“将危机转化为机遇：从混沌到城市反脆弱性。”

Joseph Uguet[a]，*Nicola Tollin*[b] 和 *Jordi Morató*[a]，联合国教科文组织可持续发展教席，加泰罗尼亚理工大学-巴塞罗那科技学院，西班牙[b]南丹麦大学，丹麦

摘要

城市危机——洪水、大流行病、经济冲击和冲突——是城市变革的加速器，既暴露出结构性脆弱性，也创造了革新的契机。本文基于先前一项理论研究（该研究提出了城市反脆弱性的十五项原则），通过实证评估检验并将这一框架付诸实践。研究选取了26座城市，依据其危机后的适应轨迹进行分析。我们采用量身定制的诊断方法论，对各城市的压力响应策略（SRS）进行基准比较，继而从四个加权维度评估城市发展轨迹（UDT），将各案例置于脆弱性—稳健性—韧性—反脆弱性连续谱上，并应用平衡阈值规则来确认其是否达到反脆弱状态。

结果表明，“创新与技术增强的韧性”是最有效的响应类型（86.9/100），且有六座城市符合反脆弱轨迹标准。通过将最佳实践与已激活原则对应起来，并分析共同激活情况，本研究识别出一组稳健的原则“核心”——可持续韧性（O）、战略多样性（F）、主动创新（I）和主动预防（N）——并辅以运行促成因素（如预见、动员和冲击吸收）。

本文最后提出一种以证据为基础、与可持续发展目标相契合的运行模型，将高影响力原则组合与可测量指标联系起来，为致力于将危机转化为持续转型的城市提供切实可行的路线图。

关键词：危机后策略、城市反脆弱性、可持续城市和社区、灾害韧性与城市再生、风险治理与黑天鹅适应。

引言

危机并非城市发展历程中的暂时异常，而是其中的主要角色之一。洪水、大流行病、冲突、经济崩溃及其他扰动——每一次动荡都会揭示治理模式的结构性局限，暴露潜在的脆弱性，并考验城市

的生存能力。但历史也证明，渡过危机的城市能从中汲取新的力量，适应变化、重塑自身，并在长期发展中实现蜕变。

当挑战的演变速度超过制度能力时，仅仅恢复到先前状态已远远不够。我们必须超越被动适应，采取一种将不确定性作为进步驱动力的方法，把不确定性转化为转型的源泉，从而让城市在混沌中蓬勃发展。

反脆弱性（Taleb，2012）重新诠释了韧性，强调通过实验、适应性灵活性和反复改进来学习。若干承受巨大压力的城市展示了如何将约束转化为战略杠杆因素。鹿特丹将反复发生的洪水转变为水务创新的平台，东京将先进技术融入城市建设，以增强应对自然灾害的韧性，而新奥尔良则将卡特里娜飓风后的复苏转变为城市再生的典范。这些案例共同表明，只要主动应对不确定性，系统就能因冲击而表现得更好，而非仅仅在冲击下维持原状。

在我们先前的理论贡献基础上——该研究提出了一个围绕城市反脆弱性十五项原则构建的概念框架——本文对26座城市的样本展开实证评估。我们分析与危机后转型相关的策略，识别在具体情境中发挥作用的原则，并将其与观测到的城市卓越表现轨迹联系起来，旨在阐明危机转化为可持续长期演化机遇的机制。

本分析超越理论，提出一个以成功城市转型的实证经验为基础的操作性框架。在这一视角下，反脆弱性并非抽象概念，而是一种战略杠杆——一套实用架构，用于在二十一世纪日益加剧的不确定性中重新引导可持续城市规划。

城市反脆弱性的理论原则：重构框架?

危机作为城市转型触发因素的作用

城市危机充当压力测试，揭示潜在的结构性脆弱性。一些城市在冲击面前失效，始终受制于自身的结构性脆弱性；另一些城市则将危机转化为重组和系统性变革的杠杆因素（Davoudi，2012年；Taleb，2012年；dos Passos等，2018年）。

稳健型城市 能够吸收冲击而不进行适应，当挑战变得更加动态时，便容易陷入脆弱境地（de Bruijn，2019年）；相比之下，**韧性城市**优先恢复系统原有状态，从而维持结构性脆弱性，并减缓任何适应性转型（Davoudi，2012年）。

尽管人们普遍认同城市必须增强应对危机的能力，但对韧性的批评主要集中在以下几点：概念模糊性（Davoudi，2012）、难以适应系统性连锁危机（Munoz等，2022）、缺乏真正包容性的方法（dos Passos等，2018）、制度惯性（Roggema，2021）、不愿将转型视为适应性杠杆（Taleb，2012），以及地方主导战略被边缘化（Wahba，2021）。当务之急不再是维持现状，而是实现转型。城市反脆弱性提供了一种动态的替代方案——增强城市在危机中学习、创新和重构的能力（Taleb，2012）。为阐明城市系统如何在压力下演化，图1展示了四种概念性轨迹——脆弱、稳健、韧性和反脆弱——体现了应对冲击的不同能力。这些路径展现了在反复遭受扰动的情况下，城市如何随时间推移而走向不同的发展方向。该模型强调，潜在脆弱性与策略性响应不仅塑造了恢复模式，也影响着结构性转型和危机后可持续性的潜力。

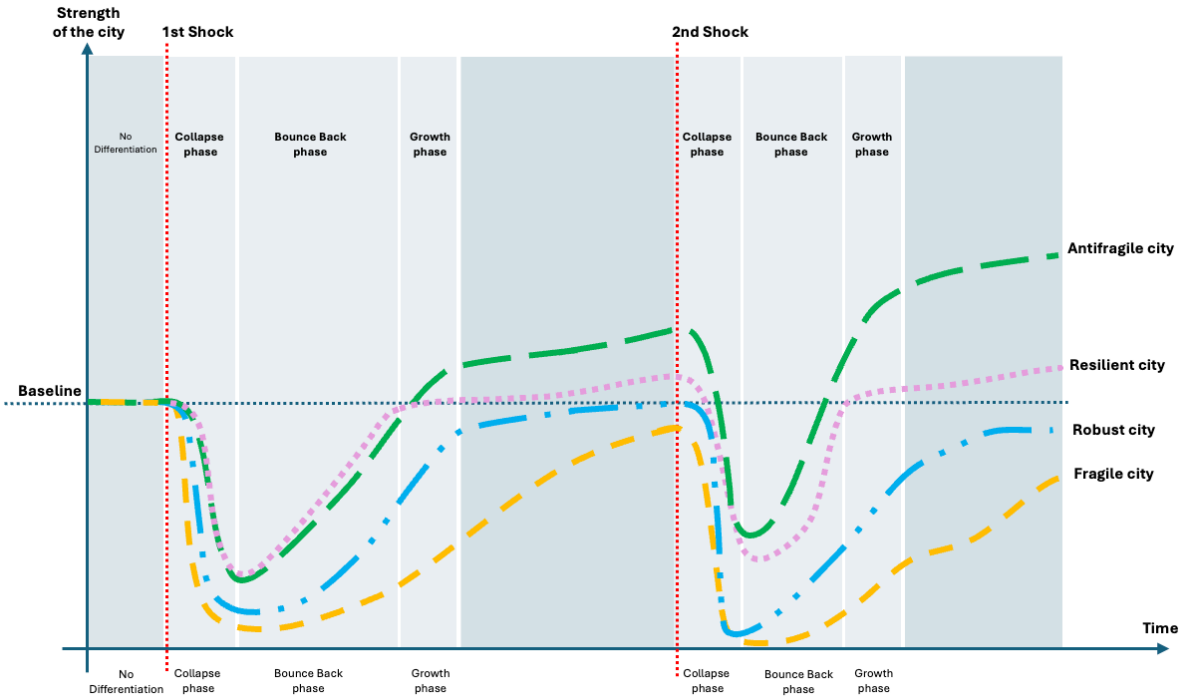


图*1.* 危机中的城市轨迹：从脆弱性到反脆弱性。来源：作者

超越韧性：综合城市反脆弱性原则，构建更新后的框架

在我们此前发表的文章（*Uguet, J., Morató, J., & Tollin, N.，2025*年，危机后策略：作为城市迈向可持续性演化催化剂的反脆弱性原则，*arXiv*预印本）中，我们确定了构成城市反脆弱性的十五（15）项基础理论原则。这套“工具箱”汇集了反脆弱原则，阐释了城市系统如何将危机转化为推动改进的催化剂。针对每项原则，工具箱都提供了结构化摘要，包括其编号、简明定义，以及取自实证案例的具体示例。

所提出的框架揭示了城市韧性的关键局限。韧性固然至关重要，却往往将城市束缚在僵化、以维持现状为导向的应对方式中，从而阻碍应对日益频发的极端事件所必需的根本性转型。相比之下，反脆弱性优先强调快速适应能力和持续演进改进，以系统灵活性（B）和主动创新（I）取代制度惯性。它并非只是吸收冲击，而是通过通过混沌实现强化（H）和主动试验（A），借助危机推动深层次重构。

韧性仍主要表现为“静态”且彼此割裂，而反脆弱性则倡导战略多样性（F）和系统性预判（J），使城市能够预见扰动并灵活应对。它通过集体参与（K）和敏捷动员（L）倡导包容且有韧性的治理，同时借助风险解耦（G）和模块化（D）增强功能自主性。

本文的主要目的是检验并推动反脆弱框架在城市中的实际应用。这一概念转变将城市系统重新界定为能够在压力下表现得更好的系统。然而，将理论转化为实践，需要评估这些原则如何在现实中体现。通过考察26座城市这一代表性样本中的实际动态，我们识别出推动反脆弱绩效的关键因素——区分有效杠杆因素与次要因素——并进一步完善该框架，以供未来实际应用。

方法论

我们采用量身定制的基于指标的诊断框架，评估城市的危机应对表现，并将其定位于脆弱性—反脆弱性连续谱上。通过将高

绩效实践与相应的理论原则相联系，该方法揭示了在压力下最能持续推动城市转型的战略配置和杠杆因素。图 2 概述了旨在揭示、比较和验证城市反脆弱动态的方法流程，该流程通过四步分析框架展开，包括 (i) 实证基准评估、(ii) 压力-响应-策略评估 (SRS)、(iii) 城市轨迹诊断 (UDT)，以及 (iv) 对关键转型驱动因素的验证。

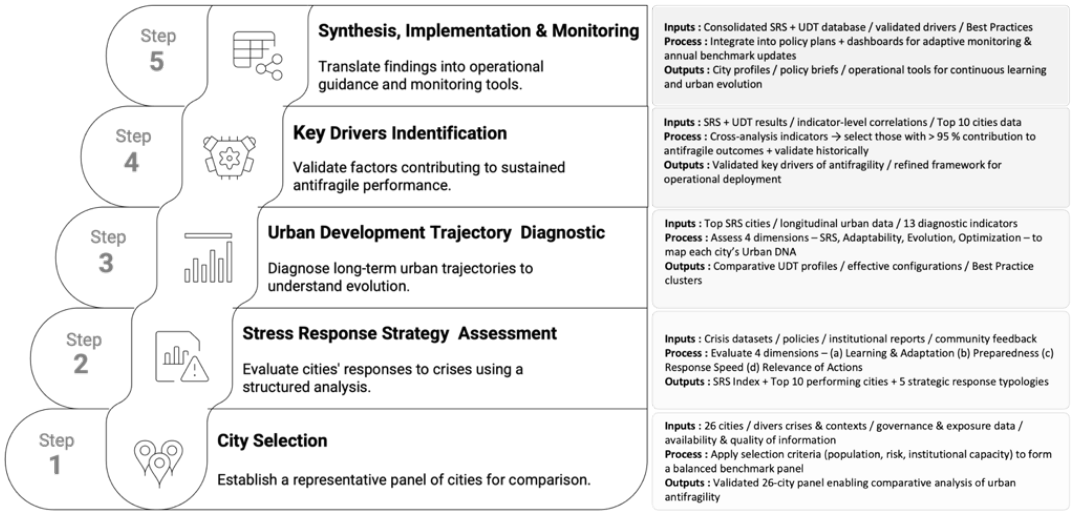


图*2*：五步方法论流程。来源：作者

城市选择：用于评估压力响应策略（***SRS***）的多样化样本 ***)***

本研究基于**由26座代表性城市组成的样本，这些城市因面临重大危机的风险**、其脆弱性的广泛性（气候、经济和社会），以及在地理区域和经济特征之间的均衡分布而被选中。研究旨在考察这些城市的压力响应策略（SRS），并确定随着时间推移加速或限制其转型的因素和路径。图3展示了所选案例研究，并说明了分析所涵盖背景的多样性。

压力响应策略（SRS）的评估采用量身定制的分析框架，用于衡量并识别应对危机最有效的城市应对措施。由此得出的**SRS指数汇总了12项指标，这些指标分为 四个维度**。每项指标按0至10分评分，反映各项措施的实施程度（0–5分）和影响程度（6–10分）。前一个分值区间（0–5分）评估运营成熟度（从意向和准备到系统性部署），而较高分值区间（6–10分）则衡量转型

能力（从操作化和制度化到反脆弱再生）。这种双重递进有助于区分仅仅存在的举措与能对城市系统产生可衡量再生效应的举措。随后，对各项得分进行汇总和标准化，得出满分为100分的综合得分。该总分反映了城市在危机情境下应对、适应和转型的能力。

表1展示了**SRS框架，该框架围绕四个分析维度展开**。第一，学习与适应能力评估城市将过去危机中的经验教训转化为具体政策、治理举措和基础设施改进的能力。第二，危机准备水平评估预见能力，包括规划、资源可用性以及操作规程的有效性。第三，响应速度衡量冲击发生时，城市系统调动资源并协调各机构的速度。

最后，行动相关性考察已实施措施是否适当且高效——也就是说，策略是否回应地域特定需求，并有助于实现可持续的长期转型。

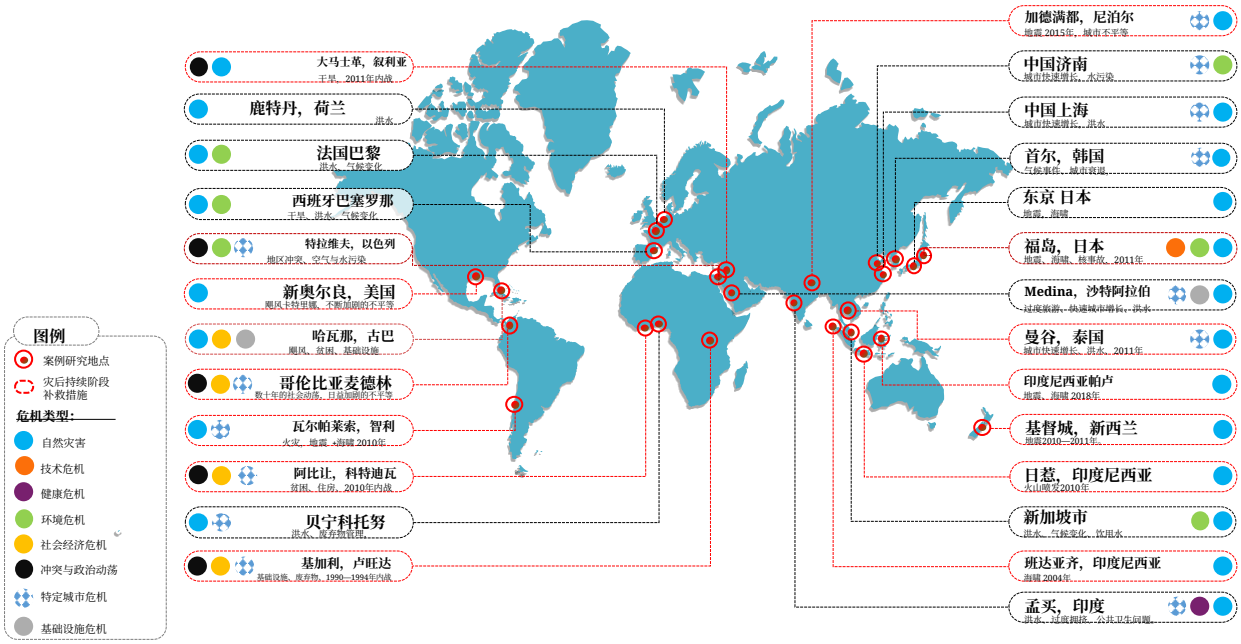


图*3*。第*26*组城市：其主要特征可视化。来源：作者

Dimension	SRS Evaluation parameters	Description
Ability to learn & adapt	- Responsiveness to previous teaching - Updating emergency plans - Innovation in responses	Assesses how cities learn from past crises and adapt their strategies to better cope with future crises. Measures resilience and the ability to evolve in crisis contexts.
Level of Crisis Preparedness	- Availability of contingency plans - Training and public awareness - Infrastructure and resources available	Assesses how cities prepare for potential crises by putting in place contingency plans, training and raising awareness, and ensuring the availability of necessary infrastructure and resources.
Rapid response to crises	- Initial response time - Resource mobilization - Communication and initial coordination	Assesses how quickly cities respond to crises as soon as they arise. Measures the initial effectiveness of responses and the ability to minimize the immediate negative impacts of crises.
Relevance of the actions taken	- Alignment with local needs - Effectiveness of interventions - Flexibility and adaptability of responses	Assesses the extent to which the actions taken by cities to respond to crises are appropriate and effective in relation to the specific challenges they face. Analyses the quality of decisions taken and their implementation.

表1. 压力响应策略（SRS）的分析框架。来源：作者

图 4 展示了这些策略，并将其归为五种应对类型学：（1）**创新与技术增强的韧性**（先进的技术整合）；（2）**社区参与和治理**（公民参与和包容性治理）；（3）**对自然灾害和环境灾害的适应**（危机后准备和重建）；（4）**可持续城市发展与韧性**（与长期可持续发展相一致的策略）；以及（5）**社会经济韧性和危机后重建**（经济振兴和社会支持）。



图*4.* 五种响应类型学。 来源：作者

城市发展轨迹诊断（***UDT***）

在第一阶段结束时，分析重点聚焦于综合得分最高的十座城市。评估采用一种专有的启发式诊断工具，旨在以简化而连贯的方式模拟城市发展轨迹，并将每座城市置于从脆弱到反脆弱的连续谱上。该框架结合了13项指标，涵盖 四个加权维度：压力响应 （100分）、适应性 （ 60 分）、 演化（ 60 分）、 优化 （ 60 分）。总分（ 280 分）将换算为满分100分的UDT指数，据此将城市置于以下连续谱中：脆弱（<44）→ 稳健（45-64）→ 韧性（65-84）→ 反脆弱（>85）。要达到反脆弱标准，每个维度都必须超过其最高分的85%，以确保系统绩效均衡，而非仅在某一领域表现卓越。

压力响应策略（SRS）评估危机期间干预措施的响应性、准备度和情境相关性。**适应性**衡量城市调整政策、促进创新并保持持续学习的能力。**演化**评估危机后结构性转型和长期系统改进的程度。**优化**侧重于资源效率和减少系统性脆弱性。

如表2所示，这些维度通过**十三项针对性指标**予以操作化。分析首先对整个样本组中的主导组合进行全景式审视，随后转向对推动指标卓越表现的杠杆因素展开更细致的考察。第二步旨在识别出与更高得分最为稳定相关、并最终最有效地激活反脆弱动态的战略配置。

Dimensions	Indicators	Explanation
Stress Response Strategy (SRS)	- Ability to learn and adapt - Level of preparedness - Speed of response to crises - Relevance of actions taken	Assesses the effectiveness of strategies implemented by cities to respond to crises. These parameters measure the responsiveness (flexibility) of cities, their state of readiness, their ability to react quickly and the adequacy of decisions in a context of major stress.
Adaptability	- Ability to adjust policies - Continuous innovation - Strategies for self-organization & self-learning	Examines a city's ability to reorient itself (policies, governance), & adapt their strategies to new challenges to innovate, and encourage collective dynamics including the encouragement of self-organization and continuous learning.
Evolution	- Post-crisis transformation capacity - Continuous improvement of infrastructure & systems - Longitudinal sustainable development	Analyses the ability of cities to evolve after a crisis, to transform & improve their structures and systems in a sustainable way over time, offering a longitudinal view of efforts.
Optimization	- Effective use of human, economic & financial resources - Natural resource management - Vulnerability reduction strategy	Assesses how the city optimizes the use of its resources (human, financial, natural) to maximize resilience, while seeking to minimize vulnerabilities.

表2. 城市发展轨迹诊断（*UDT*）诊断工具。来源：作者

关键驱动因素的识别与反脆弱动态的验证

在此阶段，分析将识别反脆弱城市的关键驱动因素，以及与高绩效相关的最佳实践和底层原则。通过追踪具体策略如何转化为可衡量成果，分析刻画每座城市的“**城市DNA**”。每项最佳实践都与一个二项理论构式相关联——将一项**主导**原则与一项**支撑**原则配对——从而形成结构化的交互关系图谱。这种分层映射通过呈现已激活原则与所实施举措之间的关系，阐明了战略成果背后的机制。

这项最终分析聚焦于具有**经验证的反脆弱轨迹的城市，仅考察得分达到最高分至少 95% 的指标**，以筛选出最具决定性的因素。这一严格筛选确保所观察到的动态植根于经验上卓越的实践，而非一般表现。通过**将每项已识别的最佳实践对应到具体的反脆弱原则**，实施的行动与其激活的适应性机制之间便显现出清晰的相关性。

将评估范围限定于这些表现最佳的指标，有助于准确识别有效推动反脆弱性的原则，并凸显这些原则如何帮助将危机转化为系统演化的催化剂。

这种方法还揭示了非直观配置：一些此前被视为次要的原则，结果证明具有决定性作用；而另一些被认为至关重要的原则，在实践中却只产生了微乎其微的影响。通过将这些发现与不同的城市战略类型进行交叉分析，可以明确反脆弱性的真正结构性驱动因素，从而完善这一框架，以供未来运营部署之用。

结果

压力响应策略（***SRS***）的有效性

本节围绕两个重点综合评估结果：**危机应对表现最强的十座城市**，以及支撑其表现的**战略模式**。所采用的筛选方法聚焦于最有效的应对方式，并展示反脆弱原则如何助力实现韧性城市轨迹。城市根据 SRS指数排名，从而将初始样本缩小至适应性效能最高的城市。由此得出的

类型学在标准化后，将为比较其相对影响并识别最有效的策略组合奠定基础。

图5 展示了一个多层桑基图，按照经济分类（世界银行，2024年）、危机类型（图3（图例））和主导应对策略（详情请参见第3节方法论）对各城市进行了映射。该图突显了财富水平、危机特征与所采用策略类型之间的相关性。与此同时，图6给出了SRS分数的全球排名，直观呈现各城市的表现，并对其应对扰动时展现出的战略模式进行比较。

City, Country	Total / 100
Abidjan, Ivory Coast	66.7
Banda Aceh, Indonesia	57.5
Bangkok, Thailand	68.3
Barcelona, Spain	93.3
Christchurch, New-Zeland	76.7
Cotonou, Benin	60.0
Damas, Syria	43.3
Fukushima, japon	84.6
Jinan, China	82.5
Kathmandu, Nepal	60.0
Kigali, Rwanda	68.3
Habana, Cuba	68.3
Medellin, Colombia	87.5
Medina, KSA	60.8
Mumbai, India	69.2
New-Orleans, USA	85.0
Palu, Indonesia	65.8
Paris , France	94.2
Rotterdam, Pays-Bas	84.6
Seoul, South Korea	85.8
Shanghai, China	70.0
Singapour	91.7
Tel Aviv, Israel	85.8
Tokyo, Japon	86.7
Valparaiso, Chili	56.7
Yogyakarta, Indonesia	58.3

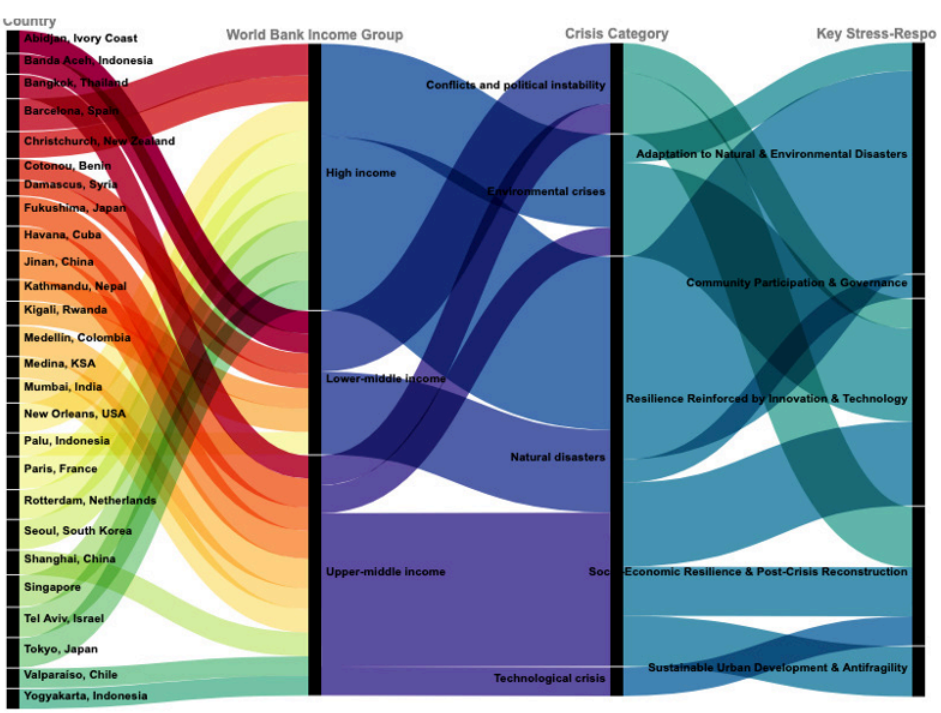


图5. 桑基图中各国家SRS指数排名。 来源：作者

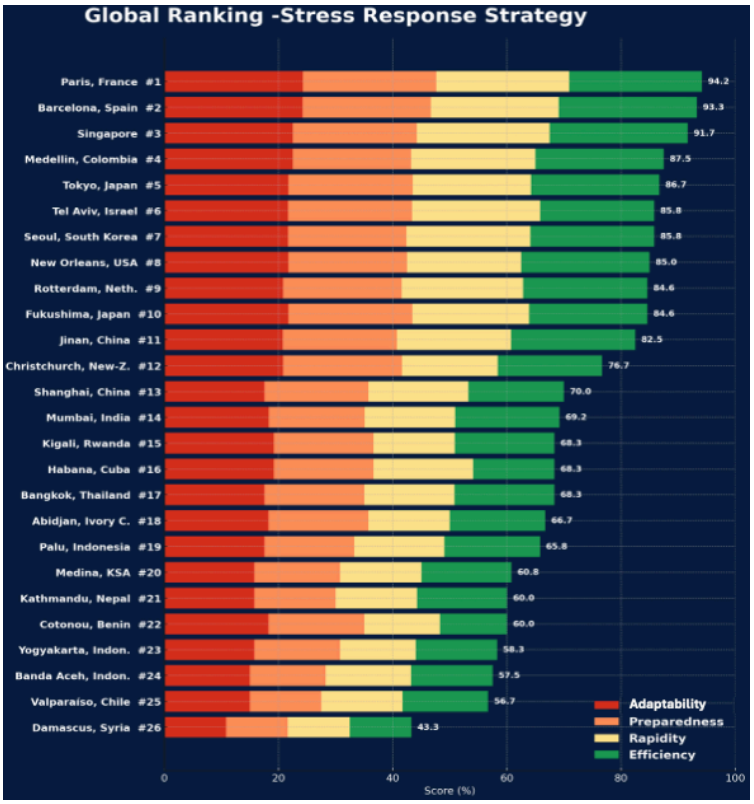


图*6.* 压力响应策略的全球排名。 来源：作者

对26座城市的比较分析揭示了战略效能方面的显著差异。图7展示了五种战略类型的效能得分分布：蓝色箱体表示四分位距，红线表示中位数，黄色须线表示最小值和最大值，离群值则以单独的点标出。

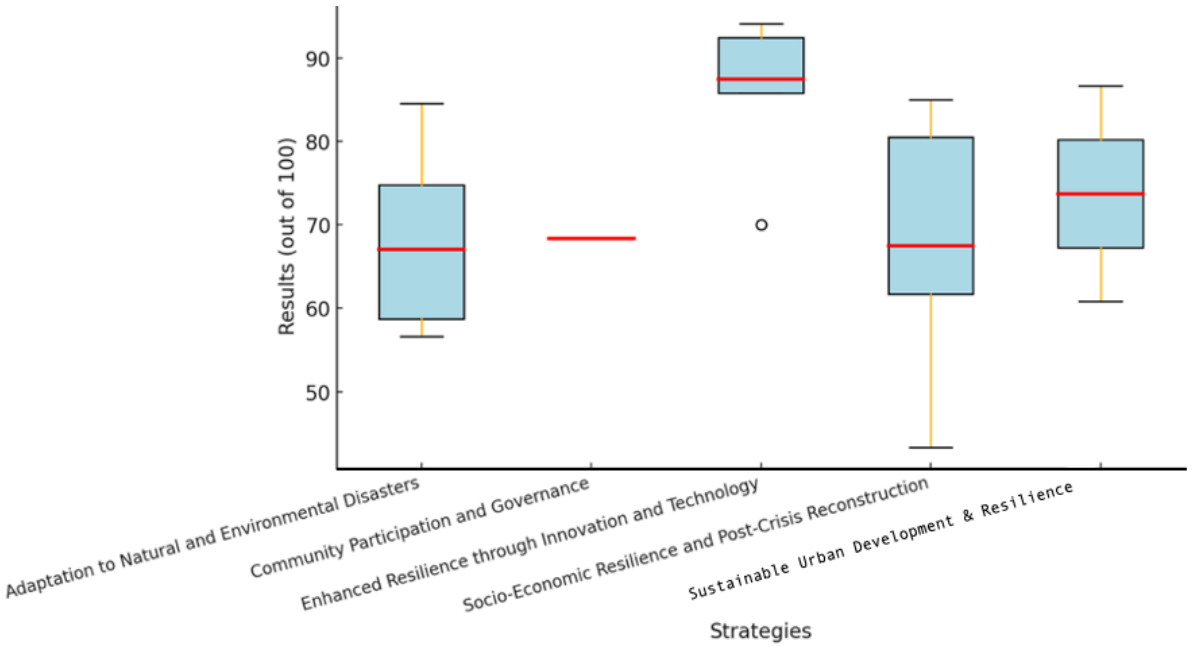


图7. 不同战略类型的有效性分布。作者：*J.Uguet*

值得注意的是，在五种 SRS 战略类别中，**“创新与技术增强的韧性”**的总体有效性最高（86.9/100）（图8）。七座城市采用了这一战略，其中五座跻身前十名，对应的高绩效率为 71%。这一类型尤其适用于应对环境冲击和技术相关冲击，在经济强劲地区最为普遍，凸显了创新在推动危机后转型中的决定性作用。

相比之下，**“对自然灾害和环境灾害的适应”** 是最常采用的方法，但其平均有效性也最低（图7和图8）。

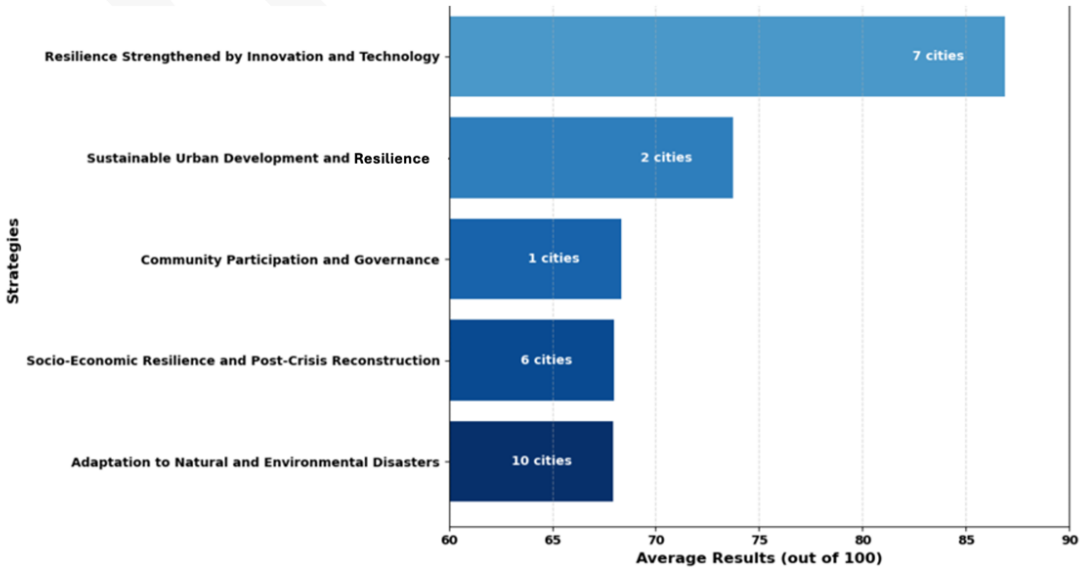


图*8.* 压力响应策略的有效性。作者：*J.Uguet*

表3 列出了SRS指数排名最高的十个城市及其采用的策略。凭借先进的基础设施，这些地区能够高效扩大技术整合规模，从而增强冲击吸收能力并推动长期转型。前十名中有六个城市采取了创新驱动战略，凸显了该战略在面临环境压力和基础设施中断的情境下的相关性。除麦德林外，其余城市均被归类为高资源（HR）城市，并调动了大量资源来部署适应性技术。这些城市的经验表明，创新是将危机转化为城市发展机遇的关键杠杆。然而，强大的战略效能本身并不能保证可持续发展轨迹。因此，下一节将考察这些发展轨迹如何随时间演变。

城市，国家	**压力响应策略（主要）**	**总计 / 100**
法国巴黎	通过创新增强韧性，并	94.2
西班牙巴塞罗那	创新与技术增强的韧性	93.3
新加坡	创新与技术增强的韧性	91.7
哥伦比亚麦德林	社会经济韧性与危机后	87.5
日本东京	重建续城市 发展 and	86.7
韩国首尔	创新与技术增强的韧性	85.8
以色列特拉维夫	创新与技术增强的韧性	85.8
美国新奥尔良	社会经济韧性与危机后	85.0
日本福岛	重建经济韧性与危机后	84.6
鹿特丹，荷兰	对自然灾害和环境灾害的适应	84.6

表*3*。 *SRS*分数最高的十个城市（城市排名）。来源：作者

城市发展轨迹（***UDT***）诊断

我们使用内部模型评估了各城市的城市发展轨迹（UDT），并将其置于脆弱性—稳健性—韧性—反脆弱性谱系中。这项评估有助于厘清一个城市的策略是否能产生真正的反脆弱动态，还是仅仅增强冲击吸收能力，却未带来结构性变化。

表4对样本中的前十名城市进行排名，详细列出它们在UDT框架各维度上的得分，并标明相应的发展水平。评估结果指出，有六座城市呈现出反脆弱轨迹。重要的是，这一分类不仅取决于较高的总分：每个维度都必须超过其最高分的85%（表4和图9）。新奥尔良体现了这一规则：尽管总分低于麦德林，仍达到了反脆弱门槛。**因此，反脆弱性取决于所有维度均衡强劲，而非仅仅取决于总体表现**。

维度/城市	SRS*/100	适应性/60	演化/60	优化/60	**UDT/100**	**级别**
新加坡	92	56	55	55	**92.1**	反脆弱
法国巴黎	94	56	54	51	**91.1**	反脆弱
西班牙巴塞罗那	94	55	54	51	**90.5**	反脆弱
东京	87	53	53	54	**88.1**	反脆弱
福岛	85	52	55	54	**87.8**	反脆弱
哥伦比亚麦德林	88	50	54	50	**86.3**	韧性
新奥尔良	85	51	52	51	**85.4**	反脆弱
以色列特拉维夫	86	53	50	50	**85.4**	韧性
鹿特丹，荷兰	85	52	53	49	**85.2**	韧性
首尔，韩国	86	53	50	49	**85**	韧性

表4. 排名前十的城市：*UDT*得分与城市发展分类。来源：作者

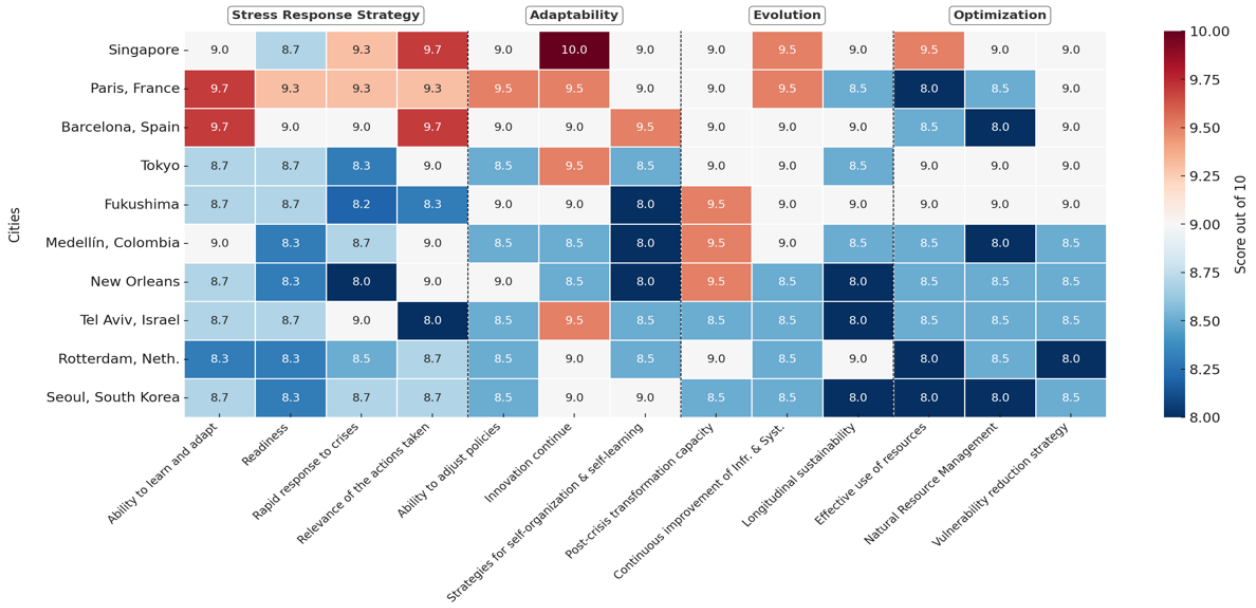


图*9.* 热力图：各城市各项指标得分的可视化（满分*10*分）。来源：作者

Scores are normalized out of 100. Stress Response Strategy holds a higher weight (100/280), while other dimensions were adjusted proportionally (60/100).

反脆弱城市轨迹：典范城市与转型驱动因素**典范城市动态：新加坡、巴黎和巴塞罗那引领前行。** 评估结果指出 **新加坡、巴黎和巴塞罗那** 是推动转型、迈向反脆弱的典范城市（图9和表4）。在各个城市转型维度上，这些城市将 **创新、 学习**和 **基础设施更新** 结合起来，使之成为相互强化的结构性杠杆。

新加坡堪称反脆弱城市主义的典范。六十多年来，它通过持续创新（**10/10**）、灵活的政策制定（**9/10**）和强有力的资源管理（**9.5/10**），将严峻的制约因素——自然资源和饮用水有限，以及气候和地缘政治压力带来的重重挑战——转化为发展资产。**巴黎**和**巴塞罗那**紧随其后，在学习（**9.7**）、创新（**9.5**）和基础设施绩效（分别为**9.5**和**9**）方面始终取得优异成绩。巴黎借助**2024年奥运会**的契机，加快了可持续发展导向型转型；而巴塞罗那自**2013年**起便率先推进制度韧性建设，如今已巩固其作为城市可持续发展试验平台的地位，尤其通过参与**联合国人居署的CRPT计划**发挥了这一作用。

面临结构性局限的韧性城市：特拉维夫、麦德林、首尔和鹿特丹。这些城市在学习和创新方面得分突出（**8.5–9.5**），但在优化方面的表现较弱（**49–50/60**），揭示了以韧性为中心的策略（图9）的局限。尽管它们在危机应对（SRS）方面成效显著，但在更深层次的系统性转型和长期整合方面仍存在不足。其资源管理得分（**8–8.5**）表明整体表现扎实，同时也说明城市可持续演进仍有进一步巩固的潜力。

创新是危机后转型的催化剂。分析证实，创新与反脆弱发展轨迹之间存在显著关联。表现最佳的城市在创新方面的得分始终达到**9–10**，凸显了技术部署和实验的战略价值。相比之下，韧性城市往往仍较为被动，难以将应对能力转化为结构性变化。

新奥尔良展现了系统性协同保持平衡的重要性。尽管其总体得分（**85.4**）低于**麦德林**（**86.3**），但由于各维度之间的协调性更强，仍达到了反脆弱性阈值。这进一步证实，**反脆弱性**并非**仅由总体表现决定，而是取决于所有维度能否持续保持强劲表现**。

总体而言，结果表明，反脆弱发展轨迹源于三种相互依存的动态汇聚：**学习**，以经验为适应奠定基础；**创新**，将扰动转化为创新动力；以及**结构性转型**，确保每场危机过后，城市都比以往更加强大。这些机制共同构成了可持续城市演进架构。为从诊断迈向行动，下一节将聚焦并考察最能有效激活反脆弱原则的**最佳实践**，为构建可扩展的循证框架奠定基础，指导城市迈向**适应性强、可复制的**和**可衡量的**反脆弱性。

最佳实践及相关反脆弱原则分析（对应关系）

我们考察了被归类为反脆弱型的六座城市，并分析了塑造其发展轨迹的战略实践。在每个案例中，城市都实施了一系列重点行动，使之与反脆弱性原则的核心内容相契合；事实证明，这种契合对于解释其高绩效起到了决定性作用。

关键原则和主导趋势。 在六座反脆弱城市中，分析表明，通过已识别的最佳实践，这些原则得到了持续落实（图10）。六项原则占所有落实情况的**62%**。**原则 O（可持续韧性）**位居首位（**20%**），

凸显了循环性、效率和系统优化的重要性。**F（战略多样性）**和**K（集体参与）**紧随其后（各占**12%**），体现了灵活性和协同治理的重要性。**I（主动创新）**、**N（主动预防）**和**M（社会韧性）**（各占**10%**）进一步强化了预见、技术整合和社区能力。这些原则共同构成了反脆弱发展轨迹的结构核心，在长期愿景与适应性、包容性和创新之间寻求平衡。

Consolidated principle	Singapore	Paris	Barcelona	Tokyo	Fukushima	New-Orleans	TOTAL	%
A. Learning by Failure and Proactive Experimentation	0	0	2	2	2	0	6	2%
B. Systemic and Institutional Flexibility	0	4	0	7	0	0	11	3%
C. Collaborative Self-Organization and Self-Learning	0	0	1	0	0	0	1	0%
D. Positive Redundancy and Modularity	2	0	2	5	1	0	10	3%
F. Strategic Diversity and Optionality	7	12	8	2	8	4	41	12%
G. Decoupling of risks	4	0	0	0	1	3	8	2%
H. Reinforcement by chaos.	0	0	2	1	4	0	7	2%
I. Innovation proactive	8	16	4	0	3	4	35	10%
J. Systemic anticipation	5	0	13	0	1	7	26	8%
K. Collective Participation and Interdisciplinary Collaboration	5	10	3	7	5	12	42	12%
L. Agile Engagement	1	7	2	0	1	3	14	4%
M. Social Resilience	6	9	3	3	3	9	33	10%
N. Active prevention	2	14	3	7	3	5	34	10%
O. Sustainable resilience	13	26	10	6	6	9	70	20%
P. Shock absorption	1	0	1	0	4	2	8	2%
Total							346	100%

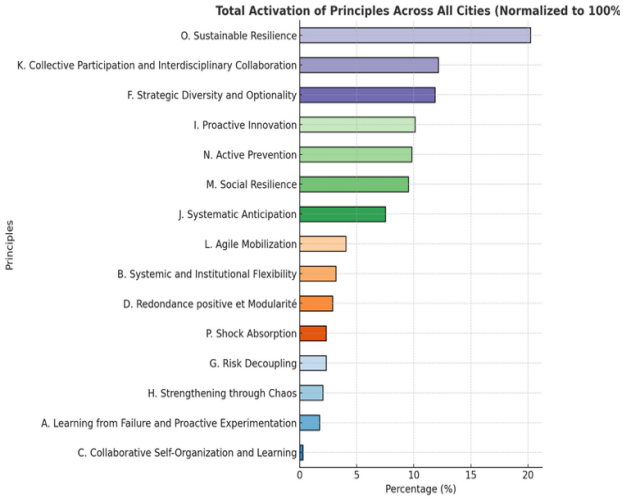


图*10.* 各反脆弱城市的最佳实践与原则激活。 来源：作者

各城市特有的原则配置。除了共同趋势之外，每座反脆弱城市都呈现出契合自身情境的定制化配置（图10和图11）。巴黎（主要激活项：**O=26**、**I=16**、**N=14**）将可持续韧性与创新相结合，并以2024年奥运会等大规模转型计划为助力。新加坡（**O=13**、**I=8**、**F=7**）提出了一个以创新、模块化和韧性系统设计为核心的紧凑型“三联体”。巴塞罗那（**J=13**、**K=10**、**F=8**）强调预见、包容性治理和战略多样性。东京（**B=7**、**K=7**、**N=7**、**O=6**）在适应性治理、预防和集体参与之间寻求平衡。福岛（**F=8**、**O=6**、**K=5**）以参与式多样性和渐进式学习为复苏奠定基础。新奥尔良（**K=12**、**M=9**、**O=9**、**J=7**）优先推进社区主导的重建，并将其与长期韧性建设相结合。

适应性配置与基础原则。反脆弱性源于因情境而异的组合，而非单一可复制的模式（图11）。纵观各案例，**O、F、K、I、M 和 N**构成了基础核心。通过有针对性的最佳实践共同激活这些原则，便能使危机成为推动转型的结构性杠杆因素。这些结果为后续探讨

原则组合（图12）以及**卓越指标**在维持反脆弱动态中的作用奠定了基础。

原则组合与战略模式。 对原则组合的分析揭示了塑造反脆弱战略的反复出现的组合（图12）。其中有三组占主导地位的组合：**F–O'**（多样性–韧性）、**N–O'**（预防–韧性）和**K–M'**（参与、社会韧性）。这些组合反复出现，且常以相反顺序出现，证实了它们在反脆弱城市构型中的结构性作用。

原则动态与战略权重。 **原则 O（可持续韧性）**成为核心轴线，形成四组关键搭配，并强化其在循环性和长期转型中的作用。**原则 I（主动创新）**出现在三个城市特有的搭配中，而同样出现在三组搭配中的**J（系统性预判）**则展现出适应多元情境的能力。值得注意的是，一些出现频率较低的原则，例如**A（从失败中学习）**和**P（冲击吸收）**，通过特定的二元组合产生了超乎其出现频率的影响。相反，**M、L、B、C、G 和 H**未出现在主导搭配中，这引出了一个解读层面的问题：这些潜在驱动因素是否通过其他机制体现，还是其理论重要性被夸大了？有必要将它们与卓越指标联系起来，以厘清它们的实际贡献。

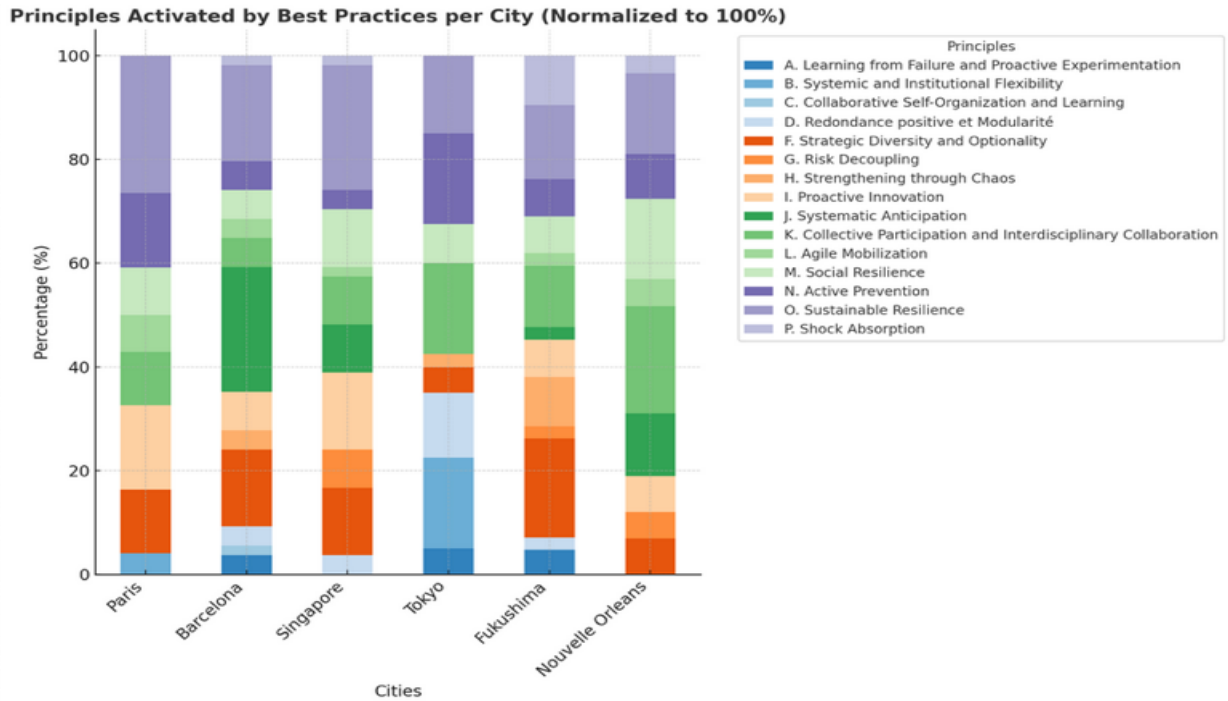


图*11*。按理论原则划分的各反脆弱城市最佳实践的分布。来源：作者 *or*

Antifragiles Principals	Paris	Barcelona	Singapore	Tokyo	Fukushima	New Orleans
A. Learning by Failure and Proactive Experimentation					A-F'	
B. Systemic and Institutional Flexibility						
C. Collaborative Self-Organization and Self-Learning						
D. Positive Redundancy and Modularity				D-B'		
F. Strategic Diversity and Optionality	F-O'		F-O'			
G. Decoupling of risks						
H. Reinforcement by chaos.						
I. Innovation proactive	I-F'		I-O'			I-J'
J. Systemic anticipation		J-F'	J-K'			
K. Collective Participation and Interdisciplinary Collaboration	K-M'					K-M'
L. Agile Engagement						
M. Social Resilience						
N. Active prevention	N-O'			N-O'		
O. Sustainable resilience	0-N'	O-F'			O-F'	O-G'
P. Shock absorption					P-O'	

图*12.* 反脆弱城市中理论原则配对的分布。来源：作者

卓越表现背后的原则：反脆弱性的信号。

在更细致的尺度上，分析筛选出得分超过其最高分**95%**的指标（图13），以检验特定原则或搭配是否持续推动卓越表现。这种深入分析揭示了原则—实践互动如何提升特定指标，从而更深入地洞察支撑反脆弱城市轨迹的机制。

在六座反脆弱城市中，**十三项指标中有八项**得到激活，但不同维度的分布并不均衡（图13）。**适应性**得到充分调动，证实这些城市具有共同的调整能力；相比之下，**优化**的激活情况则不那么一致。**持续创新**是最常见的指标，在**50%**的案例中出现，再次印证了它在主动适应中的核心作用。其他激活程度较高的指标——**学习与适应**、**危机后转型**和**行动相关性**——也表现突出，尤其是在**福岛**和**新奥尔良**。**新加坡**和**巴黎**在样本中名列前茅，各自激活了四项指标，并在创新和系统改进方面展现出稳定优势。图14展示了巴黎案例，说明卓越指标所激活的原则。

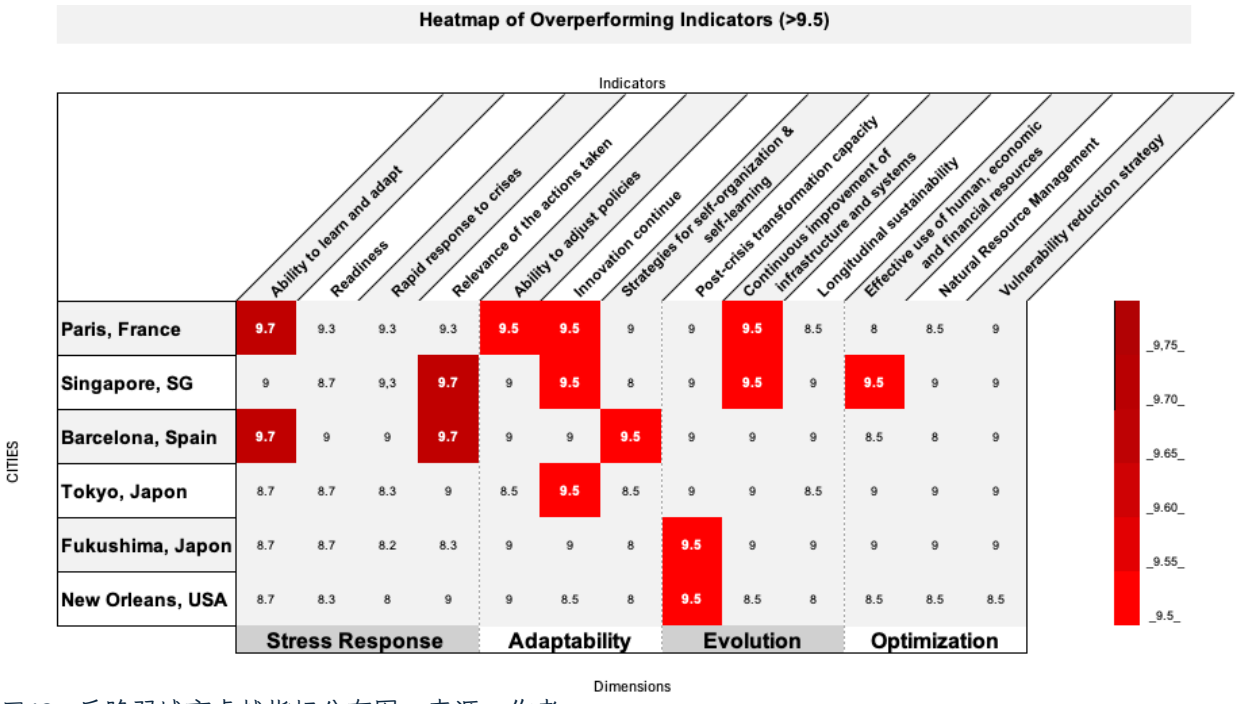


图*13*。反脆弱城市卓越指标分布图。来源：作者

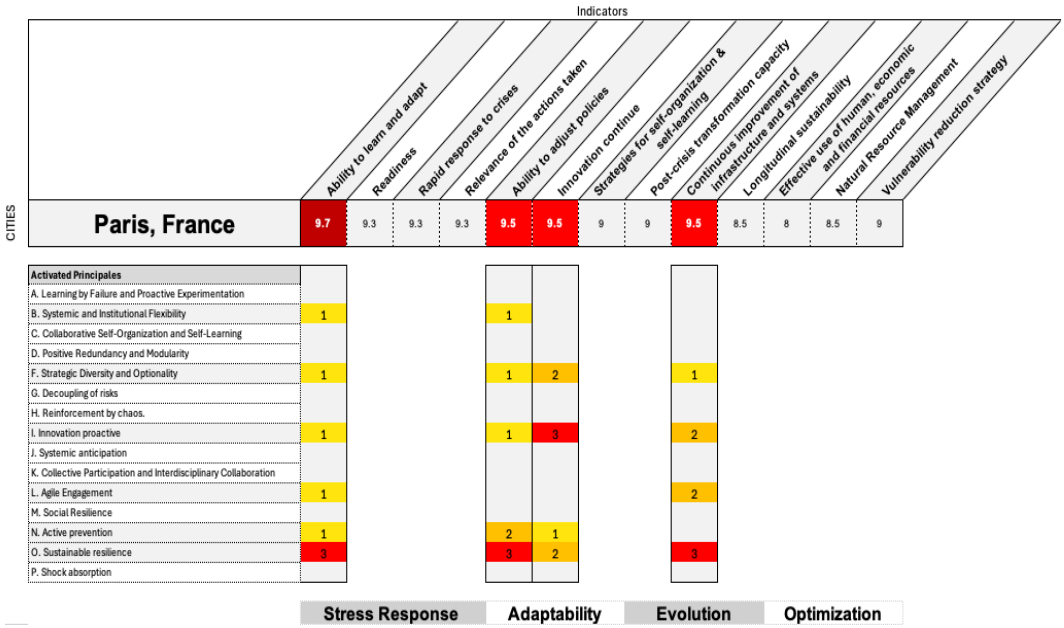


图*14*。巴黎案例研究：卓越指标所激活的原则。来源：作者

考察卓越指标所激活的原则，可以发现它们对城市反脆弱性作出了各具特色且具有战略意义的贡献。这些表现突出的指标如同诊断视角，能够找出与所研究城市的优异成果最直接相关的杠杆因素。

总体而言，结果证实**创新、学习和危机后转型**是反脆弱性的核心杠杆因素。

下一步分析是确定哪些反脆弱原则最持续地激活这些指标，从而阐明支撑反脆弱绩效的系统动态。在这方面，**持续创新**成为一项战略驱动因素。在**新加坡、巴黎和东京**，持续创新指标代表 **21%** 的原则激活（图 15），凸显了它在预见脆弱性和增强适应能力方面的贯穿性作用。其主要由 **原则 O（可持续韧性）**驱动，其次是 **I（主动创新）** 和 **F（战略多样性）**。这些原则共同促使系统在不确定性下迅速调整。值得注意的是，**F** 占近 **20%**，凸显战略灵活性对于将创新转化为持续绩效的重要性（图 16）。

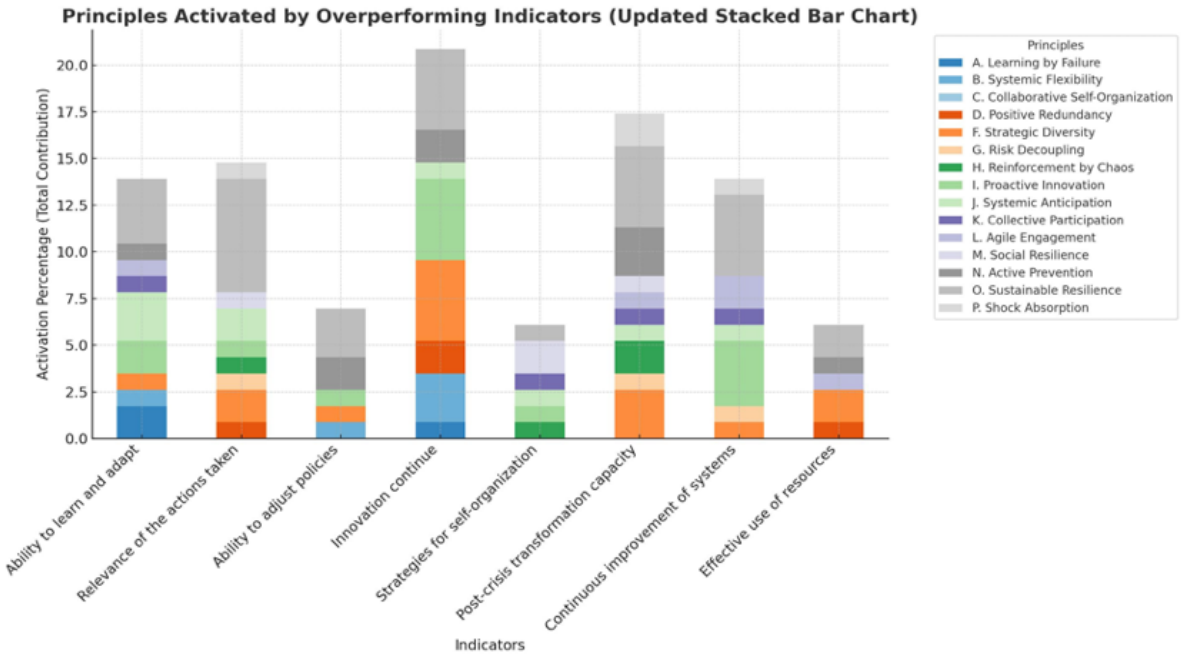
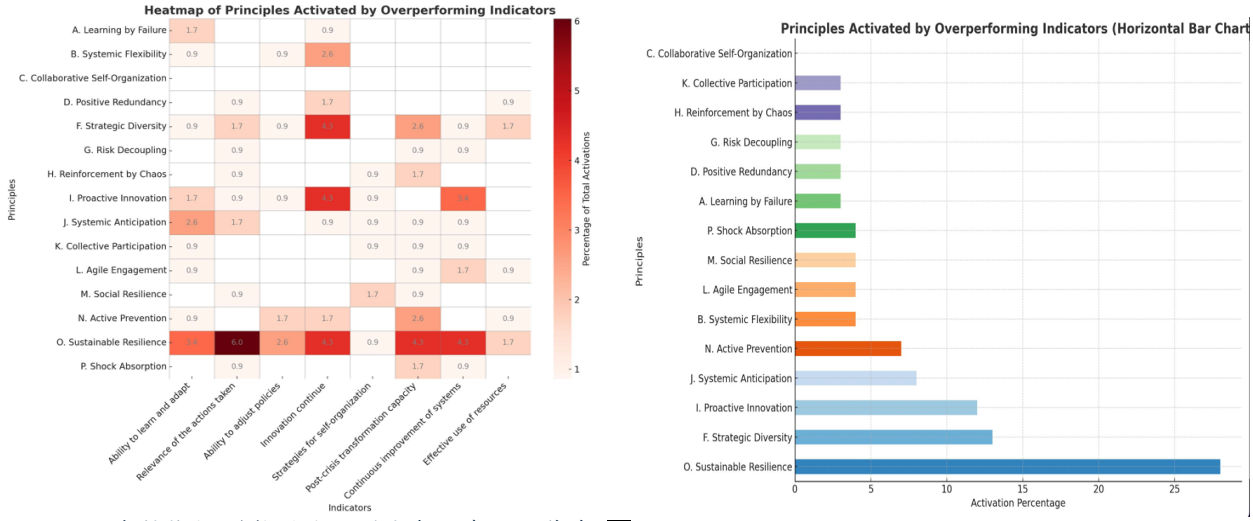


图 *15.* 卓越指标所激活原则的分布。来源：作者



*Fig*图*16*。卓越指标所激活的原则分布。来源：作者

危机后转型与战略杠杆。在**福岛**和**新奥尔良**激活的**危机后转型能力**指标，占原则激活总数的17%。该指标调动了五项互补原则：**O（可持续韧性），**为系统优化和循环性奠定基础；**N（主动预防），**着眼于主动降低风险；**F（战略多样性），**促成多种适应路径；**P（冲击吸收），**缓冲扰动并稳定关键功能；以及**H（通过混沌实现强化），**借助可控扰动推动结构更新。这些原则共同体现了一种综合方法，可将冲击转化为持久收益。

纵观所有卓越指标，三个原则尤为突出——**O、F 和 I**——占所有激活次数的**55% 以上**。**原则O**是唯一一个在**全部八项**卓越指标中均被激活的原则，这证实了它在反脆弱发展轨迹中的系统性核心地位，即使它并非主导驱动因素。

原则F有时虽在幕后发挥作用，却被证明至关重要：它对**持续创新贡献了 20%**，对**危机后转型贡献了 15%**，在不确定性下保留了选择性和灵活性。

原则I （主动创新）占总激活次数的 12%，为整合适应性解决方案提供了前瞻性动力，尤其体现在与创新和系统效率相关的指标中。

这种对原则—指标关系的分层解读，阐明了**O、F、N 和 I**各自的作用及其互补性。它们共同构成了反脆弱性的结构“语法”。

下一步是解读这些原则如何**协同激活并相互作用**，因为有效策略并非源自孤立的机制，而是源自对它们的协同编排。

超越性指标的协同激活原则分析

基于与卓越指标相关的**57项最佳实践**进行的共同激活分析，揭示了城市反脆弱性的系统性架构。热力图（图17）突显了最常见的成对组合，并证实了四项原则的战略核心地位：**F（战略多样性）、O（可持续韧性）、I（主动创新）和N（主动预防）**。这些原则共同出现在**57组**共同激活组合中的**47组**（占**82%**），凸显了它们的基础性作用。仅**O**就出现在**32组（56%）**中，证实了它既是概念锚点，也是推动反脆弱转型的实践动力。总体而言，结果表明，反脆弱性并非源于孤立的措施，而是来自核心原则之间**协同互补性**的有序组织。

图18 综合展示了反脆弱性原则如何在与 **卓越指标**相关的最佳实践中 **协同激活** 。每项原则都由外环上的一个扇区表示，扇区宽度及括号中的数字表示该原则在共同激活事件中的出现频率。连接带（弦带）展示了哪些原则在同一项最佳实践中被共同激活；带状连线的粗细反映了各组合的重复出现频率。该图揭示了一种结构清晰的架构：少数原则汇聚了大多数共同激活，其中 **可持续韧性（O / O’）** 成为主要枢纽，并反复与其他高杠杆原则相结合，例如 **战略多样性（F）、I（主动创新）** 以及 **主动预防（N）**。总体而言，该图证实，最强的反脆弱绩效并非由孤立的原则带来，而是源自 **反复出现的互补性——**在这些稳定的组合中，韧性导向措施会得到多样性、预防、创新和参与机制的系统性强化。

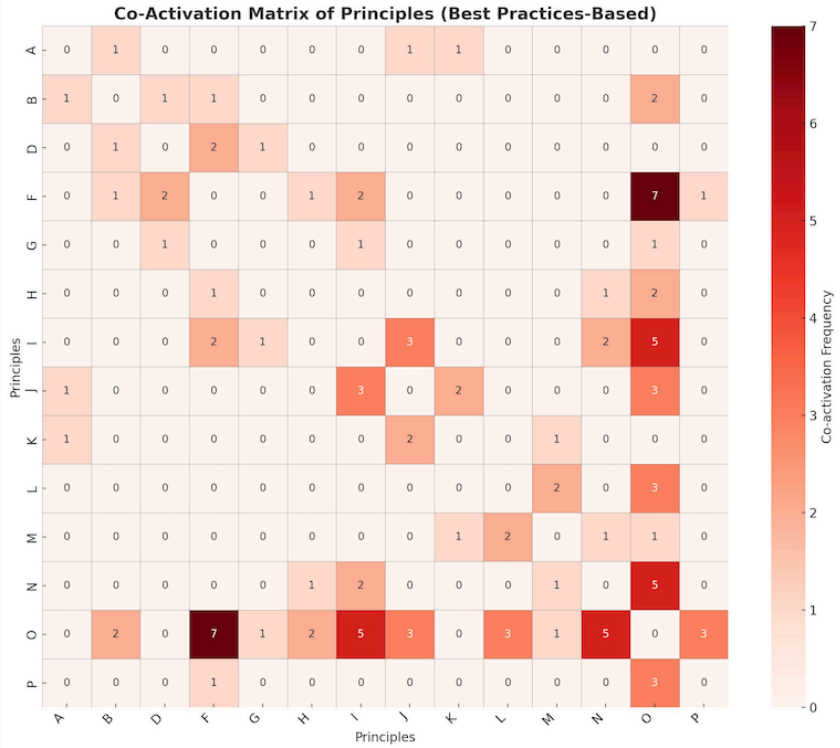


图*17.* 协同激　活卓越指标所激活原则的热力图。来源：作者

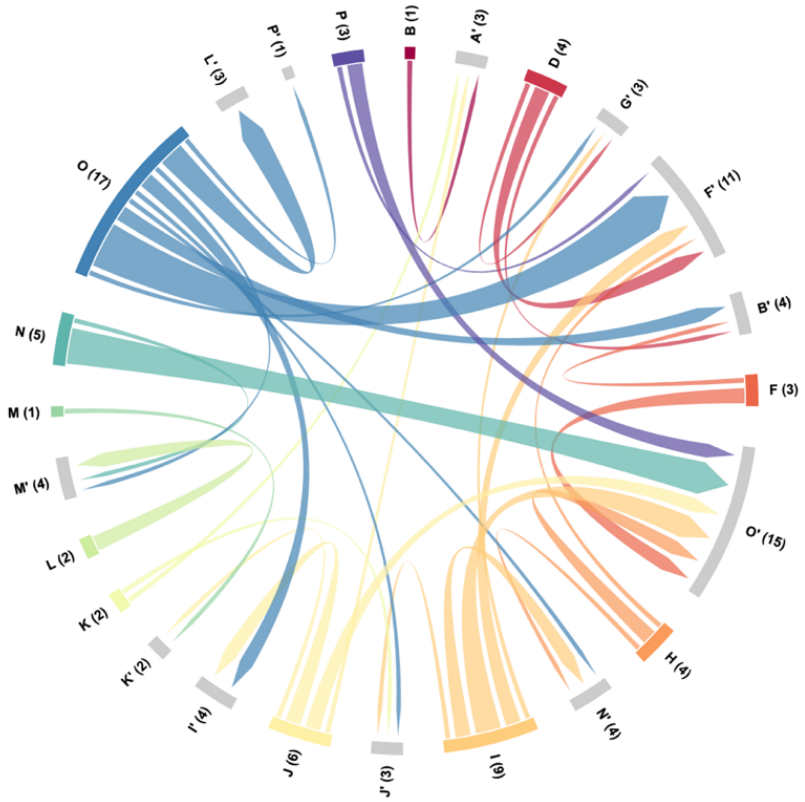


图*18.* 卓越指标所激活原则的共激活弦图。来源：作者

从集群到城市战略

图17和图18揭示了三个连贯的原则集群，这些集群通过高频共现（3至7次）识别出来，构成了反脆弱城市战略的架构。图19通过呈现15项反脆弱性原则及其背后的三个集群，汇总了这些结果；这些集群支撑着在表现最佳的城市中观察到的变革动态。首先，由四项原则构成的**“核心”**奠定了反脆弱性的基石：**F（战略多样性）、O（可持续韧性）、I（主动创新）和N（主动预防）**。它们共同确保灵活性、长期稳健性、持续演进和风险预判。它们之间紧密的联系——尤其是**F–O（7）、I–O（5）和N–O（5）**——证实了这些原则在组织适应性和可持续的危机应对方面发挥着核心作用。其次，一组**“强化”原则——J（系统性预判）、L（敏捷动员）和P（冲击吸收）**——通过提升响应性、缩短适应时间来强化核心。它们经常与骨干原则共同激活，尤其体现为**J–O（3）、L–O（3）、P–O（3）和J–I（3）**；这些原则发挥加速器作用，推动更快速、更有效的实施。第三，一组**“桥梁”原则**虽不常出现，却具有重要的战略意义，包括**B（制度灵活性）、D（冗余）、G（风险解耦）、H（通过混沌实现强化）、K（集体参与）和M（社会韧性）**。当这些原则与核心相连时，便能使策略适应地方条件，提升地域适配性并强化系统连贯性。总的来说，这些集群表明，反脆弱性源于**基础原则**、**运行促成因素**和**情境桥梁**之间的动态互动，由此形成一个兼具灵活性与稳健性、能够支撑变革性城市韧性的框架。

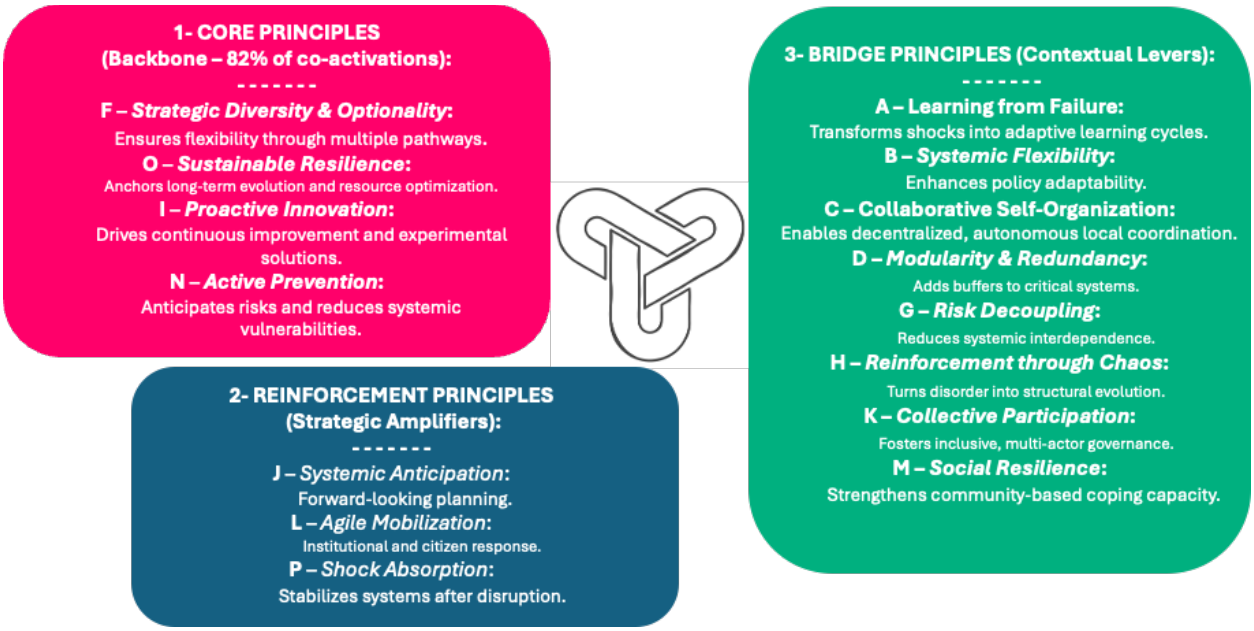


图*19*。*15*项反脆弱原则：推动城市转型的动态。来源：作者 *r*

理论框架的全面激活。除**C（协同自组织）**外，所有理论原则都至少出现在一个共现对中，这支持了反脆弱性模型的整体稳健性。激活频率较低不应被解读为缺乏相关性；这可能反映了分析工具的局限、案例选择效应，或某些原则高度依赖具体情境。即使出现频率较低，这些原则仍具有战略价值，往往通过针对地方需求和约束的定向贡献发挥影响。

对城市规划的战略启示。研究结果证实，反脆弱性源于**协同激活原则的编排**，而非孤立行动。表现领先的城市——**新加坡、巴塞罗那、巴黎和福岛**——始终调动一组核心原则（**F–O–I–N**），并根据优先事项和冲击特征（例如，应对气候相关风险时采用**O 和 N**；支持经济复苏和创新时采用**F 和 I**；灾后情境中采用**J 和 P**），辅以**J、L 和/或 P**。这种集群逻辑支持**模块化规划方法**：首先巩固韧性基础（**O、F**），然后融入创新（**I**）、预见（**J**）以及情境特定杠杆因素（如**N**和**K**），以增强合法性和实施能力。因此，反脆弱策略通过动态组合逐步成形，其中**O、I、**和 **N**发挥主要驱动作用，并由**F、L、J 和 P**予以强化，从而构建适应性强、可扩展且具变革力的城市系统，进而完善框架并提升其实际应用相关性。

讨论

分析从多个连续视角展开，逐步弥合理论模型与观察到的城市转型之间的差距。从主导策略到已激活原则，每一步都深化了对反脆弱动态的理解，并采用漏斗式方法，揭示与高绩效最为稳定相关的机制和组合。

关键发现与战略动态。在评估的26座城市中，**创新与技术增强的韧性**成为最有效的策略（**86.9/100**），共有七座城市采用，其中五座跻身前十名。每一分析层面均印证了这一模式，表明反脆弱发展轨迹取决于**跨维度协同**，尤其是**学习、创新与危机后转型**之间的协同。

被归类为反脆弱的城市在这些维度上始终表现出色，展现出持续适应并将扰动转化为战略更新驱动力的能力。对最佳实践的关注进一步凸显出四项核心原则——**O（可持续韧性）、F（战略多样性）、I（主动创新）和 N（主动预防）**。这些原则反复出现、相互强化，构成了城市反脆弱性的支柱。围绕这一核心，次要原则发挥适应性支撑作用，根据具体情境需求加以启用，并助力提升整体系统稳健性。

主导原则、支持原则与潜在原则。结果证实**O、F、I 和 N**是反脆弱战略的结构性支柱。第二层支持原则——**J（系统性预判）、L（敏捷动员）和 P（冲击吸收）**——增强了响应性与运营敏捷性，尽管它们本身并非始终具有催化作用。尤其是**P**，在高绩效配置中更为突出；而**K（集体参与）**起初虽较为显著，但在主导性组合中出现的频率较低。

图17和图18展示了这些原则在协同激活模式中的显著程度，进一步印证了它们的系统相关性。相比之下，文献中经常强调的几项原则——**C（协作式自组织）、H（通过混沌实现强化）、D（冗余）、G（风险解耦）和 A（从失败中学习）**——在主导配置中仍处于边缘地位或缺席（图 **20**）。这些原则的激活程度有限，并不意味着它们可能作出的贡献无效；相反，这或许反映了它们在城市策略中的形式化程度较低、其部署因具体情境而异且未被指标捕捉，

或者受到测量与分类方面限制的影响。

如图20所示，理论上的突出地位与实证层面的激活之间存在差距——尤其是 **C** 和 **H**——这表明有必要进一步考察 **非正式治理**、 **基层适应**以及其他常规指标可能无法捕捉的潜在动态。相反， **N** 和 **P**有时虽被视为次要因素，却在危机管理中表现出很强的激活程度，凸显了它们在限制结构性影响、创造转型条件方面的作用。总体而言，这些结果要求重新校准某些理论假设，并强调在将反脆弱城市策略付诸实践时 **实证验证** 的价值。

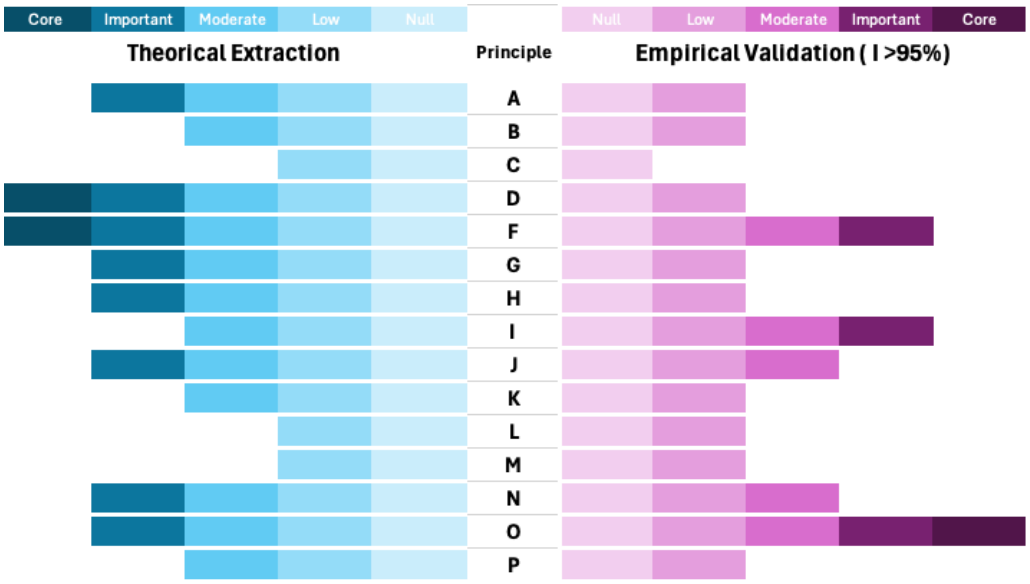


图*20。15*项原则：理论与实证——工具箱验证。来源：作者

检测缺失与情境相关性。理论上的显著性与实证中的可见度之间存在差异，尤其是对于**C（自组织）**、**H（通过混沌实现强化）**和**G（风险解耦）**等原则，部分原因可归结为**检测缺失**。这些原则缺乏标准化且广泛可用的指标，因此难以通过传统城市数据系统加以捕捉。其概念基础往往具有跨学科性和实验性，不易转化为主流政策工具或基准评估工具。

情境同样具有决定性作用。有些原则主要在特殊条件下才会发挥作用，例如严重冲击、级联故障或长期恢复阶段；因此，如果样本中这类事件有限或完全缺失，这些原则的代表性可能不足。**时间性**进一步增加了解读的难度：某些概念虽然在理论上影响深远（如**H**），但在实践层面尚未成熟；另一些概念则可能已在实践中得到应用，却未在学术或政策语言中明确界定。反过来，新兴方法（如数据驱动的预防）可能未能充分反映在较早的文献中，导致理论认知滞后。同时，随着城市风险状况和治理挑战不断演变，既有原则的重要性也可能随之改变。这些张力共同凸显了构建**适应性框架**的必要性，使其能够兼顾新兴实践与潜在动态。

配对与共同激活的力量。反脆弱性并非源于孤立的原则，而是源于**协同组合**。反复出现的**F–O**、**I–O**和**N–O**揭示了一种战略架构，其中多样性、创新、可持续韧性与预见相互强化。从这个意义上说，城市稳健性是通过精心协调的互动产生的，而非由某个单一的“明星”原则主导。

共同激活体现了**适应性智能**：一些城市将**L（敏捷动员）**与**I（主动创新）**配对，另一些城市则将**N（主动预防）**与**O（可持续韧性）**结合——每种配置都根据当地的约束条件、能力和冲击特征进行了校准。这种灵活性证实，反脆弱性拒绝标准化；它通过战略配对不断重组，既减少脆弱性，又为演化开辟路径。这些发现表明，需要一种优先考虑**关系逻辑**而非静态列表的框架。识别高绩效配对，能够为城市提供一份可执行路线图，用于分配资源、协调参与者并同步转型。从这一视角看，反脆弱性变得可操作：一种通过战略互补性锻造的加速机制。

构建概念框架。理论与实证洞见的交汇，要求建立一个兼顾概念丰富性与明确优先事项的框架。核心原则——**F、I、O,** 以及 **N**——构成了基础。较少被激活的原则——**C、H、A,** 以及**G,** ——仍具有战略潜力，更适合作为**情境杠杆**，尤其适用于极端情境、实验性政策环境或创新驱动的转型。分析还得出了以下几项指导方针：

- **保持多元性：**与其排斥激活程度较低的原则，不如将其整合为“卫星”要素，并根据具体情境决定是否激活。
- **厘清横向作用：**诸如**B（系统灵活性）**这样的原则，即使不太显眼，也可能作为跨领域的促成因素，作用于多项策略。
- **完善测量：**通过田野调查、过程追踪和网络分析，为复杂动态（如混沌、自组织）制定适用的指标。
- **与可持续发展目标保持一致：**将各项原则与相关的全球目标（如**可持续发展目标9**、**可持续发展目标11**）相联系，以加强机构采纳并提升可比性。

归根结底，框架的稳健性在于其**共同演化**的能力。新的原则将不断涌现，现有原则也将通过改进测量工具而获得更深入的分析。城市反脆弱性植根于理论与实践之间持续的对话，并非静态模型，而是一种不断演进的转型架构。

结论

本研究将城市反脆弱性从概念性命题推进为循证操作框架。研究以十五项理论原则为起点，对26座城市进行了实证评估，并通过两阶段诊断流程，将其发展轨迹置于脆弱性—稳健性—韧性—反脆弱性连续谱上：（i）使用SRS指数对危机应对进行基准评估；（ii）使用UDT框架验证长期转型。

关键在于，反脆弱性被视为< стиль id='1'>均衡的系统绩效状态，而不仅仅是各项得分的汇总，因此要求每个UDT维度都超过规定阈值。这种基于规则的验证增强了结果的可解释性，并明确了能够有效恢复的城市与利用扰动实现结构性收益的城市之间的差异。

有三项实质性发现尤为突出。首先，策略比较评估表明，**创新驱动的危机应对**始终与更高的有效性相关：“创新与技术增强的韧性”成为最强的类型（**86.9/100**），有七个城市采用了这一类型，其中五个城市位列SRS表现优异者之列。

其次，UDT诊断确认了包括新加坡、巴黎、巴塞罗那、东京、福岛和新奥尔良在内的**六条反脆弱发展轨迹**；与此同时，其他高绩效SRS案例由于各维度之间的平衡性较弱，仍被归类为韧性案例。

第三，通过最佳实践映射和协同激活分析，将结果转化为机制的过程揭示出，反脆弱绩效并非主要由孤立的干预措施驱动，而是由各项原则之间**反复出现的互补性**所驱动。

从机制层面看，分析识别出一个连贯的战略架构，其围绕四项原则构成的“核心”展开：**O（可持续韧性）、F（战略多样性）、I（主动创新）和 N（主动预防）**。

这些原则主导协同激活，并构成大多数高绩效配对的基础，这表明反脆弱性源于多种能力的结合：优化系统（O）、保持选择性（F）、持续创新（I）以及主动降低风险（N）。第二层级的“强化”原则——预见、敏捷动员和冲击吸收——则发挥加速器作用，缩短响应时间，并支持在压力下实施。其他“桥接”原则则有助于因地制宜，帮助城市根据不同的灾害特征、治理配置和社会经济条件调整核心架构。

除了验证该框架外，本研究还提出了可付诸行动的规划启示：城市可以通过**模块化战略逻辑**将反脆弱性付诸实践——先巩固韧性基础（O、F），再整合创新与预见能力（I、J/L），最后激活因地制宜的杠杆因素（如预防、参与），以确保合法性和实施能力。从这个意义上说，**反脆弱性成为一种以已验证的绩效为基础、结构化且适应性强的工具箱，也成为构建与可持续发展目标相契合的应用模型的基础，将原则、高影响力配对和可测量指标联系起来**。

参考文献

法国开发署（AFD）。（2016年）。《预见与适应：构建城市韧性》。巴黎：AFD。Bangui, H.（2022年）。《迈向反脆弱关键基础设施系统》。《城市韧性研究杂志，*14*（3），234–256。Blečić, I., & Cecchini, A.（2020年）。《反脆弱规划》。《规划理论，*19*（2），172–192。Davoudi, S.（2012年）。《韧性：一种桥接概念还是死胡同？》《规划理论与实践，*13*（2），299–333。de Bruijn, H., Größler, A., & Videira, N.（2019年）。《反脆弱性作为设计准则》。《系统研究与行为科学，*37*（1），23–37。

dos Passos, D. S., Coelho, H., & Sarti, F. M.（2018年）。《从韧性到反脆弱性》。《城市复杂性，*25*（1），88–104。Equihua, M., Espinosa, M., Gershenson, C., López-Corona, O., & Munguía, M.（2020年）。生态系统反脆弱性。*PeerJ*，*8*，e8533。Fields, B., Ketter, P., & Gonzalez, J.（2016年）。城市复杂性与适应性基础设施。《城市研究评论，*28*（4），201–225。Florio, M.（2020年）。适应性治理与反脆弱性。《政策与复杂性，*17*（3），77–98。Ganin, A., 等（2016年）。城市韧性的操作化。《风险分析期刊，*34*（5），276–302。Grassé, P.-P.（1959年）。通过印迹行为重建动物世界。《昆虫学评论，*26*（1），1–33。Holling, C. S.（1973年）。生态系统的韧性与稳定性。《生态学与系统学年度评论，*4*，1–23。Jacobs, J.（1961年）。《美国大城市的死与生》。纽约：兰登书屋。Johnson, N.（2013年）。反脆弱性测量框架。《复杂性科学期刊，*11*（4），321–339。Lamarck, J.-B.（1809年）。《动物学哲学》。巴黎：Dentu。Medina, C. T.（2018年）。麦德林的城市再生。*UPLanD*，*3*（1），47–54。Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M.（2016年）。界定城市韧性。《景观与城市规划，*147*，38–49。Muggah, R., & Savage, K.（2012年）。城市暴力与韧性策略。《国际城市安全研究期刊，*19*（4），301–326。Munjin Paiva, J.（2016年）。反脆弱建筑。《建筑研究季刊，*20*（4），267–288。Munoz, P., & Cohen, B.（2022年）。韧性与反脆弱性。《商业战略与环境，*31*（1），56–73。Nietzsche, F.（1888年）。《瞧，这个人》。莱比锡：Insel 出版社。Notarstefano, G.（2022年）。可持续性与反脆弱性。《城市可持续发展期刊，*15*（2），112–128。Platje, J.（2015年）。新制度经济学与反脆弱性。《经济可持续发展期刊，*19*（3），44–72。Redmond, T.（2023年）。反脆弱城市。《智慧城市期刊，*8*（1），76–98。Roggema, R.（2021年）。城市景观中的冗余。《城市规划评论，*32*（3），245–269。Shafique, T.（2016年）。反脆弱城市主义。《城市研究期刊，*22*（3），87–104。Taleb, N. N.（2007年）。《黑天鹅：如何应对不可预知的未来》。纽约：兰登书屋。Taleb, N. N.（2012年）。《反脆弱：从不确定性中获益》。纽约：兰登书屋。Timashev, S.（2020年）。黑天鹅型灾难。《风险分析期刊，*28*（2），189–214。联合国人居署。（2021年）。《城市与大流行病：迈向更加公平、绿色和健康的未来》。内罗毕：联合国人类住区规划署。Wahba, S.（2021年）。重建得更加强韧：韧性与反脆弱城市系统。《全球城市战略，*22*（3），98–120。