

## DIGNP:动态指标-目标优先级网络

**摘要:** UN 制定了 17 项可持续发展目标(sdg)，以应对与经济、技术和环境等问题相关的全球挑战。为了让世界变得更美好，为了把握可持续发展目标的优先关系，我们制定了动态指标-目标优先级网络(DIGNP)。

首先，为了创建一个可持续发展目标的网络，可以捕捉不同目标之间的复杂和动态关系，以及它们之间随时间的联系，我们使用了系统动力学建模。为了开始我们的模型，我们首先使用相关性选择每个可持续发展目标的几个最具影响力的指标。然后，我们布置了指标网络和相应的目标网络。通过综合分析指标之间的相关性和指标对目标的影响来评估目标之间的关系。

接下来，我们建立了一个优先级评估系统，对可持续发展目标进行优先级排序，并预测其在优先级启动后未来十年的影响和成就。基于构建的可持续发展目标网络的拓扑结构，我们制定了衡量每个目标优先级的五个关键指标。然后，我们使用熵权法开发可持续发展目标优先级排名系统。前五个可持续发展目标分别是可持续发展目标 17、可持续发展目标 3、可持续发展目标 1、可持续发展目标 4、可持续发展目标 13。基于优先级，采用 ARIMA 自回归综合移动平均预测可持续发展目标的未来演变。我们的分析表明，如果我们的优先事项得到启动，可持续发展目标将在一个优先期限内更快地改善。

此外，考虑到目标的调整，我们的动态可持续发展网络会根据任何指标或目标节点的变化自动调整其拓扑结构和优先级排名。目标完成会导致我们网络中节点的减法，从而改变边缘权重和优先级得分。目标添加导致我们网络中节点的添加。我们的研究表明，将获取信息和通信技术纳入新的可持续发展目标，对于加强可持续发展目标之间的联系并推进其实现至关重要。

同时，可持续发展目标的网络拓扑和优先级也会受到各种国际危机的显著影响，影响 UN 的进展。在森林火灾方面，可持续发展目标 13、可持续发展目标 15 和可持续发展目标 11 得到了强调，它们呼吁 UN 实施与可持续发展目标一致的举措，以促进复原力和可持续发展。至关重要的是，UN 必须认识到这些潜在影响，并调整其战略，以应对出现的最紧迫挑战。

最后，我们将我们的可持续发展目标网络和优先级的构建推进到一个通用模型动力学指标-目标优先级网络。通过合理的数据输入，可以构建一个全局的、动态的、自动的指标和目标网络，并确定优先级。更重要的是，我们为那些使用我们的 DIGNP 模型的人设计了一个用户界面。

**关键词:**可持续发展目标，系统动力学，动态网络，优先级评价，相关系数，CVM, EWM, ARIMA

目录

DIGNP:动态指标-目标优先级网络 ..... 1

1 介绍 .....3

    1.1 背景与问题重述 ..... 3

    1.2 我们的工作 ..... 3

2 定义、假设和注释 ..... 3

3 通过系统动力学构建可持续发展目标网络 ..... 5

    3.1 数据预处理 ..... 5

        3.1.1 数据采集 ..... 5

        3.1.2 数据归一化 ..... 5

    3.2 通过相关性选择指标 ..... 6

        3.3.2 利用 CVM 分析可持续发展目标之间的边权 ..... 7

    3.4 章节总结:从指标网络到目标网络 ..... 9

4 动态可持续发展目标网络，以优先为导向，以时间为基础 ..... 10

    4.1 可持续发展目标优先评价体系 ..... 10

        4.1.1 优先指标 ..... 10

        4.1.2 用 EWM 评价优先级分数 ..... 11

    4.2 ARIMA 的优先发展预测 ..... 12

        4.2.1 ARIMA 与优先因子的结合 ..... 12

        4.2.2 Priority 启动下 2023 年的成果 ..... 13

5 具有目标调整的动态可持续发展网络 ..... 13

    5.1 节点减法:目标完成 ..... 14

        5.1.1 动态结果网络和优先级 ..... 14

        5.1.2 案例分析 ..... 15

    5.2 节点的添加:目标包容 ..... 15

6 全球危机下的动态可持续发展目标网络 ..... 17

    6.1 国际危机对动态可持续发展目标网络的影响 ..... 17

    6.2 对 UN 进程的影响 ..... 18

7 广义优先级网络:DIGNP ..... 18

8 敏感性分析 ..... 19

9 优点和缺点 ..... 20

10 参考文献 ..... 21

11 附录 ..... 22

# 1 介绍

## 1.1 背景与问题重述

联合国(UN)确定了 17 个可持续发展目标(SDGs)，以改善全世界人民的生活。这些目标解决了与经济、技术、环境等相关的紧迫的全球挑战。，并且是相互依存的，这意味着一个领域的进步可以以积极或消极的方式影响其他领域。[1]实现所有 SDGs 是一个动态过程，受到资金和其他资源以及气候变化等全球事件的限制。

因此，UN 和其他全球机构迫切需要为这些目标确定优先事项。为了帮助实现这一目标，我们的团队提出以下任务：

1. 首先，构建一个包含 17 个 SDGs 的网络，展示它们之间的关系。
2. 其次，建立优先评估体系，确定 SDGs 的优先顺序，推动 UN 工作向前发展。然后，预测优先启动后未来 10 年的影响和成就。
3. 此外，分析实现一个 SDG 对网络结构和优先事项的影响，并向 UN 提出其他 SDGs 及其可能产生的影响。
4. 同时，讨论技术进步、全球流行病、气候变化、地区战争和难民流动等全球危机对我们的网络和优先事项的影响。从这一点，总结他们对 UN 的影响。
5. 最后，将 SDG 网络方法推广到其他情况，以帮助其他组织为其目标设定优先级。

## 1.2 我们的工作

本文的工作流程如图 3 页图 1 所示。

# 2 定义、假设和注释

为了帮助读者更好地理解网络的概念，下面列出了一些基本定义。

- 指标:可持续发展目标的指标是具体和可衡量的目标，用于跟踪实现目标的进展情况
- 目标节点:代表 17 个可持续发展目标的节点
- 指标节点:代表每个可持续发展目标指标的节点
- 指标网络(Indicator Network):一个加权的有向图，所有指标节点作为顶点，每个指标节点连接到一个目标节点

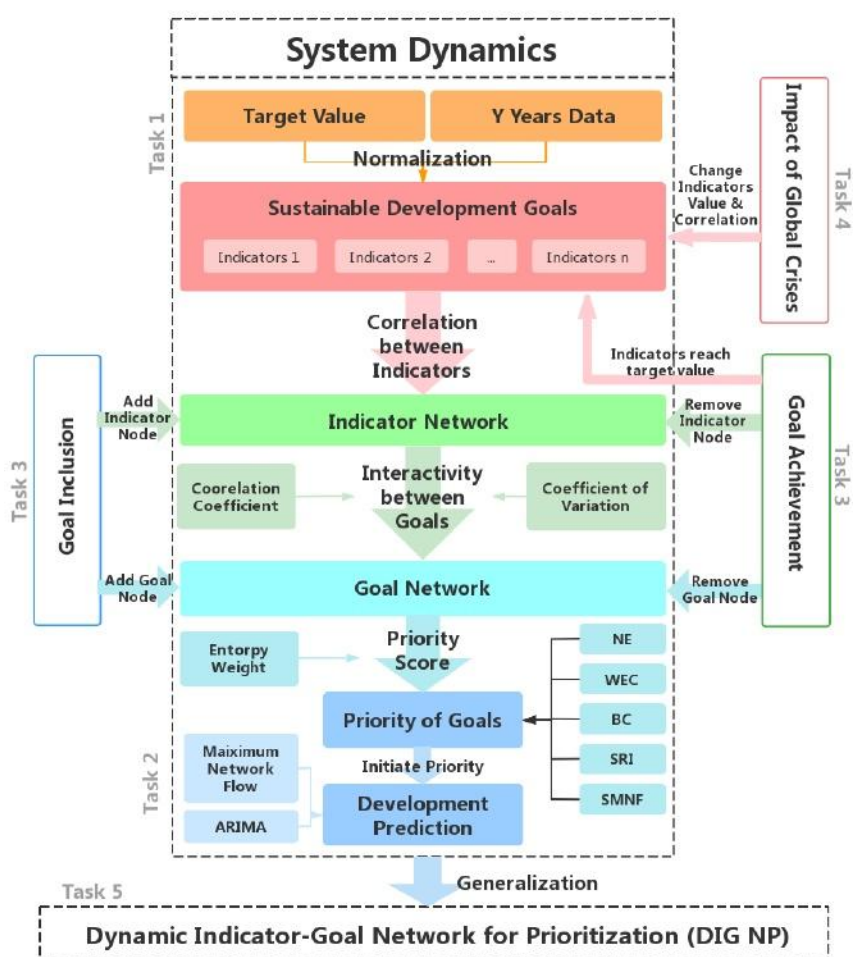


图 1:我们的工作:优先级的动态指标-目标网络

- 目标网络:一个加权的定向图，所有目标节点都是顶点
- 边缘权重(指标网络或目标网络):指标网络中连接指标节点或可持续发展目标网络中连接目标节点的每条边的权重，其值反映了指标之间或可持续发展目标之间的影响程度

我们做了以下主要假设来构建我们的模型。

- 假设 1:当某一可持续发展目标官方给出的指标达到其最优值并在一定时期内保持最优时，我们称该可持续发展目标实现。

理由:目标线上下波动意味着不稳定。我们所期望的是每个目标的持续改善。

- 假设 2:我们假设网络中的节点保持连接并相互影响相对较快的速度(几个月或一年内)。

理由:在联合国的影响下，不同部门将紧密联系在一起，一个可持续发展目标的进展将以较快的速度影响其他部门。

- 假设 3:网络的统计属性，如指标的数据不会突然改变，并且保持可预测。

理据:主要影响因素是连续的，短期内相对稳定。

在本文中，一些重要的注释列于表 1。

表 1:模型变量参数的定义

Symbol	Definition
$INet$	The graph of Indicator Network
$GNet$	The graph of Goal Network
$G_i$	The $i$ th Goal of SDGs, $i = 1, \dots, 17$
$I_i(j)$	The $j$ th indicator of the $i$ th Goal of SDGs
$W_{ind}(I_i(j) \rightarrow I_{i'}(j'))$	The edge weight in the Indicator Network
$W_{goal}(G_i \rightarrow G_j)$	The edge weight in the SDG Network
$\lambda((I_i(j)))$	The contribution(weight) of $I_i(j)$ to $G_i$
$\mu_1, \dots, \mu_5$	The weight of 5 priority indicators
$Y$	Number of years that we collect data of each $I_i(j)$
$PS(G_i)$	Priority score of $G_i$
$PF_m(n)$	Priority factor from priority $G_m$ to affected $G_n$

### 3 通过系统动力学构建可持续发展目标网络

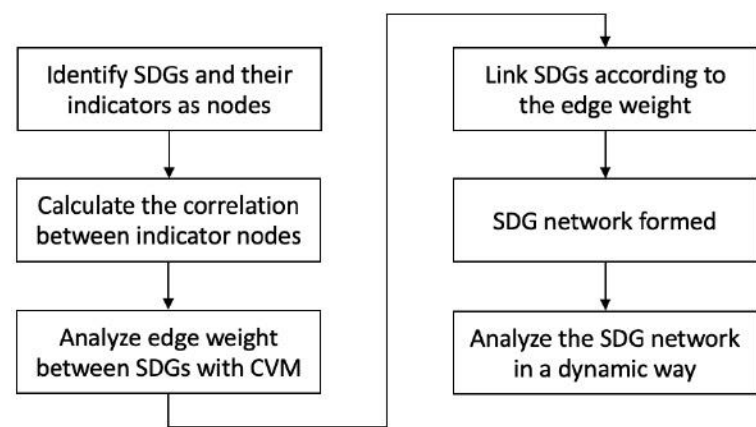


图 2:可持续发展目标网络建设流程图

#### 3.1 数据预处理

##### 3.1.1 数据采集

首先，收集 17 项可持续发展目标及其指标的数据。为了保证我们数据的准确性和权威性，我们选择以下官方数据库。本文收集了 2000 年至 2022 年期间 17 个可持续发展目标中 241 个官方给出指标[1]的数据。在下面的分析中， $Y = 23$ 。

表 2:数据来源

Data Source	Website
UN Statistics	<a href="https://unstats.un.org/sdgs/dataportal">https://unstats.un.org/sdgs/dataportal</a>
SDG DATA GATEWAY Explorer	<a href="https://dataexplorer.unescap.org/">https://dataexplorer.unescap.org/</a>
Food and Agriculture Organization of UN	<a href="https://www.fao.org/home/en/">https://www.fao.org/home/en/</a>

##### 3.1.2 数据归一化

为了消除不同单位和维度的影响，我们将每个指标的数据归一化为  $x_{nor}$ ，根据它们的最优值  $x_{opt}$ 。

对于“成本最低”的指标：

$$x_{nor} = \frac{x - x_{opt}}{x_{max} - x_{opt}}$$

对于“效益最大化”的指标：

$$x_{nor} = \frac{x_{opt} - x}{x_{opt} - x_{min}} \tag{2}$$

如果  $x_{nor} = 0$ ，则对应指示符为“实现”。 $x_{nor}$ 的所有负值将被记录为零，表示“过度成就”。  
 当一个可持续发展目标的所有指标在一段时间内“实现”时，我们可以认为这个可持续发展目标“已实现”

六项指标的全称为:1.通电人口比例;2.主要依赖清洁燃料和技术的人口比例;3.可再生能源占最终能源消费总量的比重;4.以一次能源和 GDP 衡量的能源强度;5.国际资金流向发展中国家，用于清洁能源研发和可再生能源生产;6.在发展中国家安装可再生能源发电能力。[1]

### 3.2 通过相关性选择指标

为了提高模型的效率，我们使用相关性分析来选择每个 SDG 最具影响力的指标。

以可持续发展目标 7“可负担和清洁能源”的指标选择过程为例。可持续发展目标 7 有六个指标，我们将其表示如下。

表 3:可持续发展目标 7 的六项官方指标

Official Code	Indicator	Official Code	Indicator	Official Code	Indicator
C070101	PPAE	C070102	PPCFT	C070201	RESEC
C070301	EIGDP	C070a01	IntAid	C200208	IREGC

我们通过以下方式计算两个指标之间的相关系数：

$$r_{ij} = \frac{\sum_{y=1}^Y (x_{yi} - \bar{x}_i)(x_{yj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{y=1}^Y (x_{yi} - \bar{x}_i)^2 \sum_{y=1}^Y (x_{yj} - \bar{x}_j)^2}} \tag{3}$$

考虑到正相关和负相关，我们使用每个  $r_{ij}$  的绝对值来开发相关矩阵。六个指标之间的相关性热图如图 3 所示。

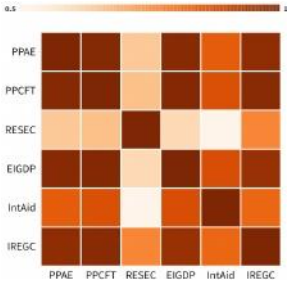


图 3:可持续发展目标 7 六个指标之间的相关性

我们将这组第  $j$  个指标内的总相关性定义为：

$$r_{i, total} = \sum_{j=1}^n |r_{ij}| \tag{4}$$

重新  $r_{i,\text{total}}$  评估第  $i$  个指标 解释其他指标趋势的能力。  $r_{i,\text{total}}$  越高，其他指标越多，第  $i$  个指标的变化趋势越多。表 4 显示了各指标的 下降顺序。

表 4:可持续发展目标 7 六项指标排名

Indicator	Total Correlation	Rank	Indicator	Total Correlation	Rank
IREGC	5.505261807	1	EIGDP	5.409986028	4
PPCFT	5.488285432	2	IntAid	4.911156508	5
PPAE	5.431849345	3	RESEC	4.186710177	6

因此，我们为可持续发展目标 7 选择了两个指标:

- 1.发展中国家可再生能源发电装机容量(单位:人均瓦数)
- 2.主要依赖清洁燃料和技术的人口比例

其他 16 项可持续发展目标选定指标的完整清单见附录。

3.3 指标与可持续发展目标的互动性

3.3.1 分析具有相关性的指标间的边权

接下来，我们研究可持续发展目标之间指标之间的关系，并据此确定指标网络的边权。

给定两个可持续发展目标  $G_m$  和  $G_n$ ，我们用  $Y$  年的指标向量构造矩阵，其中  $x_{yj}$  表示序列  $(I_m(1), \cdots, \tilde{I}_n(1), \cdots)$  中的第  $y$  年第  $j$  个因子。我们计算任意两个指标之间的相关系数

$$r_{ij} = \frac{\sum_{y=1}^Y (x_{yi} - \bar{x}_i)(x_{yj} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{y=1}^Y (x_{yi} - \bar{x}_i)^2 \sum_{y=1}^Y (x_{yj} - \bar{x}_j)^2}}$$

(5)

通过计算 $\binom{44}{2}=946$  个相关系数，我们得到一个全连通网络指标。每条边的权重为

$$W_{ind}(I_m(i) \rightarrow I_n(j)) = W_{ind}(I_n(j) \rightarrow I_m(i)) = r_{ij} = r_{ji}$$

(6)

图 4 给出了一个局部指标网络的例子。这里，每条边的宽度代表它的权重。

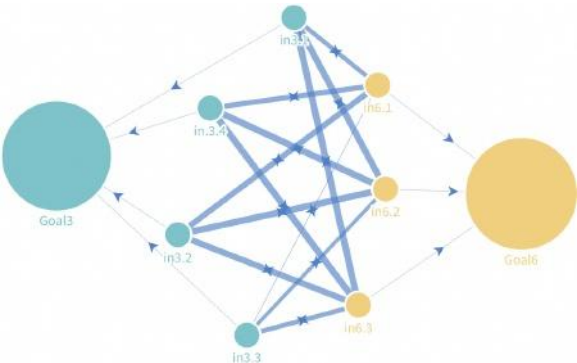


图 4:可持续发展目标 3 和可持续发展目标 6 之间的本地指标网络

3.3.2 利用 CVM 分析可持续发展目标之间的边权

变异系数法(Coefficient of Variation Method, CVM)的基本思想是根据当前值与目标值之间的变化程度，为每个指标分配一个权重。差距越大意味认为指标更难达到目标值，所以应该赋予更大的权重。

首先，  $G_n$  的指标  $I_n(j)$  的平均值和标准差分别为



$$\bar{x}(I_n(j)) = \frac{1}{Y} \sum_{y=1}^Y x_y(I_n(j)) \quad S(I_n(j)) = \sqrt{\frac{1}{Y-1} \sum_{y=1}^Y [x_y(I_n(j)) - \bar{x}(I_n(j))]^2} \quad (7)$$

其次， $G_n$ 的各指标  $I_n(j)$ 的变异系数和权重

$$V(I_n(j)) = \frac{S(I_n(j))}{\bar{x}(I_n(j))} \quad \lambda(I_n(j)) = \frac{V(I_n(j))}{\sum_{j=1}^Y V(I_n(j))} \quad (8)$$

接下来，对于目标  $G_m$  和  $G_n$ ,  $m, n \in [1, 17]$ ，我们将  $G_n$  从  $G_m$  到  $I_n(j)$ 的交互性定义为

$$Inact_{G_m \rightarrow I_n(j)} = \sum_{I_m(i) \in INet} \lambda(I_n(j)) \cdot W(I_m(i) \rightarrow I_n(j)) \quad (9)$$

最后，我们得到从  $G_m$  to  $G_n$  的交互，计算公式为

$$Inact_{G_m \rightarrow G_n} = \sum_{I_n(j) \in INet} Inact_{G_m \rightarrow I_n(j)} \quad (10)$$

即从  $G_m$  到  $G_n$  的边重。而这也是：

$$W_{goal}(G_m \rightarrow G_n) = Inact_{G_m \rightarrow G_n} \quad (11)$$

图 5 和图 6 图形化地说明了交互性的计算。

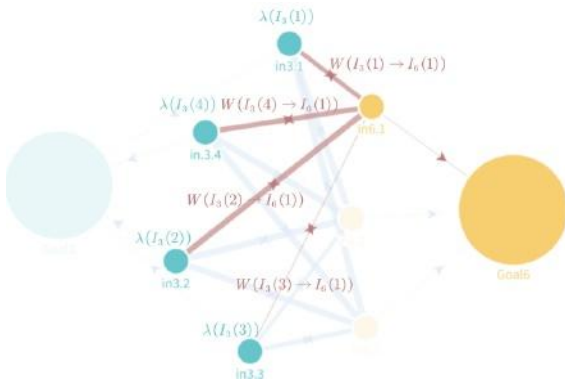


图 5:从 G3 to I6 的交互性说明(1)

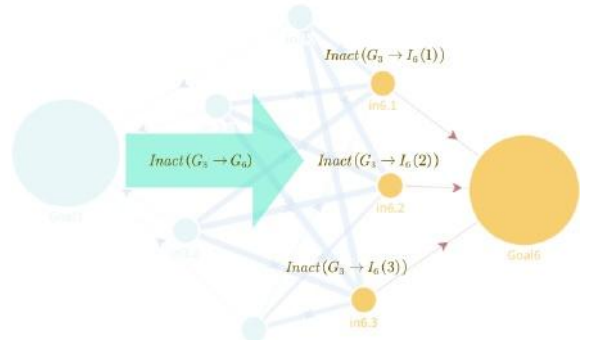


图 6:从 G3 to G 的交互性说明

为了便于后期分析，我们将所有边的权重归一化到[0,10]和圆的范围内。

他们到 2 位小数。在图 72 的可持续发展目标网络中，边权越大，表示源节点可持续发展目标对目标节点可持续发展目标的影响越大。强调了可持续发展目标 17 与其他可持续发展目标之间的联系。



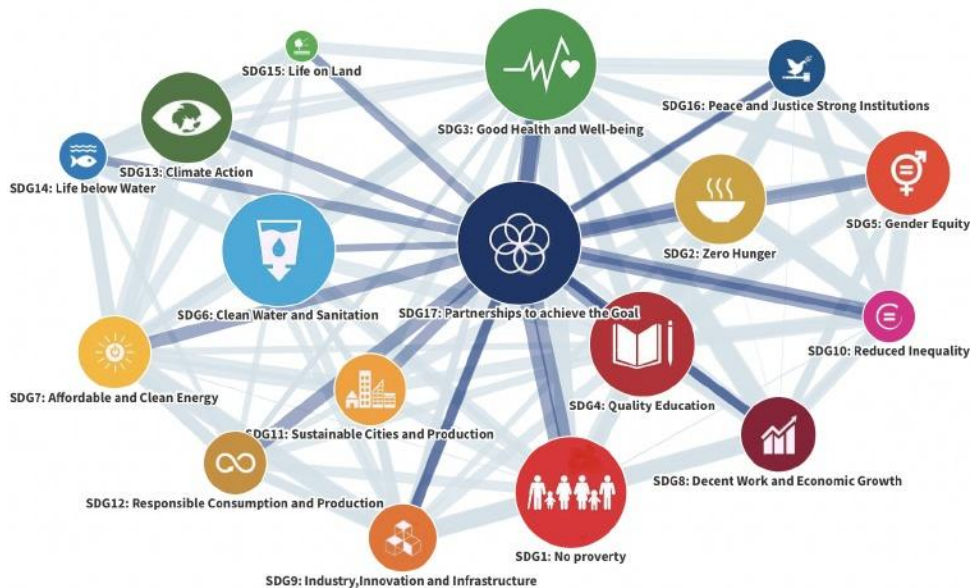


图 7:可持续发展目标网络(突出显示可持续发展目标 17 的边缘)

### 3.4 章节总结:从指标网络到目标网络

为了创建一个可持续发展目标网络，使我们能够对不同目标之间复杂的动态关系及其相互联系进行建模，我们建立了基于系统动力学建模的模型。系统动力学建模是一种强大的工具，可以识别问题的动态性质，并分析系统中不同变量之间的相互作用。[2]

可持续发展目标是相互关联的。一个可持续发展目标的进展可能影响其他可持续发展目标的进展。系统动力学为理解这些相互联系和反馈循环以及模拟不同政策和干预措施对可持续发展目标的影响提供了一个框架。通过对整个系统进行建模，而不是孤立地关注个别可持续发展目标，我们可以更好地了解不同政策的潜在意外后果，并确定实现可持续发展目标的更有效战略。

我们的创新理念是指标网络与目标网络的映射关系。在各指标之间建立关联网络后，就会自动生成相应的目标网络。这一思路如图 8 所示。

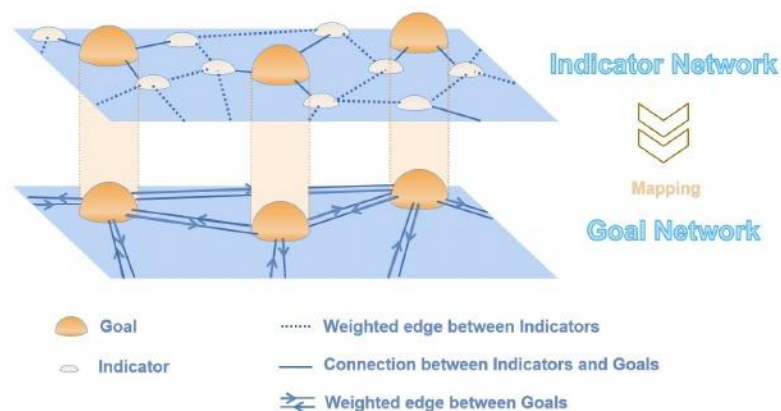


图 8:指标网络与目标网络的映射关系

在可持续发展目标网络中，所有目标节点都是相互连接的。这一特点符合现实。例如，可持续发展目标 5(性别平等)与可持续发展目标 8(体面工作和经济增长)密切相关，因为增强妇女和女童权能对于创建更加包容和公平的经济至关重要。可持续发展目标 16(和平、正义和强大的机构)取决于许多其他可持续发展目标的实现，因为如果不解决贫困、不平等以及缺乏获得教育和医疗保

健的机会等问题，就很难实现和平与公正的社会。因此，必须将可持续发展目标视为一个整体，并以综合和协调的方式努力实现这些目标。

## 4 动态可持续发展目标网络，以优先为导向，以时间为基础

### 4.1 可持续发展目标优先评价体系

#### 4.1.1 优先指标

根据构建的可持续发展目标网络的拓扑结构，我们主要制定了 5 个指标来衡量每个目标的优先级。在接下来的段落中，我们也给出了这些指标的计算方法。

##### 1. 节点效率(NE)[3]

节点效率评估从源节点开始到达图中其他节点的难度。通常，边权值被用作可达性的指标:权值越大，越容易到达。

当我们将其应用于可持续发展目标网络时，它告诉我们联合国在专注和努力实现一个可持续发展目标的同时，可以在其他可持续发展目标中取得多少成就。它被表述为:

$$NE(G_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{G_j \in GNet}^n W_{goal}(G_i \rightarrow G_j) \quad (12)$$

##### 2. 加权特征向量中心性(Weighted Eigenvector Centrality, WEC)[4]

特征向量中心性说明了节点邻居的重要性。邻近节点的影响力越大，特征向量中心性就越高。

也就是说，如果一个可持续发展目标与其他一些高优先级的可持续发展目标联系在一起，那么这个可持续发展目标必然具有相对较高的优先级。然而，由于我们的可持续发展目标网络是一个完全图，所有的顶点都是连接的，我们将传统的特征向量中心性修改为加权特征向量中心性。

为了计算 WEC，我们定义加权邻接矩阵为  $A = (A_{ij})$ ，使得

$$\begin{cases} a_{ij} = 0, & i = j \\ a_{ij} = w_{ij}, & i \neq j \end{cases} \quad (13)$$

WEC 表示为

$$WEC(G_i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{G_j \in GNet} a_{ij} WEC(G_j) \quad (14)$$

其中 $\lambda$ 为矩阵  $A = (A_{ij})$  的最大特征值。

##### 3. 贝特尼斯中心 (BC) [5]

中间中心性(Betweenness centrality)指的是一个节点位于网络中其他两个节点之间最短路径上的频率。实际上，如果一个可持续发展目标经常位于其他两个可持续发展目标之间的最短路径上，那么它必须具有更高的优先级才能启动，因为它是其他目标之间相互作用的桥梁。

由于可持续发展目标网络中更大的权重代表更大的交互性，因此它与可持续发展目标之间的路径长度成反比。因此我们将每条边的路径长度定义为

$$d(G_i \rightarrow G_j) = \frac{1}{W(G_i \rightarrow G_j)} \quad (15)$$

并应用 Dijkstra 算法计算最短路径。

那么  $G_i$  的中间性中心性应该是

$$BC(G_i) = \sum_{G_i \neq G_j \neq G_k} \frac{\sigma_{G_j \rightarrow G_k}(G_i)}{\sigma_{G_j \rightarrow G_k}} \quad (16)$$

其中， $\sigma_{G_j \rightarrow G_k}(G_i)$  等于其他节点之间的最短路径绕过  $G_i$  的次数，而  $\sigma_{G_j \rightarrow G_k}$  等于总最短路径计数。

#### 4. 相对影响强度(SRI)总和[3]

值得注意的是，每个目标的优先级不仅取决于它与相邻目标的相互作用程度，还取决于其他目标对其相邻目标的影响程度。也就是它占其他目标“收到的影响”的比例。

我们用相对影响强度 RI 对这一比例进行了数值测量。

$$RI(G_i \rightarrow G_j) = \frac{W(G_i \rightarrow G_j)}{\sum_{k \neq j} W(G_k \rightarrow G_j)} \quad (17)$$

则相对影响强度之和为

$$SRI(G_i) = \sum_{j \neq i} RI(G_i \rightarrow G_j) \quad (18)$$

#### 5. 最大网络流量总和(SMNF)

如果我们把每条加权边看作一个流量容器，那么从源节点  $G_i$  到终端节点  $G_j$  的最大网络流量表示第  $j$  个 SDG 的输入可以获得多少输出。为了获得  $SMNF(G_i)$ ，我们首先解决下面的最大网络流量问题。

$$\begin{aligned} MNF(G_i \rightarrow G_j) &= \max NF(G_i \rightarrow G_j) \quad i \neq j \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \sum flow(G_p \rightarrow G_q) - \sum flow(G_q \rightarrow G_p) = \begin{cases} NF(G_i \rightarrow G_j), p = i \\ -NF(G_i \rightarrow G_j), p = j \\ 0, k \neq i, j \end{cases} \\ 0 \leq flow(G_p \rightarrow G_q) \leq W(G_p \rightarrow G_q) \\ 0 \leq flow(G_q \rightarrow G_p) \leq W(G_q \rightarrow G_p) \end{cases} \end{aligned} \quad (19)$$

借助于 Ford-Fulkerson 算法，我们得到所有  $j$  的  $MNF(G_i \rightarrow G_j)$ ，然后  $G_i$  的最大网络流量之和  $i$ ：

$$SMNF(G_i) = \sum_{i \neq j} MNF(G_i \rightarrow G_j) \quad (20)$$

#### 4.1.2 用 EWM 评价优先级分数

现在我们可以借助 5 个优先指标来制定 SDG 优先级排序系统。熵权法(EWM)是一种客观的加权方法。它对提供更多信息的指标赋予更大的权重，这样我们就可以更容易地区分数据。由此，我们将  $G_i$  的优先级分数设为

$$PS(G_i) = \mu_1 \cdot NE(G_i) + \mu_2 \cdot WEC(G_i) + \mu_3 \cdot BC(G_i) + \mu_4 \cdot SRI(G_i) + \mu_5 \cdot SMNF(G_i) \quad (21)$$

其中权重指数 $\mu_1, \dots, \mu_5$ 采用 EWM 计算。

各权重的计算结果及优先级排序结果如表 5、表 6 所示。

表 5 优先级指标的 EWM 权重

NE	WEC	BC	SRI	SMNF
0.1058	0.2470	0.1085	0.3218	0.2169

表 6:前 5 名优先级排序结果由高到低

Priority Rank	SDG	Priority Score
1	SDG17: Partnerships to achieve the Goal	6.2875
2	SDG3: Good Health and Well-being	5.9972
3	SDG1: No poverty	5.9725
4	SDG4: Quality Education	5.8123
5	SDG13: Climate Action	5.4183

与哥本哈根共识中心提出的可持续发展优先级相比[8]，我们的优先级排序是合理的，适用于现实发展。“可持续发展目标 17:实现这一目标的伙伴关系”排在首位，这并不奇怪，因为只有所有国家在联合国的指导下合作，我们才能有效地实现其他目标。

4.2 ARIMA 的优先发展预测

4.2.1 ARIMA 与优先因子的结合

随着科学技术的进步，以及对可持续发展、人类发展和协作的日益关注，预计在实现可持续发展目标方面将继续取得进展[6]。然而，取得的进展程度将取决于经济发展、技术创新、政治稳定和环境可持续性等多种因素[7]。为了预测未来趋势，我们可以使用自动回归综合移动平均线 (ARIMA)，这是一种定量预测工具，将历史趋势数据与未来趋势和情景的假设相结合。

如果我们的优先事项被启动，可持续发展目标的改善将受到积极影响。因此，我们将优先级项添加到 ARIMA 结果中。将优先级影响与 ARIMA 预测相结合，我们可以更好地估计一个可持续发展目标对另一个目标的影响。

首先，利用 ARIMA 预测各指标的走势。

接下来，我们定义优先级因子  $PF_m(n)$ 如下。

$$PF_m(n) = \frac{PS(G_m) \cdot PS(G_n)}{[\max_i (PS(G_i))]^2} \quad (22)$$

如果将  $G_m$  设置为下一阶段的优先级， $PF_m(n)$ 次  $G$  前进将加到  $G_n$  前进中。。

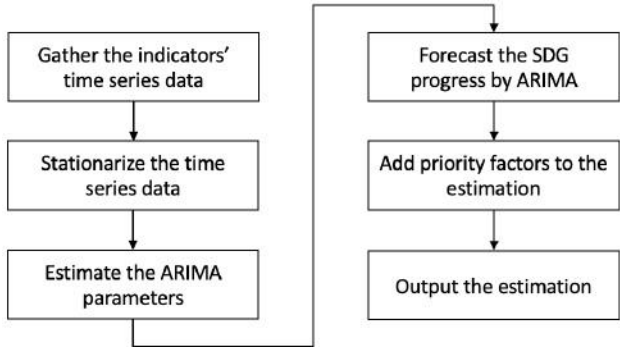


图 9:具有优先级项的 ARIMA 预测流程图

最后，在 ARIMA 结果中加入优先项，并将合理的结果可视化。

$$\text{Prediction Result}(G_n) = \text{ARIMA result}(G_n) + PF_m(n) \cdot \text{ARIMA result}(G_m) \tag{23}$$

#### 4.2.2 Priority 启动下 2023 年的成果

图 10 和 11 显示了在网络中加入相关影响的结果。我们可以看到，当我们考虑动态网络的影响和优先级时，可持续发展目标是相互推动的。

例如，实现可持续发展目标 1(无贫困)可以推动实现可持续发展目标 3(良好健康和福祉)，因为贫困可能导致不良的健康结果。反过来，实现可持续发展目标 3 可以推动实现可持续发展目标 4(优质教育)，因为更健康的儿童可能更有可能上学并在学校表现良好。

将可持续发展目标 17(Partnership to achieve the Goal)放在首位，合理推进可持续发展 1 和 3 如图 10 和图 11 所示。

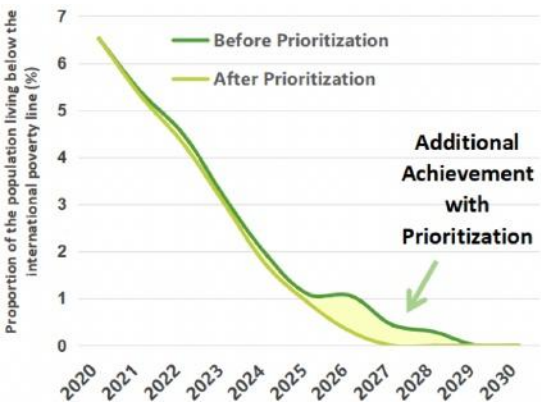


图 10:生活在国际贫困线以下人口比例预测(可持续发展目标 1 指标)

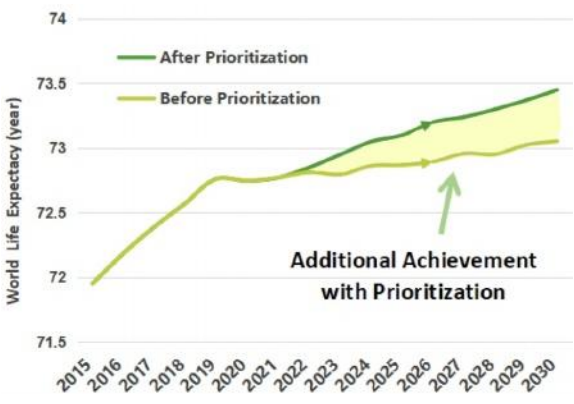


图 11:世界预期寿命预测(可持续发展目标 3 指标)

通过对 17 个可持续发展目标进展情况的估算，从图中我们可以看出，可持续发展目标 1(无贫困)在未来 10 年内实现是合理的，95%的人有可能获得负担得起的清洁能源。

在未来 10 年，如果有坚实的全球伙伴关系提供足够的资源和支持，在这些优先事项上取得重大进展是合理的。例如，可以在减少温室气体排放和增加可再生能源的采用、扩大获得优质教育的机会、促进健康的生活方式以及投资可持续城市规划方面取得进展。虽然不可能完全实现所有可持续发展目标，但在创造一个更加可持续和公平的世界方面可以取得重大进展。

### 5 具有目标调整的动态可持续发展网络

我们的动态可持续发展目标网络将根据任何指标节点和目标节点的修改自动调整其拓扑结构和优先级。

5.1 节点减法:目标完成

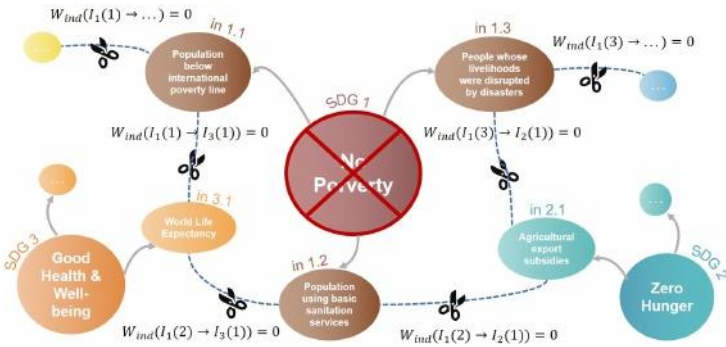


图 12:插图:从指标网络中切断可持续发展目标 1 的指标

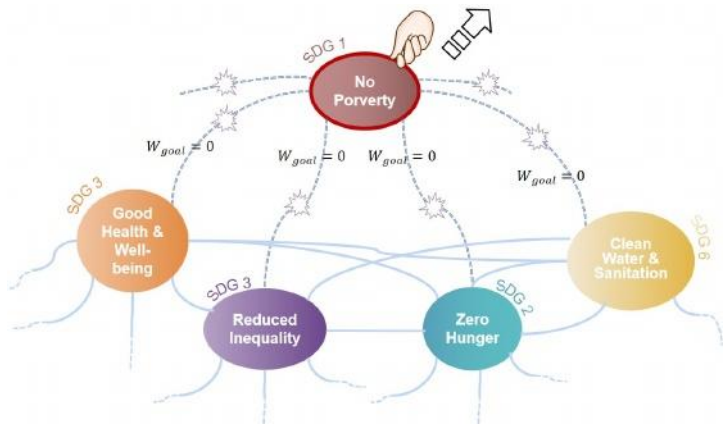


图 13:插图:从可持续发展目标网络中切断可持续发展目标 1

5.1.1 动态结果网络和优先级

根据假设 1，如果实现了可持续发展  $G_i$ ，所有几年的  $I_i(j)$  数据保持为零。因此， $I_i(j)$  和  $I_i'(j')$ （来自其他 SDG 的指标）之间的相关系数消失了。在生成的指标网络中，从  $I_i(j)$  出来的所有边权都崩溃为零。这一点如图 12 所示。由于目标网络中的边权值是由指标网络中的边权值计算得来的，因此得到的可持续发展目标网络中相应的边权值也会消失。此过程类似于将可持续发展目标 1 从可持续发展目标网络中拖出，如图 13 所示。

我们的动态 SDG 网络将基于算法 1 进行自动转换。



Algorithm 1: Dynamic Resulting Network and Priority with Goal Accomplishment
<b>Input:</b> $GNet$ , $INet$ , achieved goal $G_{achieve}$ <b>Output:</b> Resulting SDG Network $\widehat{GNet}$ and priority ranking <b>for</b> all indicator node $I$ connected to $I_{achieve}(j)$ <b>do</b> $W_{ind}(I \rightarrow I_{achieve}(j)) \leftarrow 0$ ; <b>end</b> <b>for</b> all goal node $G_i \in GNet$ except $G_{achieve}$ <b>do</b> $W_{goal}(G_i \rightarrow G_{achieve})$ and $W(G_{achieve} \rightarrow G_i) \leftarrow 0$ ; Calculate all other $W_{goal}$ by Equation (7) to (11); <b>end</b> <b>for</b> all goal node $G_i \in GNet$ except $G_{achieve}$ <b>do</b> Calculate priority score $PS(G_i)$ by Equation (12) to (21); <b>end</b> <b>Return</b> ranking result based on $PS(G_i)$ ;

5.1.2 案例分析

如果 SDG1(实现无贫困), 结果网络如图 14 所示, 表 7 列出了实现这一目标后的前五大优先事项。

表 7:消除贫困后按降序排列的优先级结果

Priority Rank	SDG	Priority Score
1	SDG17: Partnerships to achieve the Goal	6.3825
2	SDG6: Clean Water and Sanitation	6.2041
3	SDG4: Quality Education	5.9201
4	SDG3: Good Health and Well-being	5.5672
5	SDG10: Reduced Inequality	5.5629

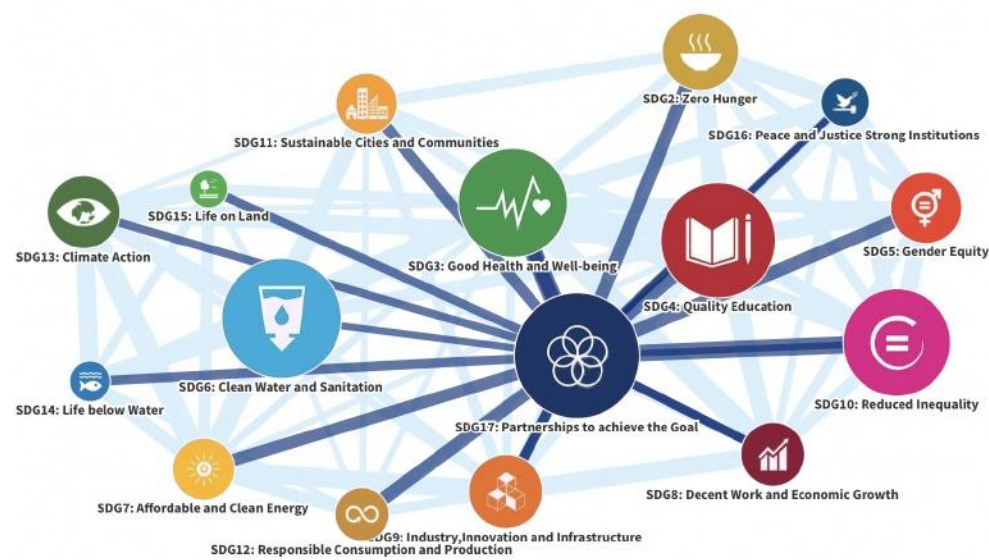


图 14:可持续发展目标 1 实现后产生的网络

5.2 节点的添加:目标包容

在当今的数字时代，获取信息和通信技术(信息通信技术)也应向联合国提出纳入[9]。虽然在可持续发展目标 9 中略有提及，但它正在发挥越来越重要的作用。它因群体而异，如发达国家和发展中国家，农村和城市地区，以及不同的社会经济阶层。无法获得信息通信技术会限制个人和社区获得教育、卫生和经济增长的机会，并阻碍可持续发展目标的实现。



为了说明新的可持续发展目标如何影响动态可持续发展目标网络，该方法与第 3 节中的方法相似。所选指标如下

- 1.使用互联网的人口比例
- 2.每 100 名居民的移动宽带用户
- 3.拥有基本数字技能的个人使用互联网的比例

添加 SDG18:获取信息和通信技术(信息通信技术)后，可持续发展目标网络如图 15 所示。

促进发展中国家获取信息通信技术对于实现许多现有可持续发展目标至关重要，包括优质教育、性别平等、体面工作和经济增长、工业、创新和基础设施，以及减少不平等。例如，提供优质教育资源可改善优质教育，而提升数字技能可增加就业机会并促进经济增长。获取信息和通信还可以为妇女、少数民族和边缘化社区等代表性不足的群体提供平等机会，从而有助于减少不平等现象。此外，信息通信技术可以促进获得医疗保健服务，促进环境可持续性，支持建设和平工作。因此，将获取信息和通信技术作为一项新的可持续发展目标，对于加强可持续发展目标之间的联系，促进其实现具有重要意义。

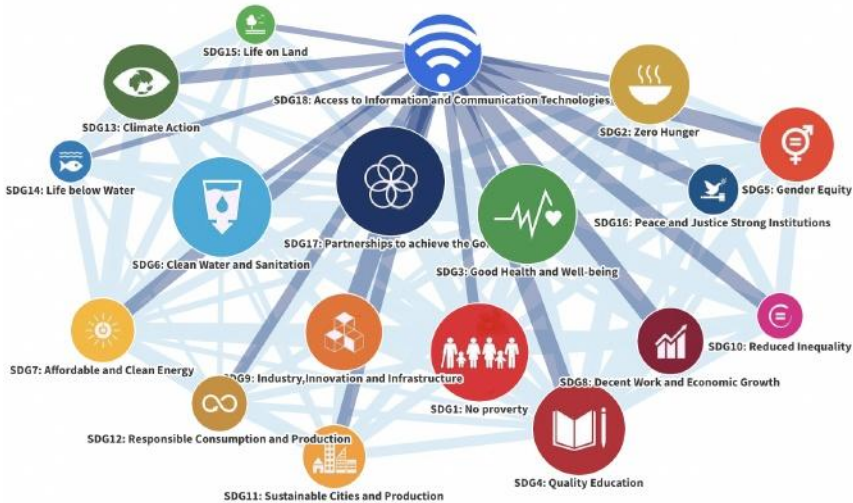


图 15:带有新可持续发展目标的可持续发展网络

环境的可持续性，并支持建设和平的努力。因此，将获取信息和通信技术作为一种新的可持续发展目标，对于加强可持续发展目标之间的联系，促进其成就具有重要意义。

Algorithm 2: Dynamic Resulting Network and Priority with Goal Inclusion

Input:

$GNet, INet$ , goal  $G_{add}$  and its indicators  $\{I_{add}(1), \dots\}$  to be added,  $Y$  year data for those indicators

Output:

Resulting SDG Network  $\widetilde{GNet}$  and priority ranking

for all indicator node  $I \in INet$  do

Calculate  $W_{ind}(I \rightarrow I_{ADD}(j))$  by Equation 5 to 6;

end

for all goal node  $G_i \in GNet$  do

Calculate all  $W_{goal}$  by Equation 7 to 11;

end

for all goal node  $G_i \in GNet$  do

Calculate priority score  $PS(G_i)$  by Equation 12 to 21;

end

Return ranking result based on  $PS(G_i)$ ;

## 6 全球危机下的动态可持续发展目标网络

### 6.1 国际危机对动态可持续发展目标网络的影响

实现可持续发展目标的进展可能受到各种国际危机的严重影响，包括技术进步、全球流行病、气候变化、区域战争和难民流动。

例如，森林火灾可能对可持续发展目标网络产生重大影响。它们可能导致环境退化、经济不稳定和社会动荡，从而阻碍实现可持续发展目标的进程。森林火灾的影响可以与若干可持续发展目标联系起来，例如可持续发展目标 13(气候行动)、可持续发展目标 15(陆地上的生命)和可持续发展目标 11(可持续城市和社区)。

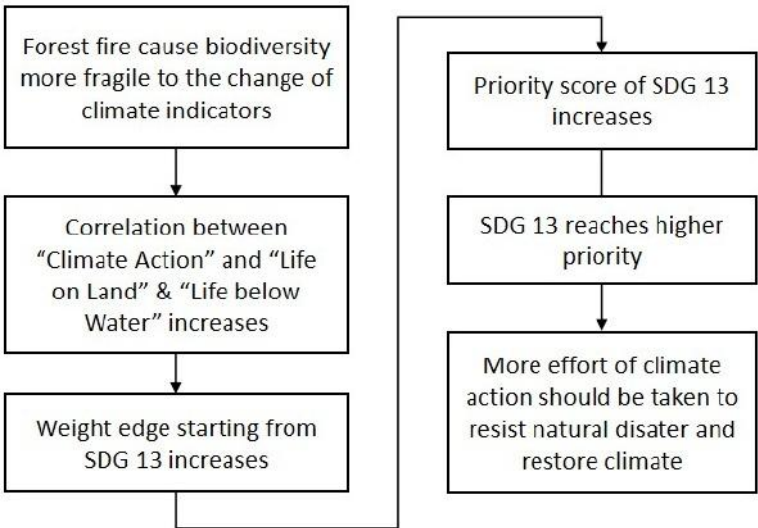


图 16:森林火灾对可持续发展目标网络的影响流程图

2019-2020 年的澳大利亚森林大火烧毁了 1800 多万公顷的土地，摧毁了 5900 多座建筑，造成了许多人死亡，这可能会对可持续发展目标网络产生连锁反应。森林火灾对可持续发展目标网络的影响步骤如图 16 所示。通过向大气中释放大量二氧化碳，火灾对气候变化的贡献可能会加剧可持续发展目标 13(气候行动)的影响。国家温室账户对 2020 年火灾季节的净排放量进行了初步估计，约为 8.3 亿吨二氧化碳当量[12]。火灾对环境退化和生物多样性丧失的影响可能影响可持续发展目标 15(陆地上的生命)。此外，对住房、基础设施和生计的破坏要求我们在实现可持续发展目标 11(可持续城市和社区)方面取得进展。

图 17 展示了可持续发展目标网络对澳大利亚森林大火的反应。

其他全球性危机以以下方式影响可持续发展目标网络。

- 技术进步:加强可持续发展目标 12(负责任的消费和生产)与可持续发展目标 11(可持续城市和社区)之间的相关性，因为技术的合理利用促进了人类住区的健康增长。
- 全球流行病:加强可持续发展目标 3(良好健康和福祉)与可持续发展目标 8(体面工作和经济增长)、可持续发展目标 12(负责任的消费和生产)之间的相关性。大规模感染严重抑制了社会生产力。因此，健全的医疗制度对保障经济增长起着至关重要的作用。
- 地区战争:加强可持续发展目标 16(和平与正义强研究所)与可持续发展目标之间的相关性

1(无贫困)、可持续发展目标 3(良好健康和福祉)等。这是因为民生更多地依赖他们的政府和国际关系。

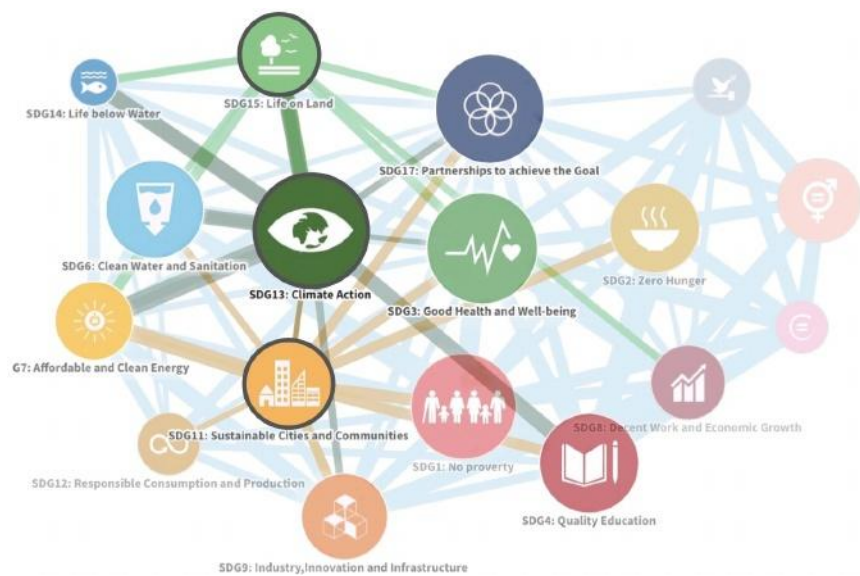


图 17:受森林火灾影响的可持续发展目标网络

•难民流动:加强可持续发展目标 16(加强和平与正义研究所)与可持续发展目标 10(减少不平等)、可持续发展目标 11(可持续城市和社区)等之间的相关性。从难民的角度来看，“难民”的身份阻碍了他们获得平等的发展机会。从接受国的角度来看，社会稳定可能受到影响，需要在人文保护和社会稳定之间取得平衡。

6.2 对 UN 进程的影响

从网络角度来看，森林火灾后，几个可持续发展目标的优先级如图 17 所示。重建过程为该国提供了一个机会，可以优先考虑和实施与可持续发展目标一致的举措，以促进复原力和可持续发展。这些举措可以包括支持清洁能源，加强生物多样性和生态系统恢复，以及投资可持续基础设施，这可以使世界更接近实现所有可持续发展目标[10]。

将案例研究扩展到更广泛的全球危机，全球危机会破坏全球经济、社会稳定和环境可持续性，进而影响实现可持续发展目标的进程。此外，危机可以使人们注意到以前被忽视或优先考虑不足的问题，突出采取行动的必要性，并导致在 UN 框架内更好地优先考虑目标或具体目标。

总体而言，全球危机可能对可持续发展目标网络及其优先事项产生重大影响，进而影响 UN 实现其目标的能力。UN 必须意识到这些潜在的影响，并调整其方法，以便在出现最紧迫的挑战时优先考虑这些挑战。

7 广义优先级网络:DIGNP

我们的动态可持续发展目标网络和优先级评估具有很高的通用性。我们将其建立的一般步骤表述为动态指标-目标网络优先排序(DIGNP)。有了足够的数

- 1. 准备:收集每个目标所有指标的数据集，以及指标的最优值

- 2. 数据预处理:用最优值对数据进行规范化
- 3. 建立指标网络:由式(5)至式(6)求出边权值
- 4. 将指标网络映射到目标网络:由式(7)~(11)求出边权值
- 5. 生成优先级:由式(12)到式(21)计算优先级得分，然后按优先级顺序对目标进行排序。如果需要排序后的预测作为参考，则按式(22)~(23)进行
- 6. 更新:向数据库中添加新数据并返回步骤 2，每次更新都要重复

此外，我们设计了如图 18 所示的 DIGNP 用户界面，客户可以通过该界面具体地掌握网络和优先级信息。

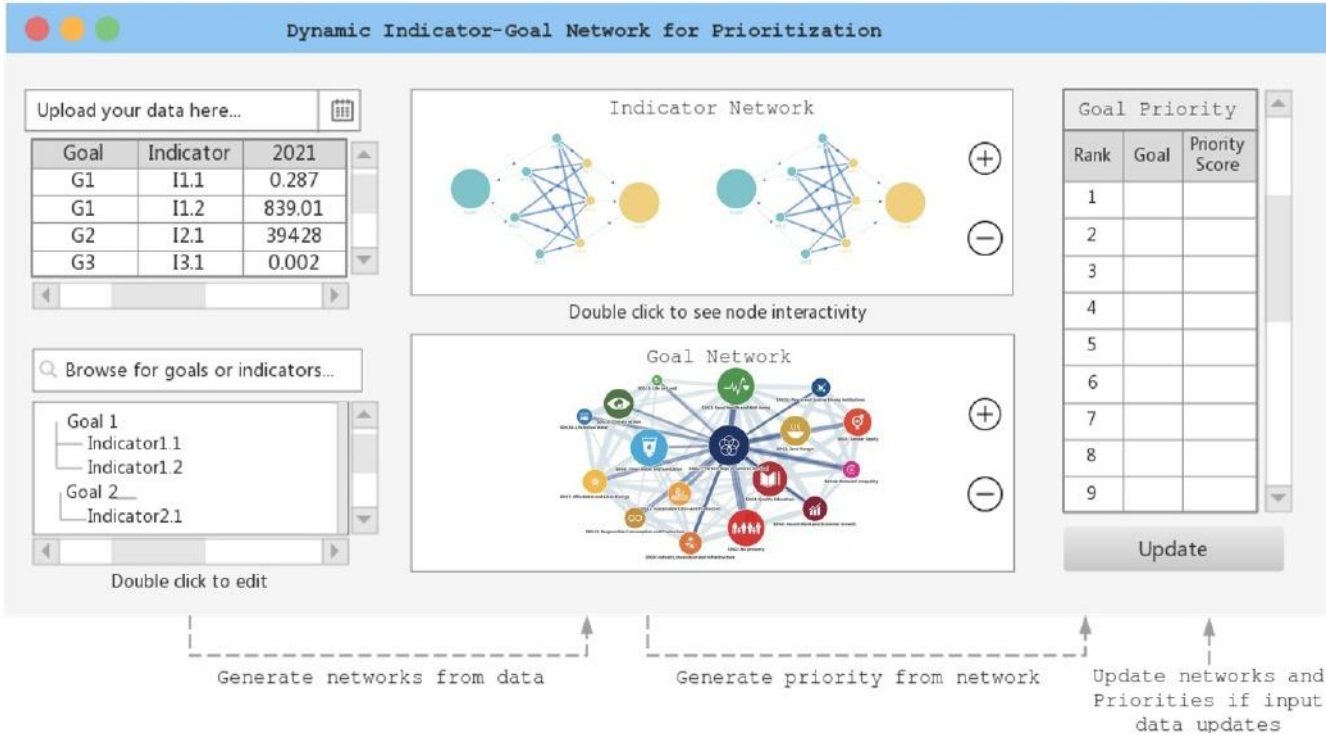


图 18:DIGNP 用户界面

8 敏感性分析

在可持续发展目标进展的预测模型中，我们使用了时间序列模型 ARIMA。ARIMA 模型有三个超参数

- p:自回归项的个数，即用于预测的过去值的个数
- d:使时间序列平稳所需的差分数
- q:移动平均项的数量，即用于预测的过去错误的数量

我们使用 2000-2015 年的数据来预测 2016-2020 年的数据，并判断其准确性。通过进行敏感性测试，我们注意到有 p 变异的轻微误差。这表明合适的超参数选择对我们的预测至关重要。



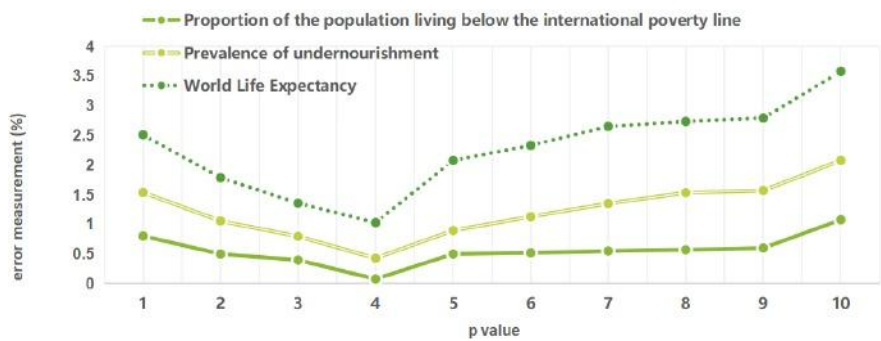


图 19:p

图 19 显示了  $p$  变化时估计的精度，我们可以看到，当  $p = 4$  时，一般结果相对接近真实值。类似地，我们得到  $d = 1, q = 2$ 。

9 优点和缺点

强度

- 全球性:在我们的 DIGNP 中，所有指标和目标都是相互联系的。在“人类命运共同体”的理念下，一个因素的变化会引起其他因素的反应，改善我们生活的一个方面会对我们的共同发展产生影响。
- 动态:动态网络模型的优势在于它能够捕捉各种变量之间复杂的相互作用，以及这些相互作用随时间的变化。
- 自动化:凭借可靠的算法，我们的 DIGNP 将根据内部和外部变化自动调整网络拓扑和优先级结果。所有的数学工作都在 UI 后面完成，客户可以享受智能和及时的网络和优先级管理。

弱点

- 数据依赖:为了建立一个 DIGNP，人们需要从长期的一系列指标中获得数据。高精度的优先级和预测甚至需要更多的数据。
- 指标与目标投入依赖性:联合国经过合理考虑提出了可持续发展目标，这保证了我们可持续发展网络的整体可行性。但是，我们不能保证 DIGNP 的所有用户都对其目标和指标有充分的了解。缺乏全面性的输入会导致网络和优先级输出的偏差。

## 10 参考文献

- [1] United Nations Statistics Division. (2021). Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved from <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>
- [2] Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., & Ghaffarianhoseini, A. (2019). System Dynamics Modeling for Sustainable Energy and Environmental Management: A Critical Review. *IEEE Access*, 7, 21995- 22007. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2897064
- [3] Wang, Xue-Qi, Zhang, Jie, & Liu, Jing-Bo. (2017). Node importance evaluation method of directed weighted network based on multiple influence matrices. *Acta Physica Sinica*, 66(5), 050201. doi: 10.7498/aps.66.050201
- [4] Ruhnau, B. (2000). Eigenvector-centrality — a node-centrality? *Social Networks*, 22(4), 357-365.
- [5] Freeman, L., Borgatti, S., & White, D. (1991). Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. *Social Networks*, 13(2), 141-154.
- [6] Sachs, J. (2015). Goal-based development and the SDGs: Implications for development finance. *Oxford Review of Economic Policy*, 31(3/4), 268-278.
- [7] Rassanjani, S. (2018). Ending Poverty: Factors That Might Influence the Achievement of Sustainable Development Goals (SDGs) in Indonesia. *Journal of Public Administration and Governance*, 8(3), 114.
- [8] SDGs in Order. (n.d.). Copenhagen Consensus Center. Retrieved February 17, 2023, from <https://www.sdgsinorder.org/>
- [9] Haenssger, Marco J. (2018). The struggle for digital inclusion: Phones, healthcare, and marginalisation in rural India. *World Development*, 104, 358-374. doi:10.1016/j.worlddev.2017.12.022
- [10] Abram, N., Henley, B., Gupta, A., Lippmann, T., Clarke, H., Dowdy, A., . . . Boer, M. (2021). Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. *Communications Earth & Environment*, 2(1), 1-17.
- [11] Tariq, A., Shu, H., Li, Q., Altan, O., Khan, M.R., Baqa, M.F., & Lu, L. (2019). Quantitative Analysis of Forest Fires in Southeastern Australia Using SAR Data. *Remote Sensing*, 11(19), 2282. <https://doi.org/10.3390/rs11192282>
- [12] Storey, M., & Price, O. (2022). Statistical modelling of air quality impacts from individual forest fires in New South Wales, Australia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(12), 4039-4062.

11 附录

以下指标序号为官方给出的编号[1]。

表 8:可持续发展目标选定指标

SDGs	Indicators
SDG1: No proverty	C010101, C010301, C010a02
SDG2: Zero Hunger	C020101, C020301, C020b02
SDG3: Good Health and Well-being	C030201, C030402, C030b01, C030c01
SDG4: Quality Education	C040102, C200306
SDG5: Gender Equity	C050201, C050502
SDG6: Clean Water and Sanitation	C060101, C060201, C060b01
SDG7: Affordable and Clean Energy	C070102, C200208
SDG8: Decent Work and Economic Growth	C080501, C080502, C080802
SDG9: Industry, Innovation and Infrastructure	C090201, C090501, C090c01
SDG10: Reduced Inequality	C100501, C200205
SDG11: Sustainable Cities and Communities	C110101, C110401, C110702
SDG12: Responsible Consumption and Production	C200202, C120501
SDG13: Climate Action	C200305, C130202
SDG14: Life below Water	C140101, C140701
SDG15: Life on Land	C150101, C200210
SDG16: Peace and Justice Strong Institutions	C160102, C200205, C160a01
SDG17: Partnerships to achieve the Goals	C170101, C170801, C171101