

---

# TÁC ĐỘNG CỦA SỐ HÓA TỚI HIỆU SUẤT MÔI TRƯỜNG – KINH NGHIỆM TỪ MỘT SỐ QUỐC GIA TRONG KHU VỰC LIÊN MINH CHÂU ÂU

**Lê Thanh Hà**

*Trường Đại học Kinh tế Quốc dân*

*Email: lethanhha@neu.edu.vn*

**Trần Thị Lan Hương**

*Trường Đại học Kinh tế Quốc dân*

*Email: lanhuong@neu.edu.vn*

Mã bài: JED - 852

Ngày nhận bài: 24/08/2022

Ngày nhận bài sửa: 04/09/2022

Ngày duyệt đăng: 11/09/2022

## **Tóm tắt:**

*Nghiên cứu phân tích tác động của số hóa đến hoạt động môi trường, với việc sử dụng bộ dữ liệu của 25 quốc gia trong khu vực Liên minh Châu Âu trong giai đoạn 2015- 2020. Các hoạt động của môi trường được thể hiện qua hai tiêu chí là bảo vệ sức khỏe của con người và bảo vệ hệ sinh thái. Trong khi đó, số hóa được thể hiện thông qua sự kết nối kỹ thuật số, sử dụng internet, khả năng tích hợp công nghệ kỹ thuật số trong kinh doanh và các dịch vụ công nghệ thuật số. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của số hóa doanh nghiệp và dịch vụ công nghệ thuật số đến sức khỏe môi trường và ảnh hưởng của kết nối cũng như kỹ năng kỹ thuật số tới hệ sinh thái. Ngoài ra, bằng việc xem xét những ảnh hưởng này theo thời gian, nghiên cứu cũng cho thấy quá trình chuyển đổi kỹ thuật số có những tác động bất lợi trong ngắn hạn, nhưng sẽ xuất hiện những tác động tích cực trong dài hạn.*

**Từ khóa:** Các quốc gia Liên minh Châu Âu, chuyển đổi kỹ thuật số, hoạt động môi trường, tác động dài hạn, tác động ngắn hạn.

**Mã JEL:** F64, P28, Q55

## **The Impacts of digitalization on environmental performance- Empirical evidence in some countries in the European Union**

### **Abstract**

*The study aims to analyze the impact of digitalization on environmental performance, using a dataset of 25 countries in the European Union region for the period 2015-2020. Environmental performance is expressed through two criteria: protecting human health and protecting the ecosystem. Meanwhile, digitization is demonstrated through digital connectivity, internet use, integration digital technology in business and digital public services. Research results emphasize the importance of business digitization and digital public services on environmental health and the impact of digital connectivity and skills on the ecosystem. In addition, by considering these effects over time, the study also shows that digital transformation has adverse effects in the short term, but positive effects in the long term.*

**Keywords:** European countries, digital transformation, environmental performance, long-term effect, short-term effect.

**JEL Codes:** F64, P28, Q55

---

## 1. Giới thiệu

Một số vấn đề môi trường gần đây đang gây ra nhiều thách thức và tiếp tục nằm trong số năm loại rủi ro toàn cầu có đe dọa lớn nhất về mức độ tác động cũng như số lần ảnh hưởng (World Economic Forum, 2021). Việc bảo vệ môi trường đã trở thành một điều kiện tiên quyết để có được các lợi thế cạnh tranh bền vững và là một phần không thể thiếu trong việc quản lý chủ động của các doanh nghiệp (Kim, 2018; Saleem & cộng sự, 2021; Sanjay & cộng sự, 2019; Prayag & cộng sự, 2013). Các doanh nghiệp thường phải đối mặt với những vấn đề môi trường quan trọng như duy trì hệ sinh thái, chất lượng không khí, sử dụng nguồn lực một cách bền vững để từ đó xây dựng được môi trường sạch và khỏe (Zelazna & cộng sự, 2020). Phần lớn các lãnh đạo doanh nghiệp đều nhận thấy tầm quan trọng của việc thực hành bảo vệ môi trường đối với việc cắt giảm chi phí, cải thiện danh tiếng và nâng cao lợi thế so sánh của doanh nghiệp (Liu & cộng sự, 2019). Chính vì lẽ đó, nhiều doanh nghiệp đã thực hiện được những giải pháp hiệu quả để đối phó với những vấn đề này, ví dụ như tiến hành tái chế, xây dựng cộng đồng làm việc xanh, cập nhật và sử dụng xu hướng số hóa (Patnaik, 2016). Tất cả những giải pháp này đều cải thiện sức cạnh tranh và nâng cao tầm ảnh hưởng của doanh nghiệp trên nhiều mặt.

Tác động tích cực của số hóa tới môi trường được thể hiện qua nhiều kênh khác nhau và được đồng thuận bởi nhiều tổ chức cũng như các nhà nghiên cứu. Theo European Commission (2019), những tiến bộ công nghệ đóng một vai trò quan trọng trong việc thu gom và tái chế rác thải điện tử, tái sử dụng các vật liệu đã qua sử dụng làm cơ sở để từ đó xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn. Ngoài ra, nhiều hệ thống số hóa cũng rất hữu ích trong việc giải quyết một số vấn đề quan trọng như: xử lý chất thải rắn, chất thải điện tử, xử lý thực phẩm và nông nghiệp (Ferrari & cộng sự, 2020; Lu & cộng sự, 2016; Sharma & cộng sự, 2020; Genuino & cộng sự, 2017; Gu & cộng sự, 2017). Đây đều là những mục tiêu quan trọng của các quốc gia trên con đường thực hiện nền kinh tế tuần hoàn, hướng tới tăng trưởng bền vững trong dài hạn.

## 2. Tổng quan nghiên cứu và phát triển các giả thuyết

Đã có không ít các nghiên cứu tập trung phân tích mối liên hệ giữa số hóa và môi trường (Liu & cộng sự, 2019). Một số nghiên cứu cho rằng số hóa và hoạt động môi trường có mối quan hệ thuận chiều, nhưng một số khác lại cho thấy kết quả ngược lại. Ngoài ra, ảnh hưởng của số hóa tới môi trường có thể được diễn ra theo nhiều cách khác nhau, có thể là trực tiếp hay gián tiếp (Feroz & cộng sự, 2021). Ví dụ, việc sử dụng rộng rãi internet đã tạo ra nhiều thay đổi không mong muốn trong các hoạt động sản xuất, những hoạt động này có hại cho môi trường (Salahuddin & Alam, 2016). Cũng như vậy, sự phát triển của công nghệ thông tin và truyền thông làm tăng việc tiêu thụ điện, qua đó làm suy giảm nguồn tài nguyên thiên nhiên cũng như ảnh hưởng đến việc sử dụng năng lượng xanh (Majeed & cộng sự, 2019). Tuy vậy, công nghệ kỹ thuật số nhìn chung cho phép thực hiện được tính bền vững của môi trường, chẳng hạn như kiểm soát ô nhiễm, quản lý chất thải, sản xuất và đô thị bền vững (Feroz & cộng sự, 2021).

Tiến bộ công nghệ đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra một nền kinh tế tuần hoàn với việc thực hành tốt việc tái chế chất thải điện tử và tái sử dụng các vật liệu đã qua sử dụng, hỗ trợ một môi trường bền vững (Holger & cộng sự, 2020). Các công nghệ kỹ thuật số như trí tuệ nhân tạo (AI), phân tích dữ liệu lớn, công nghệ di động, Internet vạn vật (IoT) và các nền tảng xã hội, tạo ra những cải tiến tích cực trong xã hội và các ngành công nghiệp (Vial, 2019). Để tăng cường tính bền vững của môi trường, nhiều doanh nghiệp đã giới thiệu các sản phẩm và nền tảng mới dựa trên công nghệ kỹ thuật số (Feroz & cộng sự, 2021). Ngoài ra, thông qua AI, IoT và các công nghệ khác, họ có thể thúc đẩy các hoạt động kinh doanh nhằm giảm lượng khí thải carbon và các chất thải khác (Demartini & cộng sự, 2019; Ye & cộng sự, 2020).

Một số tác giả khác cũng tham gia nghiên cứu việc sử dụng các ứng dụng kỹ thuật số để đảm bảo tính bền vững của môi trường, nhưng theo những cách khác nhau, sử dụng các công cụ chuyển đổi kỹ thuật số khác nhau. Weersink & cộng sự (2018) cho thấy với phân tích dữ liệu lớn, con người có thể tăng cường khả năng truy xuất nguồn gốc của hệ thống thực phẩm và phát triển các phương pháp tiếp theo được sử dụng trong quy trình sản xuất. Hơn nữa, dữ liệu lớn có thể hữu ích trong việc kiểm soát lượng khí thải CO<sub>2</sub> bằng cách triển khai các phương tiện xanh trên quy mô lớn. Với AI và dữ liệu lớn, con người sẽ có thể giải quyết các vấn đề về quản lý chất thải, sự nóng lên toàn cầu, hệ thống thông tin địa lý, quy hoạch sử dụng đất, v.v. (Sharma & cộng sự, 2020). Để sản xuất bền vững, Leng & cộng sự (2020); Esmaeilian & cộng sự (2020) nhấn mạnh vai trò của việc sử dụng blockchain (chuỗi khối) để kéo dài vòng đời sản phẩm, tối đa hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm lượng khí thải carbon. Đây cũng là quan điểm của các nhóm tác giả Wang & cộng sự, 2018; Mao & cộng sự, 2019; Kerdlap & cộng sự, 2019. Hơn nữa, những thành tựu của công nghệ thông tin-truyền

thông cũng như các ứng dụng công nghệ khác đã khuyến khích sản xuất xanh bằng cách giảm chi phí năng lượng tái tạo (Jonathan & Barry, 2012).

Công nghệ kỹ thuật số cũng đã được áp dụng để tạo ra sự bền vững của đô thị, là sự kết hợp của các thành phố thông minh và bền vững, thông qua việc cải thiện phúc lợi xã hội gắn với hệ sinh thái (Malik & cộng sự, 2018; Huang & cộng sự, 2015; Bibri & cộng sự, 2017). Tác động của số hóa đối với môi trường cũng rõ ràng từ phía cầu, khi nó kích thích người tiêu dùng chuyển sang sử dụng nhiên liệu không hóa thạch và yêu cầu các sản phẩm thân thiện với môi trường hơn (Matthias & cộng sự, 2019). Cuối cùng, trong bối cảnh toàn cầu hóa như hiện nay, rõ ràng số hóa đã làm giảm chi phí giao dịch không gian và loại bỏ sự bất cân xứng thông tin, thúc đẩy hơn nữa sản xuất và tiêu dùng xanh thông qua hiệu ứng lan tỏa R&D (Autio & cộng sự, 2021).

Nhìn chung, các nghiên cứu đều đồng tình với quan điểm sự phát triển của số hóa đều có những tác động nhất định đến hiệu suất môi trường. Tuy nhiên, với các kênh khác nhau, tác động là khác nhau. Từ việc tổng quan một số nghiên cứu trong lĩnh vực này, nhóm tác giả thấy rằng các nghiên cứu trước đây hầu hết chỉ tập trung vào một khía cạnh đơn lẻ, chưa có nghiên cứu toàn diện đánh giá tác động môi trường của chuyển đổi số. Đây được coi là một khoảng trống quan trọng để nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

### 3. Phương pháp và mô hình nghiên cứu

Để phân tích mối liên hệ giữa số hóa với các khía cạnh của môi trường, cụ thể là sức khỏe của môi trường và của hệ sinh thái, nghiên cứu sử dụng bộ dữ liệu của 25 quốc gia trong khu vực Liên minh Châu Âu trong giai đoạn 2015- 2020. Các chỉ tiêu để phản ánh quá trình chuyển đổi số của một quốc gia là: mức độ kết nối, nguồn nhân lực, việc sử dụng mạng internet, tích hợp kinh doanh kỹ thuật số và các dịch vụ công trực tuyến.

Nghiên cứu sử dụng mô hình sau để xem xét tác động của số hóa đến hiệu suất của môi trường

$$EPI_{it} = \beta_0 + \beta_1 DIGI_{it} + \beta_2 INC_{it} + \beta_3 TRADESH_{it} + \beta_4 FDI_{it} + \beta_5 URBNI_{it} + \beta_6 INDUS_{it} + \varphi_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Trong đó,  $i$  và  $t$  lần lượt là quốc gia thứ  $i$  trong năm  $t$ ,  $\varphi_i$  và  $\omega_t$  được thêm vào mô hình để thể hiện hiệu ứng cố định của quốc gia và năm,  $\varepsilon_{it}$  là sai số của mô hình.

Biến phụ thuộc sử dụng chỉ số hoạt động môi trường (EPI) để phản ánh hiệu suất môi trường của một quốc gia. Như đã chỉ ra bởi Hsu & Zomer (2014), việc xây dựng EPI dựa trên hai khía cạnh môi trường: bảo vệ sức khỏe con người (HLT) và bảo vệ hệ sinh thái (ECO). EPI được tính toán bằng cách sử dụng 32 chỉ số với 10 nhóm, bao gồm: chất lượng không khí (AIR); vệ sinh và nước uống (H2O); kim loại nặng (HMT); quản lý chất thải (WMG); đa dạng sinh học và môi trường sống (BDH); dịch vụ hệ sinh thái (ECS); thủy sản, biến đổi khí hậu (CCH); phát thải ô nhiễm (APE); tài nguyên nước (WRS); và nông nghiệp (AGR). Bằng cách nắm bắt các vấn đề đa chiều về kết quả hoạt động môi trường ở cấp quốc gia, chỉ số này rất quan trọng đối với các nhà kinh tế và các nhà hoạch định chính sách trong việc thiết kế và thực hiện các chính sách môi trường (Fu & cộng sự, 2020). Dữ liệu này được chuẩn hóa để nhận giá trị từ 0 đến 100 và sau đó được dùng để tính EPI bằng cách sử dụng phương pháp trung bình cộng trọng số. Dữ liệu hoạt động môi trường được lấy từ Trung tâm Luật và Chính sách Môi trường Yale.

Biến giải thích chính,  $DIGI_{i,t} = \{DESI_{i,t}, DIMEN_{i,t}^m\}$  bao gồm chỉ số tổng hợp  $DESI_{i,t}$  và năm chiều của quá trình chuyển đổi kỹ thuật số: kết nối (CONNECT); vốn con người (HC); sử dụng internet (INTERNET); tích hợp công nghệ số trong kinh doanh (DIGIBUSI); và các dịch vụ công số (DIGIPUB). Chỉ số  $DESI$  được tính bằng cách lấy tổng trọng số của năm thành phần chỉ số phụ. Tất cả các dữ liệu này được thu thập từ các cuộc khảo sát khác nhau; ví dụ, Eurostat - Khảo sát của Cộng đồng về việc sử dụng công nghệ thông tin (CNTT) của các hộ gia đình và cá nhân. Eurostat - Khảo sát về CNTT trong doanh nghiệp, báo cáo điểm chuẩn điện tử của Chính phủ, bao gồm 25 quốc gia thành viên của Liên minh châu Âu từ năm 2015 đến năm 2020 (bao gồm cả Vương quốc Anh).

Ngoài ra, mô hình còn sử dụng các biến kiểm soát được xây dựng chủ yếu dựa theo nghiên cứu khác nhau trong tổng quan. Cụ thể, các dữ liệu về INC (Fu & cộng sự, 2020; Ye & cộng sự, 2020), TRADESH (Aller & cộng sự, 2015; Dogan & Seker, 2016; Kim & cộng sự, 2019; Omri & cộng sự, 2015), FDI (Bu & cộng sự, 2019; Shahbaz & cộng sự, 2018; Sun & cộng sự, 2017), INDUS (Ye & cộng sự, 2020; Liu & Xu, 2016) và URBNI (Lin & cộng sự, 2017) lần lượt là tăng trưởng sản lượng thực, tỷ trọng thương mại, vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài ròng, mức độ công nghiệp hóa và mức độ việc làm trong ngành nông nghiệp tính trong tổng dân số. Các dữ liệu này được thu thập từ các Chỉ số Phát triển Thế giới (WDI). Thông tin và mô tả thống kê của tất cả các biến trong mô hình được thể hiện trong Bảng 1. Bảng 2 thể hiện ma trận tương quan giữa tất cả các biến, bảng này ngụ ý mối tương quan tích cực giữa số hóa và hiệu suất môi trường.

**Bảng 1: Mô tả các biến trong mô hình**

Tên biến	Định nghĩa	Đo lường	Nguồn	Số quan sát	Trung bình	Độ lệch chuẩn	GT nhỏ nhất	GT lớn nhất
EPI	Chỉ số hiệu suất môi trường	Chỉ số nằm trong khoảng giá trị 0 đến 100. Trong đó: 0 là kém nhất, 100 là tốt nhất	YCELP	150	71.84	7.54	60.93	82.87
HLT	Chỉ số sức khoẻ môi trường	Chỉ số nằm trong khoảng giá trị 0 đến 100. Trong đó: 0 là kém nhất, 100 là tốt nhất	YCELP	150	75.58	15.09	48.63	98.41
ECO	Chỉ số sức sống hệ sinh thái	Chỉ số nằm trong khoảng giá trị 0 đến 100. Trong đó: 0 là kém nhất, 100 là tốt nhất	YCELP	150	69.34	6.12	49.68	77.90
DESI	Chỉ số tổng hợp DESI (để phản ánh số hóa)	Giá trị trung bình có trọng số của 5 thành phần chính (Desi1-5).	DESI (2020)	150	9.31	2.01	5.49	14.49
CONNECT	Kết nối	Giá trị trung bình có trọng số của việc sử dụng băng rộng cố định, vùng phủ băng rộng cố định, băng rộng di động và chỉ số giá băng rộng	DESI (2020)	150	10.35	2.51	4.36	16.46
HC	Vốn nhân lực	Mức trung bình có trọng số của kỹ năng sử dụng internet và một số các kỹ năng năng cao khác	DESI (2020)	150	11.29	2.71	6.82	17.93
INTERNET	Dịch vụ sử dụng internet	Mức trung bình có trọng số của việc sử dụng internet, hoạt động trực tuyến và giao dịch trực tuyến	DESI (2020)	150	7.55	1.74	3.26	11.39
DIGIBUSI	Số hóa doanh nghiệp	Bao gồm chia sẻ thông tin điện tử, truyền thông xã hội, dữ liệu lớn và điện toán đám mây	DESI (2020)	150	7.11	2.41	3.06	13.17
DIGIPIJB	Dịch vụ công kỹ thuật số	Chỉ số Chính phủ điện tử	DESI (2020)	150	8.93	2.30	3.09	13.40
INC	Tăng trưởng sản lượng thực	GDP thực bình quân đầu người (USD, giá cố định 2010)	WDI	150	32.67	22.88	1.13	111.15
TRADESH	Tỷ trọng thương mại	Tỷ lệ so với GDP	WDI	150	1.24	0.66	0.55	4.08
FDI	Vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài	Tỷ lệ so với GDP	WDI	150	2.81	36.54	-291.90	162.58
URBNI	ròng Việc làm trong ngành nông nghiệp	Tính trong tổng dân số	WDI	150	0.44	0.70	-1.18	2.73
INDUS	Mức độ công nghiệp hóa	Giá trị gia tăng trong GDP	WDI	150	0.22	0.05	0.10	0.34
DEMO	Mức độ dân chủ hóa	Chỉ số dân chủ hóa	FSSDA	150	1.68	0.50	1.00	3.00
CORR	Chỉ số nhận thức tham nhũng	Chỉ số nằm trong khoảng giá trị từ 0 đến 100. Trong đó 0 đại diện cho sự nhận thức tham nhũng cao nhất	Tổ chức Minh bạch Quốc tế	150	63.80	14.13	41.00	91.00

**Bảng 2: Hệ số tương quan giữa các biến**

	EPI	HLT	ECO	CONNECT	HC	INTERNET	DIGIBUSI	DIGIPUB	INCOME	TRADESHARE	FDI	URBAN	INDUS	DEMO	CORR
EPI	1														
HLT	0.877***	1													
ECO	0.612***	0.157	1												
CONNECT	0.618***	0.578***	0.318***	1											
HC	0.255**	0.204*	0.187*	0.794***	1										
INTERNET	0.696***	0.638***	0.379***	0.879***	0.511***	1									
DIGIBUSI	0.582***	0.585***	0.233**	0.932***	0.648***	0.898***	1								
DIGIPUB	0.658***	0.624**	0.325**	0.824***	0.450***	0.773***	0.773***	1							
INC	0.401***	0.419***	0.134	0.781***	0.526***	0.637***	0.575***	0.413***	1						
TRADESH	0.599***	0.749***	-0.000462	0.505***	0.351***	0.568***	0.207*	-0.00724	0.197*	1					
FDI	-0.236*	-0.0275	-0.440**	0.136	0.215*	0.160	0.0670	0.0232	0.0250	0.470***	1				
URBNI	0.111	0.132	0.0113	0.0628	0.0805	0.0561	0.0232	0.0250	0.244**	0.245**	0.157	1			
INDUS	0.530**	0.738***	-0.125	0.506***	0.265**	0.618***	0.529***	0.418***	0.799***	0.437***	0.157	0.157	1		
DEMO	-0.287***	-0.510***	0.249**	-0.139	-0.0137	-0.112	-0.244**	-0.148	-0.477***	-0.176*	-0.0645	-0.0645	-0.39***	1	
CORR	-0.815***	-0.665***	-0.581***	-0.568***	-0.255**	-0.685***	-0.584***	-0.566***	-0.257**	-0.621***	0.0475	-0.149	-0.48***	0.158	1

$p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

**Bảng 3: Kiểm định phụ thuộc chéo và kiểm định tính dừng**

Tên biến (về giá trị)	Kiểm định CD Pesaran (2004)	Kiểm tra đơn vị góc Levin-Lin-Chu (Đã điều chỉnh t*)	Kiểm định Im- Pesaran-Shin (Z-bar)	Biến (sự khác nhau)	Kiểm tra đơn vị góc Levin-Lin-Chu (Đã điều chỉnh t*)	Kiểm định Im-Pesaran- Shin (Z-bar)
EPI	12.57***	-2.04	-60.89***	DEPI	-2.50***	-10.41***
HLT	42.42***	-2.01	-62.57***	DHLT	-20.22***	-19.22***
ECO	0.69	-3.06***	-10.83***	DECO	-2.87***	-15.48***
DESI	41.78***	-2.41**	14.76	DDESI	-4.28***	-23.37***
CONNECT	40.81***	-3.32***	4.78	DCONNECT	-1.99*	-11.02***
HC	25.74***	-1.41	-9.44***	DHC	-2.06*	-15.35***
INTERNET	36.38***	-1.96	0.64	DINTERNET	-2.62***	-17.73***
DIGIBUSI	37.47***	-2.51***	-2.63***	DDIGIBUSI	-3.82***	-16.23***
DIGIPUB	40.52***	-1.71	4.11	DDIGIPUB	-2.14**	-14.44***
INC	31.49***	-2.95***	-68.31***	DINC	-5.40***	-13.47***
TRADESH	22.09***	-1.95	-3.07***	DTRADESH	-3.04***	-4.39***
FDI	1.07	-1.95	-41.14***	DFDI	-3.23***	-20.31***
URBNI	0.26	-1.78	-26.69***	DURBNI	-2.19**	-4.77***
INDUS	2.32**	-2.30**	-0.31	DINDUS	-3.02***	-49.33***
DEMO	0.08	-2.31**	-3.87***	DDEMO	-2.79***	-4.21***
CORR	1.17	-1.81	-43.46***	DCORR	-2.39**	-19.18***

**Bảng 4: Kiểm định tính đồng liên kết**

Mô hình: $f(\text{Hiệu suất môi trường và số hóa})$	Kiểm định Kao	Kiểm định Pedroni	Kiểm định Westerlund
	Kiểm định Dickey-Fuller	Phillips-Perron t	Tỷ lệ phương sai
DESI	1.87**	7.93**	2.26**
CONNECT	2.05**	7.88***	2.16**
INTERNET	1.52**	8.02***	4.05***
HC	1.74**	7.91***	2.51***
DIGIBUSI	1.69**	8.10***	3.84***
DIGIPUB	2.49***	7.84***	2.25**

Do có sự tồn tại của hiện tượng phụ thuộc chéo trong bộ dữ liệu, nghiên cứu sử dụng mô hình ước lượng hiệu chỉnh sai số dữ liệu bảng (PCSE). Các biến giải thích được lấy trễ một thời kỳ để giải quyết tính đồng nhất nội sinh, hiện tượng có thể làm sai lệch các kết quả của ước lượng.

Dữ liệu sau đó được kiểm tra bằng cách sử dụng kiểm định phụ thuộc chéo giữa các mảng đề xuất bởi Pesaran (2021); kiểm tra tính dừng dựa vào kiểm định theo nghiên cứu của Levin & cộng sự (2002) và Im & cộng sự (2003). Kết quả được đưa ra trong Bảng 3. Ngoài ra, nghiên cứu áp dụng mô hình bình phương nhỏ nhất tổng quát khả thi (FGLS) như trong nghiên cứu của Gala & cộng sự (2018), Sweet & Eterovic (2019) để giải quyết vấn đề của phương sai thay đổi và các hiệu ứng cố định để đảm bảo tính chính xác của các kết quả.

Cuối cùng, nghiên cứu áp dụng phương pháp độ trễ phân tán tự động hồi quy (ARDL) do Pesaran & Smith (1995) phát triển để phân tích tác động trong ngắn hạn và dài hạn của số hóa tới môi trường. Trong mô hình này, tác động cố định dạng động (DFE) được sử dụng vì mối quan hệ nhân quả giữa các biến và phương sai thay đổi giữa các nước EU phát sinh từ vấn đề nội sinh (Pesaran & cộng sự, 1995). Tiếp theo, để kiểm định mối quan hệ đồng liên kết giữa hai biến, nghiên cứu sử dụng kiểm định đồng liên kết Kao, kiểm định Pedroni và kiểm định đồng liên kết Westerlund lần lượt được phát triển bởi Kao (1999), Pedroni (2004) và Westerlund (2005). Các kết quả được báo cáo trong Bảng 4 cho thấy sự đồng liên kết lâu dài giữa số hóa và hiệu suất môi trường.

#### 4. Các kết quả chính

##### 4.1. Kết quả cơ sở

Kết quả của mô hình cơ sở được đưa ra trong Bảng 5. Kết quả cho thấy chỉ số tổng thể DESI có ảnh hưởng tích cực và đáng kể đến EPI, HLT và ECO. Kết quả ước tính cũng cho thấy rằng các tác động của số hóa đối với HLT là lớn hơn so với tác động của số hóa tới ECO. Thực tế này có thể được giải thích bởi các công nghệ kỹ thuật số giúp giảm bớt áp lực lên môi trường tự nhiên và đa dạng sinh học, là những đại diện cho sức sống của hệ sinh thái; tuy nhiên, tác động này dường như là gián tiếp và không chắc chắn (Liu & cộng sự, 2019).

Một đóng góp khác của nghiên cứu này là xem xét ảnh hưởng của từng hình thức số hóa tới hiệu suất môi trường. Các kết quả cho thấy rằng mỗi khía cạnh của số hóa ảnh hưởng đến hiệu suất môi trường khác nhau. Đặc biệt, vốn con người (HC) có tác động tích cực và đáng kể đến EPI và ECO; tuy nhiên, ảnh hưởng này là nhỏ và không đáng kể đối với HLT. Ngược lại, hệ số sử dụng Internet (INTERNET) là âm và có ý nghĩa trong trường hợp các biến phụ thuộc là EPI và ECO; trong khi hệ số là dương nhưng không đáng kể khi biến phụ thuộc là HLT. Điều này hàm ý rằng việc tăng cường sử dụng Internet sẽ làm giảm đáng kể chỉ số hoạt động môi trường và chỉ số sức sống của hệ sinh thái. Mặc dù không có nhiều nghiên cứu cho thấy tác động này, nhưng kết quả này có đồng nhất với một số nghiên cứu, trong đó có nghiên cứu của Milkova & Ambrozova (2018), khi nhóm tác giả cho rằng việc sử dụng internet dưới dạng phương tiện truyền thông hoặc các sản phẩm kỹ thuật số như âm nhạc, tin tức hoặc email, có xu hướng làm tăng tác động môi trường. Ví dụ, các tệp nhạc số hóa tải xuống từ web thường được ghi vào đĩa CD và các email nhận được sẽ được in ra giấy, điều này ảnh hưởng đáng kể đến cân bằng sinh thái. Hay việc sử dụng internet một cách rộng rãi tạo ra nhiều thay đổi không mong muốn trong các hoạt động sản xuất, những hoạt động này có hại cho môi trường (Salahuddin & Alam, 2016). Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy có sự mâu thuẫn trong mối quan hệ giữa kết nối (CONNECT) với HLT và ECO. Cụ thể, sự gia tăng kết nối dẫn đến giảm chỉ số sức khỏe môi trường nhưng lại tăng chỉ số sức sống hệ sinh thái.

**Bảng 5: Tác động giữa số hóa và hiệu suất môi trường (Mô hình cơ sở)**

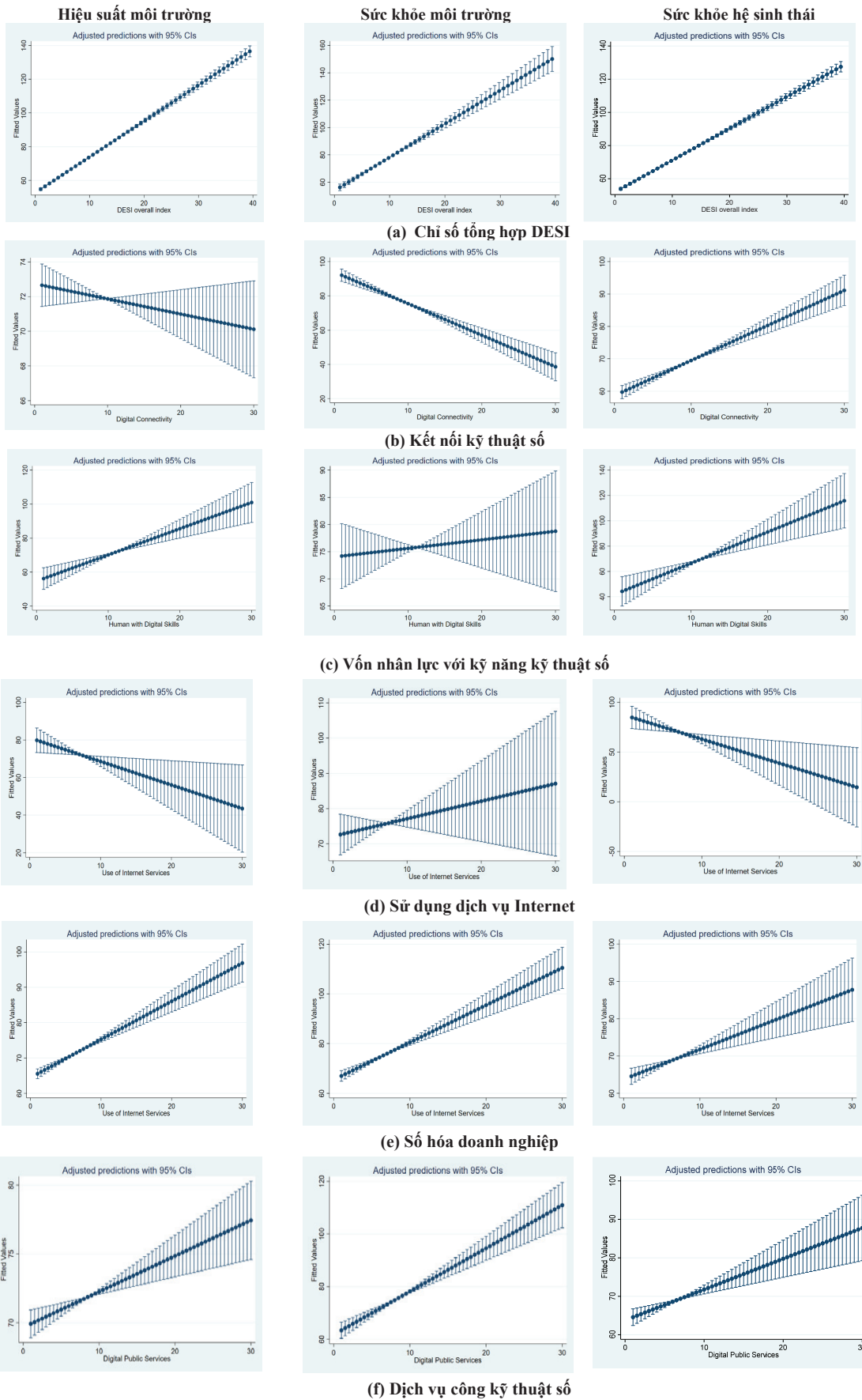
TÊN BIẾN	(1) Hiệu suất môi trường	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
L.DESI	2.13*** (0.055)		2.45*** (0.152)		1.92*** (0.053)	
L. CONNECT		-0.09 (0.071)		-1.84*** (0.207)		1.08*** (0.118)
L. HC		1.54*** (0.319)		0.16 (0.300)		2.47*** (0.584)
L. INTERNET		-1.25** (0.522)		0.50 (0.463)		-2.42*** (0.899)
L. DIGIBUSI		1.08*** (0.118)		1.50*** (0.183)		0.80*** (0.188)
L DIGIPUB		0.26*** (0.068)		1.64*** (0.205)		-0.66*** (0.122)
L.INC	0.11*** (0.010)	0.13*** (0.008)	0.18*** (0.039)	0.30*** (0.035)	0.07*** (0.015)	0.02 (0.018)
L.TRADESH	-10.48*** (0.229)	-8.87*** (0.362)	-15.00*** (0.550)	-12.45*** (0.909)	-7.46*** (0.351)	-6.48*** (0.568)
L.FDI	0.02*** (0.008)	0.02*** (0.008)	0.03* (0.014)	0.02** (0.010)	0.02** (0.008)	0.02** (0.008)
L.URBNI	1.25*** (0.268)	-0.25 (0.343)	8.11*** (1.054)	6.15*** (0.994)	-3.33*** (0.509)	-4.51*** (1.053)
L.INDUS	0.48 (1.079)	-6.50 (4.021)	-48.69*** (1.589)	-21.43*** (5.961)	33.26*** (2.320)	3.46 (8.199)
Số quan sát	125	125	125	125	125	125
R bình phương	0.846	0.894	0.867	0.931	0.546	0.650
Số các quốc gia	25	25	25	25	25	25

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Tác động của số hóa doanh nghiệp (DIGIBUSI) và dịch vụ công nghệ thuật số (DIGIPUB) đối với hoạt động môi trường hầu hết là tích cực và đáng kể, ngoại trừ tác động của dịch vụ công nghệ thuật số đối với ECO là đáng kể nhưng tiêu cực. Mặc dù tác động của số hóa doanh nghiệp là rõ ràng, như đã đề cập ở trên, tác động của các dịch vụ công nghệ thuật số đối với hoạt động môi trường cũng như sức sống của hệ sinh thái được hiểu dưới dạng chính phủ kỹ thuật số. Ví dụ, theo Global Government Forum (2020), các công nghệ như AI và điện toán đám mây hỗ trợ các chính phủ giải quyết nhiều thách thức và đây là những cơ hội để thúc đẩy tính bền vững thông qua việc truyền tải các-bon thấp. Ngoài ra, một nghiên cứu khác cũng được thực hiện bởi Global Government Forum (2020) cho thấy AI và IoT đã góp phần rất lớn vào việc giảm thiểu biến đổi khí hậu. Các tác động cận biên của DESI và các thành phần của nó đối với hiệu suất môi trường, sức khỏe môi trường và sức sống của hệ sinh thái được hiển thị trong Hình 1.

Ngoài ra, nghiên cứu còn xem xét mối quan hệ giữa chuyển đổi kỹ thuật số và hiệu suất môi trường trong ngắn hạn và dài hạn. Kết quả được đưa ra trong Bảng 6. Kết quả cho thấy, trong ngắn hạn, DESI có tác động tiêu cực đến cả ba chỉ số EPI, HLT, ECO, riêng ảnh hưởng đến EPI là có ý nghĩa thống kê nhưng yếu. Hầu như tất cả các khía cạnh của quá trình chuyển đổi kỹ thuật số không có tác động đáng kể đến hoạt động môi trường trong ngắn hạn. Tuy nhiên, về lâu dài, những tác động này trở nên tích cực, hàm ý rằng việc thúc đẩy DESI có thể tạo ra sự gia tăng đáng kể trong chỉ số hoạt động môi trường và chỉ số sức khỏe môi trường.

# Hình 1: Đồ thị dự báo tác động biên của chuyển đổi số





**Bảng 6: Ảnh hưởng của chuyển đổi kỹ thuật số đến hiệu suất môi trường:  
Tác động ngắn hạn và dài hạn**

TÊN BIẾN	(1) Hiệu suất môi trường	(3)	(5)	(7)	(9)	(11)
	Panel A: Tác động ngắn hạn					
EC term	-0.57*** (0.032)	-0.59*** (0.035)	-0.26*** (0.037)	-0.26*** (0.041)	-0.60*** (0.034)	-0.61*** (0.037)
L.DESI	-0.20** (0.081)		-0.06 (0.070)		-0.13 (0.132)	
L. CONNECT		-0.02 (0.034)		-0.00 (0.030)		0.03 (0.055)
L. HC		-0.03 (0.042)		0.01 (0.034)		-0.03 (0.069)
L. INTERNET		-0.07 (0.069)		0.01 (0.056)		-0.14 (0.113)
L. DIGIBUSI		-0.04 (0.042)		-0.06* (0.034)		-0.01 (0.069)
L DIGIPUB		-0.16*** (0.047)		0.02 (0.040)		-0.23*** (0.077)
D.INC	0.09** (0.038)	0.12*** (0.043)	0.09*** (0.029)	0.09** (0.035)	0.07 (0.063)	0.11 (0.071)
D.FDI	0.00 (0.000)	0.00 (0.000)	0.00 (0.000)	0.00 (0.000)	0.00 (0.001)	0.00 (0.001)
D.INDUS	-6.22* (3.433)	-7.80** (3.596)	-9.03*** (2.688)	-8.91*** (2.927)	-6.01 (5.727)	-7.30 (5.904)
	Panel B: Tác động dài hạn					
DESI	0.40***		0.55***		0.16	
CONNECT		0.12** (0.062)		0.01 (0.120)		0.08 (0.095)
HC		0.03 (0.080)		0.02 (0.148)		-0.01 (0.126)
INTERNET		0.13 (0.125)		0.03 (0.224)		0.16 (0.196)
DIGIBUSI		0.04 (0.070)		0.27** (0.128)		-0.03 (0.110)
DIGIPUB		0.10 (0.061)		0.20* (0.108)		-0.01 (0.096)
	(0.086)		(0.160)		(0.137)	
INC	-0.04 (0.058)	-0.09 (0.064)	0.12 (0.100)	0.12 (0.120)	-0.12 (0.093)	-0.16* (0.100)
FDI	-0.00 (0.001)	-0.00 (0.001)	-0.00 (0.002)	-0.00 (0.002)	-0.00 (0.002)	0.00 (0.002)
INDUS	10.88** (5.517)	12.56** (5.902)	15.54 (9.994)	15.46 (11.062)	15.35* (8.860)	15.64* (9.216)

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

## 5. Kết luận

Nghiên cứu này là một trong số các nghiên cứu đầu tiên phân tích thực nghiệm mối quan hệ của chuyển đổi kỹ thuật số và hiệu suất môi trường. Bằng cách sử dụng mẫu là 25 quốc gia châu Âu, nghiên cứu chỉ ra

---

rằng việc thúc đẩy số hóa có đóng góp đáng kể vào việc tăng cường hoạt động môi trường. Bằng cách phân tích trên các khía cạnh khác nhau của EPI, số hóa được cho là có tác động rõ ràng đến sức khỏe môi trường và sức sống của hệ sinh thái. Do đó, việc đẩy nhanh ứng dụng kỹ thuật của công nghệ kỹ thuật số vào kinh doanh có thể giúp cải thiện được đáng kể các vấn đề môi trường.

Bằng việc sử dụng mẫu là một số quốc gia trong khu vực Liên minh châu Âu, nghiên cứu nhấn mạnh đến tầm quan trọng của việc tận dụng và nắm bắt những lợi ích của nền kinh tế kỹ thuật số, tăng cường xây dựng cơ sở hạ tầng kỹ thuật số và thúc đẩy quá trình chuyển đổi kỹ thuật số trong việc cải thiện các kết cục của môi trường. Từ đó, chính phủ các nước nên xác định và tận dụng các cơ hội do công nghệ kỹ thuật số mang lại để xây dựng khung chính sách hiệu quả hơn. Không những vậy, thông qua việc xác định tác động tiêu cực của số hóa tới một số yếu tố của môi trường và hệ sinh thái, các nước còn có thể thực hiện được một số những giải pháp hiệu quả nhằm giảm thiểu những tác động này.

Ngoài ra, chính phủ các nước cũng nên cân nhắc để tận dụng một cách có hiệu quả nhất những đổi mới và công nghệ hiện có để từ đó cải thiện được hành vi tiêu dùng và các mô hình sản xuất theo hướng “xanh” hơn. Để giải quyết được vấn đề này, rất cần phải xem xét mối liên hệ và sự cân bằng giữa các lĩnh vực khác nhau, bao gồm biến đổi khí hậu, đa dạng sinh học, môi trường và sức khỏe, cũng như giữa chính sách môi trường và chính sách ngành. Một số khuyến nghị khác nhằm tối đa hóa tính bền vững về chuyển đổi kỹ thuật số như sau. Thứ nhất, xây dựng các chính sách nhằm tối ưu hóa việc quản lý và chuẩn hóa dữ liệu khí hậu và môi trường. Thứ hai, nới lỏng các rào cản đối với việc tiếp cận thông tin để từ đó xây dựng nền kinh tế tuần hoàn. Thứ ba, hỗ trợ và thúc đẩy nền kinh tế và xã hội xanh bằng cách phát triển các giải pháp kỹ thuật số để tăng cường các nỗ lực chống ô nhiễm và đa dạng sinh học.

## Tài liệu tham khảo

- Aller, C., Ductor, L. & Herrerias, M. J. (2015), ‘The world trade network and the environment’, *Energy Economics*, 52, 55–68.
- Autio, E., Mudambi, R. & Yoo, Y. (2021), ‘Digitalization and globalization in a turbulent world: Centrifugal and centripetal forces’, *Global Strategy Journal*, 11(1), 3-16.
- Bibri, S.E., & Krogstie, J. (2017), ‘Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review’, *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>.
- Bu, M., Li, S. & Jiang, L. (2019), ‘Foreign direct investment and energy intensity in China: Firm-level evidence’, *Energy Economics*, 80, 366–376.
- Demartini, M., Evans, S. & Tonelli, F. (2019), ‘Digitalization Technologies for Industrial Sustainability’, *Procedia Manufacturing*, 33, 264-271.
- Dogan, E. & Seker, F. (2016), ‘The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1074–1085.
- Esmailian, B., Wang, B., Lewis, K., Duarte, F., Ratti, C. & Behdad, S. (2017), ‘The future of waste management in smart and sustainable cities: A review and concept paper’, *Waste Management*, 81, 177–195
- European Commission (2019), ‘Circular Economy Action Plan- For a cleaner and more competitive Europe’, retrieved on May 20th, 2021 from <[https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf)>.
- Feroz, A.K., Zo, H. & Chiravuri, A. (2021), ‘Digital transformation and environmental sustainability: A review and Research Agenda’, *Sustainability*, 13, 1530. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13031530>.
- Ferrari, F., Striani, R., Minosi, S., De Fazio, R., Visconti, P., Patrono, L.; Catarinucci, L., Corcione, C.E. & Greco, A. (2020), ‘An innovative IoT-oriented prototype platform for the management and valorisation of the organic fraction of municipal solid waste’, *Journal of Cleaner Production*, 247, 119618. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119618>.
- Fu, Q., Chen, Y.E., Jang, C.L. & Chang, C.P. (2020), ‘The impact of international sanctions on environmental performance’, *Science of The Total Environment*, 745, 141007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141007>.
- Gala, P., Camargo, J., Magacho, G., & Rocha, I. (2018), ‘Sophisticated jobs matter for economic complexity: An

---

empirical analysis based on input-output matrices and employment data', *Structural Change and Economic Dynamics*, 45, 1-8.

- Genuino, D.A.D., Bataller, B.G., Capareda, S.C. & de Luna, M.D.G. (2017), 'Application of artificial neural network in the modeling and optimization of humic acid extraction from municipal solid waste biochar', *Journal of Environment Chemistry*, 5, 4101–4107.
- Gu, F., Ma, B., Guo, J., Summers, P.A. & Hall, P. (2017), 'Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study', *Waste Management*, 68, 434–448.
- Global Government Forum (2020), *The twin transition: digital transformation in government can also boost sustainability*, retrieved on March 28th, 2022 from <<https://www.globalgovernmentforum.com/the-twin-transition-digital-transformation-in-government-can-also-boost-sustainability/>>.
- Holger, B., Janos, S., Phillip, B., Kenvin, L.B. & Karl, V. (2020), 'Digital Waste Management', Eionet Report-ETC/WMGE 2020/4, European Environment Agency.
- Hsu, A. & Zomer, A. (2014), 'Environmental Performance Index', In *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, American Cancer Society, 1-5.
- Huang, L., Wu, J. & Yan, L. (2015), 'Defining and measuring urban sustainability: A review of indicators', *Landscape Ecology*, 30, 1175–1193.
- Im, K.S., Pesaran, M.H. & Shin, Y. (2003), 'Testing for unit roots in heterogeneous panels', *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74.
- Jonathan, D.M. & Barry, B.H. (2012), 'ICTs: Do they contribute to increased carbon emissions?', *Technological Forecasting & Social Change*, 79, 919-931.
- Kao, C. (1999), 'Spurious regression and residual-based tests for cointegration in panel data', *Journal of Econometrics*, 90(1), 1–44.
- Kim, D.-H., Suen, Y.-B. & Lin, S.-C. (2019), 'Carbon dioxide emissions and trade: Evidence from disaggregate trade data', *Energy Economics*, 78, 13–28.
- Kim, K. (2018), 'Proactive versus Reactive Corporate Environmental Practices and Environmental Performance', *Sustainability*, 10, 97. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10010097>
- Majeed, M. & Luni, T. (2019), 'Renewable Energy, Water, and Environmental Degradation: A Global Panel Data Approach', *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 13(3), 749-778
- Malik, K.R., Sam, Y., Hussain, M. & Abuarqoub, A. (2018), 'A methodology for real-time data sustainability in smart city: Towards inferencing and analytics for big-data', *Sustainable Cities and Society*, 39, 548–556.
- Mao, S., Wang, B., Tang, Y. & Qian, F. (2019), 'Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence for Green Manufacturing in the Process Industry', *Engineering*, 5, 995–1002.
- Matthias, B., Andreas, G. & Patrick, G. (2019), 'European Transition Energy 2030: The Big Picture. Ten Priorities for the next European Commission to meet the EU's 2030 targets and accelerate towards 2050', *Agora Energiewende*, retrieved from Sep 15<sup>th</sup>, 2020, from <<https://www.agora-energiewende.de/en/publications/european-energy-transition-2030-the-big-picture/>>.
- Milkova, E. & Ambrozova, P. (2018), 'Internet use and abuse: Connection with Internet addiction', *ERIES Journal*, 11(2), 22-28.
- Leng, J., Guolei, R., Jiang, P., Xu, K., Liu, Q., Zhou, X. & Liu, C. (2020), 'Blockchain-empowered sustainable manufacturing and product lifecycle management in industry 4.0: A survey', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110112>.
- Levin, A., Lin, C.F. & James Chu, C.S. (2002), 'Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties', *Journal of Econometrics*, 108(1), 1–24.
- Liu, R., Andreas, K., Peter, G., Carl, O.G. & Franziska, W. (2019), 'Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability', retrieved on June 8<sup>th</sup>, 2021 from <[https://www.researchgate.net/publication/342039732\\_Impacts\\_of\\_the\\_digital\\_transformation\\_on\\_the\\_environment\\_and\\_sustainability](https://www.researchgate.net/publication/342039732_Impacts_of_the_digital_transformation_on_the_environment_and_sustainability)>.
- Liu, S., Sun, J., Marinova, D., & Zhao D. (2017), 'Effects of population and land urbanization on China's environmental impact: empirical analysis based on the extended STIRPAT model', *Sustainability*, 9(5), 825. DOI: <https://doi.org/10.3390/s9050825>

- Liu, Y. & Xu, X. (2016), 'Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis', *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(3).
- Omri, A., Daily, S., Rault, C., & Chaibi, A. (2015), 'Financial development, environmental quality, trade and economic growth: What causes what in MENA countries', *Energy Economics*, 48, 242-252.
- Patnaik, R. (2016), 'Impacts of Industrialization on Environment and Sustainable Solutions- Reflections from a South Indian Region', IOP Conf. Series: Earth and Environment Science, 120, 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/120/1/012016>.
- Pesaran, M.H. & Smith, R. (1995), 'Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels', *Journal of Econometrics*, 68(1), 79-113.
- Pesaran, M. H. (2004), 'General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels', *Journal of Econometrics*, 69(7), 1-41
- Prayag, G., Hosany, S. & Odeh, K. (2013), 'The role of tourist's emotional experiences and satisfaction in understanding behavioral intentions', *Journal of Destination Marketing & Management*, 2(2), 118-127
- Sanjay. K.S., Jin. C., Manlio, D. G., & Abdul, N. K. (2019), 'Environmental Ethnics, Environmental Performance and Competitive Advantage: Role of Environmental Training', *Technological Forecasting and Social Change*, 146, 203-211.
- Salahuddin, M., & Alam, K. (2016), 'Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis', *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 76, 185-193.
- Saleem, F.; Qureshi, S.S.; Malik, M.I. (2021), 'Impact of Environmental Orientation on Proactive and Reactive Environment Strategies: Mediating Role of Business Environmental Commitment', *Sustainability*, 13, 8361. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13158361>
- Shahbaz, M., Nasir, M.A. & Roubaud, D. (2018), 'Environmental degradation in France: The effects of FDI, financial development, and energy innovations', *Energy Economics*, 74, 843-857.
- Sharma, G.D., Yadav, A. & Chopra, R. (2020), 'Artificial intelligence and effective governance: A review, critique and research agenda', *Sustainable Futures*, 2, 100004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2019.100004>.
- Sun, C., Zhang, F. & Xu, M. (2017), 'Investigation of pollution haven hypothesis for China: An ARDL approach with breakpoint unit root tests', *Journal of Cleaner Production*, 161, 153-164.
- Sweet, C. & Eterovic, D. (2019), 'Do patent rights matter? 40 years of innovation, complexity and productivity', *World Development*, Elsevier, 115(C), 78-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.10.009>.
- Vial, G. (2019), 'Understanding digital transformation: A review and a research agenda', *Journal of Strategic Information System*, 28(2), 118-144.
- Wang, S., Liang, Y.C., Li, W.D. & Cai, X.T. (2018), 'Big Data enabled Intelligent Immune System for energy efficient manufacturing management', *Journal of Cleaner Production*, 195, 507-520.
- Weersink, A., Fraser, E., Pannell, D., Duncan, E. & Rotz, S. (2018), 'Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis', *Annual Review of Resource Economics*, 10, 19-37.
- Westerlund, J. (2005), 'New Simple Tests for Panel Cointegration', *Econometric Reviews*, 24(3), 297-316.
- World Economic Forum (2021), 'Global Risk Report', 16th edition Insight Report, retrieved on June 20th, 2020 from [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_The\\_Global\\_Risks\\_Report\\_2021.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf).
- Ye, Z.; Yang, J.; Zhong, N.; Tu, X.; Jia, J.; & Wang, J. (2020), 'Tackling environmental challenges in pollution controls using artificial intelligence: A review', *Science of The Total Environment*, 699, 134279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134279>.
- Zafar, A., Ullah, S., Majeed, M.T. & Yasmeen, R. (2020), 'Environmental Pollution in Asian Economies: Does the Industrialization matter?', *OPEC Energy Review*, 44, 3, 227-248
- Zelazna, A., Bojar, M. & Bojar, E. (2020), 'Corporate Social Responsibility towards the Environment in Lublin Region, Poland: A comparative study of 2009 and 2019', *Sustainability*, 12(11), 4463. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114463>.