

# 基于层次分析法的数字经济发展综合评价

——以长江三角洲为例

胡雯茜

浙江工商大学经济学院, 浙江 杭州  
Email: happywq102@163.com

收稿日期: 2021年7月29日; 录用日期: 2021年8月23日; 发布日期: 2021年8月30日

## 摘要

数字经济作为一种新经济形态,既是拉动经济增长的重要动能,也是增强国家经济活力和竞争力的核心,因此对数字经济发展进行科学评价有利于促进数字经济的健康发展。本文通过对数字经济的研究,从五个方面建立数字经济评价体系,运用层次分析法对指标进行赋权,并用无量纲化对2019年长江三角洲各省(市)数字经济发展指标数据进行得分统计。研究发现,江苏省数字经济发展最好,安徽省数字经济发展较落后,长江三角洲数字经济发展不平衡,并据此给出相关建议:打好数字经济发展基础;重视数字产业化发展;加大数字技术人才和经费的投入;加强江浙沪向安徽的渗透作用。

## 关键词

数字经济, 层次分析法, 无量纲化, 长江三角洲

# Comprehensive Evaluation of Digital Economy Development Based on Analytic Hierarchy Process

—A Case Study of the Yangtze River Delta Region

Wenqian Hu

School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou Zhejiang  
Email: happywq102@163.com

Received: Jul. 29<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2021; published: Aug. 30<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

As a new economic form, digital economy is not only an important driving force for economic growth, but also the core of enhancing national economic vitality and competitiveness. Therefore, scientific evaluation of the development of digital economy is conducive to promoting the healthy development of digital economy. Based on the study of digital economy, this paper establishes the evaluation system of digital economy from five aspects, uses the analytic hierarchy process (AHP) to assign weights to indicators, and uses dimensionless to make score statistics on the digital economy development index data of provinces (municipalities) in the Yangtze River Delta in 2019. It is found that Jiangsu province has the best digital economy development, Anhui province is lagging behind, and the Yangtze River Delta digital economy development is unbalanced. Accordingly, relevant suggestions are given: Laying a good foundation for the development of digital economy; Attaching importance to the development of digital industrialization; Increasing the input of digital technology talents and funds and strengthening the infiltration from Jiangsu, Zhejiang and Shanghai to Anhui.

## Keywords

Digital Economy, Analytic Hierarchy Process, Dimensionless, Yangtze River Delta

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

自上个世纪九十年代诞生“数字经济”这个概念以后,根据 2016 年经合组织数字经济展望政策调查,大多数经合组织国家都有数字战略,议程或计划,同年杭州 G20 峰会发布了《G20 数字经济发展与合作倡议》,数字经济的重要战略地位得到了全球的肯定。2020 年新冠疫情的爆发更是让数字经济成为拉动国家经济复苏、增强国家经济活力的主力军。美国自 1998 年发布了第一份《浮现中的经济》重要报告后,作为数字经济的开拓者,相继发布了“联邦云计算计划”、“先进制造业发展计划”、“国家人工智能研发与发展策略规划”等一系列数字经济政策;日本通过 e-Japan、u-Japan、i-Japan 和社会 5.0 “超智慧社会”计划大力推动数字经济在社会领域的应用[1]。中国从 2016 年起官方开始推动数字经济的概念[2],并于 2017 年首次将数字经济写入《政府工作报告》,虽起步较晚,但发展迅速,利用后发优势成功实现弯道超车,成为全球第二大数字经济体。中国信息通信研究院发布《中国数字经济发展白皮书(2020)》的数据显示,2019 年,我国数字经济增加值规模达到 35.8 万亿元,占 GDP 比重达到 36.2%,占比同比增长 1.4 个百分点,数字经济规模不断扩张、贡献不断加强。

长江三角洲地区地处长江下游,包括上海市、江苏省、浙江省和安徽省,区域面积 35.8 万平方千米,占国土面积不到 4%,而地区经济总量(GDP)约占我国经济总量的 1/4,是我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域之一[3]。因为其重要的经济地位,对长三角地区的数字经济发展的评价工作尤为重要。但目前对于数字经济的定义及评价体系并没有一套官方的标准,本文将建立一套合理的评价标准体系,以正确反映长三角地区的数字经济发展状况并进行省与省、省与直辖市之间的比较,客观

解释各地区数字经济发展水平的差异和优劣，并提出政策建议以促进长三角地区的数字经济发展。

## 2. 数字经济的内涵

数字经济是继农业经济、工业经济之后的新经济形态[4]，自诞生起在三十年内以超快速的发展成为世界热词，更成为拉动经济增长的重要动力，其所蕴含的创新技术内核成为各国的主要竞争力。联合国最新报告指出，数字经济是仍未被广泛接受的定义，衡量其价值充满困难[5]。“数字经济”一词最早由“数字经济之父”唐·塔普斯科特(Don Tapscott)于1994年在其写就的关于数字经济的第一本专著《The Digital Economy》中提出，塔普斯科特将数字经济描述为：“可互动的多媒体、信息高速公路以及互联网所推动的以人类智慧网络化为基础的新型经济[6]。”中国信息通信研究院的数字经济学定义是：“数字经济是以数字化的知识和信息为关键生产要素，以数字技术创新为核心驱动力，以现代信息网络为重要载体，通过数字技术与实体经济深度融合，不断提高传统产业数字化、智能化水平，加速重构经济发展与政府治理模式的新型经济形态[7]。”G20对数字经济的官方定义是：“数字经济是指以使用数字化的知识和信息作为关键生产要素、以现代信息网络作为重要载体、以信息通信技术的有效使用作为效率提升和经济结构优化的重要推动力的一系列经济活动[8]。”美国商务部经济分析局(BEA)在其系列定义性论文的首篇中将数字经济界定为以互联网及相关的通信技术为基础的经济活动，提出“数字经济主要指向互联网以及相关的信息通信技术(ICT)[9]”。国际货币基金组织(IMF)将数字经济划分为狭义和广义，狭义上仅指在线平台以及依存于平台的活动，广义上是指使用了数字化数据的活动[10]。

尽管目前对于数字经济没有一个准确统一的定义，但从中我们可以看出数字经济所反映的两大内核——数字经济化和经济数字化。数字经济化是将数字信息、数据等作为关键生产要素，通过数字技术实现经济的拉动；经济数字化即在传统经济中融入数字要素，实现智能化、数字化的转变。数字经济作为一种新经济形态，按照传统三大产业分类法，属于第三产业的分支，应成为经济增长的核心动力。

## 3. 数字经济的评价体系

对于数字经济发展质量的评价，目前尚未形成一套官方的评价标准，也鲜有学者对地区数字经济发展质量做出评价。中国通信院通过考虑指标的协调性、灵敏度、代表性、稳定性、时效性、可获取等因素，发布的《中国数字经济发展白皮书(2020)》从宏观经济、基础能力、基础产业和融合应用四个一级指标对中国数字经济发展状况进行汇报；赛迪研究院在其《2019中国数字经济指数白皮书》中从基础指标、技术指标、资源指标、融合指标、服务指标五个一级指标对全国31个省(区、市)进行综合分析，其中融合指标作为数字经济与服务融合程度的评价标准极具创新性；欧盟委员会则从宽带接入(固定宽带、移动宽带、速率、可支付能力)、人力资本(基本能力和使用情况、高级技能及发展)、互联网服务(内容、交流、交易)、数字技术集成(企业数字化、电子商务)、数字化公共服务(电子政务)对欧盟各国数字经济状况进行评价，具有较高的科学和理论水平[11]。中国信通院将数字经济的测算分为数字产业化和产业数字化两部分，数字产业化部分用信息产业增加值进行直接加总，产业数字化部分将整个国民经济分为139个行业，并使用了增长核算账户框架分别对ICT和非ICT资本存量进行测算[12]。

## 4. 数字经济发展评价体系设计

### 4.1. 指标选取及数据来源

综合以上研究，数字经济是以信息技术为内核，依托于经济转型，表现在产业融合和电子商务领域并深入民生服务的新经济形态，主要分为数字基础、数字产业、数字技术、数字融合和数字民生五个方面。

数字基础是数字经济发展的前提，可以从互联网普及率、固定宽带签约用户下载速率和数据交易中

心在用机架数等指标来反映。

数字产业是反映数字经济的主体，对经济运行产生直接影响，通过产品软件收入占 GDP 比重、信息技术服务收入占 GDP 比重和信息安全收入占 GDP 比重反映数字产业在国民经济运行中产生的影响力大小。

数字技术是数字经济的核心。数字技术要靠人员研发以及经费的支持，在正常情况下 R&D 人员全时当量、专利授权数越多以及 R&D 经费内部支出占总支出的比例越高说明技术的竞争力越强，发展的生命力越旺盛。

数字融合是数字化向其他领域渗透的衡量，一方面是对企业交易的渗透，反映在有电子商务活动的企业占比上；另一方面是人民生活的渗透，表现为人均网络零售额。

此外，数字民生是对经济社会中一个重要的非盈利部门——政府的评价指标，用互动交流指数、政府信息发布指数、政府办事指数三大指标对数字民生建设质量进行评价。

本文指标设计遵循科学性、全面性、可比性和可得性原则，选取 2019 年上海市、江苏省、浙江省和安徽省数据，对于个别缺失数据通过往年数据进行趋势和数据变化特征分析，进行预测填补，具体指标体系如表 1 所示。表 1 中指标 A<sub>3</sub> 数据来源于赛迪网，指标 E<sub>1</sub>~E<sub>3</sub> 数据来源于中国软件测评中心，其他指标数据来源均于《中国统计年鉴》，\*号表示该指标无单位。

**Table 1.** Evaluation index of digital economy development

**表 1.** 数字经济发展评价指标

一级指标	二级指标	权重	三级指标	单位	权重
数字经济发展 评价(H)	数字基础(A)	0.0862	互联网普及率(A <sub>1</sub> )	%	0.0549
			固定宽带签约宽带用户平均下载速率(A <sub>2</sub> )	Mbit/s	0.0233
			数据交易中心在用机架数(A <sub>3</sub> )	个	0.009
	数字产业(B)	0.3512	软件产品收入占 GDP 比重(B <sub>1</sub> )	%	0.0368
			信息技术服务收入占 GDP 比重(B <sub>2</sub> )	%	0.0907
			信息安全收入占 GDP 比重(B <sub>3</sub> )	%	0.2237
	数字技术(C)	0.3512	R&D 人员全时当量(C <sub>1</sub> )	人年	0.0368
			专利授权数(C <sub>2</sub> )	件	0.2237
			R&D 经费内部支出占总支出比例(C <sub>3</sub> )	%	0.0907
	数字融合(D)	0.1057	人均网络商品零售额(D <sub>1</sub> )	元/人	0.0793
			有电子商务交易活动企业占比(D <sub>2</sub> )	%	0.0264
	数字民生(E)	0.1057	互动交流指数(E <sub>1</sub> )	*	0.0111
			政府信息发布指数(E <sub>2</sub> )	*	0.0273
			政府办事服务指数(E <sub>3</sub> )	*	0.0673

## 4.2. 权重确定

### 4.2.1. 构造判断矩阵和计算权重向量

根据图 1 构造的递阶层次结构模型，构造判断矩阵。其中各级指标相对于其上一层目标的重要性程

度的打分形式可用两两比较 1~9 级标度打分确定，如表 2 所示。具体打分值采用问卷调查法结合专家咨询法确定。根据已构造的判断矩阵，计算判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{max}$  和其对应的特征向量，将特征向量归一化后得到判断矩阵的权重向量。

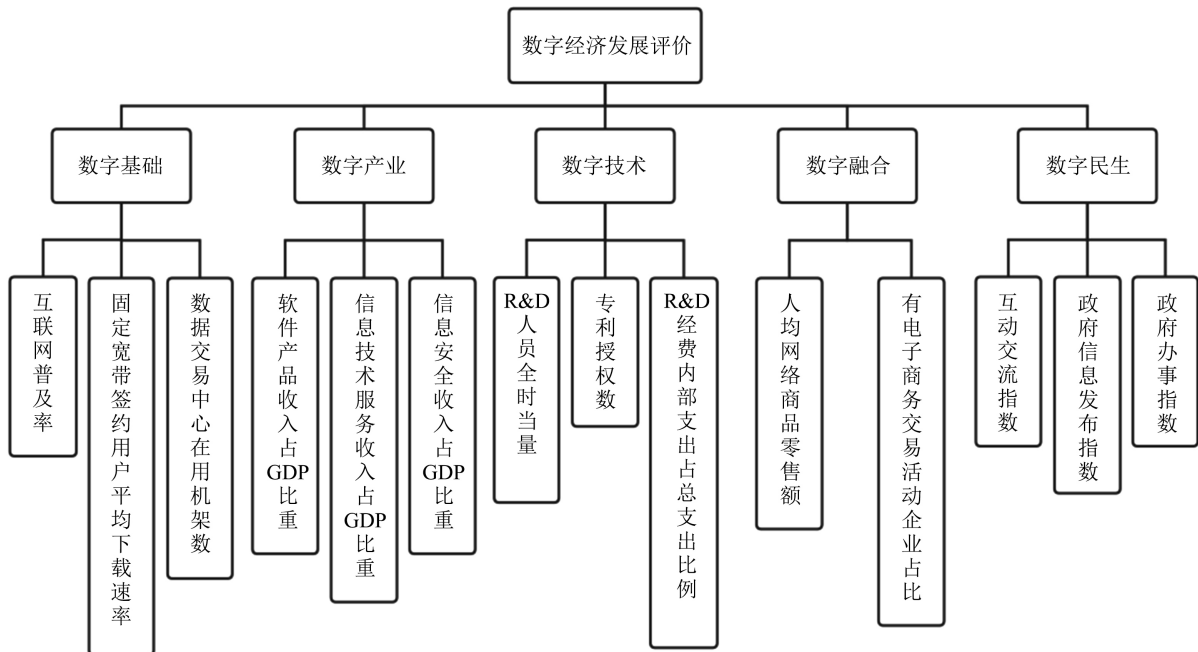


Figure 1. Evaluation index of digital economy development  
图 1. 数字经济发展评价指标

Table 2. Index relative importance hierarchy  
表 2. 指标相对重要性等级

赋值	相对重要性	说明
1	同样重要	两个目标同样重要
3	略微重要	一个目标比另一个略微重要
5	相当重要	一个目标比另一个很重要
7	明显重要	一个目标比另一个非常重要
9	绝对重要	一个目标比另一个极端重要

#### 4.2.2. 层析排序权重及判断矩阵的一致性检验

计算矩阵每一行元素的乘积  $M_i$ ，并计算  $M_i$  的  $N$  次方根

$$W_i = \sqrt[n]{M_i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

对向量  $\bar{W}_i = [\bar{W}_1, \bar{W}_2, \dots, \bar{W}_n]^T$  归一化处理

$$W_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

将得到计算的  $\lambda_{\max}$  后, 通过以下公式可得一致性指标  $CI$  的取值。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

并给出平均随机一致性指标  $RI$  及其分布表, 对于  $n=1 \sim 10$ ,  $RI$  的取值如表 3 所示。

**Table 3.** Mean random consistency

**表 3.** 平均随机一致性

阶级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$RI$	0.0	0.0	0.51	0.89	1.12	1.25	1.35	1.42	1.46	1.49

故此时取一致性指标  $CI$  与平均随机一致性指标  $RI$  作为检验一致性的判别式。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

总层次一致性检验公式。

$$\begin{aligned} CR &= \frac{\omega_{A1}CI_1 + \omega_{A2}CI_2 + \omega_{A3}CI_3 + \omega_{A4}CI_4}{\omega_{A1}RI_1 + \omega_{A2}RI_2 + \omega_{A3}RI_3 + \omega_{A4}RI_4} \\ &= \frac{\omega_{A1}CI_1 + \omega_{A2}CI_2}{\omega_{A1}RI_1 + \omega_{A2}RI_2} \end{aligned} \quad (5)$$

若  $CR < 0.1$ , 则判别矩阵通过一致性检验

### 4.3. 无量纲化

长江三角洲各省(市)的数字经济发展评估可采用无量纲化, 根据模糊数学的隶属度理论将数字基础、数字产业、数字技术、数字融合和数字民生等多维度的指标复合统一成单一维度的评价结果。无量纲化能较好的解决具有模糊性、非确定性的问题, 使评价结果更为合理。其具体步骤为:

1) 确定评价对象的因素领域  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$

2) 确定评语等级论域  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

3) 进行单因素评价, 建立模糊关系矩阵  $R = \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$

4) 确定评价因素的模糊权向量  $g_i$

5) 模糊综合评价  $H = G \times R = (g_1, g_2, \dots, g_m) \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} = (h_1, h_2, \dots, h_m)$

6) 无量纲化处理: 正向指标  $d_i = \frac{h_i}{\min\{h_i | i=1, 2, \dots, m\}}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) 负向指标  $d_i = \frac{\min\{h_i | i=1, 2, \dots, m\}}{h_i}$

因数字经济发展评价中各指标与数字经济呈正相关, 因此只采用(5)正相关指标公式。通过无量纲化



得到长江三角洲各省(市)的数字经济发展评价总分以及各项指标得分,其中江苏省数字经济发展评价以综合得分 0.015 居于第一,数字经济发展质量最高,上海市和浙江省分别以 0.014 和 0.011 的得分位列第二、第三。长江三角洲中安徽省的数字经济发展情况情况较差,以 0.003 分的较低分落后于江苏省、上海市和浙江省,结果如表 4 所示:

**Table 4.** Yangtze River Delta provinces (municipalities) each index score

**表 4.** 长江三角洲省(市)各项指标得分

省份	上海市	江苏省	浙江省	安徽省
数字基础(A)	0.0010542	0.0008166	0.0010362	0.0007527
数字产业(B)	0.0295065	0.0212872	0.0072425	0.001501
数字技术(C)	0.0084117	0.0213567	0.0230308	0.0070579
数字融合(D)	0.0032511	0.0010043	0.0021673	0.0004491
数字民生(E)	0.0014631	0.0012739	0.0013574	0.0012739
综合得分	0.013906035	0.015287734	0.011093864	0.00325289
排名	2	1	3	4

中国信息通讯研究院 2019 年发布的数据显示,2019 年长江三角洲地区的数字经济总量占全国的 28%,在当地经济发展中数字经济占比 41%,在全国处于领先地位,江苏省、上海市和浙江省的数字经济发展尤其突出,是长三角数字经济发展的第一梯队。江苏省综合得分 0.015 位列第一,总体发展均衡,R&D 人员全时当量(C<sub>1</sub>)和专利授权数(C<sub>2</sub>)得分处于领先地位,在数字技术方面人员投入量大、专利数量多,核心技术掌控力强,但在数字技术(C)层面的 R&D 经费内部支出占总支出比例(C<sub>3</sub>)一指标得分仅为 0.007,在长江三角洲中处于末位,数字技术(C)总体得分较高但内部两级分化严重;上海市数字经济各方面发展均衡,基础扎实、推动力强、核心技术完善、数字融合度高且在民生服务领域应用广泛,由表 4 可以看出,上海市以综合得分 0.014 位列第二,在数字基础(A)、数字产业(B)、数字融合(D)和数字民生(E)方面得分分别为 0.0011、0.0295、0.0033 和 0.0015,均领先于江苏省、浙江省和安徽省,尤其是在数字产业(B)方面,优势地位明显,信息安全收入(B<sub>3</sub>)占 GDP 比重得分 0.112,遥遥领先,但因其数字技术(C)这一关键指标得分与江苏省相差 0.013 综合得分落后于江苏省;浙江省以杭州市牵头,综合得分为 0.011,位列第三,是全国电商零售行业的中心,使用电子商务交易的企业占比高,全省互联网普及率高达 80.5%,R&D 经费内部支出占总支出比例达 50.17%,数字技术(C)得分以 0.023 居于长江三角洲首位,“最多跑一次”改革的技术带动效果明显。

但长江三角洲数字经济发展渗透不均匀,两极分化严重。江苏省、上海市和浙江省数字经济发展欣欣向荣,安徽省的发展相较之下差距较大,综合得分仅为 0.003,绝大部分指标均不及江苏省、上海市和浙江省。安徽省数字基础(A)薄弱,互联网普及率仅为 55.59%,得分仅为 0.011;数字产业化发展较差,软件产品、信息技术服务、信息安全收入之和不及其余各省(市)单项软件产品收入或信息技术服务收入;数字技术驱动力不强,虽然 R&D 经费内部支出占总支出比例与上海相似,但其基数较小,缺乏创新技术人才及经费支持。安徽省经济总量落后于上海市、江苏省和浙江省,人均网络商品零售额也仅为 3771.13 元,但在数字民生(E)领域安徽省与其余各省(市)并无差距,证明安徽省政府实力与创新力较强,但民间经济活力较差。

## 5. 政策建议

结合上述实证与分析,从数字经济发展及长江三角洲的数字经济发展情况来看,对长江三角洲数字经济发展提出如下政策建议。

### 1) 打好数字经济发展基础

数字基础所包含的互联网普及率、固定宽带签约用户平均下载速率等是数字经济的基石,只有基础设施建设完善了,才能有效促进数字经济的发展,并且数字基础建设与经济发展呈现正相关。上海市是长江三角洲中数字基础得分最高的城市,其早在2018年就实现了固网宽带千兆全覆盖,是全球千兆光网覆盖率最高的城市。各省应不断更新基础设施,加大互联网覆盖率,尤其是山村地区的互联网建设,乡村市场也是经济发展中不可忽视的一部分。

### 2) 重视数字产业化发展

“十四五”规划提出要加快数字化发展,打造具有国际竞争力的数字产业集群。浙江省和安徽省数字产业GDP占比较低,从数字产业的权重可以看出数字产业在数字经济发展中的核心地位,数字产业是数字经济可量化衡量的最重要方面,数字产业的GDP占比反映了数字经济对经济总量的带动作用,数字产业GDP占比越大,数字经济越活跃。上海市数字产业在数字基础的建设中,尤其在2019年与中国联通、中国电信先后签署5G战略合作框架协议后,催生了一大批企业进入数字产业领域并不断拓展新的增长空间。

### 3) 加大数字技术人才和经费的投入

创新是经济发展的重要驱动力,创新力决定了数字经济发展的生命力。数字技术与数字产业应相辅相成,数字产业发展提升经济总量,为数字技术发展提供资金支持,数字技术发展又进一步推动数字产业发展,形成正向良性循环。江苏省是数字技术强省,数字技术的发展离不开研发资金的投入,江苏省政府在R&D经费支出的投入和R&D经费支出占GDP的比重上均呈现逐年上升的趋势,表现出江苏省政府对数字技术的极大重视。

### 4) 发挥江浙沪带头作用,加强江浙沪向安徽省的渗透力,促进长江三角洲数字经济协调发展

长江三角洲的数字经济发展已经呈现出明显的差距,江浙沪是长江三角洲乃至全国的数字经济第一梯队,数字经济发展较为完善,应扩大其影响力,加强对周边地区的渗透作用,带动周边地区发展,促进区域协调发展进一步打开数字经济市场,拓展数字经济发展上限。

## 基金项目

国家级大学生创新创业训练计划支持项目(No. 202010353012)。

## 参考文献

- [1] 方晓霞,杨丹辉,李晓华.新科技革命与产业革命深度交互下超智慧社会构建——日本战略演进与机制创新[J].日本问题研究,2018,32(1):11-20.
- [2] 尹丽波.数字经济引领中国转型发展.载,马化腾,孟昭莉,闫德利,等.数字经济——中国创新增长新动能[M].北京:中信出版社,2017:XVI.
- [3] 耿德林.长江三角洲地区金融创新、金融集聚与经济协调发展研究[J].征信,2020,38(12):83-88.
- [4] 崔保国,刘金河.论数字经济的定义与测算——兼论数字经济与数字传媒的关系[J].现代传播(中国传媒大学学报),2020,42(4):120-127.
- [5] UNCTAD (2019) Digital Economy Report 2019. United Nations, Geneva.
- [6] Tapscott, D. (1994) The Digital Economy: Promise and Peril in The Age of Networked Intelligence. McGraw-Hill, New York, xiii.



- [7] 中国信息通信研究院. 《中国数字经济发展白皮书(2017年)》[EB/OL]. [http://www.cac.gov.cn/2017-07/13/c\\_1121534346.htm](http://www.cac.gov.cn/2017-07/13/c_1121534346.htm), 2017-07-13.
- [8] 邬贺铨. 互联网的新机遇数字经济新动能[J]. 互联网天地, 2017(1): 6-10.
- [9] 美国商务部. 浮现中的数字经济[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1998.
- [10] 托拜厄斯·阿德里安, 托马斯·曼奇尼-格里福, 姜开锋. 数字货币的兴起[J]. 金融市场研究, 2019(9): 39-65.
- [11] du Rausas, M.P., *et al.* (2011) *Internet Matters: The Net's Sweeping Impact on Growth, Jobs, and Prosperity*. McKinsey Global Institute, New York.
- [12] 陆镜弛, 余建坤, 刘明瑶. 数字经济发展评价研究——以云南省为例[J]. 当代经济, 2021(2): 60-65.