通过使用网络，可以更好地理解目标之间的关系，这可以帮助组织或个人在众多目标中选择优先级项目。

8 稳健性测试和利弊分析

8.1 稳健性检验

- 在模型 I 中，我们通过设置不同的区域来进行区域测试，以检查模型相对于区域的稳定性。
- 在模型 II 中，我们设置了不同的 SDG 优先级顺序，以测试模型相对于可持续发展目标的稳定性。
- 在模型 III 中，我们通过设置不同的时间长度来检验模型在时间方面的稳定性。
- 在模型 IV 中，我们通过提供各种干扰来检验模型在不同扰动下的稳定性。

我们在这四个方面的测试是以渐进的方式进行的，这意味着我们的模型确保了所有四个维度的稳定性。

8.2 优点

- 考虑可持续发展目标之间的连锁反应，更符合实际情况，更准确地反映了可持续发展目标之间的相互联系。
- 网络是复杂的，其结构是分层的，具有高度的可解释性和易于理解性。
- 模型具有较高的泛化能力，可以扩展到其他领域或领域。
- 稳定性和鲁棒性，表明模型不太可能受到异常值或意外变化的影响。

8.3 缺点

- 该模型不使用可持续发展目标之间的非线性关系，这可能会限制其捕捉目标之间更复杂相互作用的能力。
- 丢弃太多线性相关性较小的数据集，这可能导致丢失有关可持续发展目标之间相互关系的宝贵信息。

参考文献

- [1] Nasir Ahmad, Sybil Derrible, Shunsuke Managi. A network-based frequency analysis of Inclusive Wealth to track sustainable development in world countries. *Journal of Environmental Management*, 2018.
- [2] Cameron Allen, Graciela Metternicht, Thomas Wiedmann. National pathways to the Sustainable Development Goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools. *Environmental Science & Policy*, Volume 66, 2016.
- [3] Ana Paula Barbosa-Póvoa, Cátia da Silva, Ana Carvalho. Opportunities and challenges in sustainable supply chain: An operations research perspective. *European Journal of Operational Research*, Volume 268, Issue 2, 2018.
- [4] Morten Bidstrup, Lone Kørnøv, Maria Rosário Partidário. Cumulative effects in strategic environmental assessment: The influence of plan boundaries. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 57, 2016.
- [5] Viktor Sebestyén, Miklós Bulla, Ákos Rédey, János Abonyi. Network model-based analysis of the goals, targets and indicators of sustainable development for strategic environmental assessment. *Journal of Environmental Management*, Volume 238, 2019.
- [6] Viktor Sebestyén, Miklós Bulla, Ákos Rédey, János Abonyi. Data-driven multilayer complex networks of sustainable development goals. *Data in Brief*, Volume 25, 2019. The World Bank
- [7] Dataset of All Indicators. 2018. <https://data.worldbank.org/indicator?tab=all>