

制造业产业链数字化空间重构的探究

——以黄河流域为例

高燕娇

浙江理工大学马克思主义学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年2月11日; 录用日期: 2025年2月28日; 发布日期: 2025年3月26日

摘要

制造业乃立国之本、强国之基, 为推动其转型升级, 必须实现数字化技术与制造业的深度融合。针对黄河流域制造业存在的市场需求疲软、产能过剩及竞争无序等问题, 梳理国内外数字制造与制造业融合的研究现状, 剖析当前面临的挑战, 同时以新一代信息技术为切入点, 深入探讨其对黄河流域制造业产业链空间分布的作用机制, 并总结我国制造业数字空间分布的特点。在此基础上, 构建并探索基于地理空间与数字空间协同作用下的黄河流域制造业产业链数字化空间重构模式。

关键词

制造业, 黄河流域, 产业链布局, 数字化空间重构

An Exploration of Digital Spatial Reconstruction of Manufacturing Industry Chain

—Taking the Yellow River Basin as an Example

Yanjiao Gao

School of Marxism, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang

Received: Feb. 11th, 2025; accepted: Feb. 28th, 2025; published: Mar. 26th, 2025

Abstract

The manufacturing industry is the foundation of a country, the foundation of a strong country. In order to promote its transformation and upgrading, it is necessary to realize the deep integration of digital technology and manufacturing industry. Aiming at the problems of weak market demand,

overcapacity, and disordered competition in the manufacturing industry of the Yellow River Basin, this study reviews the research status quo of the integration of digital manufacturing and manufacturing industry at home and abroad, analyzes the current challenges, and utilizes the advent of new information technology as a point of departure to delve into the intricacies of its role in shaping the spatial distribution of the manufacturing industry chain within the Yellow River Basin. The investigation further entails a comprehensive summary of the salient features of the manufacturing industry's digital terrain in China. The study's findings culminate in the formulation of a digital spatial reconstruction model for the manufacturing industry chain in the Yellow River Basin, which is predicated on the symbiotic integration of geospatial and digital domains.

Keywords

Manufacturing, Yellow River Basin, Industry Chain Layout, Digital Spatial Reconstruction

Copyright © 2025 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

随着互联网技术的蓬勃发展以及大数据时代的来临,在当今全球新一轮产业变革浪潮中,数字经济信息技术为核心的数字经济已然成为驱动我国社会进步与产业升级的新引擎,正逐渐成为决定产业升级成败的关键力量。近年来,“数据”已被纳入国民经济和社会信息化中长期规划纲要之中。数据不仅是一种新型生产要素,更是一种重要的生产力[1]。从宏观层面来看,“数据 + 人工智能”的结合可使企业更加高效地利用数据资源;而从微观层面而言,“数据化”能够有效提升中小企业的竞争力。数据的重要性已经上升到国家战略高度,国家应高度重视数据应用,并将其作为创新驱动发展战略实施的重点领域之一。近年来,在经济下行压力持续增大的背景下,我国经济正处于新旧动能转换的关键时期。作为全球最大的制造业国家,我国亟需挖掘新的经济增长点,以推动制造业转型升级。在此过程中,黄河流域被选作数字化重构的重点研究区域,有望成为我国制造业转型升级的突破口。

2. 黄河流域制造业产业链现状

近年来,在国家和地方政策的大力推动下,黄河流域制造业取得了显著的发展成果。特别是《关于深入推进黄河流域工业绿色发展的指导意见》发布后,该区域的制造业正逐步向绿色化、智能化和高端化转型。然而,目前仍存在空间布局不均衡、产业结构同质化程度较高等问题。

2.1. 制造业空间布局不均衡

综合考量黄河流域制造业中不同规模企业的数量、产值及其空间分布特征,以及各城市的优势制造业和各类制造业的主要分布省份后发现:从制造业企业数量来看(详见表 1),山东省的企业数量最为庞大,在九省区中占据首位;河南省与四川省相较于其他六省也具有较为明显的优势。这表明山东省在黄河流域内拥有最多的制造业企业,远超其他八省,是该流域制造业最核心的分布区域。同时,这一现象也反映出黄河流域制造业企业在省际间的分布存在显著的梯度差异,山东省处于明显的领先地位。

总体而言,黄河流域涵盖的 9 个省份其工业体系涵盖了 42 个具体的工业部门,其中部分工业部门之间存在较高的相似性。为了便于进行总结与分析工作,依据各部门的独特属性,将这 42 个工业部门重新整合归类为 14 个更具代表性的工业门类,并列于表 2。依据制造业的 14 个大类别对黄河流域工业部门

的分布特征进行归纳剖析，具体详情可见表 2 所展示的黄河流域工业部门情况。

以 14 类行业规模以上企业产值数据为基础进行了实证研究，概括分析了黄河流域制造业部门空间分布特征，体现了黄河流域各产业特性与其产值在空间分布上的离散程度。山东省在很多行业都有相对的优势，它的综合实力最突出。山东、四川和河南、陕西均为制造业主要分布省份，这四个省四大优势制造业类型存在明显差异。山东在以金属冶炼和金属制品、石油和化工为代表的资本密集型产业和通用、专用设备和仪器仪表中占据绝对优势；四川省在非金属矿物制品业、其他运输设备制造业中具有多个比较优势产业；河南省企业数量相对山东较少，但以知识密集型产业为代表的行业如：专用设备和仪器仪表和山东其地位大致等同。内蒙古、甘肃、青海、宁夏回族自治区等地区相较山东、河南地区总产值较小，地区差异相对较明显，但在金属冶炼和金属制品产业方面较具地区优势，但制造业总产值较低。内蒙古、甘肃、青海、宁夏回族自治区为制造业综合实力较弱省份，地区差异明显。

Table 1. Number of manufacturing enterprises in 9 provinces of the Yellow River Basin

表 1. 黄河流域 9 省制造业企业数量

序号	省份	制造业数量
1	山东省	55,749
2	四川省	23,406
3	河南省	19,891
4	陕西省	8326
5	山西省	8077
6	内蒙古自治区	3601
7	宁夏回族自治区	1807
8	甘肃省	3234
9	青海省	890

Table 2. Segmentation of manufacturing industries in the Yellow River Basin

表 2. 黄河流域制造业细分行业

合并后产业代码	合并后产业
01*	食品、饮料和烟草
02*	纺织皮革
03*	木材加工与家具制造
04*	造纸印刷与文体娱乐
05*	石油化工
06*	医药和化学
07*	非金属矿物制造业
08*	金属冶炼和金属制品
09*	通用、专用设备和仪器仪表
10*	汽车制造业
11*	交通运输设备
12*	电气机械和器材制造业
13*	计算机、通信和其他电子设备制造业
14*	其他制造业

2.2. 产业结构同质化程度较高

黄河流域九省的制造业结构具有较高的相似性，尤其是河南和山东两省，在 14 大类制造业中，有 4 个类别表现出显著的相关性。例如，通用设备、专用设备、仪器仪表制造，纺织与皮革制品，以及电气机械及器材制造等产业，在各地产业的体系中均发挥着关键作用，并存在一定程度的重叠。因此，这些地区应充分利用自身的地理优势和区域特色，进行更为科学合理的产业布局。内蒙古、甘肃、宁夏和青海四地的产业结构也呈现出较大相似性，但整体来看，这些地区的产业基础相对薄弱，尤其是在高新技术产业方面表现尤为明显。现有的产业配套设施和制造生产网络尚不完善，导致对高质量企业的吸引力不足，使得这些地区在制造业及相关生产性服务业的整体发展水平上与东部地区存在一定差距。这种同质化竞争的局面不仅不利于区域间的协同发展，也不利于当地产业结构的有效调整。

为实现可持续发展，各地区应充分发挥自身独特的区位优势，避免简单重复的产业布局，积极探索差异化的发展路径。总体上，应在兼顾产业布局与产业转移对接两个层面的基础上，重构黄河流域制造业产业链，以全面发挥各地区的比较优势，减少产业集聚带来的恶性竞争问题。对于西部的内蒙古、甘肃、宁夏和青海四省而言，其产业结构与山东、河南和四川等地相比存在明显差距。因此，需要进一步优化该地区的产业要素联系模式及空间布局，突破原有的产业结构，同时注重分析各地区发展水平的差异。根据其经济实力、地理位置等因素制定差异化的产业政策，降低区域间高度相似的产业结构布局，减少产业体系内关键产业的重叠程度，以提高资源要素在行业之间的流动效率。

为此，提出了数字化空间重构的概念，并以此为契机，推动黄河流域制造业产业链的数字化转型与空间重构。

3. 黄河流域产业链解构

黄河流域制造业的升级改造与制造业产业链的数字化空间重构相互影响，其中产业链的数字化重构是产业升级的先导。制造业产业链是一个由众多要素构成的复杂系统，各要素之间相互关联、相互作用。产业链的数字化重构不仅决定了产业升级的方向，反过来，产业升级路径也会影响产业链重构的方向。当前，我国产业结构正处于转型期，如何实现产业链的数字化重构成为亟待解决的关键问题。本章从产业链解构的角度出发，通过对制造业产业链的深入分析，探讨其现状与发展态势，进而提出了黄河流域制造业产业链的数字化重构与升级路径。

3.1. 黄河流域上游产业链分解

农林牧渔业与纺织品、化学产品及非金属矿物制品等工业部门密切相关，体现了其在相关产业生产和管理中的基础性地位。对于资本密集型制成品，如非金属矿物制品、金属冶炼及压延加工品、金属制品、通用设备及其他制造产品和废料而言，金融支持对其发展具有显著的促进作用，反映出这些产业对金融的高度依赖。这种依赖性与其在经济活动中的功能和地位紧密相关。对于技术密集型制造业，除了行业内各部分之间的紧密联系外，批发零售、电力热力的生产和供应、以及金属制品、机械和设备的修理服务是最主要的直接关联部门。这进一步强调了电气机械、仪器仪表等知识密集型行业的重要性，它们与制造业产业链的上游环节有着密切的联系。

总体而言，农林牧渔业、金属冶炼及压延加工业、教育业、批发零售业和金融业等产业共同推动了黄河流域制造业产业链的上游发展。

根据黄河流域 9 省 42 部门的投入产出表结果，对黄河流域工业行业关联结果进行比较，设部门 j 对部门 i 的直接消耗价值量为 X_{ij} ，总投入为 X_j ，则 j 部门对 i 部门的直接消耗系数为：

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} (i, j = 1, 2, \dots, n) \tag{3-1}$$

记直接消耗系数矩阵为 A ，单位矩阵为 I ，则完全消耗系数矩阵 B 为：

$$B = (I - A)^{-1} - I \tag{3-2}$$

对比了黄河流域 17 个产业部门与之有关的产业部门，他们之间的关系按照消耗系数由高到低的顺序进行排列可得如下结果如表 3 所示：

Table 3. Strongly linked sectors in the upstream of manufacturing in the Yellow River Basin
表 3. 黄河流域制造业上游强关联部门

部门代码	部门名称	强直接关联部门	强间接关联部门
6	食品和烟草	25, 22, 28, 20, 23	30, 06, 09, 16, 07
7	纺织品	39, 29, 11, 01, 20	08, 07, 26, 05, 38
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	14, 39, 08, 26, 05	08, 37, 07, 30, 25
9	木材加工品和家具	39, 28, 26, 40, 25	09, 27, 30, 22, 17
10	造纸印刷和文教体育用品	24, 10, 36, 34, 41	42, 34, 05, 32, 17
11	石油、炼焦产品和核燃料加工品	42, 03, 14, 13, 29	23, 27, 19, 20, 05
12	化学产品	12, 07, 22, 10, 08	12, 07, 22, 10, 08
13	非金属矿物制品	39, 40, 36, 32, 01	21, 27, 20, 09, 23
14	金属冶炼和压延加工品	28, 39, 36, 32, 08	20, 23, 04, 15, 03
15	金属制品	39, 03, 25, 40, 32	15, 18, 04, 19, 23
16	通用设备	32, 28, 23, 17, 16	18, 17, 20, 21, 23
17	专用设备	35, 34, 36, 41, 39	17, 20, 21, 05, 19
18	交通运输设备	07, 42, 12, 11, 33	18, 23, 36, 17, 02
19	电气机械和器材	39, 40, 32, 23, 21	18, 23, 17, 21, 16
20	通信设备、计算机和其他电子设备	25, 24, 06, 15, 09	20, 21, 41, 31, 05
21	仪器仪表	28, 01, 40, 38, 24	39, 21, 19, 18, 23
22	其他制造产品和废品废料	32, 25, 28, 04, 26	22, 23, 17, 21, 27

3.2. 黄河流域下游产业链分解

纺织品、服装、鞋帽、皮革制品及羽绒产品，以及纸张印刷和文教体育用品等劳动密集型制造业部门之间存在着紧密的关联。资本密集型制造业，如化学产品、非金属矿物制品、金属制品和其他制造业，包括金属冶炼及压延加工、专用设备制造、建筑和通信设备等行业，对计算机及其他电子设备有较强的依赖性。这些行业是国家经济增长的重要驱动力，其产业关联度高，对国民经济发展贡献显著。知识密集型制造业，如专用设备、交通运输设备、电器机械及设备、通用设备和其他通信设备，除了自身内部的强关联关系外，还高度依赖计算机、电子设备、专用设备及交通运输设备。整体来看，通用设备、交通运输设备、计算机和其他电子设备等部门在黄河流域制造业产业链的下游占据主导地位。

总体而言，农林牧渔业为劳动密集型制造业提供了基础支撑，而劳动密集型制造业与批发零售业有着较强的依存关系。资本密集型制造业与交通运输设备、专用设备、金属冶炼及压延加工业之间的关联

度较高。知识密集型制造业对通信设备、计算机和其他电子设备的依赖性强。劳动密集型制造业为其他制造业的生产经营提供了基础性的支持。交通运输设备和建筑业对资本密集型制造业的需求较大。

利用前向产业关联系数可以确定下游产业部门关联程度。分配系数(前向关联系数)愈高,说明产业部门向其他产业部门配置的相对价值量越高。

假设部门*i*对部门*j*的直接分配价值量为 X_{ij} ,总产出为 X_i ,则*i*部门对*j*部门的直接分配系数为:

$$h_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \tag{3-3}$$

将直接分配系数矩阵记为*H*,单位矩阵记为*I*,则完全分配系数矩阵*W*的计算方法为:

$$W = (I - H)^{-1} - I \tag{3-4}$$

用完全分配系数与直接分配系数之差反映产业部门间接分配关联水平。利用投入产出模型对我国各行业之间的关联程度作定量分析,分别按照分配系数降序排列,筛选出与各制造业部门关联系数最大的五个直接和间接下游关联产业部门,结果如表4所示:

Table 4. Strongly related sectors downstream of manufacturing in the Yellow River Basin
表 4. 黄河流域制造业下游强关联部门

部门代码	部门名称	强直接关联部门	强间接关联部门
6	食品和烟草	06, 30, 01, 12	06, 12, 01, 30, 27
7	纺织品	07, 08, 12, 15, 17	07, 08, 12, 27, 10
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	08, 07, 02, 12, 13	08, 09, 27, 12, 10
9	木材加工品和家具	09, 27, 10, 38, 42	09, 27, 10, 12, 08
10	造纸印刷和文教体育用品	10, 06, 12, 13, 27	10, 27, 06, 18, 14
11	石油、炼焦产品和核燃料加工品	11, 12, 29, 14, 27	27, 12, 14, 11, 13
12	化学产品	12, 01, 40, 10, 27	12, 27, 06, 14, 13
13	非金属矿物制品	27, 13, 14, 19, 20	27, 13, 14, 12, 19
14	金属冶炼和压延加工品	14, 27, 15, 19, 16	27, 14, 15, 12, 13
15	金属制品	15, 27, 13, 18, 27	15, 27, 13, 18, 27
16	通用设备	16, 17, 13, 18, 27	16, 13, 17, 18, 12
17	专用设备	17, 20, 27, 05, 02	27, 14, 17, 12, 20
18	交通运输设备	18, 29, 17, 12, 01	18, 29, 12, 27, 14
19	电气机械和器材	19, 27, 20, 18, 16	20, 27, 19, 12, 14
20	通信设备、计算机和其他电子设备	20, 32, 20, 28, 38	20, 27, 30, 12, 31
21	仪器仪表	36, 16, 19, 17, 24	30, 27, 12, 18, 14
22	其他制造产品和废品废料	14, 34, 10, 15, 38	27, 14, 15, 16, 18

3.3. 制造业产业部门波及分析

以区域产业系统为视角,制造业部门间以及制造业与其他产业部门间皆具有复杂的交互关联关系,因此在研究产业集群时需要考虑到这一特征。为了进一步解构黄河流域产业链,为下文产业链优化做准备,下面将探讨黄河流域制造业部门间关联机制及其在区域产业系统中的蔓延与影响作用,它将以平均

波及步数来衡量。为了测度某一区域产业系统的内部，制造业部门间以及制造业与其他产业部门间皆具有复杂的交互关联关系。因而进一步深化探讨黄河流域不同制造业部门间的关联机制，以及其在区域产业系统的波及影响作用。FA 与 BA 系数表示成本推动和后向需求拉动，FA 和 BA 指数量化且直观反映了地区某一产业部门的成本、需求变动对于其他产业部门所产生的综合影响。

如果 j 部门最终需求增加 1 个单位，则 i 部门总产出将增加 l_{ij} 。其中，通过直接影响即一步骤完成的份额为 $\frac{a_{ij}}{l_{ij}}$ ，通过一步间接影响即两步骤完成的份额为 $\frac{\sum_k a_{ik} a_{kj}}{l_{ij}}$ ，以此类推。当 $i \neq j$ 时，部门 j 的最终需求增加，导致部门 i 总产出增加所经历的平均波及步数 APL_{ij} 可记为：

$$APL_{ij} = \frac{a_{ij} + 2\sum_k a_{ik} a_{kj} + 3\sum_k \sum_m a_{ik} a_{km} a_{mj} + \dots}{l_{ij}} \tag{3-5}$$

则部门 i 对产业体系中其他所有部门的前向成本推动的平均波及步数 FA_i ，以及后向需求拉动的平均波及步数 BA_j ，即可表示为：

$$FA_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n APL_{ij} \tag{3-6}$$
$$BA_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n APL_{ij}$$

计算结果 FA 与 BA 的计算结果如前向成本推动和后向需求拉动平均波及步数(表 5)所示：

Table 5. Average waves of forward cost-push and backward demand-pull steps
表 5. 前向成本推动和后向需求拉动平均波及步数

部门代码	部门名称	FA	BA
6	食品和烟草	4.13	4.24
7	纺织品	5.09	4.92
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	4.63	3.7
9	木材加工品和家具	4.06	4.06
10	造纸印刷和文教体育用品	4.13	3.69
11	石油、炼焦产品和核燃料加工品	4.27	4.23
12	化学产品	3.96	3.93
13	非金属矿物制品	3.78	4.02
14	金属冶炼和压延加工品	4.1	4.33
15	金属制品	4.07	3.62
16	通用设备	4.07	4.03
17	专用设备	4.07	3.93
18	交通运输设备	4.5	4.58
19	电气机械和器材	4.1	3.97
20	通信设备、计算机和其他电子设备	4.63	4.18
21	仪器仪表	4.21	3.57
22	其他制造产品和废品废料	3.42	3.76

在黄河流域制造业大类中观察产业的 FA 与 BA 指数,可得金属冶炼和压延加工品、交通运输设备及石油、炼焦等产品、纺织品、食品和烟草、通用设备,通信设备和其他,计算机和其他电子设备,木材加工品和家具、包括核燃料加工品共 8 个产业的 FA 指数、BA 指数都较为突出,表明它们既具有强烈的前向成本驱动作用,也存在着对需求的后拉动力,对整个产业系统有较强的关联驱动作用[2]。可见,上述八个行业均属于上游原材料工业或下游消费品加工工业。说明黄河流域各产业群间经济联系紧密,上下游企业互相依存又相互竞争。该地区的经济发展水平处于全国领先地位。总体来看,黄河中下游仍处在快速成长期。另外,以上八个行业及化学产品制造业 FA 指数与 BA 指数总和排名最高,也就是拥有较长产业链条,体现了其对黄河流域区域产业系统的广泛波及影响。

影响力系数与感应度系数,是建立在投入产出模型基础上的产业关联分析中最重要的 2 项指标,它能直观地反映出一个部门与产业系统中所有其他部门之间最终用途与生产需求变化之间相互波及影响的大小。总体上,黄河流域制造业大类中,金属冶炼及压延加工品、化学产品两个制造业部门影响力系数与感应度系数均较高,可知他们对于各个工业部门生产经营有着巨大的推动与拉动效应,在黄河流域整个工业系统中产生了重大影响。

3.4. 黄河流域产业链整体网络关联密度分析

以期更加透彻地分析黄河流域产业链实际运作状况,引入 Ucinet 相关网络矩阵的网络密度,进一步分析黄河流域 9 个省份的相关程度,网络密度的均值达到 0.9,表明它们相关系数较大,9 个省份间关联较大,整体网络密度较高,该网络密度中山东、四川、河南制造业对于黄河流域制造业整体的影响可能越大。中心性是衡量网络整体中心化程度高低的一个重要标志,在各省市群网络上,位于中心位置的省、市更容易得到资源和资料,对其他城市有较强的影响力。从中间的中心性就可以知道河南、四川两省中心度数偏高,表示这两省处于中心地位,有较高的网络凝聚力。整体来看,四川、河南和山东 3 省位于黄河流域制造业产业链中心位置,但是 9 省的整体中心性较低,需要数字化作为生产要素来提升整体制造业产业链水平(表 6)。

Table 6. Density indicators of network correlation matrix in 9 provinces of the Yellow River Basin

表 6. 黄河流域 9 省网络关联矩阵密度指标

	山西	陕西	山东	宁夏	甘肃	青海	河南	四川	内蒙古	总体
网络密度	0.909	0.918	0.916	0.836	0.913	0.847	0.946	0.939	0.907	0.905
点度中心性	0.968	0.834	0.863	1.684	0.892	1.315	0.553	0.625	0.95	0.909
中间中心性	0.2	1.77	0.61	2.34	1.51	1.18	2.59	2.52	2.52	0.2
异质性	2.38	2.38	2.38	2.4	2.38	2.39	2.38	2.38	2.44	0.26

4. 黄河流域制造业产业链数字化空间重构

通过对黄河流域制造业产业链布局的总结,剖析了产业转移对接中的问题,并对产业链进行了解构,分析了产业链部门间的关联状况。将黄河流域产业链分为上、中、下游,归纳了各环节存在的问题特点。进一步研究了信息技术和数字经济在制造业产业链空间分布中的作用机制,分析了制造业数字化的空间布局特征。基于第二章对黄河流域制造业产业链发展状况的分析与评价,识别了制造业产业链空间重构过程中的主要影响因素。针对这些因素在产业链优化中的作用形态进行了深入研究,探讨了黄河流域制造业产业链的空间重构,这不仅为相关行业提供了明确的发展方向和改进建议,还促进了产业升级,推动了产业链的优化发展,为区域经济的长期稳定增长奠定了坚实基础。

4.1. 概念厘定

数字化空间是相对于地理空间的概念。数字化空间建立在互联网和信息通信基础设施之上，根植于地理空间之中，以信息数据要素为标准化流通媒介，为社会经济活动的要素、信息、资源流通提供了新场所[3]。数字化空间是以“数据流”为核心特征的网络信息环境，其构建依赖于互联网和信息通信技术在现实社会活动中的赋能应用。这一空间的属性及其上的数据流通规则与效率，从根本上取决于互联网和信息通信技术的发展水平。同时，作为数字化空间载体的互联网和信息通信基础设施，在地理空间布局上往往会受到地理因素的显著影响。

随着人工智能、大数据和云计算等新一代信息技术在实体经济中的广泛应用，产业生产活动的虚拟化趋势日益显著，数字化空间的布局重要性迅速提升，并对地理空间的产业布局产生深远影响。在新一代信息技术的推动下，产业数字化转型加速，数据要素的重要性显著提高，信息和资源流通方式发生深刻变革，从而实质性地改变了地理空间中产业布局的中心 - 外围结构。产业数字化转型不仅改变了经济活动中各要素的地位、组合方式和效率，还重塑了产业组织节点间的关联逻辑和交易成本。数据要素资源的优势和知识信息获取能力成为影响产业关联与布局的关键因素。不同于地理空间中实体位置的依赖性，数字化空间为更大范围内的节点连接提供了可能，极大地拓展了产业布局的灵活性和可达性。

4.2. 实证研究

本文采用多层线性模型(HLM 6.08)和 SPSS 软件得出来的结果来进行实证分析，用逐步回归方法修改了模型，即选择模型方法来做回归，采用自变量选择的方法，对满足要求的自变量进行剔除再拟合，来得到最佳的回归模型。在进行一系列回归检测之后，得到如表 7 模型系数表结果，进一步观察其系数估计值，进一步对模型稳健性进行分析。

Table 7. List of model coefficients
表 7. 模型系数表

模型	未标准化系数		标准化系数		t	显著性	B 的 95.0%置信区间	
	B	标准错误	Beta				下限	上限
(常量)	8.952	16.034	0.000	0.558	0.578		-22.894	40.798
DIG	-0.072	0.022	-0.099	-3.31	0.001		-0.115	-0.029
R&D	0.003	0.000	0.674	5.724	0.000		0.002	0.004
GOV	-6.25E-05	0.000	-0.15	-1.453	0.15		0.000	0.000
GDP	-0.01	0.004	-0.717	-2.294	0.024		-0.019	-0.001
IND	0.035	0.007	1.149	5.29	0.000		0.022	0.049

表 7 模型系数表为其系数的估计值，以及其 95%的置信区间从中我们可以看出该模型的方程为：

$$Y = 8.952 - 0.072X_1 + 0.003X_4 - 6.25X_3 - 0.01X_2 + 0.035X_6 \tag{4-1}$$

第一，数字技术(DIG)对产业链效率具有负效应，即数字技术增加一单位，产业链效率减少 0.72。表明黄河流域 9 个省份的数字技术投入比重较小，没有带来理想的科技成果，因此，黄河流域制造业产业链内企业群应该通过持续增强自主研发能力，逐步拓展原有产品新功能、开发新产品，提高行业科技密集度与创新产出率，从而拉动产业链高效，最后达到数字化空间重构的目的。然而，黄河流域九省市规模以上企业创新项目数均值偏低，各自仍有一定距离，因此，黄河流域大型制造业企业群可通过增加 R&D 人员配备与资金投入，扶持创新与薪酬激励结合之路，提高数字化技术的产出率，借此达到快速提升的

目的[4]。

第二, 财政支出(GOV)对于产业链效率产生负效应, 也就是财政支出提高一个单位, 产业链效率下降了 6.25, 即财政支出对于产业链效率的影响较大, 原因可能是, 产业链上游的从事高科技研究的知识密集产业, 前期对资金有很大的依赖性, 但是相对于较大的技术投入资金缺口, 政府财政支持是相对有限的, 进而使科研技术成果转化率较低[5]。同时在政府的政策引导下, 很多企业将其生产经营活动转移至了下游环节, 导致上游的产品和服务供给不足, 而下游的产业则会受到严重的冲击。此外, 政府投资也不一定能被合理使用, 出现了资源浪费, 因此并未带来数字化空间重构所带来的益处。

第三, 地方经济水平(GDP)对产业链效率具有负效应, 即地方经济水平增加一单位, 产业链效率减少 0.1, 即地方经济水平对产业链效率所得影响较大, 接下来进行黄河流域数字化空间重构需要考虑地方经济水平对数字化的影响。

第四, 人力资本(R&D)对产业链效率有显著的正相关效应, 即人力资本增加一单位, 产业链效率增加 0.03。人才是第一生产力, 对黄河流域制造业产业链发展来说, 研发人员, 是一个产业行业保持竞争力的关键所在, 提升科技含量, 是黄河流域产业链效率提升的基础。通过招徕更多人、促进职工掌握技术, 以提高企业生产力, 然后占领产业链高端。

第五, 制造业行业增加值(IND)对产业链效率有显著的正相关效应, 即制造业行业增加一单位, 产业链效率增加 0.35。这表明, 黄河流域生产链上企业之间应加大技术协助, 助推产业链效率实现较大幅度上升[6]。观察回归结果可得出, 目前, 黄河流域制造业产业链相关配套能力设施还不完善, 对于产业链效率提升效果偏弱, 迫切需要进一步提高和加强。

5. 结论及建议

基于数字化空间重构对黄河流域制造业产业链的影响, 我们构建了理论模型并深入探讨了其机制。在信息化时代, 制造业面临新的挑战与机遇, 传统生产模式已难以满足现代社会的需求。数字化空间重构为制造业产业链的升级提供了新路径, 有助于实现产业链的优化发展。因此, 在当前背景下, 制造业如何实现产业链的有效转型成为学者们关注的重要议题。

5.1. 加强人才培育和引进

为确保黄河流域九省制造业产业链实现数字化空间重构, 这些地区的企业可以加强对制造型人才的培养和吸引, 和政府加大合作, 政府可以采取相关积极导向政策, 鼓励高校培养缺失的人才、产业发展所需的人才和高质量技术。要完善工业标准体系的建立, 建立产学研的沟通模式, 促进与企业的合作创新。鼓励区域内高校培养制造业迫切需要的高素质人才, 积极建立企业和学校共同发展的桥梁等等。加大人才培养力度, 促进学生综合能力提高, 提升就业竞争力等等, 加快构建区域经济协调发展新机制研究。

5.2. 搭建黄河流域制造业产业合作平台

在经济转型升级的大背景下, 政府应加快构建与发展新型工业化道路相适应的产业合作平台体系, 为促进区域产业结构优化和升级提供有力支撑。支持黄河流域制造业发展的产业合作平台, 通过促进资源和技术的汇集、人才的交流与合作, 应加快建立该领域的共享经济平台, 促进黄河流域制造业产业链经济结构的优化和产业水平的提升[7]。进一步提高生产效率, 提供基础支撑和高端服务。通过把重点企业建成龙头企业, 整合行业资源等, 建立各种产业合作平台, 如工业技术研发共性平台, 建立公共服务平台, 如工业装备制造平台、工业互联网和大数据计算及人工智能平台等, 建立核心工业技术研发服务

平台等。加强产学研协同创新推动核心技术突破和产业化应用实现科技成果转化是整个国家技术创新体系建设的重点工作之一。要积极推进“产学研用”结合，加快培育一批创新型企业及科技领军人才，鼓励中小企业加大技术改造力度，培养高水平专业技术人员等。完善政策保障，吸引社会资本参与。此外，需要建立大学和研究机构之间的联合研究和开发合作平台，以加强研究和开发能力。

5.3. 优化产业发展环境

政府应该积极转变职能，从而为制造业技术改进增加财政支持，并提供优惠措施，为了改善黄河流域制造业的发展环境，应减少企业发展的障碍，纠正、简化或取消对企业发展的限制，逐步取消繁琐的许可程序，使企业在生产经营、投资活动等方面拥有充分的自主权。政府应进一步建立健全科技创新服务体系，加大对研发机构和重点实验室的投入力度；加强知识产权保护与管理，有效防范侵犯知识产权行为；健全产学研合作机制，促进科技成果转化，培育新技术新业态新模式。应构建社会诚信体系。完善法律法规体系。法律制度逐步完善。推进政府改革，实施服务导向，继续监管改革，巩固企业管制，加强舆论宣传，营造支持和鼓励产业升级的氛围。还要加强法制建设，提高执法效能，强化责任追究，确保经济安全。维护公平竞争的市场秩序，建立社会信用体系，加快建立和发展相关的支持政策，严格监督市场秩序，建立资源交流平台，消除信息障碍，为企业发展创造良好的商业环境。

5.4. 完善产业政策支持

在制造业数字化空间重构过程中，政府行为发挥着巨大指导作用，因此，政府应简政放权，制定优惠产业扶持政策，以推动黄河流域制造业的提升[8]。一是经费扶持：财政应当设立产业扶持专项资金、产业投资指导专项基金。通过设立产业投资引导资金等方式加大对科技型中小企业的投入力度。重点支持战略性新兴产业、就高新技术产业而言、具有初步优势和核心竞争力的潜在部门，迫切需要对传统部门进行改造和现代化，发展提供先进服务平台的公司，支持发展新的战略部门，在高科技部门创造、利用和保护知识产权。二是投资于技术研究和开发，利用引导基金(资金)促进社会资本和金融资本的发展，加大对企业原始创新和技术改造、产品升级等方面的投入。三是税收支持，政府要广泛运用相关税收优惠政策，通过税收补贴和税收减免、科技基金返还、开工免税、实行研发支出税前加计扣除、进口设备税收优惠等税收政策手段，有效促进企业的新增长动力。四是土地方面的支持，政府应出台大型项目的绿色通道土地政策，以新增地块等形式支持民营企业、中小企业发展、不断创新创业的优质服务企业，以及产业集群、中外合作园区的建设等。

参考文献

- [1] 王晨晨. 数字经济驱动制造业转型升级: 作用机制与经验证据[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州财经大学, 2022.
- [2] 钟诗韵. 数字经济促进中国制造业结构升级的实证研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2022.
- [3] 李冬冬. 京津冀制造业产业链解构与数字化空间重构研究[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津理工大学, 2022.
- [4] 韩滋琳. 全球价值链视角下我国出口贸易产业升级路径选择[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津商业大学, 2016.
- [5] 张秋菊, 王晓. 基于投入产出表的我省产业结构分析[J]. 山东经济战略研究, 2015(12): 26-32.
- [6] 吴怡. 数字经济时代农村电商集群的发展路径研究[J]. 市场周刊, 2023, 36(1): 79-82.
- [7] 胡志强, 苗长虹, 熊雪蕾, 等. 产业集聚对黄河流域工业韧性的影响研究[J]. 地理科学, 2021, 41(5): 824-831.
- [8] 黄若鹏, 刘海滨, 孙宇, 等. 宏观视角下黄河流域中下游经济韧性的地区差异性研究[J]. 宏观经济研究, 2022(2): 155-166.