

附图1 数据要素的产生路径与价值路径

附表1 职业、平均有效工作时间、非直接工资和其他成本平均占比

| 活动类型 | 相关职业 | 每天平均有效工 作时间（小时） | 非直接工资和其他成本 占工资的平均比重（%） |
|--------|--|--------------------|---------------------------|
| 数据收集 | 工程技术人员、农业技术人员、飞机和船舶技术 人员、卫生专业技术人员、金融业务人员、记者、 行政办公人员、邮政和电信业务人员、地质勘查 人员、测绘人员、环境监测与废物处理人员、 检验计量人员 | 5.5 | 45 |
| 数据要素整理 | 经济业务人员、图书资料与档案业务人员、 编辑、校对员、翻译 | 5 | 20 |
| 数据要素使用 | 科学研究人员 | 7 | 30 |

附表2 主要变量的描述性统计

| 变量名称 | 样本量 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|----------------|-----|---------|---------|---------|---------|
| <i>Gpgdp</i> | 600 | 0.0948 | 0.0280 | -0.0233 | 0.2127 |
| <i>ln Data</i> | 600 | 2.5202 | 1.1447 | -1.4720 | 5.3356 |
| <i>ln AI</i> | 600 | 6.2496 | 3.9364 | -2.0392 | 17.8776 |
| <i>ln h</i> | 600 | 49.3156 | 15.3771 | 14.2526 | 89.6000 |
| <i>ln peo</i> | 600 | 8.1526 | 0.7589 | 6.1786 | 9.3366 |
| <i>ln rd</i> | 600 | 0.0059 | 0.0074 | 0.0002 | 0.0363 |
| <i>market</i> | 600 | 6.9390 | 0.8568 | 4.4515 | 9.2900 |
| <i>urb</i> | 600 | 6.0935 | 1.9606 | 1.7200 | 11.7100 |

| | | | | | |
|--------------|-----|--------|--------|--------|--------|
| <i>k</i> | 600 | 0.5543 | 0.1675 | 0.2881 | 1.4847 |
| <i>gov</i> | 600 | 0.1972 | 0.0927 | 0.0630 | 0.6269 |
| <i>trade</i> | 600 | 0.3046 | 0.3789 | 0.0168 | 1.7223 |

附表3 数据要素的“双维驱动”影响：夜间人均灯光强度

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| | DMSP/OLS 1999—2013年 | | | NPP/VIIRS 2013—2018年 | | |
| | <i>Glight</i> | $\ln AI$ | <i>Glight</i> | <i>Glight</i> | $\ln AI$ | <i>Glight</i> |
| $\ln Data$ | 0.1611*** (0.0290) | 0.5322*** (0.1223) | 0.1382*** (0.0316) | 0.2942*** (0.0893) | 1.1794* (0.6585) | 0.2522*** (0.0915) |
| $\ln AI$ | | | 0.0432*** (0.0128) | | | 0.0355** (0.0163) |
| 控制变量 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 直接驱动影响 | 0.1382 | | | 0.2522 | | |
| 间接驱动影响 | 0.0230 | | | 0.0419 | | |
| 省份固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 年份固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 观测值 | 450 | 450 | 450 | 150 | 150 | 150 |
| Within R ² | 0.3158 | 0.2376 | 0.3366 | 0.0884 | 0.0699 | 0.1159 |

附表4 数据要素的“双维驱动”影响：IFR工业机器人

| | $\ln Robort$ | <i>Gpgdp</i> |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | (1) | (2) |
| $\ln Data$ | 1.0255*** (0.2002) | 0.1847*** (0.0364) |
| $\ln Robort$ | | 0.0916*** (0.0116) |
| 直接驱动影响 | 0.1847 | |
| 间接驱动影响 | 0.0939 | |
| 控制变量 | 是 | 是 |
| 省份固定效应 | 是 | 是 |
| 年份固定效应 | 是 | 是 |
| 观测值 | 390 | 390 |
| Within R ² | 0.9664 | 0.9845 |

附录 A:

1.代表性家庭。

数据要素的生产函数设定如下：

$$D = Nc \tag{1}$$

人力资本和 AI 的积累过程如下：

$$\dot{h} = Buh \quad (2)$$

$$\dot{A} = M(vh)^\phi (sk)^\theta D^\varphi A^{1-\phi-\theta-\varphi} \quad (3)$$

代表性家庭的相关预算约束为：

$$\dot{k} = w(1-u-v) + r(1-s)k + r_A + r_D + \pi - c \quad (4)$$

代表性家庭的效用函数为：

$$U = \int_0^\infty e^{-\rho t} \frac{c(t)^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} dt \quad (5)$$

因此，在条件（1）-（4）的约束下，代表性家庭最大化其终身效用的一阶条件为：

$$c^{-\sigma} + \lambda_A M \phi N^\phi (vh)^\varphi (sk)^\theta c^{\phi-1} A^{1-\phi-\theta-\phi} = \lambda(1-r_D N) \quad (6a)$$

$$\lambda_A M \varphi (vh)^{\varphi-1} (sk)^\theta (Nc)^\phi A^{1-\phi-\theta-\phi} = \lambda w \quad (6b)$$

$$\lambda_h B = \lambda w \quad (6c)$$

$$\lambda_A M \theta (vh)^\varphi (sk)^{\theta-1} (Nc)^\phi A^{1-\phi-\theta-\phi} = \lambda r \quad (6d)$$

$$\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \rho - r \quad (7a)$$

$$\frac{\dot{\lambda}_h}{\lambda_h} = \rho - B \quad (7b)$$

$$\frac{\dot{\lambda}_A}{\lambda_A} = \rho - M(vh)^\varphi (sk)^\theta (Nc)^\phi A^{-\phi-\theta-\phi} (1-\phi-\theta-\phi + \frac{\varphi A r_A}{wvh}) \quad (7c)$$

横截面条件为： $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda k = 0$ 、 $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_h h = 0$ 、 $\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda_A A = 0$ 。综合式（6b）和式（6d）还可以得到：

$$\frac{\varphi sk}{\theta vh} = \frac{w}{r} \quad (7b)$$

2. 代表性企业。

代表性企业的生产函数可以表示为：

$$y = F[(1-s)k]^{1-\alpha-\delta} \{ (1-a)[(1-u-v)h]^\beta + aA^\beta \}^{\frac{\alpha}{\beta}} D^\delta \quad (8)$$

在单一时间段 t 内，代表性企业的利润为：

$$\pi = y - w(1-u-v)h - r(1-s)k - r_A A - r_D D \quad (9)$$

关于企业利润最大化问题的一阶条件为：

$$\frac{1-\alpha-\delta}{(1-s)k} y = r \quad (10a)$$

$$\frac{\alpha(1-a)[(1-u-v)h]^\beta}{(1-u-v)h\{ (1-a)[(1-u-v)h]^\beta + aA^\beta \}} y = w \quad (10b)$$

$$\frac{\alpha a A^\beta}{A(1-a)\{(1-a)[(1-u-v)h]^\beta + aA^\beta\}} y = r_A \quad (10c)$$

$$\frac{\delta}{D} y = r_D \quad (10d)$$

3. 市场均衡。

根据式（3）、式（8）、式（9）可以得到：

$$\frac{\dot{k}}{k} = F(1-s)^{1-\alpha-\delta} \left(\frac{k}{h}\right)^{-\alpha-\delta} [(1-a)(1-u-v)^\beta + a\left(\frac{A}{h}\right)^\beta]^{\frac{\alpha}{\beta}} \left(\frac{D}{h}\right)^\delta - \frac{c/h}{k/h} \quad (11)$$

综合式（6a）、式（6b）、式（7d）、式（8）、式（10a）、式（10d），可以得到家庭消费跨期变化的欧拉方程：

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{r-\rho}{\sigma} = \frac{1-\alpha}{\sigma} F[(1-s)\left(\frac{k}{h}\right)]^{-\alpha-\delta} [(1-a)(1-u-v)^\beta + a\left(\frac{A}{h}\right)^\beta]^{\frac{\alpha}{\beta}} \left(\frac{D}{h}\right)^\delta - \frac{\rho}{\sigma} \quad (12)$$

此外，通过式（7d）、式（10a）、式（10b）可以推导出：

$$\frac{\varphi s}{\theta v} = \frac{\alpha(1-s)}{1-\alpha-\delta} [(1-a)(1-u-v)^\beta + a\left(\frac{A}{h}\right)^\beta]^{-1} (1-a)(1-u-v)^{\beta-1} \quad (13)$$

4. 平衡增长路径上的“双维驱动”。

平衡增长路径（BGP）要求所有变量以相同恒定的速率增长。当经济体处于 BGP 时，在式（13）中，除 A 和 h 外的其余变量均为常数或参数，故 A/h 一定是常数，即 A 与 h 有相同的增长率；同理，综合式（7d）、式（10a）、式（10d）可以知道 y 、 k 、 h 、 D 有相同的增长率，再由式（11）、式（12）可以推出 c 、 k 、 h 的增长率也相同。因此，从长期来看，经济体可以实现平衡增长路径。令经济增长率为 g_y ，由式（2）可知：

$$g_y = \frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{c}}{c} = \frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{h}}{h} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{D}}{D} = Bu \quad (14)$$

综合式（7a）、式（7c）、式（10b）、式（10c），可以推出：

$$\frac{A}{h} = \left[\frac{(1-a)v}{a\varphi} \left(\frac{1}{u} - 1 + \varphi + \theta + \phi \right) (1-u-v)^{\beta-1} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (15a)$$

根据式（13）、式（15a），得到：

$$s = \left\{ 1 + \frac{\phi(1-\alpha-\delta)}{\alpha\theta} \left[\frac{1-u-v}{v} + \left(\frac{1}{u} - 1 + \phi + \theta + \varphi \right) \frac{1}{\phi} \right] \right\}^{-1} \quad (15b)$$

由式（10a）、式（10d）推得：

$$\frac{D}{h} = \frac{NB(1-s)k}{1-\alpha-\delta h} \quad (15c)$$

再由式（3）得到人工智能技术进步的表达式：

$$\frac{\dot{A}}{A} = Mv^\varphi s^\theta \left(\frac{k}{h}\right)^\theta \left(\frac{D}{h}\right)^\phi \left(\frac{A}{h}\right)^{-\varphi-\theta-\phi} \quad (15d)$$

综合式（14）、式（15c）、式（15d）可以推出：

$$\frac{k}{h} = \left[\frac{B^{1-\phi}}{M} uv^{-\varphi} s^{-\theta} N^{-\phi} \left(\frac{1-s}{1-\alpha-\delta} \right)^{-\phi} \left(\frac{A}{h} \right)^{\varphi+\theta+\phi} \right]^{\frac{1}{\theta+\phi}} \quad (15e)$$

由式（15c）、式（15e）可知：

$$\frac{D}{h} = \left[\frac{B^{1+\theta}}{M} uv^{-\phi} s^{-\theta} N^{\theta} \left(\frac{1-s}{1-\alpha-\delta} \right)^{\theta} \left(\frac{A}{h} \right)^{\theta+\theta+\phi} \right]^{\frac{1}{\theta+\phi}} \quad (15f)$$

由式（15f）和式（1）的可得：

$$\frac{c}{h} = \left[\frac{B^{1+\theta}}{M} uv^{-\phi} s^{-\theta} N^{-\phi} \left(\frac{1-s}{1-\alpha-\delta} \right)^{\theta} \left(\frac{A}{h} \right)^{\theta+\theta+\phi} \right]^{\frac{1}{\theta+\phi}} \quad (15g)$$

由式（12）、式（14）、式（15d）得到：

$$Bu = \frac{1-\alpha}{\alpha} F(1-s)^{-\alpha-\delta} [(1-a)(1-u-v)^{\beta} + a \left(\frac{A}{h} \right)^{\beta}] \left(\frac{k}{h} \right)^{-\alpha-\delta} \left(\frac{D}{h} \right)^{\delta} + Bu - \frac{B}{\sigma} \quad (16)$$

通过式（16）可以求得：

$$B = \frac{1-\alpha}{\alpha} \sigma F(1-s)^{-\alpha-\delta} [(1-a)(1-u-v)^{\beta} + a \left(\frac{A}{h} \right)^{\beta}] \left(\frac{k}{h} \right)^{-\alpha-\delta} \left(\frac{D}{h} \right)^{\delta} \quad (17)$$

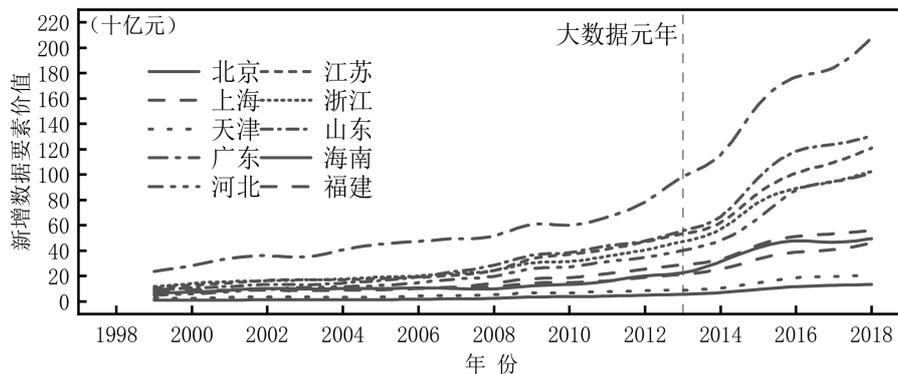
再由式（16），最终可推得稳态的经济增长率为：

$$g_y = Bu = \psi \left(\frac{k}{h} \right) \times \left(\frac{D}{h} \right)^{\delta} + \chi \left(\frac{k}{h}, \frac{D}{h} \right) \times \left(\frac{A}{h} \right)^{\beta} \quad (18)$$

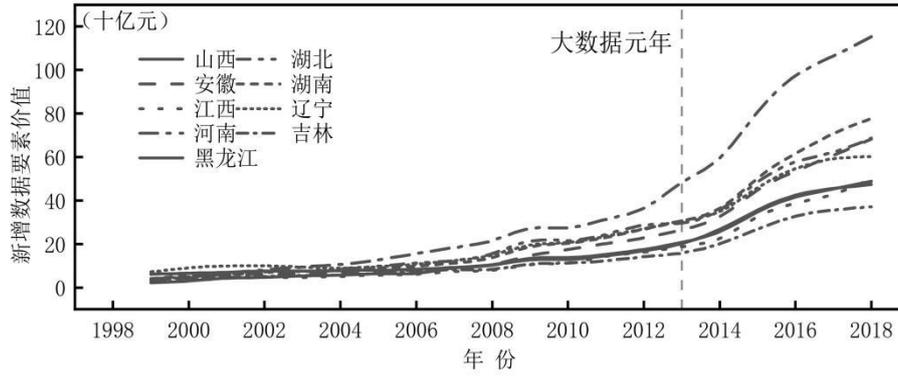
其中，

$$\begin{cases} \psi \left(\frac{k}{h} \right) = \frac{1-\alpha}{\alpha} Fu\sigma(1-s)^{-\alpha-\delta} (1-a)(1-u-v)^{\beta} \left(\frac{k}{h} \right)^{-\alpha-\delta} \\ \chi \left(\frac{k}{h}, \frac{D}{h} \right) = \frac{1-\alpha}{\alpha} Fu\sigma(1-s)^{-\alpha-\delta} a \left(\frac{k}{h} \right)^{-\alpha-\delta} \left(\frac{D}{h} \right)^{\delta} \\ \frac{k}{h} = \left\{ \frac{B^{1-\phi}}{M} uv^{-\phi} s^{-\theta} N^{-\phi} \left(\frac{1-s}{1-\alpha-\delta} \right)^{-\phi} \left[\frac{(1-a)v}{a\phi} \left(\frac{1}{u} - 1 + \phi + \theta + \phi \right) (1-u-v)^{\beta-1} \right] \right\}^{\frac{\phi+\theta+\phi}{\beta}} \frac{1}{\theta+\phi} \end{cases}$$

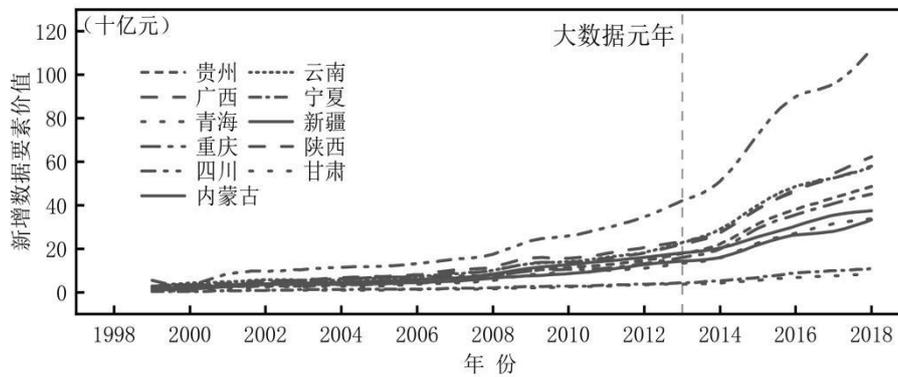
附录 B:



附图 2 东部地区新增数据要素价值

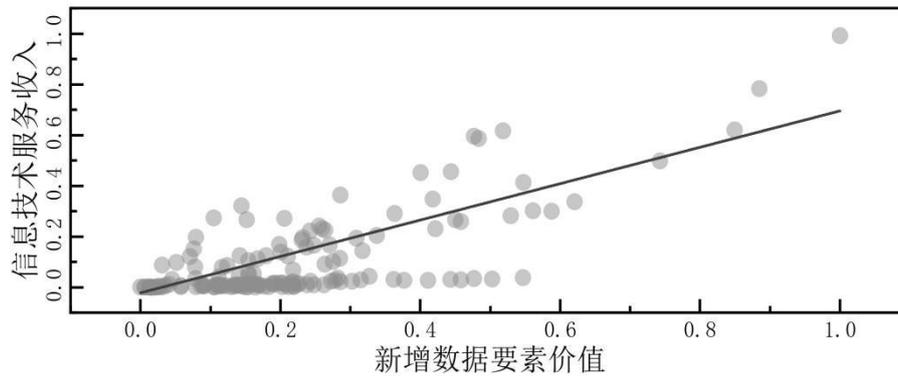


附图3 中部和东北地区新增数据要素价值

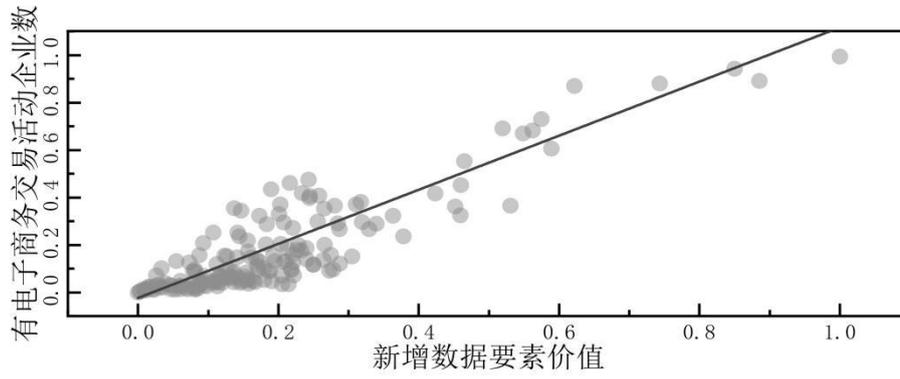


附图4 西部地区新增数据要素价值

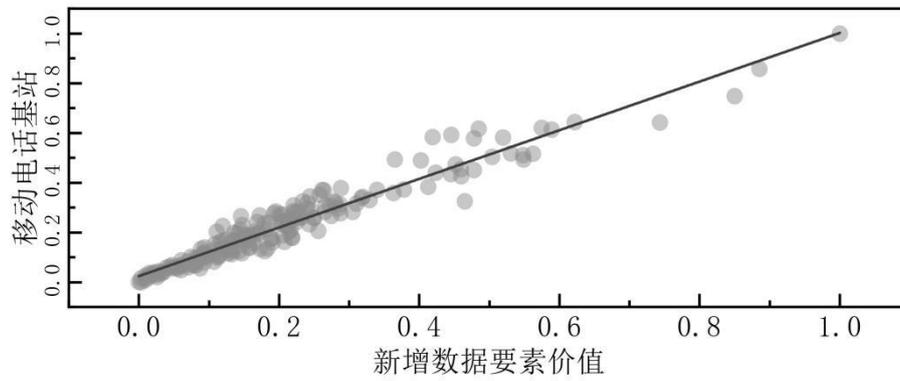
附录 C:



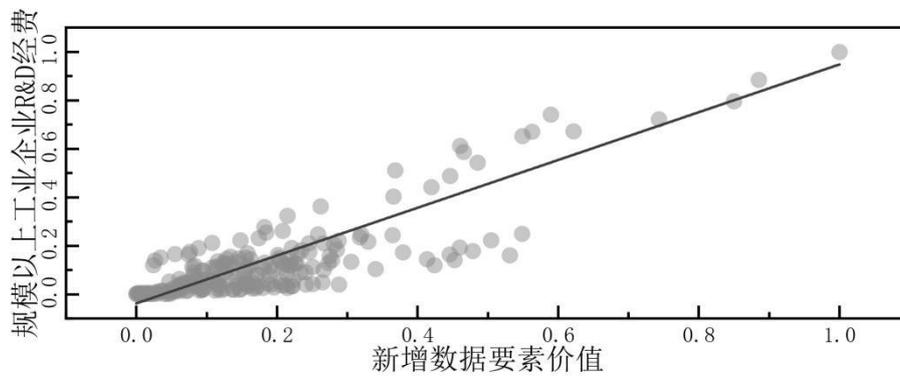
附图5 新增数据要素价值与信息技术服务收入相关性



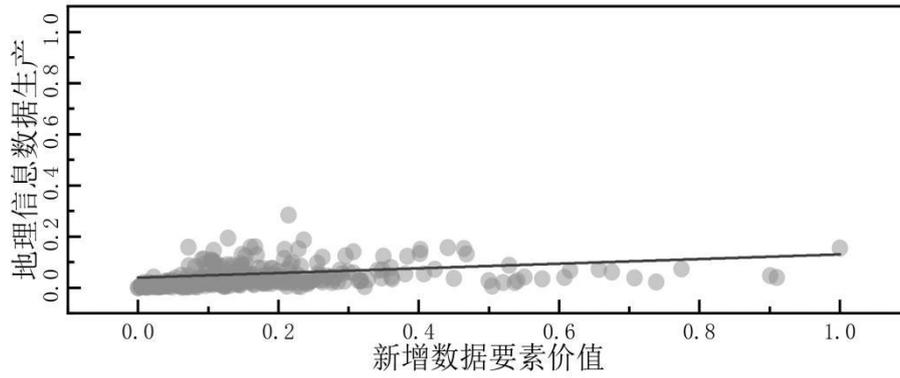
附图 6 新增数据要素价值与有电子商务交易活动企业数相关性



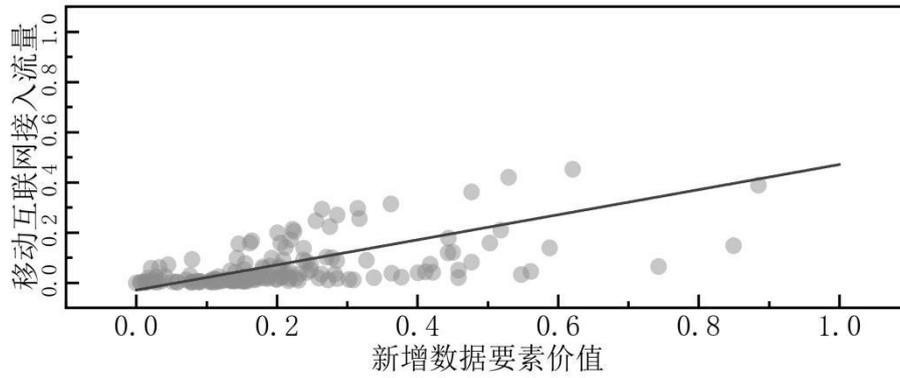
附图 7 新增数据要素价值与移动电话基站相关性



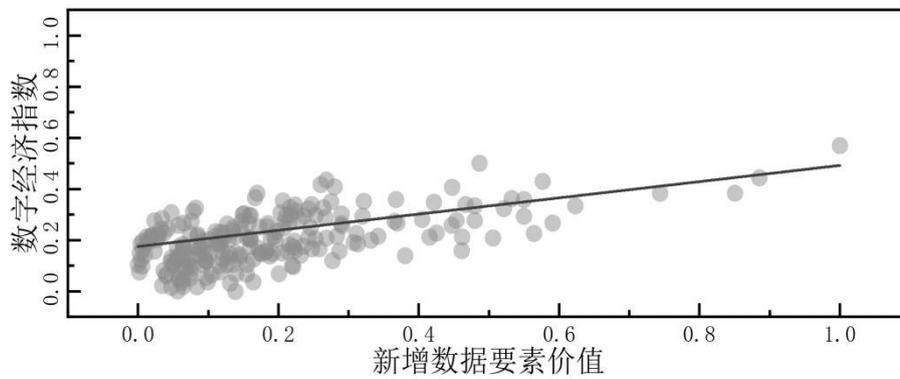
附图 8 新增数据要素价值与规模以上工业企业 R&D 经费相关性



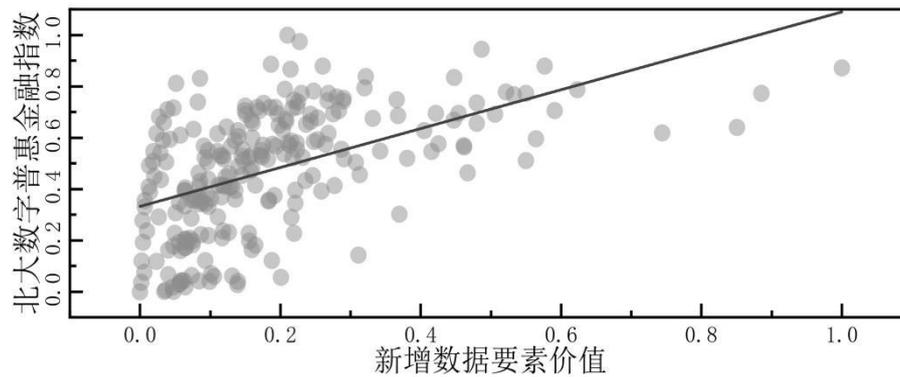
附图9 新增数据要素价值与地理信息数据相关性



附图10 新增数据要素价值与移动移动互联网接入流量相关性



附图11 新增数据要素价值与数字经济指数相关性



附图 12 新增数据要素价值与北大数字普惠金融指数相关性

附录 D:

假设规模报酬不变且总量生产函数的形式为 $Y = F(K, H, A, D)$ ，其中 K 、 H 、 A 、 D 分别为物质资本存量、人力资本存量、人工智能和数据要素。总量生产函数对时间 t 求导得：

$$\dot{Y} = \frac{\partial F}{\partial K} \dot{K} + \frac{\partial F}{\partial H} \dot{H} + \frac{\partial F}{\partial A} \dot{A} + \frac{\partial F}{\partial D} \dot{D} \quad (1)$$

上式两边同除以 Y 可得：

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\partial F}{\partial K} \frac{K}{Y} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{\partial F}{\partial H} \frac{H}{Y} \frac{\dot{H}}{H} + \frac{\partial F}{\partial A} \frac{A}{Y} \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\partial F}{\partial D} \frac{D}{Y} \frac{\dot{D}}{D} \quad (2)$$

通过对上式两边求对数再求时间 t 的导数可得：

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = (1 - \alpha - \delta) \frac{\dot{K}}{K} + \delta \frac{\dot{D}}{D} + \frac{\alpha(1-a)[(1-u-v)H]^{\beta-1}(1-u-v)\dot{H}}{(1-a)[(1-u-v)H]^{\beta} + aA^{\beta}} + \frac{\alpha a A^{\beta-1} \dot{A}}{(1-a)[(1-u-v)H]^{\beta} + aA^{\beta}} \quad (3)$$

综上可得数据要素的产出弹性为：

$$E_D = \frac{\partial D}{\partial Y} \frac{D}{Y} = \delta \quad (4)$$

在前文分析中，数据要素对经济增长的影响会表现出时间异质性。因此，借鉴白俊红和刘宇英（2018）的做法，构建如下变截距、时变系数模型对数据要素的产出弹性进行估算：

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln h_{it} + \beta_3 \ln AI_{it} + \delta_t \ln Data_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中，产出 Y_{it} 是以 1998 年为不变价的实际 GDP。固定资本存量 K_{it} 参考张军等（2004）的方法计算得到。人力资本存量 h_{it} 、人工智能 AI_{it} 、数据要素 $Data_{it}$ 均来自于前文。 δ_t 即为数据要素的产出弹性。

参考文献

- [1] 白俊红,刘宇英.对外直接投资能否改善中国的资源错配[J].中国工业经济,2018(1):60-78.
- [2] 张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J].经济研究,2004(10):35-44.

