

# 基于电力大数据的上海市经济发展指数模型构建与应用

奚增辉, 王卫斌

国网上海市电力公司互联网部, 上海  
Email: xizh@sh.sgcc.com.cn, wangwb@sh.sgcc.com.cn

收稿日期: 2021年5月13日; 录用日期: 2021年5月27日; 发布日期: 2021年6月9日

## 摘要

电力需求变化长期以来被认为是社会经济运行的“晴雨表”和“风向标”，通过对用电大数据的分析，可以监测经济社会发展水平，服务政府城市治理。然而，现阶段对于全面监测和综合反映城市经济发展的电力指数产品较为缺乏，一般仅针对电力消费、复工复产等某一经济发展局部情况，难以多元有效衡量城市整体经济发展水平。本文从2021年上海市政府工作目标入手，以电力大数据为基石，构建上海市经济发展电力指数，从经济景气、节能环保、产业升级、重点关注领域多方面科学评估城市经济发展，并对过去一年上海经济的发展情况进行分析。

## 关键词

电力大数据, 上海市经济发展, 指数模型

# Construction and Application of Electricity Big Data Based Index Model for Shanghai Economic Development

Zenghui Xi, Weibin Wang

Internet Department of State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company, Shanghai  
Email: xizh@sh.sgcc.com.cn, wangwb@sh.sgcc.com.cn

Received: May 13<sup>th</sup>, 2021; accepted: May 27<sup>th</sup>, 2021; published: Jun. 9<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Changes in electricity demand have long been regarded as the “barometer” and “weathervane”

of social and economic operations. Through the analysis of big data on electricity consumption, the level of economic and social development can be monitored and served for government's city governance needs. However, at this stage, there is a lack of electric power index products that comprehensively monitor and reflect the city's economic status. Generally, current electric power index products only target certain economic fields such as electric power consumption, resumption of work and production during the COVID-19 outbreak, and it is difficult to effectively measure the city economic development level from a comprehensive perspective. This article starts with the goals of the Shanghai Municipal Government in 2021, and uses electric power big data as the cornerstone to construct the Electricity-based Shanghai Economic Development Index. Based on the index, an analysis is given on the economic development of Shanghai in the past year.

## Keywords

Electricity Big Data, Shanghai Economic Development, Index Model

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2021年,上海市“五个中心”建设进入全面冲刺阶段,经济作为城市整体发展的重要基础,是政府提升城市治理、增强民生福祉的关键前提。现有研究表明,电力消费数据能够有效预判经济走势,是区域经济发展的先行指标[1][2][3]。因此,从电力数据出发,结合不同产业、行业、地理维度,多视角反映城市经济发展情况成为一种可行的评估方法。谈一鸣等在《基于经济分析的上海电力景气研究》中以上海全社会用电量的累计同比值构建了上海市电力景气指数,并结合其他经济统计变量计算扩散指数和合成指数[4]。新冠疫情期间,各省电力公司也开展了基于用电量等基础数据的“企业复工复产电力指数”研究,以满足地方政府对企业有序复工的监测需求[5][6][7][8]。然而,这些电力指数仅聚焦于经济景气度或经济增长这一方面,而未能从经济结构、经济活力、经济可持续性等维度对经济发展进行多方面诊断,分析视角单一。因此,为更好地支撑上海经济发展,全面提升政府决策水平,本文构建了基于电力数据的上海市经济发展指数,包含经济景气指数、节能环保指数、产业升级指数、重点领域指数4个二级指数,以及城市运作状态指数、城市发展态势指数等11个三级指数。

## 2. 上海市经济发展电力指数构建过程

### 1) 指数体系介绍

本文采用自上而下的分析体系,层层解读上海市经济发展水平,提供由宏观至微观层面的量化经济评估。为切实贴近政府治理需求,以《2021年上海市政府工作报告》为依据,总结归纳政府今年在经济领域的关注重点和工作目标。总体说来,上海市经济发展水平可从经济增速、经济活力、经济结构、经济可持续发展、以及重点关注领域几个维度进行评估,此外结合电力数据所能反映的行业特性,构建“上海市经济发展电力指数”体系,见表1。

三级指数的数据内容和计算方法如表2。

**Table 1.** The electricity-based Shanghai economic development index system  
**表 1.** 上海市经济发展电力指数体系

一级指数	二级指数	三级指数
上海市经济发展电力指数	经济景气指数	城市运作状态指数
		城市运行热度指数
		城市发展态势指数
		城市建设投资指数
	绿色环保指数	重点排污单位生产指数
		电能替代指数
	产业升级指数	高端制造业发展指数
		高端服务业发展指数
		数字经济发展指数
	重点领域指数	夜间经济电力指数
		商圈经济电力指数

**Table 2.** Third level index calculation method  
**表 2.** 三级指数计算方法

三级指数	指数计算方法	类型
城市运作状态指数	全市月度售电量同比	+
城市运行热度指数	同比全市月度最高负荷同比	+
城市发展态势指数	全市本年累计新增容量	+
城市建设投资指数	房地产业月度售电量同比	+
重点排污单位生产指数	全市企业月度用电量、负荷、容量线性加权	-
电能替代指数	全市月度电能替代电量同比	+
高端制造业发展指数	专用设备制造业、医药制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业等高端制造业月度售电量同比	+
高端服务业发展指数	信息传输、软件和信息技术服务业、金融业、租赁和商务服务业等高端服务业月度售电量同比	+
数字经济发展指数	互联网和相关服务、软件和信息技术服务业月度售电量同比	+
夜间经济电力指数	夜间用电量占比、夜间高峰用电时长占比、夜间用电占比景气程度、夜间高峰用电时长占比景气程度、夜间复产率的线性加权	+
商圈经济电力指数	商圈企业活跃度、商圈企业达产率的线性加权(商圈活跃企业指达产率大于 60%的企业)	+

注：“+”代表正向指标，“-”代表逆向指标。

该指数体系的构建逻辑如下：

- 城市运作状态指数和城市运行热度指数分别使用月度用电量及用电最高负荷的同比，体现剔除季节因素后当月经济扩张速度和经济运行峰值情况，从而能够较为灵敏地反映当月经济增速。
- 城市发展态势指数使用全市本年累计新增容量，从接电需求角度反映经济活动的未来增长潜力，城市建设投资指数则从房地产行业用电量变化出发，评估建设用地的投资扩张速度，从城市建设角度反映经济活力。

- 重点排污单位生产指数和电能替代指数分别从污染程度和电能替代角度一正一负两个方面衡量绿色环保水平,体现了经济的可持续发展性。其中重点排污单位生产指数的计算综合考虑了大气、水、土壤等各污染类型企业的用电量、负荷、容量数据。
- 制造业、服务业和数字经济是政府近年来重点关注的产业,影响着城市经济结构向高端化、高效化、数字化的转型调整,因而基于高端制造业、高端服务业和互联网行业月度售电量同比值设立高端制造业指数、高端服务业和数字经济发展指数,以反映经济结构的优化程度。
- 夜间经济和商圈经济也是市政府特别强调的经济领域,因此利用多种电力指标线性加权计算夜间经济电力指数和商圈经济指数,对城市经济发展的两个较小方面进行测度。

## 2) 数据处理

由于评价体系所包含指标的含义、单位和统计口径差异,需要在计算前对指标数据进行统一标准化处理。本文涉及的数据前期处理方法包括去量纲化处理和同趋势化处理。

### • 指标的去量纲化处理

由于各项指标的量纲存在差异,数值大小缺乏可比性,因此我们需要对指标进行无量纲化处理,将数据映射到[0, 1]范围内。本报告采用采用最大-最小归一化方法,对原始数据进行线性变换,公式如下:

$$x' = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad (1)$$

$x$  为归一化处理前的指标,  $x'$  为归一化处理后的指标,  $\max$  和  $\min$  为该指标在分析期间的最大值和最小值。

### • 指标的同趋势化处理

由于评价体系内容的多样性,有些指标值越大越好,为正向指标;有些指标值越小评价越好,为逆向指标;还有些指标值越接近某个值越好,为适度指标。因此在开展评价测度前,首先必须将指标同趋势化,一般是将逆向指标和适度指标转化为正向指标。

本报告构建的指数体系中除重点排污单位生产指数以外均为正向指数,因此只需要将重点排污单位生产指数转化为正向指数就可以保持指标的统一趋势。本报告采用以下公式进行正向化处理:

$$x' = \frac{1}{x} \quad (2)$$

$x$  为正向化处理前的指标,  $x'$  为正向化处理后的指标。

## 3) 指数模型和使用方法

“上海市经济发展电力指数”采用指数分层加权的线性组合模型,计算公式如下:

$$\text{上级指数} = \sum \text{下级指数} \times \text{对应权重} \quad (3)$$

注:对于每级指数,  $\sum$  权重 = 1。

权重方面,本文采用客观和主观赋权相结合的方式,先使用熵值法根据下级指数的数据波动性得出各自所提供的信息熵,再根据评价目的结合专家经验对计算结果进行调整。熵值法是一种客观赋权法,其根据各项指标观测值所提供的信息的大小来确定指标权重。计算过程如下:

将归一化后第  $i$  项指标的第  $j$  个时间序列数据记为  $x_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $j = 1, \dots, m$ 。

首先计算第  $i$  项指标下第  $j$  个时间序列数值占该指标总体数值的比重:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^m x_{ij}}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m \quad (4)$$

接着计算第  $i$  项指标的熵值:

$$e_i = -k \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}), \text{ 其中 } k = 1/\ln(n), \text{ 满足 } e_i \geq 0 \quad (5)$$

计算第  $i$  项指标的信息熵冗余度:

$$d_i = 1 - e_i, i = 1, \dots, n \quad (6)$$

计算各项指标的权重:

$$w_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}, i = 1, \dots, n \quad (7)$$

根据熵值法所算出的权重, 结合专家经验调整, 最终得出表 3 的权重结果。

**Table 3.** Weights of all levels of index

**表 3.** 各级指数对应权重

一级指数	二级指数	权重	三级指数	权重
上海市经济发展电力指数	经济景气指数	0.6	城市运作状态指数	0.4
			城市发展态势指数	0.4
			城市运行热度指数	0.1
			城市建设投资指数	0.1
	节能环保指数	0.2	重点排污单位生产指数	0.5
			电能替代指数	0.5
	产业升级指数	0.1	高端制造业发展指数	0.3
			高端服务业发展指数	0.3
			数字经济发展指数	0.4
	重点领域指数	0.1	夜间经济电力指数	0.5
商圈经济电力指数			0.5	

注: 由于重点排污单位生产指数为逆向指数, 在计算上级指数时需取倒数进行标准化处理。

各级指数的数值范围均为(0, +∞)。除重点排污单位生产指数之外, 其他指数均是数值越大越好, 并且以 1 为临界值, 大于 1 代表高于基准水平, 小于 1 代表对基准水平。重点排污单位生产指数则相反, 数值越大代表污染环保程度越低, 同样以 1 为临界值, 但大于 1 代表环保表现低于基准水平, 小于 1 代表环保表现高于基准水平。

### 3. 指数结果分析

#### 1) 城市整体经济发展分析

去年初春节期间是全国新冠肺炎疫情的集中爆发期, 上海市迅速成立疫情防控工作领导小组, 组织各项疫情防控措施, 对返沪人员实施居家隔离和社区封闭式管理, 大量生产企业停工停产, 消费行业也陷入全面萧条。2 月 10 日开始, 上海企业开始正式复工复产, 并得到《上海市全力防控疫情支持服务企业平稳健康发展的若干政策措施》等企业扶持政策支持。官方资料显示, 2 月中旬重点服务业企业和制造业企业复工率分别达九成和七成以上, 有序复工复产颇有成效。5 月初上海推出“五五购物节”, 进一步刺激线上及线下消费需求。

从上海市经济发展电力指数变化趋势可见(图 1), 5 月起上海经济发展逐步进入稳定期, 8 月开始维持在 1 以上的扩张状态, 经济进入全面复苏和健康发展态势。全面迈入“十四五”时期, 上海提出了加快形成“中心辐射、两翼齐飞、新城发力、南北转型”的空间新格局, 并发布了一系列经济提振、优化和良性发展措施, 指数也呈现快速增长趋势, 在今年 2 月达到了近 1.5 的新水平, 说明疫情对经济的影响已逐步消退, 上海经济发展已进入快速恢复时期。

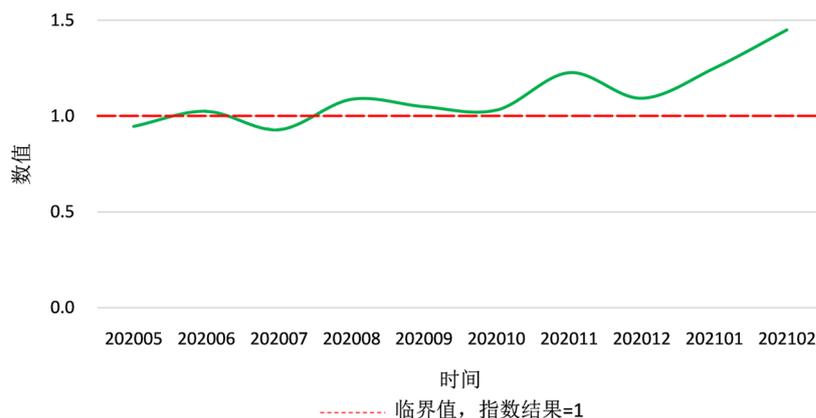


Figure 1. The electricity based Shanghai economic development index results  
图 1. 上海市经济发展电力指数结果

## 2) 城市分领域经济发展分析

图 2 展示了经济景气指数、绿色环保指数、产业升级指数、重点领域指数的结果, 接下来将围绕这四个方面, 并向下展开至三级指数, 聚焦分析上海市经济发展的分领域表现情况。

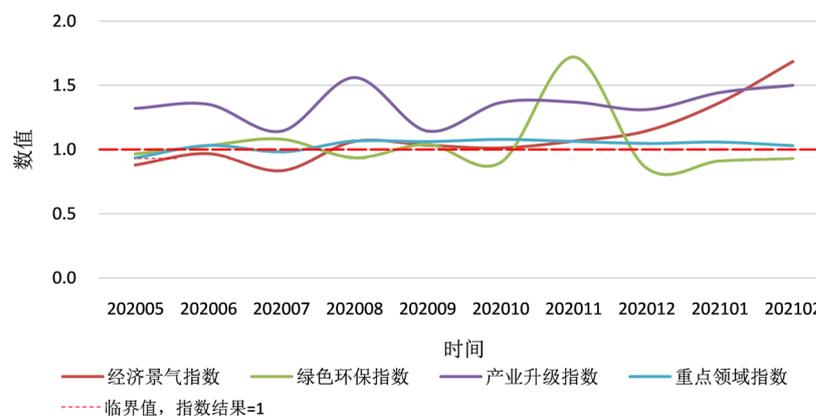


Figure 2. Second level index results  
图 2. 二级指数结果

### • 经济景气分析

经济景气指数下设的城市运作状态指数、城市运行热度指数、城市发展态势指数、城市投资建设指数结果如下:

从图 3 的经济景气指数的变化趋势, 可以看出上海经济自去年 5 月开始进入蓄势待发期, 8 月起逐渐反弹, 并于年底开始高歌猛进。进一步探究影响经济景气度的因素, 由图 3 可知主要是因为城市发展态势指数的一路飙升, 业扩接电容量的同比值呈现指数性增长, 说明城市潜在用电需求的不断扩大、也

就是经济内动力和活力有效激发了经济的持续增长。另一方面, 城市运行热度指数所代表的用电最高负荷在去年年底维持较高水平也侧面反映了城市用电需求的扩张, 支撑了城市发展态势指数的上升。从城市建设投资指数来看, 房地产业用电量的增加与全社会用电增加基本保持同步, 但波动幅度更大, 全面复苏时期的到来也相对较晚, 在经历了年中的一段反复期之后, 年底才开始维持稳定的同比增长。

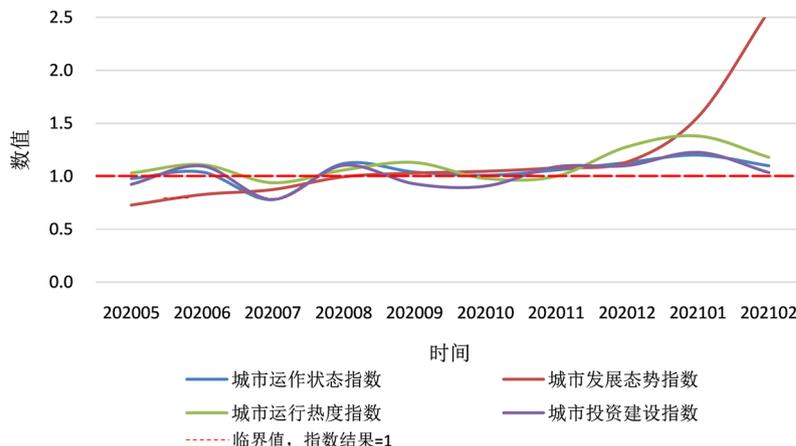


Figure 3. Third level index results under economic sentiment index  
图 3. 经济景气指数下设三级指数结果

• 绿色环保分析

绿色环保指数下设的重点排污单位生产指数、电能替代指数结果如下图 4:

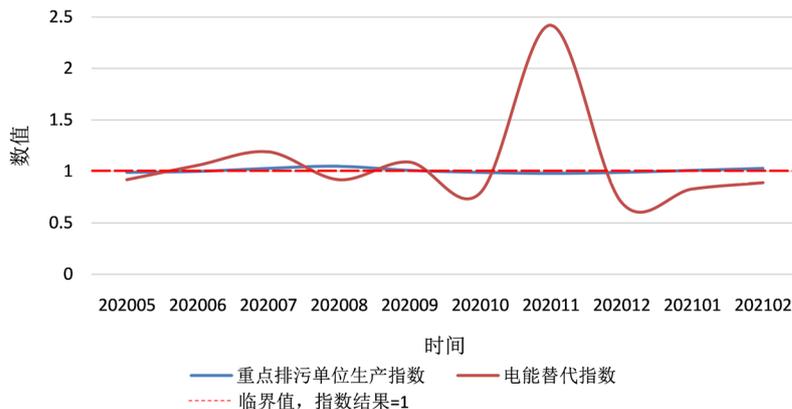


Figure 4. Third level index results under green and environmental index  
图 4. 绿色环保指数下设三级指数结果

绿色环保方面, 从生产型企业污染来看, 重点污染监测单位的用电接电水平在过去一年保持稳定, 可推断重点企业的污染情况与去年相比也基本维持不变。在电能替代方面, 为了贯彻落实国家发展改革委、国家能源局等八部委《关于推进电能替代的指导意见》以及上海市发展改革委、市能源局联合市经济和信息化委、财政厅、环保厅等七个厅局发布的《上海市推进电能替代实施意见》, 提高终端电能消费比重, 11 月在上海召开了国际电能替代技术设备展览会。在此期间, 上海市电能替代工作与去年相比也取得了卓越进展, 为上海城市绿色发展做出了突出贡献。

• 产业升级分析

产业升级指数下设的高端制造业发展指数、高端服务业发展指数、数字经济发展指数结果如下:

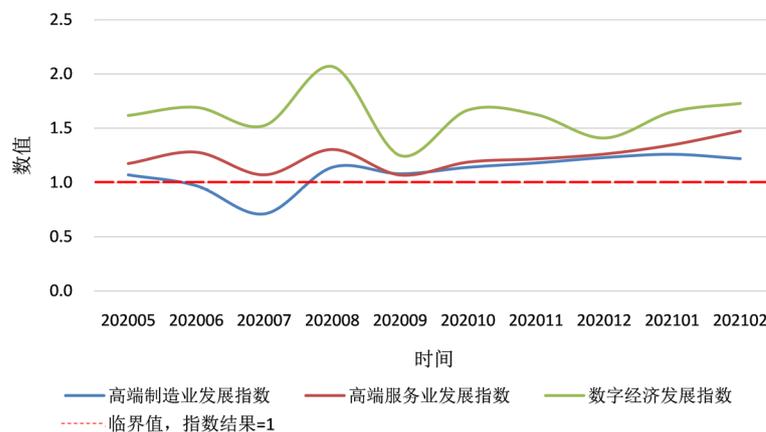


Figure 5. Third level index results under industrial upgrading index

图 5. 产业升级指数下设三级指数结果

如何贯彻国家重大战略, 加快城市数字化转型, 推动经济结构持续优化, 是近年来地方政府关注的重要议题。新冠疫情的到来虽然对传统经济造成了巨大冲击, 但在另一层面却极大推动了线上消费、无接触式消费的快速发展, 促进了消费升级转型, 同时, 由轮班制、弹性工作制等防疫管控要求带来的工作方式的改变对于劳动密集型产业而言也是一大挑战, 从产业升级角度来看有助于淘汰企业落后产能, 优化产业结构调整。从图 2 的产业升级指数趋势来看, 指数总体自去年 5 月一直维持在 1 以上的水平, 虽然前期有所浮动, 但自年底开始稳步提升, 表明产业结构的确向高端化、数字化方向发展。具体来看, 由于居家隔离、禁止群聚政策的实行, 以及居民居家防疫意识的增强, 人们开始由线下聚集办公和实体店消费转至线上渠道, 促进并催生了包括电商平台、线上办公软件、在线政务办理等一批数字经济产业的迅速繁荣。疫情集中爆发后不久, 上海市政府发布了《上海市政府促进在线新经济发展行动方案》、《关于本市推进电子商务与物流快递协同发展的实施意见》等政策文件, 希望通过电商平台赋能实体企业数字化转型升级。相对应地, 图 5 所显示的数字经济发展指数相比于其他两个产业指数一直处于领先水平, 最高在 8 月份达到了 2, 表示互联网和软件信息行业用电量同比翻番, 印证了数字经济的爆发式增长。受年中疫情的小范围反复影响, 高端制造业和高端服务业的用电量在 8 月之前也有所波动, 但之后随着时间的流逝稳中有升, 并在新的年里保持良好发展势头。

#### ● 重点领域分析

重点领域指数下设的夜间经济指数、商圈经济指数结果如下:

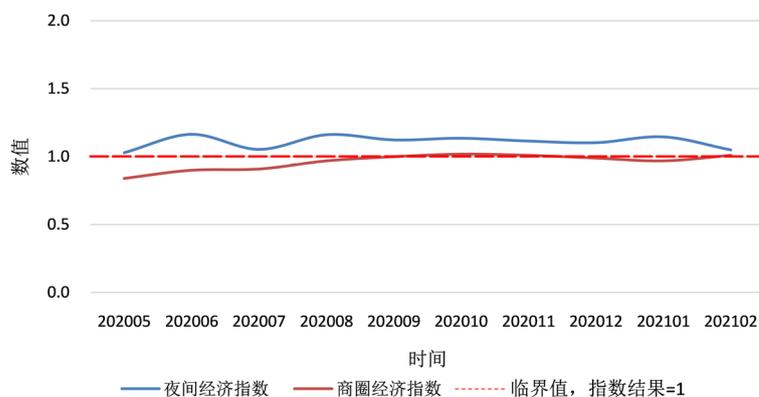


Figure 6. Third level index results under focus fields index

图 6. 重点领域指数下设三级指数结果

如图 6 所示, 夜间经济指数自去年 5 月开始始终保持在大于 1 的水准, 表明城市夜间经济在全天经济运行中始终占据重要地位, 夜间消费景气程度高。而商圈经济指数的表现则在下半年有所进步, 逐渐恢复到去年同期水平, 之后保持稳定。虽然疫情爆发对线下消费仍造成了巨大冲击, 但随着线上线下消费渠道的融合发展和创新消费模式的诞生, 线下消费也逐步平稳恢复。

#### 4. 指数有效性分析

为验证指数结果的有效性, 从相关性角度评估所建指数与目标变量之间是否存在较强的关联度。选取同期上海市国民经济统计数据为目标变量, 计算与本报告的指数结果之间的皮尔逊相关系数。皮尔逊相关系数计算公式如下:

$$r(x, y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

目标变量——国民经济统计数据来源为上海市统计局官方网站(<http://tjj.sh.gov.cn>)。由于受到外部数据的获取限制, 本报告暂时仅选取城市运作状态指数和城市投资建设指数进行有效性评估。

##### • 城市运作状态指数有效性分析

城市运作状态指数旨在反映城市经济总产值的相对变化, 而最常用于反映经济产值变化的统计指标就是地区生产总值(地区 GDP)。目前统计局对城市 GDP 的发布频率为季度, 考虑到样本量和颗粒度要求, 使用全市工业总产值同比作为目标变量, 分析其与城市运作状态指数的相关性, 数据见表 4。

**Table 4.** Data of the city's total industrial output value year-on-year and city operation status index

**表 4.** 全市工业总产值同比与城市运作状态指数数据

时间	工业总产值同比	城市运作状态指数
201902	0.90	1.05
201903	1.01	1.02
201904	0.94	1.05
201905	0.96	0.98
201906	1.01	1.05
201907	0.93	1.13
201908	1.02	0.98
201909	1.04	0.98
201910	1.03	1.07
201911	1.07	1.02
201912	1.12	1.04
202001	0.88	0.89
202002	0.67	0.86
202003	0.87	0.90
202004	1.05	1.04
202005	1.04	0.98
202006	1.06	1.04
202007	1.12	0.78
202008	1.05	1.12

Continued

202009	1.05	1.04
202010	1.07	1.01
202011	1.08	1.06
202012	1.11	1.13
202101	1.78	1.20
202102	1.25	1.10

根据公式(8), 得出全市工业总产值同比与城市运作状态指数的相关系数为 0.5450, 超过 0.5 水平, 表明城市运作状态指数的变化与全市工业总产值同比存在较强关联性, 城市运作状态指数能够比较有效反映经济产值增长。

#### • 城市投资建设指数有效性分析

城市投资建设指数旨在反映城市房地产行业发展情况, 对应当前常用于测度房地产业的经济统计变量为房地产开发投资额。使用全市房地产开发投资同比作为目标变量, 分析其与城市投资建设指数的相关性, 数据见表 5。

**Table 5.** Data of the city's real estate investment value year-on-year and city investment and construction index

**表 5.** 全市房地产开发投资同比与城市投资建设指数数据

时间	房地产开发投资同比	城市投资建设指数
201902	1.04	1.08
201903	1.02	1.04
201904	1.07	1.04
201905	1.04	1.02
201906	1.02	1.11
201907	1.03	1.10
201908	1.05	1.10
201909	1.05	1.03
201910	1.10	1.09
201911	1.08	1.01
201912	1.05	1.11
202001	-	0.88
202002	0.87	0.81
202003	0.92	0.76
202004	1.14	0.99
202005	1.30	0.92

根据公式(8), 得出全市房地产开发投资同比与城市投资建设指数的相关系数为 0.8041, 表明城市投资建设指数的变化与全市房地产开发投资同比存在强关联性, 城市投资建设指数能够有效反映房地产市场的繁荣度。

## 5. 结论

现有公开发布的电力经济指数对经济发展的评估均集中在经济增长方面, 缺乏对于经济结构变化、

可可持续发展和重点领域带动作用的综合考虑。本文所构建的上海市经济发展电力指数从上海市 2021 年政府工作报告出发, 综合考虑了经济增长、经济结构、经济活力等因素, 通过三级指数体系对上海市经济发展水平进行多维度诊断。经过指数测算, 可以得出以下几点重要结论:

1) 随着去年春节以来新冠肺炎疫情逐渐得到控制, 以及城市复工复产的有序推进, 上海市经济发展电力指数从 8 月开始维持在大于 1 的水平, 并呈现上涨趋势, 表明经济开始全面、健康复苏。

2) 自去年 8 月开始, 城市发展态势指数快速增长, 今年年初尤其增长迅猛, 说明用电潜在需求巨大, 经济发展动力充足, 极具成长潜力。

3) 绿色环保指数呈现出围绕数值 1 短期波动、长期稳定的特点, 城市污染型企业生产水平保持稳定, 而城市电能替代进度在去年 11 月政策发布期间有显著提升。

4) 受疫情对消费习惯的影响, 上海数字经济发展指数自去年 5 月起一路领先, 互联网和软件信息行业用电量快速上升, 为城市数字化转型带来机遇。同时, 城市制造业和服务业升级转型加速, 发展势头良好。

5) 虽然短期内疫情对线下消费造成巨大冲击, 但目前线下消费已逐渐复苏, 商圈经济逐渐恢复并且保持在稳定水平, 夜间经济与同期相比已有所增长。

## 参考文献

- [1] 嵇建斌. 美国经济发展与电力需求关系对中国电力发展的启示[J]. 电网与清洁能源, 2012, 28(8): 16-19.
- [2] 孙祥栋, 张亮亮. 电力消费与经济增长: 基于季度数据的因果分析[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2015(5): 34-38.
- [3] 韩智勇, 魏一鸣, 焦建玲, 范英, 张九天. 中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系分析[J]. 系统工程, 2004, 22(12): 17-21.
- [4] 谈一鸣, 孙伟卿. 基于经济分析的上海电力景气研究[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(7): 45-50+64.
- [5] 王林信, 江元, 罗世刚, 李竣业. 基于电力大数据的企业复工复产模型研究及应用[J]. 电力大数据, 2020, 23(12): 65-71.
- [6] 尹积军, 潘巍巍. 基于电力大数据的企业复工电力指数研究与应用[J]. 浙江电力, 2021, 40(2): 26-32.
- [7] 云南电网公司电力大数据助力企业复工复产分析决策[J]. 农村电气化, 2020(4): 69.
- [8] 严碧华, 陈雪枫, 唐长春. 四川电力: 智慧大数据助复工复产[J]. 民生周刊, 2020(4): 36-37.