

$$\begin{aligned}
 & \text{Min } \theta_k^t \\
 \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t x_{ij}^t \leq \theta_k^t x_{ik}^t, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t y_{rj}^t \geq y_{rk}^t, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t = 1, \quad \theta_k^t, \lambda_{jk}^t \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

模型(1)中, θ_k^t 表示第k个决策单元的效率, λ_{ij}^t 表示第k个决策单元对第j个决策单元资源配置水平的认可程度, 即影响程度。如果 $\lambda_{ij}^t=0$, 说明第j个决策单元对第k个决策单元不存在影响关系; 反之, 当 $\lambda_{ij}^t>0$, 说明第j个决策单元对第k个决策单元具有影响作用。

第t种类型DEA-VRS模型下, 第i种投入的 λ_{ij}^t 标准化参考程度 $IW_{ij}^{t,k}$ 的计算方法如式(2)所示:

$$IW_{ij}^{t,k} = \frac{\lambda_{jk}^t x_{ij}^t}{\sum_{j \in E} \lambda_{jk}^t x_{ij}^t}, \quad 0 < IW_{ij}^{t,k} \leq 1 \tag{2}$$

那么, 第r种产出的 λ_{ij}^t 标准化参考程度 $OW_{ij}^{t,k}$ 的计算方法如式(3)所示:

$$OW_{rj}^{t,k} = \frac{\lambda_{jk}^t y_{rj}^t}{\sum_{j \in E} \lambda_{jk}^t y_{rj}^t}, \quad 0 < OW_{rj}^{t,k} \leq 1 \tag{3}$$

第j个决策单元对第k个决策单元的影响力计算方法如式(4)所示:

$$IOW_{jk}^t = \frac{1}{m+s} \left(\sum_{i=1}^m IW_{ij}^{t,k} + \sum_{r=1}^s OW_{rj}^{t,k} \right) \tag{4}$$

对 $W = (2^m - 1)(2^s - 1)$ 种 IOW_{ij}^t 进行加和, 得到 $n \times n$ 的邻接矩阵A, 以反映第j个决策单元对第k个决策单元的综合参考关系, 求每个节点的 α 中心度, 方法如下:

$$I = \alpha \times A \times I + e \tag{5}$$

在式(5)中, α 为0.05的常数, e 为单位向量。求解列向量I的每个分量 I_j 为第j个决策单元的影响力值, 反映该决策单元对其他决策单元的影响力大小。

实证结果分析

(一) 指标选择及数据来源

考虑到数据指标的可获得性, 选取2019-2021年全国66个创新型城市作为研究对象。每个城市的指标包括: 一是投入变量指标, 包括R&D人员全时当量、R&D经费内部支出。二是产出变量, 包括技术市场技术合同输出金额、人均GDP和工业企业利润总额。所有数据均来自《中国城

表1: 2019-2021年创新型城市影响力

排名	2021年		2020年		2019年	
	城市	影响力	城市	影响力	城市	影响力
1	北京	461.46	北京	594.51	北京	764.90
2	成都	301.08	武汉	465.62	重庆	577.94
3	龙岩	300.65	合肥	457.88	吉林	575.25
4	吉林	283.83	佛山	370.15	玉溪	555.40
5	重庆	266.33	吉林	273.83	上海	339.01
6	佛山	251.76	玉溪	244.09	武汉	171.74
7	深圳	212.77	哈尔滨	228.63	深圳	168.32
8	苏州	152.04	龙岩	192.72	佛山	97.94
9	东莞	138.72	深圳	175.49	包头	78.81
10	西安	130.05	重庆	153.87	泉州	67.03
11	南京	111.48	西安	149.77	景德镇	23.81
12	杭州	91.58	泉州	149.24	郑州	22.07
13	泉州	49.23	上海	120.88	龙岩	11.50
14	合肥	35.89	厦门	81.61	无锡	1.00
15	上海	26.52	衡阳	37.73	徐州	1.00
16	洛阳	13.13	太原	29.42	常州	1.00
17	哈尔滨	7.31	洛阳	20.52	苏州	1.00
18	厦门	4.04	包头	13.98	南通	1.00
19	石家庄	2.95	盐城	11.89	连云港	1.00
20	盐城	1.00	郑州	2.70	盐城	1.00
21	扬州	1.00	景德镇	1.15	扬州	1.00
22	镇江	1.00	杭州	1.08	镇江	1.00
23	泰州	1.00	乌鲁木齐	1.07	泰州	1.00
24	连云港	1.00	泰州	1.00	杭州	1.00
25	宁波	1.00	宁波	1.00	宁波	1.00
26	嘉兴	1.00	嘉兴	1.00	嘉兴	1.00
27	绍兴	1.00	绍兴	1.00	绍兴	1.00
28	福州	1.00	福州	1.00	福州	1.00
29	无锡	1.00	镇江	1.00	厦门	1.00
30	唐山	1.00	南京	1.00	南京	1.00
31	徐州	1.00	唐山	1.00	银川	1.00
32	济南	1.00	济南	1.00	唐山	1.00
33	乌鲁木齐	1.00	石家庄	1.00	昆明	1.00
34	烟台	1.00	烟台	1.00	烟台	1.00
35	潍坊	1.00	潍坊	1.00	潍坊	1.00
36	济宁	1.00	济宁	1.00	济宁	1.00
37	广州	1.00	广州	1.00	广州	1.00
38	银川	1.00	扬州	1.00	兰州	1.00
39	兰州	1.00	银川	1.00	宝鸡	1.00
40	宝鸡	1.00	东莞	1.00	东莞	1.00
41	海口	1.00	海口	1.00	海口	1.00
42	大连	1.00	大连	1.00	大连	1.00
43	沈阳	1.00	沈阳	1.00	沈阳	1.00
44	长春	1.00	长春	1.00	长春	1.00
45	玉溪	1.00	兰州	1.00	贵阳	1.00
46	南通	1.00	宝鸡	1.00	哈尔滨	1.00
47	昆明	1.00	昆明	1.00	合肥	1.00
48	芜湖	1.00	芜湖	1.00	芜湖	1.00
49	马鞍山	1.00	马鞍山	1.00	马鞍山	1.00
50	南昌	1.00	南昌	1.00	南昌	1.00
51	景德镇	1.00	连云港	1.00	石家庄	1.00
52	太原	1.00	南通	1.00	太原	1.00
53	郑州	1.00	苏州	1.00	济南	1.00
54	常州	1.00	常州	1.00	洛阳	1.00
55	武汉	1.00	贵阳	1.00	乌鲁木齐	1.00
56	宜昌	1.00	宜昌	1.00	宜昌	1.00
57	襄阳	1.00	襄阳	1.00	襄阳	1.00
58	长沙	1.00	长沙	1.00	长沙	1.00
59	株洲	1.00	株洲	1.00	株洲	1.00
60	衡阳	1.00	徐州	1.00	衡阳	1.00
61	呼和浩特	1.00	呼和浩特	1.00	呼和浩特	1.00
62	包头	1.00	无锡	1.00	西安	1.00
63	贵阳	1.00	成都	1.00	成都	1.00
64	青岛	1.00	青岛	1.00	青岛	1.00
65	天津	1.00	天津	1.00	天津	1.00
66	南宁	1.00	南宁	1.00	南宁	1.00