

Examining the Impact of Digitalization on Economic Growth in the EU Using Spatial Panel Data Analysis

AB’de Dijitalleşmenin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin Mekansal Panel Veri Analizi ile İncelenmesi

Arif İğdeli* - Sultan Betül Gücün**

Abstract: This study aims to examine the impact of digitalization on economic growth in an EU sample for the period 2017-2022, taking into account spatial dependence. To this end, the study uses a spatial panel data method. Moran’s I test, LM test, and robust LM test detected the presence of spatial dependence in the analysis models. According to the results of the spatial panel data analysis, the DESI index, connectivity, integration of digital technologies, and digitalization of public services have a statistically significant positive direct impact on economic growth. In contrast, the digital human capital indicator has a statistically significant negative direct impact on economic growth. Furthermore, the DESI index, integration of digital technologies, and digitalization of public services indicators have approximately five times greater indirect impacts on economic growth than their direct impacts. This result demonstrates the spatial spillover potential of digitalization across the EU. Unlike these indicators, the digital connectivity indicator has no statistically significant indirect impact on economic growth. The spillover of the indirect impacts of digital indicators indicates that the spillover effect is weak in areas requiring physical infrastructure due to the nature of digitalization; This can be attributed to the strong spillover effect in areas such as the integration of digital technologies like artificial intelligence, cloud computing, big data, and the Internet of Things. Finally, the model concludes that the control variables used—trade openness, government spending, and population growth—have statistically significant negative direct effects on economic growth.

Keywords: Digitalization, Economic Growth, Spatial Panel Data Analysis, DESI Index, EU

Öz: Bu çalışmada 2017-2022 dönemi için AB örnekleminde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin mekansal bağımlılığı dikkate alarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmada

* Corresponding Author: Assoc. Prof. Dr., Aksaray University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

Sorumlu Yazar: Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5926-425X>

arifigdeli@aksaray.edu.tr

** PhD Student, Aksaray University, Graduate of Social Sciences

Doktora Öğrencisi, Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

ORCID <https://orcid.org/0009-0000-2860-2044>

s.betulbasaran@gmail.com

Cite as/ Atıf: İğdeli, A. & Gücün, S. B. (2026). Examining the impact of digitalization on economic growth in the EU using spatial panel data analysis / AB’de dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin mekansal panel veri analizi ile incelenmesi. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 21(3), 4979-5035. Ankara Bilim University Publications. <https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.90242>

Received/Geliş: 19 March/Mart 2025

Accepted/Kabul: 15 September/Eylül 2026

Published/Yayın: 25 September/Eylül 2026

Checked by plagiarism software



mekansal panel veri yöntemi kullanılmıştır. Mekansal tanılayıcı Moran's I testi, LM ve dirençli LM testleri analiz modellerinde mekansal bağımlılığın varlığını tespit etmişlerdir. Mekansal panel veri analizi sonuçlarına göre DESI indeksi, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde pozitif doğrudan etkisi vardır. Bu dijital göstergelerden farklı olarak beşerî sermaye dijital göstergesinin ise ekonomik büyüme üzerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde negatif doğrudan etkisi vardır. Ayrıca DESI indeksi, dijital teknolojilerinin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi göstergelerinin ekonomik büyüme üzerinde doğrudan etkilerinin yaklaşık beş katı kadar dolaylı etkileri vardır. Bu sonuç AB genelinde dijitalleşmenin mekansal yayılma potansiyelini göstermektedir. Bu göstergelerden farklı olarak bağlantı dijital göstergesinin ekonomik büyüme üzerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde dolaylı etkisi yoktur. Dijital göstergelerin dolaylı etkilerinin farklılaşması dijitalleşmenin doğası gereği fiziki altyapı gerektiren alanlarda yayılmanın etkisinin zayıf; yapay zeka, bulut bilişim, büyük veri ve nesnelerin interneti gibi dijital teknolojilerin entegrasyonu alanlarında yayılma etkisinin güçlü olmasına bağlanabilir. Son olarak modelde kullanılan ticari açıklık, kamu harcamaları ve nüfus büyümesi kontrol değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde negatif doğrudan etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Ekonomik Büyüme, Mekansal Panel Veri Analizi, DESI Index, AB

Structured Abstract

Introduction and Aim of The Study

This study has two objectives: to examine whether the Digital Single Market policy adopted by EU countries is being hindered by regulatory measures, and to determine the geographical spread of digitalisation within the Union. In line with these objectives, the impact of digitalisation on economic growth was analysed using a spatial panel data method for a sample of 27 EU countries over the 2017–2022 period. The study makes three contributions: firstly, it examines the impact of digitalisation on growth within the EU sample by taking spatial spillover effects into account; and secondly, it decomposes this impact into linear and indirect components. Thirdly, the impact of the DESI components—connectivity, human capital, the integration of digital technologies and digital public services—on economic growth is examined separately at the component level. The effects of these DESI components on economic growth are compared in order to determine the extent to which regulations implemented in EU countries have hindered the spatial spread of digitalisation.

Methods

The results of the Pesaran CD and Moran's I tests examine the presence of spatial dependence in the models. According to the findings of the LM and robust LM tests, the source of spatial dependence in the models is spatial error and spatial lag. However, the results of the F and Hausman tests indicate that the fixed-effects estimator is the most efficient estimator. Following a synthesis of the findings, it has been concluded that the most appropriate model is the fixed-effects SACFE model.

Findings

According to the findings, the DESI, connectivity, the integration of digital technologies and the digitalisation of public services have a positive impact on economic growth. However, human capital has a negative direct impact on economic growth. The findings of the fixed-effects estimator indicate that human capital has a positive effect on economic growth; however, this relationship changes when the weight matrix is included in the equation. As a result of this change, the direction of this effect becomes negative. This finding suggests that the increase in human capital within the country may hinder economic growth through labour migration. Furthermore, through spatial spillover, this increase simultaneously leads to similar effects in neighbouring countries. When the effect of spatial spillover is taken into account, whilst the direction of the effect of human capital on economic growth changes amongst the digitalisation indicators, the estimated coefficients indicating the effect of other digitalisation indicators on economic growth differ. This finding indicates that, if spatial spillover is not taken into account, the estimated coefficients from traditional panel data methods are biased and inconsistent. The difference in fit measures between the fixed-effects estimator and the spatial panel data model also demonstrates the necessity of incorporating a weight matrix into the economic model.

Conclusion and Discussion

Following the disaggregation of direct and indirect effects, the DESI index revealed that the strength of indirect effects—arising from the integration of digital technologies and the digitalisation of public services—is approximately five times greater than that of direct effects. This difference confirms the potential for the spatial spillover of digitalisation within the EU. This situation demonstrates the necessity of the Digital Single Market policy implemented by the EU. Investment in digitalisation under the Digital Single Market policy will not only boost that country's economic growth but will also have a positive impact on the economic growth of other EU countries. The findings indicate that the Digital Single Market policy has been successful. Digitalisation is driven not by local investment, but by cross-border spillovers resulting from spatial interactions. In this context, the findings suggest that the indirect effects of the connectivity indicator on economic growth are negligible. The difference between the connectivity indicator and other digitalisation indicators is attributed to the physical nature of connectivity infrastructure and the low potential for digital spillover. Furthermore, this can be interpreted as market fragmentation within the EU and regulations posing significant barriers to spatial spillovers.

Recommendations

The recommendations that are presented to policymakers and researchers are based on the findings. In consideration of the spatial spillover effects of the integration of digital technologies, it is evident that

investments in digitalisation – such as artificial intelligence, cloud computing and big data – in EU countries will have impacts that extend beyond geographical boundaries. For the EU – which lags behind the US and China in ICT exports – to regain the export share it has lost, it must actively implement the Digital Single Market policy and remove the regulatory barriers that pose significant obstacles to spatial spillover. Finally, the study has two limitations: the lack of consideration of data constraints and the issue of endogeneity between variables.

Keywords: Digitalization, Economic Growth, Spatial Panel Data Analysis, DESI Index, EU

ملخص منظم

مقدمة وأهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق هدفين: أولاً، دراسة ما إذا كانت سياسة «السوق الرقمية الموحدة» التي اعتمدتها دول الاتحاد الأوروبي تواجه عوائق بسبب التدابير التنظيمية؛ وثانياً، تحديد الانتشار الجغرافي للرقمنة داخل الاتحاد. وتماشياً مع هذين الهدفين، تم تحليل تأثير الرقمنة على النمو الاقتصادي باستخدام طريقة البيانات اللوحية المكانية لعينة مكونة من 27 دولة من دول الاتحاد الأوروبي خلال الفترة 2017-2022. تقدم الدراسة ثلاث مساهمات: أولاً، تبحث تأثير الرقمنة على النمو ضمن عينة دول الاتحاد الأوروبي من خلال أخذ الآثار غير المباشرة المكانية الربط، ورأس المال — DESI في الاعتبار؛ وثانياً، تقسم هذا التأثير إلى مكونات خطية وغير مباشرة. ثلثاً، يتم بحث تأثير مكونات مؤشر البشري، وتكامل التقنيات الرقمية، والخدمات العامة الرقمية — على النمو الاقتصادي بشكل منفصل على مستوى كل مكون. يتم مقارنة تأثيرات هذه على النمو الاقتصادي من أجل تحديد المدى الذي أعاقته فيه اللوائح المنفذة في دول الاتحاد الأوروبي الانتشار DESI مكونات مؤشر المكاني للتحويل الرقمي.

المنهجية

القوي LM و LM وجود التبعية المكانية في النماذج. ووفقاً لنتائج اختبري Moran's I و Pesaran CD تفحص نتائج اختبري إلى أن مَقْدَر التأثيرات Hausman و F فإن مصدر التبعية المكانية في النماذج هو الخطأ المكاني والتأخر المكاني. ومع ذلك، تشير نتائج اختبري ذو التأثيرات الثابتة SACFE الثابتة هو المَقْدَر الأكثر كفاءة. وبعد تجميع النتائج، تم التوصل إلى أن النموذج الأنسب هو نموذج

النتائج

والاتصال، وتكامل التقنيات الرقمية، ورقمنة الخدمات العامة لها تأثير إيجابي على النمو الاقتصادي، DESI وفقاً للنتائج، فإن مؤشر ومع ذلك، فإن رأس المال البشري له تأثير مباشر سلبي على النمو الاقتصادي. تشير نتائج مَقْدَر التأثيرات الثابتة إلى أن رأس المال البشري له تأثير إيجابي على النمو الاقتصادي؛ إلا أن هذه العلاقة تتغير عند إدراج مصفوفة الأوزان في المعادلة. ونتيجة لهذا التغيير، يصبح اتجاه هذا التأثير سالباً. وتشير هذه النتيجة إلى أن الزيادة في رأس المال البشري داخل البلد قد تعوق النمو الاقتصادي من خلال هجرة اليد العاملة. علاوة على ذلك، تؤدي هذه الزيادة، من خلال الانتشار المكاني، إلى آثار مماثلة في البلدان المجاورة في الوقت نفسه. وعندما يؤخذ تأثير الانتشار المكاني في الاعتبار، فإن اتجاه تأثير رأس المال البشري على النمو الاقتصادي يتغير باختلاف مؤشرات الرقمنة، كما تختلف المعاملات المقدرة، التي تشير إلى تأثير مؤشرات الرقمنة الأخرى على النمو الاقتصادي. وتشير هذه النتيجة إلى أنه في حالة عدم أخذ الانتشار المكاني في الاعتبار فإن المعاملات المقدرة باستخدام طرق بيانات الألواح التقليدية تكون متحيزة وغير متسقة. كما أن الاختلاف في مقاييس الملاءمة بين مَقْدَر التأثيرات الثابتة ونموذج البيانات اللوحية المكانية يبرهن على ضرورة دمج مصفوفة الأوزان في النموذج الاقتصادي.

الاستنتاجات والمناقشة

أن قوة الآثار غير المباشرة — الناشئة عن تكامل التقنيات الرقمية DESI بعد تفصيل الآثار المباشرة وغير المباشرة، كشف مؤشر ورقمنة الخدمات العامة — تزيد بنحو خمسة أضعاف عن قوة الآثار المباشرة. ويؤكد هذا الاختلاف إمكانية حدوث آثار غير مباشرة للرقمنة داخل الاتحاد الأوروبي. ويوضح هذا الوضع ضرورة سياسة «السوق الرقمية الموحدة» التي ينفذها الاتحاد الأوروبي. فالاستثمار في الرقمنة في إطار سياسة «السوق الرقمية الموحدة» لن يعزز النمو الاقتصادي لتلك الدولة فحسب، بل سيكون له أيضاً تأثير إيجابي على النمو الاقتصادي، لدول الاتحاد الأوروبي الأخرى. وتشير النتائج إلى أن سياسة «السوق الرقمية الموحدة» قد حققت نجاحاً. لا يُحرك الرقمنة الاستثمار المحلي بل الآثار غير المباشرة العابرة للحدود الناتجة عن التفاعلات المكانية. وفي هذا السياق، تشير النتائج إلى أن الآثار غير المباشرة لمؤشر الاتصال، على النمو الاقتصادي لا تكاد تُذكر. ويعزى الفرق بين مؤشر الاتصال ومؤشرات الرقمنة الأخرى إلى الطبيعة المادية للبنية التحتية للاتصال وإمكانية انتشار الآثار الرقمية المنخفضة. علاوة على ذلك، يمكن تفسير ذلك على أنه تجزئة للسوق داخل الاتحاد الأوروبي، وأن اللوائح التنظيمية تشكل عوائق كبيرة أمام الآثار غير المباشرة المكانية.

التوصيات

تستند التوصيات المقدمة إلى صانعي السياسات والباحثين إلى هذه النتائج. وبالنظر إلى الآثار المترتبة على تكامل التقنيات الرقمية على الصعيد المكاني، يتضح أن الاستثمارات في مجال الرقمنة — مثل الذكاء الاصطناعي والحوسبة السحابية والبيانات الضخمة — في دول الاتحاد الأوروبي سيكون لها تأثيرات تتجاوز الحدود الجغرافية.

— ولكي يستعيد الاتحاد الأوروبي — الذي يتخلف عن الولايات المتحدة والصين في صادرات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات حصته التصديرية التي فقدتها، يجب عليه أن ينفذ بنشاط سياسة «السوق الرقمية الموحدة» ويزيل الحواجز التنظيمية التي تشكل عقبات كبيرة أمام الآثار المترتبة على الانتشار المكاني. وأخيراً، تنطوي الدراسة على قيدين: عدم مراعاة قيود البيانات ومسألة الارتباط الداخلي بين المتغيرات

Résumé Structuré

Introduction et objectif de l'étude

La présente étude poursuit deux objectifs : examiner si la politique du marché unique numérique adoptée par les pays de l'UE est entravée par des mesures réglementaires, et déterminer la répartition géographique de la numérisation au sein de l'Union. Conformément à ces objectifs, l'impact de la numérisation sur la croissance économique a été analysé à l'aide d'une méthode de données de panel spatiales pour un échantillon de 27 pays de l'UE sur la période 2017-2022. Cette étude apporte trois contributions : premièrement, elle examine l'impact de la numérisation sur la croissance au sein de l'échantillon de l'UE en tenant compte des retombées spatiales ; deuxièmement, elle décompose cet impact en composantes linéaires et indirectes ; troisièmement, l'impact des composantes du DESI — connectivité, capital humain, intégration des technologies numériques et services publics numériques — sur la croissance économique est examiné séparément au niveau de chaque composante. Les effets de ces composantes du DESI sur la croissance économique sont comparés afin de déterminer dans quelle mesure les réglementations mises en œuvre dans les pays de l'UE ont entravé la diffusion spatiale de la numérisation.

Méthodes

Les résultats des tests CD de Pesaran et I de Moran permettent d'examiner la présence d'une dépendance spatiale dans les modèles. Selon les conclusions des tests LM et LM robustes, la source de la dépendance spatiale dans les modèles réside dans l'erreur spatiale et le décalage spatial. Cependant, les résultats des tests F et de Hausman indiquent que l'estimateur à effets fixes est l'estimateur le plus efficace. À l'issue d'une synthèse des résultats, il a été conclu que le modèle le plus approprié est le modèle SACFE à effets fixes.

Résultats

D'après les résultats, le DESI, la connectivité, l'intégration des technologies numériques et la numérisation des services publics ont un impact positif sur la croissance économique. En revanche, le capital humain a un impact direct négatif sur la croissance économique. Les résultats de l'estimateur à effets fixes indiquent que le capital humain a un effet positif sur la croissance économique ; toutefois, cette relation change lorsque la matrice de pondération est incluse dans l'équation. À la suite de ce changement, le sens de cet effet devient négatif. Ce résultat suggère que l'augmentation du capital humain au sein du pays pourrait entraver la croissance économique par le biais de la migration de main-d'œuvre. De plus, par le biais de retombées spatiales, cette augmentation entraîne simultanément des effets similaires dans les pays voisins. Lorsque l'effet des retombées spatiales est pris en compte, alors que le sens de l'effet du capital humain sur la croissance économique varie selon les indicateurs de numérisation, les coefficients estimés indiquant l'effet des autres indicateurs de numérisation sur la croissance économique diffèrent. Ce résultat indique que, si les retombées spatiales ne sont pas prises en compte, les coefficients estimés à partir des méthodes traditionnelles de données de panel sont biaisés et incohérents. La différence entre les mesures d'ajustement de l'estimateur à effets fixes et du modèle de données de panel spatial démontre également la nécessité d'intégrer une matrice de pondération dans le modèle économique.

Conclusion et discussion

À la suite de la désagrégation des effets directs et indirects, l'indice DESI a révélé que l'ampleur des effets indirects — découlant de l'intégration des technologies numériques et de la numérisation des services publics — est environ cinq fois supérieure à celle des effets directs. Cette différence confirme le potentiel de retombées spatiales de la numérisation au sein de l'UE. Cette situation démontre la nécessité de la politique du marché unique numérique mise en œuvre par l'UE. Les investissements dans la numérisation dans le cadre de cette politique stimuleront non seulement la croissance économique du pays concerné, mais auront également un impact positif sur la croissance économique des autres pays de l'UE. Les résultats indiquent que la politique du marché unique numérique a été couronnée de succès. La numérisation n'est pas tirée par les investissements locaux, mais par des retombées transfrontalières résultant d'interactions spatiales. Dans ce contexte, les résultats suggèrent que les effets indirects de l'indicateur de connectivité sur la croissance économique sont négligeables. La différence entre l'indicateur de connectivité et d'autres indicateurs de numérisation s'explique

par la nature physique des infrastructures de connectivité et le faible potentiel de retombées numériques. En outre, cela peut être interprété comme une fragmentation du marché au sein de l'UE et comme des réglementations constituant des obstacles importants aux retombées spatiales.

Recommandations

Les recommandations présentées aux décideurs politiques et aux chercheurs s'appuient sur ces résultats. Compte tenu des retombées spatiales de l'intégration des technologies numériques, il est évident que les investissements dans la numérisation – tels que l'intelligence artificielle, le cloud computing et le big data – dans les pays de l'UE auront des répercussions qui s'étendront au-delà des frontières géographiques.

Pour que l'UE – qui accuse un retard par rapport aux États-Unis et à la Chine en matière d'exportations de TIC – regagne la part d'exportation qu'elle a perdue, elle doit mettre en œuvre activement la politique du marché unique numérique et supprimer les barrières réglementaires qui constituent des obstacles importants aux retombées spatiales. Enfin, l'étude présente deux limites : la non-prise en compte des contraintes liées aux données et la question de l'endogénéité entre les variables.

Mots-clés : Numérisation, Croissance économique, Analyse de données de panel spatiales, Indice DESI, UE

Resumen Estructurado

Introducción y objetivo del estudio

Este estudio tiene dos objetivos: examinar si la política del Mercado Único Digital adoptada por los países de la UE se ve obstaculizada por medidas reguladoras, y determinar la distribución geográfica de la digitalización dentro de la Unión. En consonancia con estos objetivos, se analizó el impacto de la digitalización en el crecimiento económico utilizando un método de datos de panel espacial para una muestra de 27 países de la UE durante el periodo 2017-2022. El estudio aporta tres contribuciones: en primer lugar, examina el impacto de la digitalización en el crecimiento dentro de la muestra de la UE teniendo en cuenta los efectos de contagio espaciales; en segundo lugar, descompone este impacto en componentes lineales e indirectos; y, en tercer lugar, examina por separado, a nivel de cada componente, el impacto de los componentes del DESI —conectividad, capital humano, integración de las tecnologías digitales y servicios públicos digitales— en el crecimiento económico. Se comparan los efectos de estos componentes del DESI sobre el crecimiento económico con el fin de determinar en qué medida las regulaciones aplicadas en los países de la UE han obstaculizado la expansión espacial de la digitalización.

Métodos

Los resultados de las pruebas CD de Pesaran y I de Moran examinan la presencia de dependencia espacial en los modelos. Según los resultados de las pruebas LM y LM robusta, la fuente de la dependencia espacial en los modelos es el error espacial y el retraso espacial. Sin embargo, los resultados de las pruebas de F y de Hausman indican que el estimador de efectos fijos es el más eficiente. Tras una síntesis de los resultados, se ha concluido que el modelo más adecuado es el modelo SACFE de efectos fijos.

Resultados

Según los resultados, el DESI, la conectividad, la integración de las tecnologías digitales y la digitalización de los servicios públicos tienen un impacto positivo en el crecimiento económico. Sin embargo, el capital humano tiene un impacto directo negativo en el crecimiento económico. Los resultados del estimador de efectos fijos indican que el capital humano tiene un efecto positivo en el crecimiento económico; no obstante, esta relación cambia cuando se incluye la matriz de pesos en la ecuación. Como consecuencia de este cambio, la dirección de este efecto pasa a ser negativa. Este hallazgo sugiere que el aumento del capital humano dentro del país puede obstaculizar el crecimiento económico a través de la migración laboral. Además, a través del efecto de contagio espacial, este aumento provoca simultáneamente efectos similares en los países vecinos. Cuando se tiene en cuenta el efecto de contagio espacial, si bien la dirección del efecto del capital humano sobre el crecimiento económico varía entre los distintos indicadores de digitalización, los coeficientes estimados que indican el efecto de otros indicadores de digitalización sobre el crecimiento económico difieren. Este hallazgo indica que, si no se tiene en cuenta el efecto de contagio espacial, los coeficientes estimados a

partir de los métodos tradicionales de datos de panel son sesgados e inconsistentes. La diferencia en las medidas de ajuste entre el estimador de efectos fijos y el modelo de datos de panel espacial también demuestra la necesidad de incorporar una matriz de ponderación en el modelo económico.

Conclusión y discusión

Tras la desagregación de los efectos directos e indirectos, el índice DESI reveló que la intensidad de los efectos indirectos —derivados de la integración de las tecnologías digitales y la digitalización de los servicios públicos— es aproximadamente cinco veces mayor que la de los efectos directos. Esta diferencia confirma el potencial de los efectos de contagio espaciales de la digitalización dentro de la UE. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de la política del Mercado Único Digital aplicada por la UE. La inversión en digitalización en el marco de la política del Mercado Único Digital no solo impulsará el crecimiento económico de ese país, sino que también tendrá un impacto positivo en el crecimiento económico de otros países de la UE. Los resultados indican que la política del Mercado Único Digital ha sido un éxito. La digitalización no viene impulsada por la inversión local, sino por los efectos de contagio transfronterizos resultantes de las interacciones espaciales. En este contexto, los resultados sugieren que los efectos indirectos del indicador de conectividad sobre el crecimiento económico son insignificantes. La diferencia entre el indicador de conectividad y otros indicadores de digitalización se atribuye a la naturaleza física de las infraestructuras de conectividad y al escaso potencial de efectos de contagio digitales. Además, esto puede interpretarse como una fragmentación del mercado dentro de la UE y como una normativa que plantea importantes barreras a los efectos de contagio espaciales.

Recomendaciones

Las recomendaciones que se presentan a los responsables políticos y a los investigadores se basan en los resultados. Teniendo en cuenta los efectos de propagación espacial de la integración de las tecnologías digitales, es evidente que las inversiones en digitalización —como la inteligencia artificial, la computación en la nube y los macrodatos— en los países de la UE tendrán repercusiones que traspasarán las fronteras geográficas.

Para que la UE —que va a la zaga de EE. UU. y China en exportaciones de TIC— recupere la cuota de exportación que ha perdido, debe aplicar activamente la política del Mercado Único Digital y eliminar las barreras normativas que suponen obstáculos significativos para los efectos de propagación espacial. Por último, el estudio presenta dos limitaciones: la falta de consideración de las restricciones de los datos y el problema de la endogeneidad entre variables.

Palabras clave: Digitalización, Crecimiento económico, Análisis de datos de panel espacial, Índice DESI, UE

结构化摘要

研究导言与目的

本研究有两个目标：一是考察欧盟各国实施的“数字单一市场”政策是否受到监管措施的阻碍；二是确定欧盟内部数字化进程的地域分布情况。基于这些目标，本研究采用空间面板数据方法，对2017–2022年期间27个欧盟国家的样本进行了分析，以考察数字化对经济增长的影响。本研究有三大贡献：首先，在考虑空间溢出效应的基础上，考察了数字化对欧盟样本内经济增长的影响；其次，将该影响分解为线性成分和间接成分；第三，分别在组成部分层面考察了欧洲数字单一市场指数（DESI）各组成部分——连接性、人力资本、数字技术整合以及数字公共服务——对经济增长的影响。通过比较这些DESI组成部分对经济增长的影响，以确定欧盟各国实施的监管措施在多大程度上阻碍了数字化的空间扩散。

方法

佩萨兰CD检验和莫兰I检验的结果用于检验模型中是否存在空间依赖性。根据LM检验和稳健LM检验的结果，模型中空间依赖性的来源是空间误差和空间滞后。然而，F检验和豪斯曼检验的结

果表明，固定效应估计量是最有效的估计量。综合分析上述结果后，得出结论认为最合适的模型是固定效应SACFE模型。

研究结果

研究结果表明，DESI、互联互通、数字技术整合以及公共服务的数字化对经济增长具有积极影响。然而，人力资本对经济增长具有负面的直接影响。固定效应估计量的结果表明，人力资本对经济增长具有正向影响；但在方程中纳入权重矩阵后，这种关系发生了变化。由于这一变化，该影响的方向转为负值。这一发现表明，国内人力资本的增加可能通过劳动力迁移阻碍经济增长。此外，通过空间溢出效应，这种增长同时会在邻国产生类似的影响。当考虑空间溢出效应时，虽然人力资本对经济增长的影响方向在各数字化指标间发生变化，但其他数字化指标对经济增长影响的估计系数也存在差异。这一发现表明，如果不考虑空间溢出效应，传统面板数据方法得出的估计系数将存在倚偏且不一致。固定效应估计量与空间面板数据模型之间的拟合度指标差异，也证明了将权重矩阵纳入经济模型的必要性。

结论与讨论

在将直接效应与间接效应分解后，欧洲数字单一市场指数（DESI）显示，源于数字技术整合和公共服务数字化所产生的间接效应强度约为直接效应的五倍。这一差异证实了数字化在欧盟内部产生空间溢出效应的潜力。这一情况表明，欧盟实施的“数字单一市场”政策具有必要性。在“数字单一市场”政策框架下对数字化的投资，不仅将推动该国的经济增长，还将对其他欧盟国家的经济增长产生积极影响。研究结果表明，“数字单一市场”政策已取得成功。数字化并非由本地投资驱动，而是由空间互动产生的跨境溢出效应所推动。在此背景下，研究结果表明，连通性指标对经济增长的间接影响微乎其微。连通性指标与其他数字化指标之间的差异，归因于连通性基础设施的物理属性以及数字溢出效应的潜力较低。此外，这也可被解读为欧盟内部的市场碎片化以及监管措施对空间溢出效应构成了重大障碍。

建议

基于上述研究结果，本文向政策制定者和研究人员提出了以下建议。考虑到数字技术整合带来的空间溢出效应，显然欧盟各国在数字化领域（如人工智能、云计算和大数据）的投资将产生超越地理边界的影响。对于在信息通信技术（ICT）出口方面落后于美国和中国欧盟而言，若要夺回已流失的出口份额，必须积极实施“数字单一市场”政策，并消除对空间溢出效应构成重大阻碍的监管壁垒。最后，本研究存在两项局限性：未考虑数据限制因素，以及变量之间的内生性问题。

关键词：数字化、经济增长、空间面板数据分析、DESI指数、欧盟

Структурированное резюме

Введение и цель исследования

Данное исследование преследует две цели: выяснить, не препятствуют ли регуляторные меры реализации политики единого цифрового рынка, принятой странами ЕС, а также определить географическое распределение цифровизации в пределах Союза. В соответствии с этими целями было проанализировано влияние цифровизации на экономический рост с использованием метода пространственных панельных данных на выборке из 27 стран ЕС за период 2017–2022 годов. Исследование вносит три вклада: во-первых, в нём изучается влияние цифровизации на рост в рамках выборки стран ЕС с учётом пространственных эффектов перелива; во-вторых, это влияние разлагается на линейные и косвенные компоненты. В-третьих, влияние компонентов DESI — подключения к сети, человеческого капитала, интеграции цифровых технологий и цифровых государственных услуг — на экономический рост изучается отдельно на уровне компонентов. Влияние этих компонентов DESI на экономический рост сравнивается с целью определения степени, в которой нормативные акты, введенные в странах ЕС, сдерживали пространственное распространение цифровизации.

Методы

Результаты тестов Песарана CD и Морана I позволяют выявить наличие пространственной зависимости в моделях. Согласно результатам тестов LM и робастного LM, источником пространственной зависимости в моделях являются пространственная ошибка и пространственное запаздывание. Однако результаты тестов F и Хаусмана показывают, что оценщик с фиксированными эффектами является наиболее эффективным. После обобщения полученных результатов был сделан вывод, что наиболее подходящей моделью является модель SACFE с фиксированными эффектами.

Результаты

Согласно полученным результатам, индекс DESI, уровень подключения, интеграция цифровых технологий и цифровизация государственных услуг оказывают положительное влияние на экономический рост. Однако человеческий капитал оказывает прямое отрицательное влияние на экономический рост. Результаты оценки с фиксированными эффектами показывают, что человеческий капитал оказывает положительное влияние на экономический рост; однако эта зависимость меняется при включении матрицы весов в уравнение. В результате этого изменения направление данного эффекта становится отрицательным. Этот вывод свидетельствует о том, что рост человеческого капитала внутри страны может сдерживать экономический рост за счет трудовой миграции. Кроме того, за счет пространственного эффекта перелива это увеличение одновременно приводит к аналогичным последствиям в соседних странах. При учете эффекта пространственного перелива, хотя направление влияния человеческого капитала на экономический рост меняется в зависимости от конкретного показателя цифровизации, оцененные коэффициенты, отражающие влияние других показателей цифровизации на экономический рост, различаются. Этот вывод указывает на то, что при отсутствии учета пространственного эффекта перелива оцененные коэффициенты, полученные с помощью традиционных методов анализа панельных данных, являются смещенными и несогласованными. Разница в показателях качества подгонки между оценщиком с фиксированными эффектами и моделью пространственных панельных данных также демонстрирует необходимость включения матрицы весов в экономическую модель.

Заключение и обсуждение

После разбиения на прямые и косвенные эффекты индекс DESI показал, что сила косвенных эффектов — возникающих в результате интеграции цифровых технологий и цифровизации государственных услуг — примерно в пять раз превышает силу прямых эффектов. Эта разница подтверждает потенциал пространственного распространения эффектов цифровизации в пределах ЕС. Данная ситуация свидетельствует о необходимости политики «Единого цифрового рынка», проводимой ЕС. Инвестиции в цифровизацию в рамках политики «Единого цифрового рынка» не только стимулируют экономический рост данной страны, но и оказывают положительное влияние на экономический рост других стран ЕС. Полученные результаты указывают на то, что политика «Единого цифрового рынка» оказалась успешной. Движущей силой цифровизации являются не локальные инвестиции, а трансграничные эффекты распространения, возникающие в результате пространственных взаимодействий. В этом контексте полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что косвенное влияние показателя подключенности на экономический рост является незначительным. Разница между показателем подключенности и другими показателями цифровизации объясняется физической природой инфраструктуры подключенности и низким потенциалом цифрового эффекта распространения. Кроме того, это можно интерпретировать как фрагментацию рынка в пределах ЕС и наличие нормативных актов, создающих значительные барьеры для пространственных эффектов распространения.

Рекомендации

Представленные политикам и исследователям рекомендации основаны на полученных результатах. С учетом пространственных эффектов распространения, связанных с интеграцией цифровых технологий, очевидно, что инвестиции в цифровизацию — такие как искусственный интеллект, облачные вычисления и большие данные — в странах ЕС будут иметь последствия, выходящие за пределы географических границ.

Для того чтобы ЕС — который отстаёт от США и Китая по экспорту ИКТ — смог вернуть утраченную долю экспорта, он должен активно реализовывать политику единого цифрового рынка и устранять регуляторные барьеры, создающие значительные препятствия для пространственных эффектов распространения. Наконец, исследование имеет два ограничения: отсутствие учета ограничений данных и проблема эндогенности между переменными.

Ключевые слова: цифровизация, экономический рост, анализ пространственных панельных данных, индекс DESI, ЕС

संरचित सारांश

अध्ययन का परिचय और उद्देश्य

इस अध्ययन के दो उद्देश्य हैं: यह जांचना कि क्या यूरोपीय संघ के देशों द्वारा अपनाई गई डिजिटल सिंगल मार्केट नीति नियामक उपायों से बाधित हो रही है, और संघ के भीतर डिजिटलीकरण के भौगोलिक प्रसार को निर्धारित करना। इन उद्देश्यों के अनुरूप, 2017–2022 की अवधि के लिए 27 यूरोपीय संघ देशों के नमूने पर एक स्थानिक पैनेल डेटा विधि का उपयोग करके आर्थिक विकास पर डिजिटलीकरण के प्रभाव का विश्लेषण किया गया।

यह अध्ययन तीन योगदान देता है: प्रथम, यह स्थानिक फैलाव प्रभावों को ध्यान में रखते हुए EU नमूने में विकास पर डिजिटलीकरण के प्रभाव की जांच करता है; द्वितीय, यह इस प्रभाव को रेखिक और अप्रत्यक्ष घटकों में विघटित करता है। तृतीय, DESI घटकों—कनेक्टिविटी, मानव पूंजी, डिजिटल प्रौद्योगिकियों का एकीकरण और डिजिटल सार्वजनिक सेवाएँ—के आर्थिक विकास पर प्रभाव को घटक स्तर पर पृथक रूप से जांचता है।

इन DESI घटकों के आर्थिक विकास पर प्रभावों की तुलना यह निर्धारित करने के लिए की जाती है कि यूरोपीय संघ के देशों में लागू किए गए नियमों ने डिजिटलीकरण के स्थानिक प्रसार में किस हद तक बाधा डाली है।

विधि

पेसaran CD और मोरन के I परीक्षणों के परिणाम मॉडलों में स्थानिक निर्भरता की उपस्थिति की जांच करते हैं। LM और मजबूत LM परीक्षणों के निष्कर्षों के अनुसार, मॉडलों में स्थानिक निर्भरता का स्रोत स्थानिक त्रुटि और स्थानिक विलंब है। हालाँकि, F और हाउसमैन परीक्षणों के परिणाम इंगित करते हैं कि फिक्स्ड-इफेक्ट्स एस्टीमेटर सबसे कुशल एस्टीमेटर है। निष्कर्षों के संश्लेषण के बाद, यह निष्कर्ष निकाला गया है कि सबसे उपयुक्त मॉडल फिक्स्ड-इफेक्ट्स SACFE मॉडल है।

निष्कर्ष

निष्कर्षों के अनुसार, DESI, कनेक्टिविटी, डिजिटल प्रौद्योगिकियों का एकीकरण और सार्वजनिक सेवाओं का डिजिटलीकरण आर्थिक विकास पर सकारात्मक प्रभाव डालते हैं।

हालाँकि, मानव पूंजी का आर्थिक विकास पर प्रत्यक्ष नकारात्मक प्रभाव होता है। फिक्स्ड-इफेक्ट्स एस्टीमेटर के निष्कर्ष बताते हैं कि मानव पूंजी का आर्थिक विकास पर सकारात्मक प्रभाव होता है; हालाँकि, जब वेट मैट्रिक्स को समीकरण में शामिल किया जाता है तो यह संबंध बदल जाता है। इस परिवर्तन के परिणामस्वरूप, इस प्रभाव की दिशा नकारात्मक हो जाती है। यह निष्कर्ष बताता है कि देश के भीतर मानव पूंजी में वृद्धि श्रम प्रवासन के माध्यम से आर्थिक विकास में बाधा डाल सकती है। इसके अलावा, स्थानिक फैलाव (स्पैशियल स्पिलओवर) के माध्यम से, यह वृद्धि एक साथ पड़ोसी देशों में समान प्रभावों को जन्म देती है। जब स्थानिक फैलाव के प्रभाव को ध्यान में रखा जाता है, तो डिजिटलीकरण संकेतकों के बीच आर्थिक विकास पर मानवीय पूंजी के प्रभाव की दिशा बदल जाती है, और अन्य डिजिटलीकरण संकेतकों के आर्थिक विकास पर प्रभाव को दर्शाने वाले अनुमानित गुणांक भिन्न होते हैं। यह निष्कर्ष दर्शाता है कि, यदि स्थानिक फैलाव को ध्यान में नहीं रखा जाता है, तो पारंपरिक पैनेल डेटा विधियों से प्राप्त अनुमानित गुणांक पक्षपाती और असंगत होते हैं।

फिक्स्ड-इफेक्ट्स एस्टीमेटर और स्पैशियल पैनेल डेटा मॉडल के बीच फिट माप में अंतर भी आर्थिक मॉडल में एक वेट मैट्रिक्स को शामिल करने की आवश्यकता को दर्शाता है।

निष्कर्ष और चर्चा

प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष प्रभावों के पृथक्करण के बाद, DESI सूचकांक से पता चला कि डिजिटल प्रौद्योगिकियों के एकीकरण और सार्वजनिक सेवाओं के डिजिटलीकरण से उत्पन्न अप्रत्यक्ष प्रभावों की ताकत, प्रत्यक्ष प्रभावों की ताकत से लगभग पांच गुना अधिक है।

यह अंतर यूरोपीय संघ के भीतर डिजिटलीकरण के स्थानिक फैलाव की संभावना की पुष्टि करता है। यह स्थिति यूरोपीय संघ द्वारा लागू की गई डिजिटल सिंगल मार्केट नीति की आवश्यकता को दर्शाती है। डिजिटल सिंगल मार्केट नीति के तहत डिजिटलीकरण में निवेश न केवल उस देश के आर्थिक विकास को बढ़ावा देगा, बल्कि अन्य यूरोपीय संघ देशों के आर्थिक विकास पर भी सकारात्मक प्रभाव डालेगा। निष्कर्ष यह दर्शाते हैं कि डिजिटल सिंगल मार्केट नीति सफल रही है। डिजिटलीकरण स्थानीय निवेश से नहीं, बल्कि स्थानिक अंतःक्रियाओं के परिणामस्वरूप होने वाले सीमा-पार फैलाव से प्रेरित है। इस संदर्भ में, निष्कर्ष बताते हैं कि आर्थिक विकास पर कनेक्टिविटी संकेतक के अप्रत्यक्ष प्रभाव नगण्य हैं। कनेक्टिविटी संकेतक और अन्य डिजिटलीकरण संकेतकों के बीच का अंतर कनेक्टिविटी बुनियादी ढांचे की भौतिक प्रकृति और डिजिटल फैलाव की कम संभावना के कारण है। इसके अलावा, इसे ईयू के भीतर बाजार खंडन और स्थानिक फैलाव के लिए महत्वपूर्ण बाधाएं पैदा करने वाले नियमों के रूप में भी व्याख्या किया जा सकता है।

सिफारिशें

नीति निर्माताओं और शोधकर्ताओं को प्रस्तुत की गई सिफारिशें निष्कर्षों पर आधारित हैं। डिजिटल प्रौद्योगिकियों के एकीकरण के स्थानिक फैलाव प्रभावों पर विचार करते हुए, यह स्पष्ट है कि यूरोपीय संघ के देशों में डिजिटलीकरण - जैसे कि आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस, क्लाउड कंप्यूटिंग और बिग डेटा - में निवेश के प्रभाव भौगोलिक सीमाओं से परे तक फैले होंगे। यूरोपीय संघ (EU) - जो आईसीटी (ICT) निर्यात में अमेरिका और चीन से पीछे है - के लिए अपनी खोई हुई निर्यात हिस्सेदारी को फिर से हासिल करने के लिए, यह आवश्यक है कि वह डिजिटल सिंगल मार्केट नीति को सक्रिय रूप से लागू करे और उन नियामक बाधाओं को दूर करे जो स्थानिक फैलाव में महत्वपूर्ण बाधाएं उत्पन्न करती हैं। अंत में, इस अध्ययन की दो सीमाएं हैं: डेटा प्रतिबंधों पर विचार की कमी और चरों के बीच अंतर्निहितता (endogeneity) का मुद्दा।

कीवर्ड: डिजिटलीकरण, आर्थिक विकास, स्थानिक पैनाल डेटा विश्लेषण, DESI सूचकांक, EU

Yapılandırılmış Özet

Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın iki amacı vardır: AB ülkeleri tarafından benimsenen Dijital Tek Pazar politikasının düzenleyici önlemler nedeniyle engellenip engellenmediğini incelemek ve Birlik içindeki dijitalleşmenin coğrafi dağılımını belirlemek. Bu amaçlar doğrultusunda, 2017–2022 dönemi boyunca 27 AB ülkesinden oluşan bir örneklem üzerinde, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi mekansal panel veri yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma üç katkı sağlamaktadır: ilk olarak, mekansal yayılma etkilerini dikkate alarak AB örneklemindeki dijitalleşmenin büyüme üzerindeki etkisini incelemektedir; ikinci olarak, bu etkiyi doğrusal ve dolaylı bileşenlere ayırmaktadır. Üçüncü olarak, DESI bileşenlerinin —bağlantı, beşeri sermaye, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetleri— ekonomik büyüme üzerindeki etkisi, bileşen düzeyinde ayrı ayrı incelenmektedir. AB ülkelerinde uygulanan düzenlemelerin dijitalleşmenin mekansal yayılmasını ne ölçüde engellediğini belirlemek amacıyla, bu DESI bileşenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır.

Yöntem

Pesaran CD ve Moran's I testlerinin sonuçları, modellerde mekansal bağımlılığın varlığını incelemektedir. LM ve sağlam LM testlerinin bulgularına göre, modellerdeki mekansal bağımlılığın kaynağı mekansal hata ve mekansal gecikmedir. Bununla birlikte, F ve Hausman testlerinin sonuçları, sabit etkiler tahmincisinin en verimli tahminci olduğunu göstermektedir. Bulguların sentezlenmesi sonucunda, en uygun modelin sabit etkilerli SACFE modeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bulgular

Bulgulara göre, DESI, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, beşeri sermaye ekonomik büyüme üzerinde doğrudan olumsuz bir etkiye sahiptir. Sabit etkiler tahmincisinin bulguları, insan sermayesinin ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir; ancak bu ilişki, ağırlık matrisi denkleme dahil edildiğinde değişmektedir. Bu değişimin sonucu olarak, söz konusu etkinin yönü olumsuz hale gelmektedir. Bu bulgu, ülke içindeki insan sermayesindeki artışın işgücü göçü yoluyla ekonomik büyümeyi engelleyebileceğini göstermektedir. Ayrıca, mekânsal yayılma yoluyla bu artış, komşu ülkelerde de eşzamanlı olarak benzer etkilere yol açmaktadır. Mekânsal yayılmanın etkisi dikkate alındığında, dijitalleşme göstergeleri arasında insan sermayesinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin yönü değişirken, diğer dijitalleşme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini gösteren tahmin edilen katsayılar farklılık göstermektedir. Bu bulgu, mekânsal yayılma dikkate alınmadığında, geleneksel panel veri yöntemlerinden elde edilen tahmin katsayılarının önyargılı ve tutarsız olduğunu göstermektedir. Sabit etkiler tahmincisi ile mekansal panel veri modeli arasındaki uyum ölçütlerindeki fark da ekonomik modele bir ağırlık matrisinin dahil edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sonuç ve Tartışma

Doğrudan ve dolaylı etkilerin ayrıştırılmasının ardından, DESI endeksi, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinden kaynaklanan dolaylı etkilerin gücünün, doğrudan etkilerin gücünden yaklaşık beş kat daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bu fark, AB içinde dijitalleşmenin mekansal yayılma potansiyelini teyit etmektedir. Bu durum, AB tarafından uygulanan Dijital Tek Pazar politikasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dijital Tek Pazar politikası kapsamında dijitalleşmeye yapılan yatırımlar, sadece ilgili ülkenin ekonomik büyümesini hızlandırmakla kalmayacak, aynı zamanda diğer AB ülkelerinin ekonomik büyümesi üzerinde de olumlu bir etki yaratacaktır. Bulgular, Dijital Tek Pazar politikasının başarılı olduğunu göstermektedir. Dijitalleşme, yerel yatırımlarla değil, mekansal etkileşimlerden kaynaklanan sınır ötesi yayılma etkileriyle yönlendirilmektedir. Bu bağlamda, bulgular bağlantı göstergesinin ekonomik büyüme üzerindeki dolaylı etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir. Bağlantı göstergesi ile diğer dijitalleşme göstergeleri arasındaki fark, bağlantı altyapısının fiziksel doğasına ve dijital yayılma potansiyelinin düşük olmasına atfedilebilir. Ayrıca bu durum, AB içindeki pazar parçalanması ve mekansal yayılma etkilerine önemli engeller oluşturan düzenlemeler olarak yorumlanabilir.

Öneriler

Politika yapıcılara ve araştırmacılara sunulan öneriler, bu bulgulara dayanmaktadır. Dijital teknolojilerin entegrasyonunun mekânsal yayılma etkileri göz önüne alındığında, AB ülkelerinde yapay zeka, bulut bilişim ve büyük veri gibi dijitalleşme alanlarındaki yatırımların coğrafi sınırların ötesine uzanan etkileri olacağı açıktır. BİT ihracatında ABD ve Çin'in gerisinde kalan AB'nin kaybettiği ihracat payını geri kazanabilmesi için, Dijital Tek Pazar politikasını aktif olarak uygulaması ve mekansal yayılma etkilerine önemli engeller teşkil eden düzenleyici engelleri ortadan kaldırması gerekmektedir. Son olarak, bu çalışmanın iki sınırlılığı bulunmaktadır: veri kısıtlamalarının dikkate alınmaması ve değişkenler arasındaki içsellik sorunu.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, Ekonomik Büyüme, Mekansal Panel Veri Analizi, DESI Index, AB



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625



ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY

Examining the Impact of Digitalization on Economic Growth in the EU Using Spatial Panel Data Analysis

Introduction

Digitalization, the driving force behind the Fourth Industrial Revolution, is fundamentally transforming the structure of the global economy through the integration and synergy of modern digital technologies such as artificial intelligence, big data, cloud computing, the Internet of Things, blockchain, and robotic systems (Myovella et al., 2020; Kovac et al., 2024). This transformation has pushed traditional factors of production, such as land and capital, into the background while bringing knowledge and digitized data to the forefront, leading to the emergence of a new type of economy: the digital economy (Zhang et al., 2022; Meng and Wen, 2024; Başar and Topallı, 2024).

Statistical data illustrates the digital transformation and the evolution of the digital economy over time. According to data from the International Telecommunication Union (ITU), the global internet penetration rate stood at 16% in 2005 and has risen to 68% as of 2024. With an internet penetration rate of 90%, Europe ranks among the most digitally advanced regions globally. A similar trend is observed in the widespread adoption of 5G technology, a critical infrastructure factor in accelerating digital transformation. While 51% of the global population was within 5G coverage in 2024, Europe leads with a coverage rate of 72%. Although Europe holds a leading position in digital infrastructure, its share of the ICT market has declined in recent years. The EU's global share of the ICT market stood at 21.8% in 2013 but dropped to 11.3% by 2022 (Kovac et al., 2024). The fact that the EU's share of the ICT market has eroded over time despite its leading position in digital infrastructure is a paradox. It is argued that this paradox stems from the EU's regulatory pressure and market fragmentation. In addition to the requirements set by the EU, member states imposing additional obligations create compliance costs for businesses, acting as a barrier to the spread of digitalization. Furthermore, the existence of over 270 authorities across the EU for digital networks creates a confusion of jurisdiction and a bureaucratic burden. This market fragmentation increases cross-border transaction costs, hindering the formation of a spatial network economy. Furthermore, digital infrastructure exhibits a heterogeneous distribution within the EU. While member states in Northern and Western Europe—such as Denmark, Finland, Luxembourg, and the Netherlands—have achieved high levels of digital development, countries in Southern and Eastern Europe, such as Bulgaria and Romania, lag significantly behind the EU average in terms of digital infrastructure. Regional clustering among member states reflects the digital divide within the EU (Cruz-Jesus et al., 2012; Kovac et al., 2024).

To regain market share lost to China and the US in the last decade and to close the digital divide within the Union, the EU has begun developing digitalization strategies (Demirbağ and Kaya, 2024). In line with these strategies, the EU launched its digital journey in 2015 by creating the Digital Single Market. This journey was transformed into concrete goals with the Digital Compass 2030 document published in 2021. The goals to be achieved by 2030 are defined around four main axes:

digital skills, secure digital infrastructure, digital transformation of businesses, and digital public services (Okçu and Düz, 2023; Kovac et al., 2024). Behind these digital goals lies the multifaceted impact of digitalization on economic growth.

The multidimensional effects of digitalization on economic growth are realized through supply- and demand-side channels. From the supply side, digitalization primarily increases productivity through capital deepening and labor productivity (Myovella et al., 2020; Criveanu, 2023). Productivity increases because of digitalization through the automation and optimization of processes, which reduces costs and fosters the creation of innovative business models (Bon, 2021; Criveanu, 2023; Vu et al., 2025). In addition, the digital transformation in education and healthcare supports the development of human capital (Myovella et al., 2020; Meng and Wen, 2024). From the demand side, digitalization supports economic growth primarily by paving the way for the emergence of new markets and new business models (Criveanu, 2023; Tekdemir and Çakmakoglu, 2024). However, these supply- and demand-side effects of digitalization are not uniform across regions.

According to the literature, the effects of digitalization on economic growth vary depending on the socio-economic development levels of regions. Bon (2021), Kovac et al. (2024), and Mhaka and Thazonevi (2024) argue that the impact of digitalization on economic growth is more pronounced in developed regions. According to these studies, regions with low levels of development are unable to contribute sufficiently to economic growth due to insufficient R&D expenditures, human capital, and physical infrastructure (Rehman and Nunsiente, 2023; Meng and Wen, 2024; Tekdemir and Çakmakoglu, 2024). In this context, digitalization is not fostering convergence among regions but rather deepening the inequalities between them.

On the other hand, digitalization affects regions beyond its own through spatial spillover via channels such as information flows, supply chain integration, and labor mobility. The widespread use of information and communication technologies supports the accumulation of human capital by removing the spatial and temporal barriers to technological diffusion (Meng and Wen, 2024; Du and Wang, 2025). Furthermore, supply chains strengthened by digitalization enhance the effects of spatial spillover by reducing trade costs and facilitating access to global markets (Rehman and Nunsiente, 2023; Yin and Choi, 2025). Furthermore, the remote work opportunities and new skill demands arising from digitalization are revitalizing labor mobility between regions, thereby reinforcing the effects of spatial spillover (Meng and Wen, 2024).

There is a lack of studies in the literature that examine the relationship between digitalization and growth while taking spatial dependence and heterogeneity into account. A significant portion of the existing literature, including studies by Fernandez-Portillo et al. (2020), Olczyk and Kuc-Czarnecka (2022), Akyol et al. (2023), and Mura and Donath (2023), has analyzed the impact of digitalization on economic growth using traditional panel data methods. However, the economic growth processes of regions within a federation or union are inherently spatially interdependent. Social and economic developments in one region have direct and indirect effects on neighboring regions (Du and Wang, 2025; Shang et al., 2025). If spatial interdependence and heterogeneity are ignored, factors such as the diffusion of information, labor mobility, and capital mobility between regions are not considered when examining the relationship between digitalization and growth. Failing to account for these factors carries the risk of biased and inconsistent coefficients that reflect the relationships between variables.

Furthermore, the literature has generally favored indicators that consider only a single dimension—such as internet usage, broadband subscriptions, the number of mobile phones, and ICT investments—when measuring digitalization (Haftu, 2019; Myovella et al., 2020; Konya, 2024; Aşık, 2025). These indicators are insufficient for representing the multidimensionality and complex structure of digitalization. Recognizing this limitation, Fernandez-Portillo et al. (2020), Topçu (2021), Olczyk and Kuc-Czarnecka (2022), and Mura and Donath (2023) have instead used the

Digital Economy and Society Index (DESI), which incorporates dimensions such as connectivity, human capital, the integration of digital technology, and digital public services to represent digitalization. While analyzing the impact of the DESI index and its components on economic growth, these studies have overlooked the existence of spatial spillover.

This study aims to fill a gap in the literature by analyzing the impact of digitalization on economic growth using the DESI index and its components in a sample of EU countries, employing a Spatial Autoregressive Model (SAC). The study contributes to the literature in three distinct ways. First, it examines the relationship between digitalization and growth in the EU sample by accounting for spatial dependence and spatial correlated shocks. Second, it decomposes the total effect of digitalization on economic growth into direct and indirect effects. Third, it analyzes the impact of the components of the Digital Economy and Society Index (DESI)—connectivity, human capital, integration of digital technology, and digital public services—on economic growth at the component level. This allows for an examination of whether regulatory barriers exist that hinder the spatial spillover of digitalization.

In the second chapter, following the introduction, the theoretical framework and empirical literature on the relationship between digitalization and growth will be examined. Subsequently, in the third chapter, the dataset and methodology used in the study will be presented. In the fourth chapter, the empirical findings will be presented and evaluated. In the conclusion, the findings will be discussed, and policy recommendations will be developed.

Digital Transformation Process in the EU and Related Literature

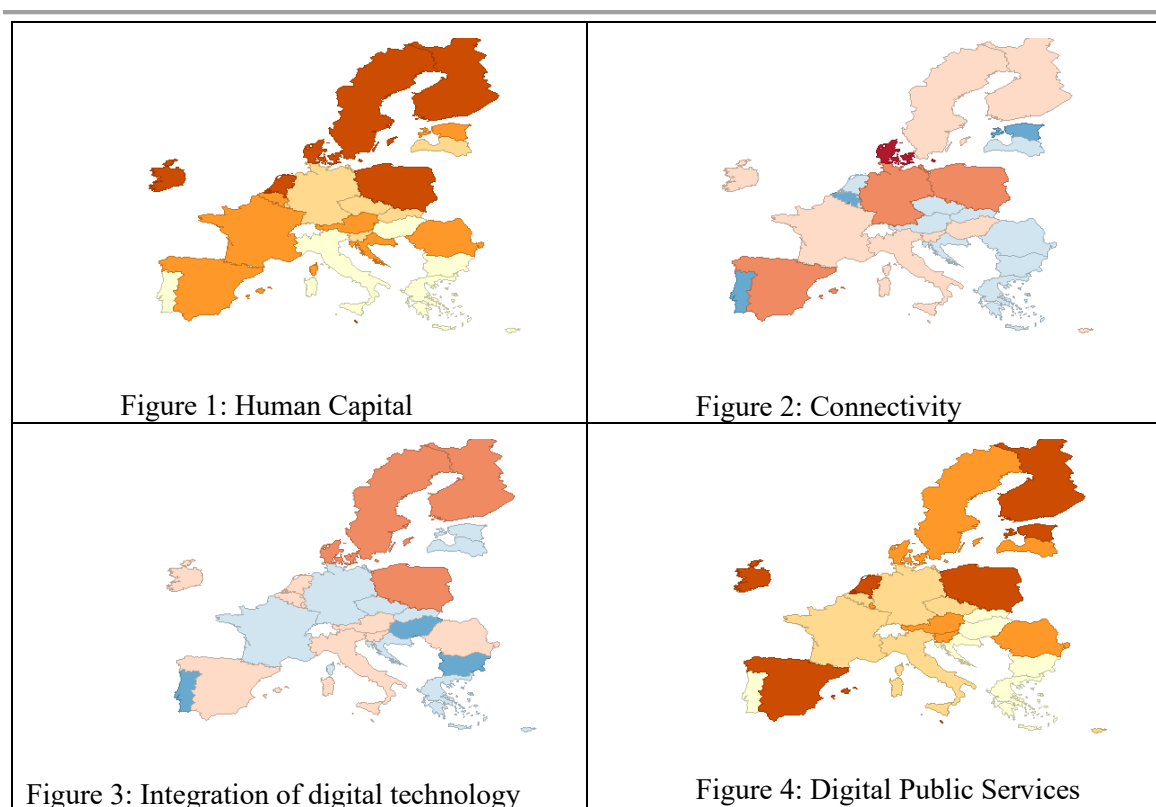
Policy Framework and Current Outlook

To integrate markets and achieve digital convergence among countries, the EU has developed policies aimed at sustainable development. The Digital Single Market policy, announced by the EU in 2015, aims to integrate digital markets by removing barriers to the free flow of data among member states (Okçu and Düz, 2023). This policy is built on three main pillars: ensuring consumers' and businesses' access to online goods and services, creating an environment conducive to the development of digital networks and services, and maximizing the growth potential of the digital economy (Bertarini, 2023). Following the COVID-19 pandemic—which highlighted the shift toward conducting services and trade via digital platforms and the realization that the EU was not sufficiently advanced in digitalization—the Union published the Digital Decade policy in 2021, grounded in concrete objectives. This policy is structured around four main pillars: digital skills, digital infrastructure, the digital transformation of businesses, and the digital public services (European Commission, 2021). In line with this policy, the goal is for 80% of the population to possess basic digital skills and for 20 million ICT specialists to be employed by 2030. Additionally, goals have been set to strengthen digital infrastructure, such as ensuring all households have access to gigabit internet speeds, producing 20% of global semiconductor chip production within the Union, and acquiring quantum computing capabilities. Alongside these goals for improving access and infrastructure, the digital transformation of businesses is also a priority. By 2030, 75% of businesses are expected to utilize cloud computing, big data, the Internet of Things, and artificial intelligence. Furthermore, the goal is for 250 companies to be active across 250 technology sectors throughout the EU by 2030. Regarding public services—another key focus area—the goal is for at least 80% of citizens to have a digital identity by 2030, and for all essential public services, particularly healthcare, to be delivered digitally (Official Journal of the European Union, 2022). The extent to which the Digital Single Market and Digital Decade policies have achieved their objectives is tracked using the DESI index developed by the European Commission.

The DESI index consists of four components: human capital, connectivity, integration of digital technology, and digital public services. Among these components, human capital measures the human resources and competencies necessary for digital transformation by focusing on

households' internet literacy and the employment of ICT professionals (Ionescu-Feleaga et al., 2023). Connectivity reflects the state of digital infrastructure by encompassing factors such as fixed and mobile broadband usage, 5G penetration, internet prices, and speeds (Ghazy et al., 2022). The integration of digital technology measures the level of digitalization in the business world by including the adoption rates of digital tools such as cloud computing, big data, and artificial intelligence by businesses. Digital public services, meanwhile, encompass the digitization of public services by measuring households' use of e-government, open data policies, and e-health services (Ionescu-Feleaga et al., 2023). Across the EU, 56% of citizens possess basic digital skills, while 10.3 million people are employed as ICT specialists. These figures indicate that the EU is significantly behind its 2030 targets in the skills sector. A similar situation applies to businesses' digital transformation. By 2024, approximately 55% of EU businesses will be using at least one of the following technologies: artificial intelligence, cloud computing, or data analytics. Additionally, 73% of SMEs in the EU have achieved at least a basic level of digital intensity. These figures show that businesses are well behind the 2030 targets. The situation is different regarding digital infrastructure. 98% of EU households have access to fixed broadband networks, and 94% have access to 5G technology. Finally, the fact that 56% of EU citizens access public services online indicates that the digital public services also lags the 2030 targets (Eurostat, 2025). The data indicates that the EU is lagging its 2030 targets in digital skills, the integration of digital technology, and digital public services, but is close to meeting its targets in digital infrastructure. The DESI index data reflects not only how close the EU is to its 2030 targets but also the digital divide among member states. Panel 1 illustrates the digital transformation performance of EU countries using DESI components*.

* For further studies on the use of artificial intelligence and generative artificial intelligence applications in the social sciences, education, research methodology, academic production, and various fields of application, as well as on the opportunities, transformations, limitations, and ethical challenges associated with these technologies, see also: Abdulrazagova et al., 2025; Ahmed & Hamod, 2026; Akyıldız & Akyıldız, 2020; Altundış, 2020; Ardaturk, 2026; Arduç Kara, 2026; Arğın, 2025; Arıcı & Karacı, 2013; Aşkun, 2024; Baran, 2022; Başar, 2025; Bayat Arslan & Cuma, 2026; Bekil, 2018; Büyükboyacı & Yozcu, 2026; Civelek, 2025; Coşkun, 2025; Çakmak, 2025; Çark, 2020; Çelik et al., 2025; Çora et al., 2026; Dalmış, 2026; Denizci et al., 2018; Doğru & Hacımüftüoğlu, 2025; Efendioğlu, 2023; Ekinci, 2025; Erdem & Demiryakan, 2025, 2026; Ertan, 2026; Güçlüten, 2026; Günay, 2025; Güzel, 2024; Işık & Darı, 2023; Kan Çelik, 2026; Kanat, 2020; Karadağ, 2025; Karakuş et al., 2025; Keleş, 2018; Keleş & Keleş, 2017, 2018; Keleş et al., 2017; Kızıldağ, 2023; Koçakoğlu & Koçakoğlu, 2025; Köksal & Zorlu Kale, 2025; Mazlum & Mazlum, 2025; Odacıoğlu, 2022; Ölçer, 2025; Önen, 2025; Özdemir, 2025, 2026; Romya Bilgin & Küçükşabanoglu, 2023; Sakin & Türk, 2025; Sandıkcı & Soy, 2026; Sarıbaş, 2025; Serçemeli, 2018; Sert, 2026; Tetik Küçükkelçi, 2025; Tuğcu, 2025; Uygun, 2026; Varol, 2025; Yener & Köse, 2023; Yıldırım Altun, 2025; Yıldız, 2025; Yılmaz, 2025; Zan & Zan, 2025; Zenginaloğlu, 2026.



Panel 1. DESI Components in the EU (2022)

The figures in Panel 1 show the DESI index values for 2022, which measure the levels of human capital, connectivity, integration of digital technology, and digital public services in EU countries. An examination of the human capital index values reveals a notable spatial clustering within the Union. While the level of digital skills utilization is high in the Nordic countries, it is well below the Union average in the Balkan countries. Although a similar spatial clustering exists in digital connectivity, the leading countries differ from those in human capital. In digital connectivity, Denmark, Spain, Germany, and Poland are the leading countries, while Greece, Bulgaria, Romania, and Croatia are among the laggards. The integration of digital technology exhibits a more heterogeneous distribution than in previous indices. While the Nordic countries are in the lead, countries such as France and Germany, which are at the forefront of the EU, lag the Union average. Digital public services also exhibit a similarly heterogeneous distribution. Spain, Belgium, Ireland, and Finland—which are not geographically adjacent—lead in the digitization of public services, while Portugal, Greece, and Bulgaria lag in this regard. When the four indices are considered together, the existence of a digital divide and spatial clustering within the Union is striking.

Literature

The impact of digitalization on economic growth has been theoretically examined within the framework of neoclassical and endogenous growth models. According to Solow (1956), capital accumulation and technological progress are the fundamental determinants of long-run economic growth. In this model, technology is an exogenous variable. Solow (1956) states that technological progress is the sole source of per capita income growth. Furthermore, according to the Neoclassical model, because capital accumulation is subject to the law of diminishing returns, economies will converge toward a steady state in the long run in the absence of technological exogenous shocks. Mankiw, Romer, and Weil (1992) developed the Extended Solow model by incorporating human capital into the Solow (1956) model. In this model, they demonstrated that diminishing returns also

apply to broad-based capital—comprising both physical and human capital—in the absence of technological shocks. In the endogenous growth model developed by Romer (1986) and Lucas (1988), technological progress is an endogenous variable, unlike in Neoclassical models. According to this model, technological progress and digitalization are the outcomes of R&D and human capital investments undertaken by households to maximize utility and by firms to maximize profits. Digitalization reduces transaction costs by facilitating the dissemination of information and creates network effects. Unlike Neoclassical growth models, endogenous growth models assume of increasing returns. Romer (1986) argues that the economy can achieve unlimited growth because capital accumulation is not subject to the law of diminishing returns. The positive impact of digitalization on economic growth, as proposed by both neoclassical and endogenous growth models, is also supported by most empirical studies in the literature.

The literature varies in terms of the samples and methods used. Czernich et al. (2011), Habibi and Zabardast (2020), Myovella et al. (2020), and Konya (2024) used a sample of OECD countries; David (2019), Myovella et al. (2020), Solomon and Klyton (2020) used a sample of African countries; Zhang et al. (2022) used a Belt and Road Initiative route sample; Evangelista et al. (2014), Pradhan et al. (2019), Olczyk and Kuc-Czarnecka (2022), Akyol et al. (2023), Mura and Donath (2023) have examined the impact of digitalization on economic growth in the EU sample. In addition, Kadochnikova et al. (2022), Varlamova and Kadochnikova (2023) analyzed the effect of digitalization on economic growth in a sample of Russian regions, while Shang et al. (2025) did so in a sample of Chinese regions.

In addition to the sample, the studies also differ in terms of methodology. While studies such as Czernich et al. (2011), Evangelista et al. (2014), David (2019), and Habibi and Zabardast (2020) employ the dynamic panel data method, studies such as Olczyk and Kuc-Czarnecka (2022), Zhang et al. (2022), and Akyol et al. (2023) have preferred the static panel data method. In studies such as those by Kadochnikova et al. (2022), Varlamova and Kadochnikova (2023), and Shang et al. (2025), spatial econometric methods have been employed. A review of the literature reveals that spatial econometric methods have not been used in samples comprising groups of countries. Particularly in a sample like the EU, where labor and capital mobility is high across countries, failing to account for the impact of digital development in one country on the economic growth of neighboring countries leads to biased and inconsistent results. Furthermore, the Digital Single Market strategy aims to connect countries through the integration of digital infrastructure and digital technologies, thereby targeting the spatial spillover of digitalization within the EU. The extent to which this goal has been achieved can be examined using methods that account for spatial interactions between countries. In this context, the impact of digitalization on economic growth in the EU sample highlights a gap in the literature. The fact that the direct and indirect effects of the sub-components of a multi-dimensional index such as DESI have not been examined in the EU sample also points to another gap in the literature. Although Ghazy et al. (2022) and Tekdemir and Çakmakoglu (2024) examined the impact of the DESI index and its four sub-components on economic growth using a dynamic panel data method, they did not disentangle these effects. Additionally, the negative effect of the human capital DESI subcomponent on economic growth, as noted by Tekdemir and Çakmakoglu (2024), indicates labor mobility across countries. On the other hand, the negative effect of digital technology integration on economic growth suggests that regulations may act as a barrier to digital diffusion. The absence of studies in the literature examining the impact of regulations on economic growth by hindering the spatial spillover of digitalization within the EU sample represents another gap in the literature. To address these gaps, this study analyzes the impact of digitalization on economic growth using the DESI index and its four sub-components within the EU sample via the spatial panel data method.

Data and Methodology

Data and Variables

This study analyzes the effects of digitalization on economic growth in a sample of 27 EU countries using annual data from the 2017–2022 period. Appendix A provides a list of the sample countries. There are both methodological and policy-related reasons for selecting 2017 as the starting year of the analysis period. Methodologically, since balanced panel data will be used in the analysis in accordance with the requirements of the spatial panel data method, the DESI sub-components published by the European Commission had achieved a balanced panel data structure for the 27 EU countries as of 2017. From a political perspective, 2017 marks a turning point as the year the Digital Single Market strategy was published, and the EU shifted its policy focus from infrastructure to the data economy, with a particular emphasis on the integration of digital technology. The reason for ending the analysis period in 2022 is that balanced panel data sets for the DESI and its sub-components, as published by the European Commission, are no longer available after this year.

In line with the conceptual frameworks developed by referencing neoclassical and endogenous growth models in the literature, this study uses economic growth rates as the dependent variable. The DESI index and its four core components were used as the primary independent variables in the empirical models. These are, in order: human capital, which reflects the human resources and competencies required for digital transformation; connectivity, which represents fixed and mobile broadband infrastructure; the integration of digital technology, which measures the level at which businesses adopt tools such as cloud computing, big data, and artificial intelligence; and digital public services, which indicate the level of digitization of public services. To isolate the net effect of digitalization on economic growth and prevent the bias of omitted variables in empirical models, indicators of openness, population growth, and public expenditures were included as control variables in the analysis, referencing growth theories. Grossman and Helpman (1991) noted that trade openness contributes to economic growth through the channels of knowledge diffusion, economies of scale, and technology transfers. Furthermore, Ersoy and Aalioua (2018) empirically demonstrated that an increase in export volume has a boosting effect on economic growth. Including trade openness—which utilizes the same knowledge diffusion channel as digitalization—in the model will allow for the disentanglement of digitalization's growth contribution stemming from digital integration. Solow (1956) argued that population growth would slow economic growth by leading to capital dilution. This variable was added to the model to control for the effect of demographic dynamics on economic growth. Barro (1990) notes that digital infrastructure investments are realized through public expenditures. In this context, the public expenditures variable was included in the model to isolate the growth contribution stemming from public infrastructure investments. Data for the macroeconomic variables used in the study were compiled from the World Bank Development Indicators (WDI) database, while digitalization data (DESI) were compiled from the European Commission database. Descriptive statistics for the variables used in the analysis are presented in Table 1.

Table 1: Descriptive Statistics

Variables	Min	Max	Mean	Standard Deviation	SD/mean(CV)	Number of Observations
grw	-10.940	16.256	2.913	4.307	1.479	162
desi	19.400	69.600	42.520	10.582	0.249	162
human	6.869	17.848	11.412	2.354	0.206	162
connec	3.168	19.272	9.404	3.205	0.341	162
integ	2.530	14.772	7.375	2.602	0.353	162
public	1.853	22.975	14.326	4.186	0.294	162
open	28.340	202.330	125.580	34.018	1.330	162
gov	20.700	61.700	45.060	7.160	0.159	162
popgr	-1.812	4.052	0.279	0.932	3.340	162

In Table 1, the fact that the coefficient of variation (CV) for the variables of economic growth, openness to the outside world, and population growth is greater than one confirms the existence of significant heterogeneity among EU countries. In the digitalization indicators, where the coefficient of variation is less than one, the difference between the minimum and maximum values points to a digital divide within the Union. When digital indicators are evaluated individually, the human capital indicator exhibits a more homogeneous distribution across countries, while the indicator of digital technology integration exhibits a more heterogeneous distribution. The ratio of public expenditures to GDP is the control variable with the most homogeneous distribution among countries compared to the other variables. After examining the descriptive statistics for the variables, the correlation matrix between the calculated variables—used to test for the presence of potential multicollinearity in the empirical models to be established for the analysis—is presented in Table 2.

Table 2: Correlation Matrix

	grw	desi	human	connec	integ	public	open	gov	popgr
grw	1.000	0.048	-0.001	0.094	0.041	0.024	0.190	-0.447	0.088
desi	0.048	1.000	0.834	0.757	0.889	0.927	0.219	0.120	0.456
human	-0.001	0.834	1.000	0.379	0.798	0.759	0.202	0.120	0.506
connec	0.094	0.757	0.379	1.000	0.59	0.588	0.122	0.117	0.163
integ	0.041	0.889	0.798	0.559	1.000	0.749	0.086	0.193	0.4445
public	0.024	0.927	0.076	0.588	0.749	1.000	0.293	0.026	0.466
open	0.190	0.219	0.201	0.122	0.086	0.293	1.000	-0.475	0.529
gov	-0.447	0.120	0.120	0.117	0.193	0.026	-0.475	1.000	-0.199
popgr	0.088	0.456	0.506	0.163	0.445	0.466	0.529	-0.199	1.000

According to Table 2, the correlation coefficients among the control variables are well below the generally accepted critical threshold of 0.80 in the literature (Gujarati and Porter, 2009). This indicates that there is no multicollinearity among the control variables and that they should remain in the model. When examining the correlation coefficients of the digitalization indicators, the high correlation with the subcomponents of the DESI score indicates the presence of multicollinearity. Furthermore, when the DESI subcomponents are evaluated against one another, the correlation coefficient of 0.798—reflecting the relationship between human capital and digital technologies—

being close to the critical threshold points to a potential issue of multicollinearity. Therefore, the DESI index and its subcomponents should not be included in the same model. In this context, separate models were established for digitalization indicators in the study, and the impact of each indicator on economic growth was analyzed independently.

Methodology

Following the correlation matrix, a spatial panel data method was employed to examine the impact of digitalization on economic growth while accounting for spatial dependence. The primary rationale for choosing this method in the analysis is the potential for spatial spillover of digitalization due to the high level of trade and technological integration among EU countries. Interaction among countries that adopt and implement common digital policies, such as the Digital Single Market and the Digital Decade, is inevitable. Ignoring these interactions would lead to biased and inconsistent results. Therefore, the study first tested for the presence of spatial interaction among countries using the CD test developed by Pesaran (2004). If the findings of the CD test indicate the presence of cross-sectional dependence among units, traditional panel data methods that disregard this condition will lose their validity, and the transition to spatial models will become a statistical necessity. Following the identification of potential cross-sectional dependence among the series, the spatial weight matrix (W) must be included in the empirical model to capture the structure of this dependence.

The study employed an inverse distance weighting matrix based on the assumption that economic and trade interactions between countries are not limited to geographical proximity, and that the effect of spatial spillover weakens as the geographical distance between countries increases. Unlike matrices that consider only border adjacencies, this matrix considers the adjacency relationships between all regional units in the sample. By incorporating the inverse distance weighting matrix into the model, the Global Moran's I test was used to determine whether the variables in the analysis exhibited spatial clustering within the EU sample.

After detecting the presence of spatial autocorrelation using Moran's I test, it is necessary to identify the source of the spatial autocorrelation. LM and Robust LM tests were employed to determine whether the source of spatial autocorrelation is spatial lag, spatial error, or both. Robust LM tests, designed for a linear model established using ordinary least squares estimators, aim to determine whether spatial dependence is concentrated on the dependent variable or on the error term due to cross-sectional common shocks. However, the restriction that spatial dependence would be concentrated on only spatial error or spatial lag leads to specification error. Therefore, the methodological framework of the study is based on the Spatial Autoregressive (SAC) model, which incorporates both spatial error and spatial lag effects.

The SAC model, developed by Kelejian and Prucha (1998) and forming the methodological foundation of this study, is presented in Equations 1 and 2.

$$y_{it} = \alpha + \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_{jt} + \sum_{k=1}^n x_{it} \beta_k + u_{it} \quad (1)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

In Equation 1, y_{it} represents the economic growth of country i in year t , while x_{it} represents the explanatory variables included in the model, primarily digitalization indicators. In Equations 1 and 2, W denotes the inverse distance weighting matrix, and u_{it} corresponds to the error term reflecting the cross-sectional common shocks faced by the units. The ρ in Equation 1 represents the spatial autoregressive coefficient, which indicates the spatial spillover effect of economic growth in neighboring countries on a country's economic growth. The λ parameter in Equation 2, on the other hand, denotes the spatial error term arising from common economic and political shocks faced by countries that are not included in the model.

LeSage and Pace (2009) argue that the interpretation of standard linear regression coefficients loses its validity in models with spatial autocorrelation. While in a standard model the coefficient represents the partial derivative of the dependent variable with respect to the independent variable, in spatial models this approach leads to misleading estimates because it disregards the feedback effect when interpreting the coefficients directly. For this reason, LeSage and Pace (2009) have advocated for decomposing the total effect into its direct and indirect components. In this vein, through effect decomposition, the analysis will include not only the impact of digitalization on the country's economy but also the spillover dynamics regarding neighboring economies.

Findings

This study analyzed the impact of digitalization on economic growth in EU countries during the 2017–2022 period using a spatial panel data method. Before proceeding to the spatial panel data analysis, the model was first analyzed using the fixed-effects method, which does not account for spatial effects, and then the presence of cross-sectional dependence among the series in the model was tested.

Table 3: Robust Fixed -Effect (Driscoll Kraay) Estimation Results

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
desi	0.268*** (0.061)				
human		1.876** (0.770)			
connec			0.568*** (0.126)		
integ				1.012*** (0.285)	
public					0.967*** (0.221)
open	-0.091 (0.075)	0.001 (0.076)	-0.072 (0.072)	-0.047 (0.075)	-0.105 (0.077)
gov	-0.869*** (0.114)	-0.782*** (0.120)	-0.813*** (0.109)	-0.824*** (0.116)	-0.934*** (0.121)
popgr	-2.004*** (0.706)	-2.103*** (0.748)	-1.928*** (0.702)	-1.828** (0.720)	-2.141*** (0.709)
R-squared	0.325	0.259	0.330	0.293	0.324
F test	10.714***	10.069***	11.318***	11.196***	9.924***
Hausman	43.751***	26.856***	54.151***	31.212***	45.403***
Breusch-Pagan	73.354***	87.468***	77.172***	76.370***	70.916***
Pesaran CD	27.027***	27.422***	27.838***	27.482***	26.159***

Note: Numbers in parentheses () indicate standard error values; *, **, *** indicate significance levels of 10%, 5%, and 1%, respectively.

The results of the F-test and Hausman test in Table 3 indicate that the fixed-effects estimator is an appropriate choice for the analysis across all five models. Furthermore, the R-squared values for the models range from 0.293 to 0.330, suggesting that the models explain approximately 30 percent of the variation in economic growth. The limited explanatory power suggests that the method fails to capture factors such as potential missing control variables, endogeneity issues, and spatial dependence in the model. The Breusch-Pagan test indicates the presence of heteroskedasticity in the models. Furthermore, the Pesaran CD test confirms the existence of cross-sectional dependence among the series in the models. Therefore, the Driscoll-Kraay estimator, which produces estimates robust to heteroskedasticity and cross-sectional dependence, was used in this study. According to the Driscoll-Kraay estimation results, digitalization indicators have a statistically significant positive effect on economic growth. The findings indicate that the effect of DESI sub-components on economic growth is stronger than that of the overall index. This is due to the overall index smoothing out the heterogeneous effects among the components. Among the sub-components, the impact of human capital and the integration of digital technology on economic growth is more pronounced than that of the digitization of public services and connectivity.

In addition to digitalization indicators, the effects of trade openness, public spending, and population growth on economic growth were also examined. According to Table 3, no significant effect of trade openness on economic growth was found in any of the models. Public spending and population growth, however, have a negative effect on economic growth across all models. To determine whether the cross-sectional dependence confirmed by the Pesaran CD test has a spatial structure, the Global Moran's I test, LM test, and Robust LM test were applied. The results of the Moran's I test are presented in Table 4.

Table 4: Moran's I Test Results

Year	Moran's I stat.	Moran p value
2017	0.028	0.039
2018	0.025	0.046
2019	0.024	0.048
2020	0.020	0.060
2021	0.021	0.057
2022	0.018	0.064

The presence of spatial autocorrelation in the economic growth series was tested using Moran's I test. According to the results of Moran's I test, there is spatial autocorrelation in the economic growth series between 2017 and 2022. To determine whether this identified spatial effect stems from spatial lag or spatial error, the LM and Robust LM tests were employed. The results of the LM and Robust LM tests are presented in Table 5.

Table 5: LM and Robust LM Test Results

LM Tests	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
LM lag	398.840***	452.910***	402.070***	436.780***	381.780***
LM error	440.670***	472.540***	456.910***	455.270***	420.800***
Robust LM lag	48.057***	48.696***	43.957***	54.175***	48.922***
Robust LM error	89.882***	68.329***	98.792***	72.659***	87.942***

The LM test results in Table 5 show that the null hypothesis examining the presence of spatial lag and spatial error was rejected for all five models. Following the LM test results indicating the

presence of both spatial effects (Anselin et al., 1996), Robust LM tests were employed because standard LM tests can produce biased results in the presence of both effects. Robust LM tests also confirm the simultaneous presence of spatial lag and spatial error in all five models. Based on the results of the LM and Robust LM tests, the SAC model—which incorporates both spatial error and spatial lag effects—has been defined as the spatial model for this study. Furthermore, when the findings of the Hausman test, F-test, LM test, and Robust LM test are combined, it is observed that the most appropriate model for the analysis is the fixed-effects SAC (SACFE) model. The results of the SACFE model are reported in Table 6.

Table 6: SACFE Model Results

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
desi	0.101*** (0.029)				
human		-1.309** (0.633)			
connec			0.224*** (0.065)		
integ				0.443*** (0.127)	
public					0.337*** 0.106
open	-0.101*** (0.039)	-0.094** (0.038)	-0.093** (0.037)	-0.093** (0.038)	-0.098** (0.040)
gov	-0.253*** (0.068)	-0.357*** (0.094)	-0.242*** (0.070)	-0.233*** (0.060)	-0.270*** (0.072)
popgr	-0.751*** (0.352)	-0.425 (0.356)	-0.704** (0.356)	-0.681** (0.343)	-0.781*** (0.357)
rho	0.863*** (0.048)	-0.332 (0.403)	0.850*** (0.055)	0.881*** (0.040)	0.862*** (0.049)
lambda	-0.275 (0.369)	0.924*** (0.034)	-0.130 (0.364)	-0.460 (0.373)	-0.263 (0.369)
R-squared	0.534	0.630	0.539	0.531	0.530

Note: Numbers in parentheses () indicate standard error values; *, **, *** indicate significance levels of 10%, 5%, and 1%, respectively.

In Table 6, the R-squared values reflecting the goodness-of-fit measure for the models range from 0.530 to 0.630; this finding indicates that incorporating spatial spillover effects into the models significantly enhances their explanatory power. Upon examining Table 6, the rho coefficient for all models except Model 2 indicates the presence of a spatial lag effect at the 1% significance level. The fact that the rho coefficient ranges from 0.850 to 0.881 points to a very strong spatial dependence among EU countries. This finding indicates that a country's economic growth performance is significantly influenced by the growth dynamics of its neighboring countries. However, the lambda

coefficient is significant at the 1% level only in the second model, suggesting that, for this model, a country's economic growth is affected by economic shocks in neighboring countries. The fact that Model 2, unlike the other models, reflects spatial dependence through spatial error rather than spatial lag can be attributed to the high physical and digital mobility of skilled labor across countries.

The results in Table 6 show that, except for human capital, other digitalization indicators (DESI, connectivity, integration of digital services, and digital public services) have a positive effect on economic growth at the 1% significance level. Human capital, however, has a negative effect on economic growth at the 5% significance level. The effects of digitalization indicators other than human capital on economic growth are consistent with the results of the fixed-effects estimates. The fact that the results for human capital contradict the fixed-effects estimates can be attributed to the significant distortion of the estimated coefficients caused by the neglect of spatial dependence. Additionally, the shift from a positive to a negative effect of human capital on economic growth can be explained by the fact that an increase in human capital within a country suppresses that country's economic growth through labor migration while creating a positive spatial spillover effect on neighboring countries. The coefficient of the DESI index, connectivity, integration of digital technology, and digitization of public services on economic growth has decreased compared to the fixed-effects model. This situation stems from the fact that a significant portion of the total effect in these models is separated from the spatial spillover effect of a country's economic growth on neighboring countries due to spatial lag, thereby revealing the net effect. In a structure like the EU, where capital and labor mobility are free and borders have largely been lifted, and where common economic, political, and security policies are followed, it is only natural for economic development in one country to have an economic impact on another. Therefore, failing to account for spatial spillover will yield misleading results, as seen in the fixed-effects estimation results. The dampening effect of the human capital digitalization indicator on economic growth supports the findings of Imran et al. (2022) and Tekdemir and Çakmakoğlu (2024). Conversely, the positive effect of other digitalization indicators on economic growth supports the findings of Ghazy et al. (2022).

In addition to digitalization indicators, the effects of control variables such as trade openness, public spending, and population growth on economic growth have also differed with the inclusion of spatial dependence. While trade openness had no significant effect on economic growth according to fixed-effects estimation results, the SACFE model findings indicate that it negatively affects economic growth at the 5% significance level. This finding contradicts Grossman and Helpman (1991). This situation can also be explained by the fact that the EU, with an average trade openness of 125%, has lost a significant portion of its ICT market over the past 15 years due to competitive pressure from the US and China. The impact of public spending and population growth on economic growth, however, is limited when spatial spillovers are considered. The negative effect of public spending on economic growth can be explained within the framework of Barro's (1990) endogenous growth model. Barro (1990) noted that the effect of public spending on economic growth is not linear; it is positive up to a certain threshold and becomes negative beyond that threshold. The fact that average public spending in the EU stands at around 45% suggests that this threshold may have been exceeded. These results contradict Sezer's (2018) finding that public communication investments have an enhancing effect on economic growth. Finally, the negative effect of population growth on economic growth supports Solow's (1956) hypothesis that population growth slows economic growth by leading to capital dilution. This result supports the findings of Mızırak and Gömleksiz (2017).

LeSage and Pace (2009) noted that the coefficients in the SAC model were insufficient for capturing the marginal effects of the independent variables on the dependent variable. For this reason, this study aimed to estimate the direct, indirect, and total effects of the explanatory variables in the SACFE model, and the results are reported in Table 7.

Table 7: Direct and Indirect Effects (SACFE)

		Digitalization Indicators	open	gov	popgr
Model 1 (DESI)	Direct	0.122*** (0.039)	-0.120** (0.050)	-0.304*** (0.091)	-0.902** (0.450)
	Indirect	0.608* (0.420)	-0.602 (0.457)	-1.515* (1.028)	-4.502 (3.807)
	Total	0.729* (0.450)	-0.723 (0.497)	-1.819* (1.098)	-5.404 (4.179)
Model (Human)	Direct	-1.313 (42.776)	-0.095 (3.046)	-0.358 (9.583)	-0.426 (8.222)
	Indirect	0.331 (1111.264)	0.024 (79.149)	0.090 (248.863)	0.108 (214.148)
	Total	-0.982 (1154.036)	-0.071 (82.195)	-0.268 (258.445)	-0.319 (222.362)
Model 3 (Connec)	Direct	0.264** (0.085)	-0.110** (0.049)	-0.285*** (0.088)	-0.830** (0.440)
	Indirect	1.213 (0.897)	-0.504 (0.439)	-1.313 (0.956)	-3.820 (3.201)
	Total	1.477* (0.962)	-0.614 (0.479)	-1.599* (1.789)	-4.650 (3.558)
Model 4 (Integ)	Direct	0.548** (0.172)	-0.115** (0.050)	-0.289*** (0.081)	-0.843** (0.429)
	Indirect	3.097* (1.732)	-0.649* (0.430)	-1.633** (0.834)	-4.764 (3.548)
	Total	3.646** (1.873)	-0.764* (0.472)	-1.922** (0.898)	-5.607 (3.922)
Model 5 (Public)	Direct	0.404** (0.140)	-0.117** (0.050)	-0.324*** (0.102)	-0.937** (0.479)
	Indirect	2.010* (0.466)	-0.583* (0.466)	-1.610* (1.156)	-4.661 (4.100)
	Total	2.414* (1.561)	-0.700 (0.506)	-1.934* (1.236)	-5.599 (4.499)

Note: Numbers in parentheses () indicate standard error values; *, **, *** indicate significance levels of 10%, 5%, and 1%, respectively.

Direct effects represent the impact of changes in a country's digitalization indicators and control variables on that country's economic growth, while indirect effects represent the spatial

spillover effects on the economic growth of neighboring countries. As shown in Table 7, the direct effects of digitalization indicators—excluding human capital—on economic growth are statistically significant and positive. A one-unit increase in the DESI index increases the country's economic growth by 0.122 percentage points, while connectivity, the integration of digital technology, and the digitization of public services increase the country's economic growth by 0.264 percentage points, 0.548 percentage points, and 0.404 percentage points, respectively. Based on these findings, it is evident that the digitalization indicator with the most pronounced direct effect on the country's economic growth is the integration of digital technology. The direct and indirect effects of the human capital digital indicator on economic growth, however, are insignificant. In particular, the high standard errors are noteworthy. This situation makes it difficult to interpret the coefficients, as the point estimates of the variable found to be significant in the model's SACFE estimation become insignificant and the standard errors inflate when partial derivatives are taken. For this reason, the direct and indirect effects of human capital are not interpreted, and the point estimates in the SACFE model are accepted.

When examining the indirect effects of digital indicators, striking results emerge. The DESI index shows that the spatial spillover effects of the integration of digital technology and the digitization of public services are approximately five times greater than their direct effects. In Models 1, 4, and 5, the indirect effects of digitalization indicators on economic growth are statistically significant at the 10% level. This difference between indirect and direct effects supports the notion that digital technologies—such as cloud computing, big data, and artificial intelligence—have a high potential for spatial spillover due to their inherent ability to transcend geographical boundaries through supply chains and digital platforms. This finding indicates that a country's digitalization efforts will have indirect effects not only on its own economic growth but also on the economic growth of all neighboring countries connected to the Digital Single Market network. These findings suggest that the growth effects of digitalization are transmitted primarily through cross-border spatial spillovers rather than purely domestic channels. The fact that the indirect effect of the digital connectivity indicator is insignificant suggests that the spatial spillover effect of digital connectivity infrastructure on neighboring countries remains weak. This can be explained by the inherently low spatial spillover potential of connectivity infrastructure, given its physical and local nature. Additionally, it can be interpreted that market fragmentation and regulations act as barriers to the spatial spillover of digital connectivity, despite common policies such as the Digital Single Market.

When examining the decomposition of the effects of control variables, trade openness has a negative direct effect on economic growth at the 5% significance level in all models except Model 2. The direct effect of a one-unit changes in trade openness on economic growth ranges from -0.110 to -0.120 percentage points. The results are close to the point estimate findings obtained in the SACFE model. The indirect effects of trade openness are insignificant in all models except Model 4 and Model 5. The fact that the indirect effect of trade openness is significant in models examining the impact of digital technology integration and the digitization of public services on economic growth can be explained by the nature of digitization. The absence of a spatial spillover effect of trade openness in a model that relies heavily on physical infrastructure, such as connectivity, while the presence of a spatial spillover effect in the integration of digital technology—which encompass geographically unbounded digital applications like artificial intelligence, cloud computing, and e-government—and the digitization of public services aligns with the nature of digitization. Similarly, in public expenditures, there is a negative indirect effect at the 10% significance level outside of models that include human capital and connectivity as digital indicators. This finding indicates that public expenditures negatively affect not only their own country's economic growth but also that of neighboring countries. This suggests that the crowding-out effect of public spending on the private sector—which suppresses economic growth—is not limited to the country in question but also affects neighboring countries within the Digital Single Market network. Finally, the models indicate that

population growth has a negative direct effect on economic growth at the 5% significance level. However, population growth has no significant indirect effect on economic growth. This suggests that the capital-scarcity effect of population growth in the Solow (1956) model operates at the local level.

Conclusion

This study has two objectives. The first is to examine whether the Digital Single Market policy adopted by EU countries is hindered by regulations; the second is to analyze whether digitalization exhibits spatial spillover within the Union. In this context, the impact of digitalization on economic growth was analyzed using a spatial panel data method for the 2017–2022 period, based on a sample of 27 EU countries. This study contributes to the literature in three ways. First, it examines the relationship between digitalization and growth in the EU sample by accounting for spatial spillovers. Second, it distinguishes the effect of digitalization on economic growth into linear and spillover effects. Finally, it analyzes the effects of the DESI's sub-components—connectivity, human capital, integration of digital technology, and digital public services—on economic growth, taking spatial spillover into account. Examining the spillover effects of these subcomponents on economic growth will provide insights into whether regulations act as barriers to the spatial spillover of digitalization.

The results of the Pesaran CD test and Moran's I test indicate the presence of spatial dependence in the models. The results of the LM and Robust LM tests, on the other hand, suggest that the source of spatial dependence in the models is spatial error and spatial lag. Furthermore, the results of the F and Hausman tests also indicate that the fixed-effects estimator will produce more valid estimates than the pooled and random-effects estimators. When the results of these tests are combined, it is determined that the appropriate model for this study is the fixed-effects SAC (SACFE) model. According to the findings of the SACFE model, DESI, connectivity, the integration of digital technology, and the digitization of public services have a positive direct effect on economic growth at the 1% significance level. The human capital digital indicator, however, has a negative direct effect on economic growth at the 5% significance level. According to the fixed-effects estimation results, while the effect of human capital on economic growth is positive, the direction of the effect turns negative when spatial dependence is taken into account. This situation can be explained by the fact that an increase in human capital within a country suppresses that country's economic growth through labor migration, while creating positive effects in neighboring countries through spatial spillover. For other digitalization indicators besides human capital, while the direction of the effect does not change when spatial dependence is considered, the coefficient of the effect has decreased. This provides insight into the extent to which coefficients in traditional panel data methods that do not account for spatial dependence are biased. The difference between the R-squared values of the fixed-effects estimator and those of the spatial panel data model further confirms the importance of accounting for spatial dependence.

When examining the distinction between direct and indirect effects, the DESI index shows that the indirect effects of the integration of digital technology and the digitization of public services are approximately five times greater than the direct effects. This significant difference between indirect and direct effects demonstrates the strong potential for the spatial spread of digitization within the Union. This finding points to the effectiveness of the Digital Single Market policy adopted by the Union. Investments in digitalization made by a country affect not only that country's economic growth but also the economic growth of neighboring countries within the Digital Single Market network. The findings indicate that the primary effect of digitalization stems not from local investments but from spatial interactions that transcend geographical boundaries. The indirect effects of the connectivity digital indicator on economic growth are negligible. The fact that the connectivity indicator differs from other digitalization indicators can be explained by the inherently low potential

for digital spillover due to the physical nature of connectivity infrastructure. However, this could also be interpreted as market fragmentation and regulations across the Union creating barriers to spatial spillover.

When the effects of control variables are examined, trade openness, public spending, and population growth have negative direct effects on economic growth. According to the fixed-effects estimation results, while the effect of trade openness on economic growth was insignificant, it became significant when spatial dependence was considered. The negative effect of trade openness on economic growth can be explained by the EU's loss in the ICT market over the past fifteen years relative to the US and China, as the EU has faced competitive pressure from these countries. The negative effect of public spending on economic growth, on the other hand, is explained by the hypothesis proposed by Barro (1990), which states that public spending has a dampening effect on economic growth once a certain threshold of public spending is reached. It is believed that the EU, having reached an average public spending level of 45%, has reached the threshold proposed by Barro (1990). Finally, the negative impact of population growth on economic growth supports the view put forward by Solow (1956) that population growth suppresses economic growth by leading to capital dilution.

The findings offer important policy implications for the EU. First, given the strong spatial spillover effects of digital technology integration, investments by EU countries in digital technologies such as artificial intelligence, cloud computing, and big data will have cross-border impacts. The EU, which lags significantly behind the US and China in these areas, can only catch up if countries within the Digital Single Market invest in digitalization and remove regulatory barriers to spatial spillover. Second, the insufficient spatial spillover of connectivity infrastructure highlights not only the nature of digitalization but also market fragmentation within the Union. The confusion of authority created by the existence of over 270 digital authorities within the Union acts as a barrier to the spatial expansion of the connectivity digital indicator. To overcome this barrier, inclusive policies that address the issue of market fragmentation must be developed and implemented.

Despite its contributions to the literature, this study has two main limitations. First, it is conducted with a short six-year panel due to data constraints. Second, there is the issue of endogeneity between digitalization and economic growth. In this context, it is recommended that researchers planning to examine this issue in the future revisit the topic with longer panels if they have access to the data. Furthermore, it is suggested that the subject be examined using GMM-style models that consider the endogeneity issue between variables.



www.turkishstudies.net/economy

Turkish Studies - Economics, Finance, Politics

eISSN: 2667-5625



ANKARA SCIENCE
UNIVERSITY

AB’de Dijitalleşmenin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisinin Mekansal Panel Veri Analizi ile İncelenmesi

Giriş

Dördüncü sanayi devriminin itici gücü olan dijitalleşme; yapay zekâ, büyük veri, bulut bilişim, nesnelerin interneti, blok zinciri ve robotik sistemler gibi modern dijital teknolojilerin entegrasyonu ve sinerjisi ile küresel ekonomi yapısını kökten değiştirmektedir (Myovella vd., 2020; Kovac vd., 2024). Bu dönüşüm toprak ve sermaye gibi geleneksel üretim faktörleri ikinci plana iterken ve bilgi ve dijitalleştirilmiş veri ön plana çıkararak yeni bir ekonomi türü olan dijital ekonominin doğmasına yol açmıştır (Zhang vd., 2022; Meng ve Wen, 2024; Başar ve Topallı, 2024).

İstatistiki veriler dijital dönüşümü ve dijital ekonominin dönem içerisindeki gelişimini göstermektedir. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) verilerine göre küresel internet kullanım oranı 2005 yılında %16 iken, bu oran 2024 yılı itibarıyla %68’e çıkmıştır. Avrupa %90 internet kullanım oranı ile küresel ölçekte en dijitalleşmiş bölgeler arasındadır. Dijital dönüşümün hızlanmasında kritik bir alt yapı faktörü olan 5G teknolojisinin yaygınlaşmasında benzer durum söz konusudur. 2024 yılında küresel nüfusun %51’i 5G kapsama alanında iken, Avrupa %72’lik kapsama oranıyla lider konumundadır. Her ne kadar Avrupa dijital alt yapıda lider konumda olsa da BİT pazarında payı son dönemlerde düşmüştür. AB’nin BİT küresel payı 2013 yılında %21,8 iken bu oran 2022 yılında %11,3’e gerilemiştir (Kovac vd., 2024). AB’nin dijital altyapıda lider konumda iken BİT pazarındaki payının dönem içerisinde erimesi bir paradokstur. Bu paradoksun AB’nin regülatif baskısı ve pazar parçalanmışlığından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. AB’nin belirlediği gerekliliklerin yanında üye devletlerin de yükümlülükler eklemesi işletmeler için uyum maliyetleri yaratarak dijitalleşmenin yayılmasına bariyer olmaktadır. Bununla birlikte dijital ağlar için AB genelinde 270’i aşkın otoritenin varlığı yetki karmaşası ve bürokratik yük oluşturmaktadır. Bu pazar parçalanmışlığı sınır ötesi işlem maliyetini artırarak mekânsal ağ ekonomisinin oluşmasını engellemektedir. Ayrıca dijital altyapı AB içerisinde de heterojen bir dağılıma sahiptir. Kuzey ve Batı Avrupa’da yer alan Danimarka, Finlandiya, Lüksemburg ve Hollanda gibi üye ülkeler dijital gelişimde yüksek seviyelerde iken, Güney ve Doğu Avrupa’da yer alan Bulgaristan ve Romanya gibi ülkeler dijital altyapı açısından AB ortalamasının oldukça altındadırlar. Üye ülkeler arasındaki bölgesel kümelenme AB’deki dijital uçurumu yansıtmaktadır (Cruz -Jesus vd., 2012; Kovac vd., 2024).

Son on yılda Çin ve ABD’ye kaptırdığı pazar payını geri almak ve Birlik içerisindeki dijital uçurumu kapatmak için AB dijitalleşme stratejileri geliştirmeye başlamıştır (Demirbağ ve Kaya, 2024). Bu stratejiler doğrultusunda AB, 2015 yılında Dijital Tek Pazarı oluşturarak dijital yolculuğunu başlatmıştır. Bu yolculuk 2021 yılında yayınlanan Dijital Pusula 2030 belgesi ile somut hedeflere dönüşmüştür. 2030 yılına kadar ulaşılması gereken hedefler dijital beceriler, güvenli dijital alt yapılar, işletmelerin dijital dönüşümü ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi olmak üzere dört ana

eksen etrafında belirlenmiştir (Okçu ve Düz, 2023; Kovac vd., 2024). Bu dijital hedeflerin arka planında dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki çok boyutlu etkileri yer almaktadır.

Dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki çok boyutlu etkileri arz ve talep yönlü kanallar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Arz açısından bakıldığında, dijitalleşme öncelikli olarak sermaye derinleşmesi ve işgücü verimliliği üzerinden üretkenliği artırmaktadır (Myovella vd., 2020; Criveanu, 2023). Özellikle dijitalleşme sonucunda süreçlerin otomasyonu ve optimizasyonu ile maliyetlerin düşmesi ve yenilikçi iş modellerin yaratılması ile verimlilik artmaktadır (Bon, 2021; Criveanu, 2023; Vu vd., 2025). Bunların yanında eğitim ve sağlık hizmetlerinde yaşanan dijital dönüşüm beşerî sermaye gelişimini desteklemektedir (Myovella vd., 2020; Meng ve Wen, 2024). Talep açısından incelendiğinde ise dijitalleşme başta yeni piyasaların ve yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayarak ekonomik büyümeyi desteklemektedir (Criveanu, 2023; Tekdemir ve Çakmakoglu, 2024). Ancak dijitalleşmenin arz ve talep yönlü bu etkileri bölgeler arasında homojen değildir.

Literatüre göre dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri bölgelerin sosyoekonomik gelişmişlik düzeylerine göre farklılaşmaktadır. Bon (2021), Kovac vd. (2024) ve Mhaka ve Thazonevi (2024) gelişmiş bölgelerde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğunu öne sürmektedirler. Bu çalışmalara göre gelişmişlik düzeyi düşük bölgeler Ar-Ge harcamaları, beşerî sermaye ve fiziki altyapının yetersizliğinden dolayı ekonomik büyümeye yeterli katkı sunamamaktadırlar (Rehman ve Nunsiente, 2023; Meng ve Wen, 2024; Tekdemir ve Çakmakoglu, 2024). Bu duruma göre dijitalleşme bölgeler arasındaki yakınsamayı gerçekleştirmemekte aksine bölgeler arasındaki eşitsizlikleri derinleştirmektedir.

Öte yandan, bilgi akışları, tedarik zincirlerinin entegrasyonu ve işgücü hareketliliği gibi kanallar ile dijitalleşme mekânsal yayılma yoluyla kendi bölgesinin dışındaki bölgeleri etkilemektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşması teknolojik yayımların önündeki mekân ve zaman sınırlarını kaldırarak beşerî sermaye birikimini desteklemektedir (Meng ve Wen, 2024; Du ve Wang, 2025). Bunun yanında, dijitalleşme ile güçlenen tedarik zincirleri ticaret maliyetini düşürerek ve küresel pazarlama erişimi kolaylaştırarak mekânsal yayılıma etkilerini artırmaktadır (Rehman ve Nunsiente, 2023; Yin ve Choi, 2025). Ayrıca dijitalleşme ile ortaya çıkan uzaktan çalışma imkânı ve yeni beceri talebi bölgeler arasındaki emek hareketliliğini canlandırarak mekânsal yayılmanın etkilerini pekiştirmektedir (Meng ve Wen, 2024).

Literatürde mekânsal bağımlılığı ve heterojenliği dikkate alarak dijitalleşme- büyüme ilişkisini ele alan çalışmalar yetersizdir. Fernandez- Portillo vd. (2020), Olczyk ve Kuc-Czarnecka (2022), Akyol vd. (2023), Mura ve Donath (2023) gibi literatürdeki çalışmaların önemli bir kısmı dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini geleneksel panel veri yöntemleri ile analiz etmişlerdir. Ancak federasyon ya da birlik altındaki bölgelerin ekonomik büyüme süreçleri doğası gereği mekânsal olarak birbirine bağımlıdır. Bir bölgedeki toplumsal ve ekonomik gelişmelerin komşu bölgeler üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri olur (Du ve Wang, 2025, Shang vd., 2025). Mekânsal bağımlılığın ve heterojenliğin göz ardı edilmesi durumunda dijitalleşme büyüme ilişkisinin incelenmesinde bölgeler arasındaki bilgi yayılması, işgücü ve sermaye hareketliliği gibi faktörler dikkate alınmamaktadır. Bu faktörlerin dikkate alınmaması değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıların sapmalı ve tutarsız olma riskini de beraberinde getirmektedir.

Ayrıca literatürde dijitalleşmeyi ölçmede genellikle internet kullanımı, geniş bant aboneliği, mobil telefon sayısı ve BİT yatırımları gibi yalnızca tek boyutu dikkate alan göstergeler tercih edilmiştir (Haftu, 2019; Myovella vd., 2020; Konya, 2024; Aşık, 2025). Bu göstergeler dijitalleşmenin çok boyutluluğunu ve karmaşık yapısını temsil etmede yetersizdir. Bu durumun farkına varan Fernandez-Portillo vd. (2020), Topçu (2021), Olczyk ve Kuc-Czarnecka (2022), Mura ve Donath (2023) gibi araştırmacılar ise dijitalleşmeyi temsil etmede bağlantı, beşerî sermaye, dijital teknolojinin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetleri boyutlarını içeren Dijital Ekonomi ve Toplum

Endeksini (DESI) kullanmışlardır. Bu çalışmalar DESI indeksinin ve bileşenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz ederlerken mekansal yayılmanın varlığını göz ardı etmişlerdir.

Bu çalışma, literatür boşluğunu doldurmak amacıyla, AB örnekleminde DESI indeksi ve bileşenlerini kullanarak dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Mekansal Ototregresif Model (SAC) ile analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışma literatüre üç farklı yönden katkı yapmaktadır. Birincisi, AB ülkeleri örnekleminde dijitalleşme- büyüme ilişkisini mekânsal bağımlılığı ve mekânsal şokları dikkate alarak incelemektir. İkincisi, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki toplam etkisini doğrudan ve dolaylı etkiler şeklinde ayırtırmaktır. Üçüncüsü ise DESI'nin bileşenleri olan bağlantı, beşerî sermaye, dijital teknolojinin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini bileşenler ölçeğinde analiz etmektedir. Bu sayede dijitalleşmenin mekansal yayılmasının önünde regülatif bariyerlerin olup olmadığı incelenmektedir.

Giriş bölümünü takip eden ikinci bölümde dijitalleşme- büyüme ilişkisine dair teorik çerçeve ve ampirik literatür ele alınacaktır. Ardından üçüncü bölümde çalışmada kullanılan veri seti ve yöntem tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde, ampirik bulgular sunulacak ve değerlendirilecektir. Sonuç bölümünde bulgular tartışılacak ve politika önerileri geliştirilecektir.

AB'de Dijital Dönüşüm Süreci ve İlgili Literatür

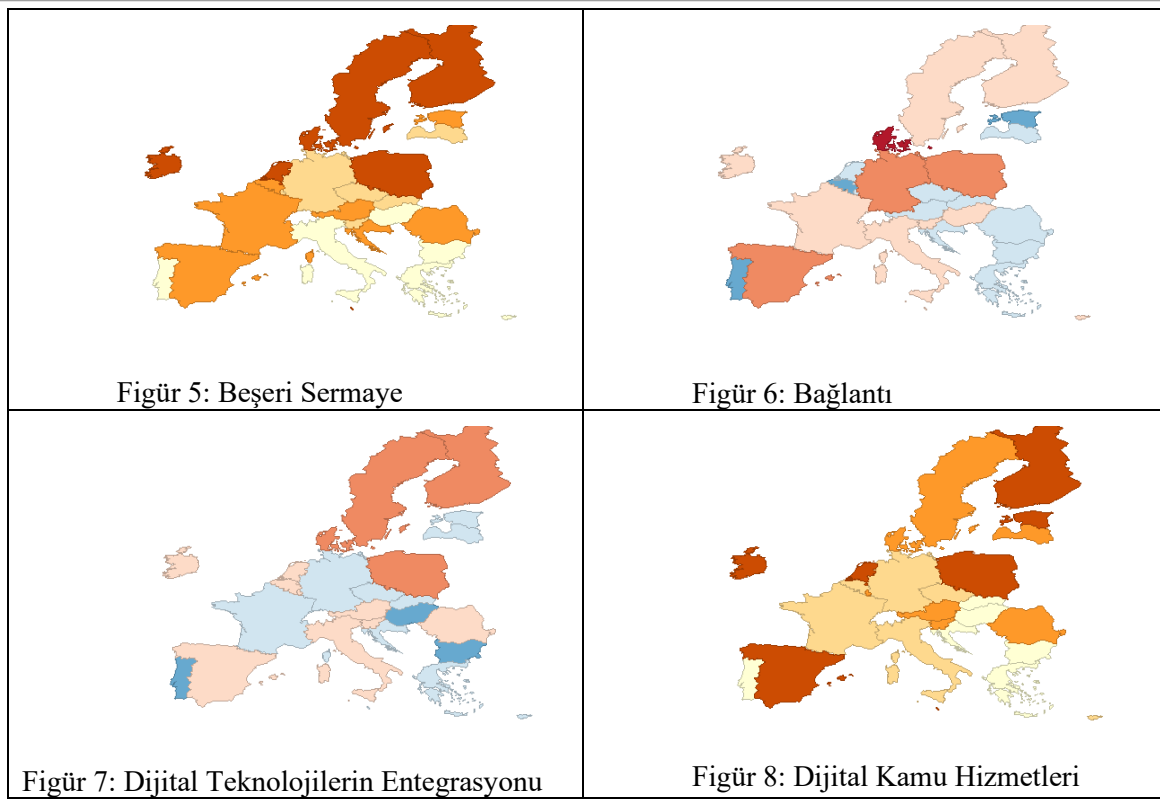
Politika Çerçevesi ve Mevcut Görünüm

Pazarları birleştirmek ve ülkeler arasındaki dijital yakınsamayı gerçekleştirmek için AB sürdürülebilir kalkınmayı hedefleyen politikalar geliştirmişlerdir. Birlik tarafından 2015 yılında ilan edilen Dijital Tek Pazar politikası ile üye ülkeler arasında verinin serbest dolaşımı önündeki engeller kaldırılarak dijital pazarların birleştirilmesi amaçlanmıştır (Okçu ve Düz, 2023). Bu politika tüketicilerin ve firmaların çevrim içi mal ve hizmetlere erişimi, dijital ağ ve hizmetlerin gelişebileceği uygun ortamın oluşturulması ve dijital ekonominin büyüme potansiyelinin maksimize edilmesi olmak üzere üç ana sütun üzerine inşa edilmiştir (Bertarini, 2023). COVID- 19 pandemisi ile özellikle hizmet ve ticaretin dijital platformlar üzerinden yapılması ve AB'nin dijitalleşmede yeterli düzeyde olmadığına farkına varmasının ardından Birlik 2021 yılında somut hedeflere dayanan Dijital On Yıl politikasını yayınlamıştır. Bu politika; dijital beceriler, dijital altyapılar, işletmelerin dijital dönüşümü ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi olmak üzere dört ana eksen etrafında şekillenmiştir (European Commission, 2021). Bu politika doğrultusunda 2030 yılına kadar nüfusun %80'inin temel dijital becerilere sahip olması ve 20 milyon BİT uzmanının istihdam edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca hanehalklarının tümünün gigabit internet hızına erişiminin sağlanması, küresel yarı iletken çip üretiminin %20'sinin Birlik içerisinde üretilmesi ve kuantum bilgisayarına sahip olunması gibi dijital altyapıyı güçlendirecek hedefler konulmuştur. Erişim ve altyapıyı geliştirmeye yönelik hedeflerle birlikte işletmelerin de dijitalleşmesi amaçlanmıştır. 2030 yılında işletmelerin %75'inin bulut bilişim, büyük veri, nesnelerin interneti ve yapay zekâ kullanması hedeflenmiştir. Bunun yanında 2030 yılında AB genelinde 250 teknoloji alanında 250 firmanın faaliyette bulunması amaçlanmaktadır. Bir diğer eksen olan kamu hizmetleri için 2030 yılında vatandaşların en az %80'inin dijital kimliğe sahip olması ve sağlık hizmetleri başta olmak üzere temel kamu hizmetlerinin tümünün dijital ortamda sunulması hedeflenmektedir (Official Journal of the European Union, 2022). Dijital Tek Pazar ve Dijital On Yıl politikalarının hedeflerine ne ölçüde ulaştığı Avrupa Komisyonu tarafından geliştirilen DESI indeksi ile izlenmektedir.

DESI indeksi; beşerî sermaye, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetleri olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden beşerî sermaye, hanehalklarının internet kullanım becerisi ve BİT uzmanlarının istihdamına odaklanarak dijital dönüşüm için gerekli olan insan kaynağını ve yetkinliklerini ölçer (Ionescu- Feleaga vd., 2023). Bağlantı; sabit ve mobil geniş bant kullanımı, 5G yaygınlığı, internet fiyatı ve hızı gibi faktörleri kapsayarak dijital altyapının durumunu gösterir (Ghazy vd., 2022). Dijital teknolojilerin

entegrasyonu; işletmelerin bulut bilişim, büyük veri ve yapay zeka gibi dijital araçları benimseme oranlarını içererek iş dünyasının dijitalleşme düzeyini ölçer. Dijital kamu hizmetleri ise hanehalklarının e-devlet, açık veri politikaları ve e- sağlık hizmetlerini kullanımını ölçerek kamu hizmetlerinin dijitalleşmesini kapsamaktadır (Ionescu- Feleaga vd., 2023). AB genelinde vatandaşların %56'sı temel düzeyde dijital becerilere sahip iken, 10,3 milyon kişi BİT uzmanı olarak istihdam edilmektedir. Bu veriler beceri alanında AB'nin 2030 yılı için belirlediği hedeflerin önemli ölçüde gerisinde olduğuna işaret etmektedir. İşletmelerin dijital dönüşümünde de benzer durum söz konusudur. 2024 yılında AB işletmelerinin yaklaşık %55'i yapay zeka, bulut bilişim veya veri analitiği teknolojilerinden en az birini kullanmaktadır. Ayrıca AB'deki KOBİ'lerin %73'ü en az temel düzeyde dijital yoğunluğa ulaşmıştır. Bu oranlar 2030 işletmelerin 2030 yılı hedeflerinin oldukça gerisinde olduğunu göstermektedir. Dijital alt yapılarda ise durum farklıdır. AB hanelerinin %98'i sabit geniş bant ağını ve %94'ü 5G teknolojisini kapsamaktadır. Son olarak AB vatandaşlarının %56'sının kamu hizmetlerinin internet üzerinden gerçekleştirmesi kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinde de 2030 yılı hedeflerinin gerisinde kaldığını göstermektedir (Eurostat, 2025). Veriler AB'nin dijital beceriler, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetlerinde 2030 hedeflerin gerisinde kaldığına, ancak dijital altyapı alanında ise hedeflere yakın olduğuna işaret etmektedir. DESI indeksi verileri AB'nin 2030 hedeflerine ne ölçüde yaklaştığının yanında üye ülkeler arasındaki dijital uçurumu da yansıtmaktadır. Panel 1, AB ülkelerinin dijitalleşme performansını DESI bileşenleri ile göstermektedir[†].

[†] Yapay zekâ ve üretken yapay zekâ uygulamalarının sosyal bilimler, eğitim, araştırma metodolojisi, akademik üretim ve farklı uygulama alanlarındaki kullanımı; bu teknolojilerin sunduğu imkânlar, dönüşümler, sınırlılıklar ve etik sorunlar üzerine son yıllarda hızla genişleyen literatürde yer alan çeşitli çalışmalar için ayrıca bk. Abdulrazagova et al., 2025; Ahmed & Hamod, 2026; Akyıldız & Akyıldız, 2020; Altındış, 2020; Ardatürk, 2026; Arduç Kara, 2026; Arğın, 2025; Arıcı & Karacı, 2013; Aşkun, 2024; Baran, 2022; Başar, 2025; Bayat Arslan & Cuma, 2026; Bekil, 2018; Büyükboyacı & Yozcu, 2026; Civelek, 2025; Coşkun, 2025; Çakmak, 2025; Çark, 2020; Çelik et al., 2025; Çora et al., 2026; Dalmış, 2026; Denizci et al., 2018; Doğru & Hacımüftüoğlu, 2025; Efendioğlu, 2023; Ekinci, 2025; Erdem & Demiryakan, 2025, 2026; Ertan, 2026; Güçlüten, 2026; Günay, 2025; Güzel, 2024; Işık & Darı, 2023; Kan Çelik, 2026; Kanat, 2020; Karadağ, 2025; Karakuş et al., 2025; Keleş, 2018; Keleş & Keleş, 2017, 2018; Keleş et al., 2017; Kızıldağ, 2023; Koçakoğlu & Koçakoğlu, 2025; Köksal & Zorlu Kale, 2025; Mazlum & Mazlum, 2025; Odacıoğlu, 2022; Ölçer, 2025; Önen, 2025; Özdemir, 2025, 2026; Romya Bilgin & Küçükşabanoğlu, 2023; Sakin & Türk, 2025; Sandıkcı & Soy, 2026; Sarıbaş, 2025; Serçemeli, 2018; Sert, 2026; Tetik Küçükkelçi, 2025; Tuğcu, 2025; Uygun, 2026; Varol, 2025; Yener & Köse, 2023; Yıldırım Altun, 2025; Yıldız, 2025; Yılmaz, 2025; Zan & Zan, 2025; Zenginaloğlu, 2026.



Panel 1. AB Ülkelerinde DESI Bileşenleri (2022 Yılı)

Panel 1’deki figürler sırasıyla 2022 yılı için AB ülkelerinin beşerî sermaye, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetleri düzeylerini ölçen DESI indeks değerlerini göstermektedir. Beşerî sermaye indeks değerleri incelendiğinde Birlik içerisindeki mekânsal kümelenme dikkat çekmektedir. İskandinav ülkelerinin dijital becerileri kullanma düzeyi yüksek iken, Balkan ülkelerinin dijital becerileri kullanma düzeyi Birlik ortalamasının oldukça altındadır. Dijital bağlantıda benzer şekilde mekânsal kümelenmenin var iken, beşerî sermayeden farklı olarak lider ülkeler değişmektedir. Dijital bağlantıda Danimarka, İspanya, Almanya ve Polonya lider ülkeler iken, Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Hırvatistan gibi ülkeler geri kalanlardır. Dijital teknolojilerin entegrasyonu önceki indekslerden daha heterojen bir dağılıma sahiptir. İskandinav ülkeleri lider konumda iken, AB’nin başını çektiği Fransa, Almanya gibi ülkeler Birlik ortalamasının gerisindedir. Dijital kamu hizmetleri de benzer şekilde heterojen bir dağılım sergilemektedir. Coğrafi olarak komşuluğu bulunmayan İspanya, Belçika, İrlanda ve Finlandiya kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinde önde iken, Portekiz, Yunanistan ve Bulgaristan kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinde geride kalanlardır. Dört indeks beraber ele alındığında Birlik içerisindeki dijital uçurum ve mekânsal kümelenmelerin varlıkları dikkat çekmektedir.

Literatür Taraması

Dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi Neoklasik ve İçsel büyüme modelleri çerçevesinde teorik olarak ele alınmıştır. Solow (1956)’a göre sermaye birikimi ve teknolojik ilerleme uzun dönem ekonomik büyümenin temel belirleyicileridir. Bu modelde teknoloji dışsal bir değişkendir. Solow (1956), kişi başına düşen gelir artışının tek kaynağının teknolojik ilerleme olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Neoklasik modele göre sermaye birikiminin azalan verimler yasasına tabi olmasından dolayı teknolojik dışsal şokun yokluğunda ekonomiler uzun vadede durağan duruma yakınsayacaktır. Mankiw, Romer ve Weil (1992), beşerî sermayeyi Solow (1956) modeline eklemeyerek Genişletilmiş Solow modelini geliştirmişlerdir. Bu modelde fiziki ve beşerî

sermayenin birleşmesinden oluşan geniş tanımlı sermaye için de teknolojik şokun yokluğunda azalan getirilerin geçerli olduğunu göstermiştir. Romer (1986) ve Lucas (1988) tarafından geliştirilen içsel büyüme modelinde ise Neoklasik modellerin aksine teknolojik gelişme içsel bir değişkendir. Bu modele göre teknolojik gelişme ve dijitalleşme hanehalklarının fayda maksimizasyonu, firmaların kar maksimizasyonu amacıyla gerçekleştirdikleri Ar-Ge ve beşerî sermaye yatırımlarının çıktılarıdır. Dijitalleşme; bilginin yayılmasını sağlayarak işlem maliyetlerini düşürür ve ağ etkileri oluşturur. İçsel büyüme modelleri Neoklasik büyüme modellerinin aksine artan getiriler varsayımına dayanmaktadır. Romer (1986), sermaye birikiminin azalan verimler yasasına tabi olmayacağından dolayı ekonominin sınırsız büyüme gerçekleştirebileceğini ileri sürmektedir. Neoklasik ve İçsel büyüme modellerinin ileri sürdüğü dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki pozitif yönlü etkisi literatürdeki ampirik çalışmaların büyük çoğunluğu tarafından da desteklenmektedir.

Literatür kullanılan örneklem ve yöntem açısından farklılık göstermektedir. Czernich vd. (2011), Habibi ve Zabardast (2020), Myovella vd. (2020), Konya (2024) OECD ülkeleri örnekleminde; David (2019), Myovella vd. (2020), Solomon ve Klyton (2020) Afrika Ülkeleri örnekleminde; Zhang vd. (2022) Kuşak ve Yol Güzergahı örnekleminde; Evangelista vd. (2014), Pradhan vd. (2019), Olczyk ve Kuc-Czarnecka (2022), Akyol vd. (2023), Mura ve Donath (2023) AB örnekleminde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bunun yanında Kadochnikova vd. (2022), Varlamova ve Kadochnikova (2023) Rusya'nın bölgeleri örnekleminde, Shang vd. (2025) Çin'in bölgeleri örnekleminde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir.

Örneklemin yanında çalışmalar yöntemsel olarak da farklılaşmaktadır. Czernich vd. (2011), Evangelista vd. (2014), David (2019), Habibi ve Zabardast (2020) gibi çalışmalarda dinamik panel veri yöntemi tercih edilirken, Olczyk ve Kuc-Czarnecka (2022), Zhang vd. (2022), Akyol vd. (2023) gibi çalışmalarda statik panel veri yöntemi tercih edilmiştir. Bu çalışmaların Kadochnikova vd. (2022), Varlamova ve Kadochnikova (2023), Shang vd. (2025) çalışmalarında mekansal ekonometrik yöntemler kullanmışlardır. Literatür incelendiğinde mekansal ekonometrik yöntemlerin ülke grupları örneklemlerinde kullanılmadığı dikkat çekmektedir. Özellikle AB gibi işgücü ve sermaye hareketliliğinin ülkeler arasında yüksek olduğu bir örnekleme bir ülkedeki dijital gelişmenin komşu ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde etkisini dikkate almamak sonuçların yanı ve tutarsız olmasına yol açar. Ayrıca Dijital Tek Pazar stratejisi ile ülkeleri dijital altyapı ve dijital teknolojilerin entegrasyonu açısından birbirine bağlamayı AB'de dijitalleşmenin mekansal yayılması hedeflenmektedir. Bu hedefin ne ölçüde gerçekleştiği ülkeler arasındaki mekansal etkileşimi dikkate alan yöntemler ile incelenebilir. Bu bağlamda AB örnekleminde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi literatürdeki boşluğa işaret etmektedir. Bunun AB örnekleminde DESI gibi çok katmanlı bir indeksin alt bileşenlerinin doğrudan ve dolaylı etkilerinin incelenmemesi de literatürdeki bir diğer boşluğa işaret etmektedir. Her ne kadar Ghazy vd. (2022), Tekdemir ve Çakmakoglu (2024), DESI indeksi ve dört alt bileşenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini panel dinamik panel veri yöntemi ile incelese de etkileri ayırtmamıştır. Ayrıca Tekdemir ve Çakmakoglu (2024)'un beşerî sermaye DESI alt bileşeninin ekonomik büyüme üzerindeki negatif yönlü etkisi ülkeler arasındaki emek hareketliliğini göstermektedir. Diğer yandan dijital teknolojilerin entegrasyonunun ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisi ise regülasyonların dijital yayılmanın önünde engel olabileceğine işaret etmektedir. Literatürde AB örnekleminde regülasyonların dijitalleşmenin mekansal yayılmasını engelleyerek ekonomik büyüme üzerindeki etkisini inceleyen çalışmanın olmaması da literatürdeki bir diğer boşluktur. Bu boşlukları gidermek amacıyla çalışmada AB örnekleminde DESI indeksi ve dört alt bileşenin kullanılarak dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir.

Veri ve Yöntem

Veri Seti ve Değişkenler

Çalışmada 27 AB ülkesi örnekleminde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri 2017-2022 dönemi yıllık verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Ek A, örneklem ülkelerin listesini vermektedir. Analiz döneminin başlangıç yılının 2017 olarak seçilmesinin arkasında metodolojik ve politik gerekçeler vardır. Metodolojik olarak, mekânsal panel veri yönteminin gereklilikleri doğrultusunda analizde dengeli panel veri kullanılacağından dolayı Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan DESI alt bileşenleri 27 AB ülkesi için 2017 yılı itibarıyla dengeli panel veri yapısına kavuşmuştur. Politik açıdan ise 2017 yılı, Dijital Tek Pazar stratejisinin yayımlandığı ve AB'nin politika odağını alt yapıdan dijital teknoloji entegrasyonu başta olmak üzere veri ekonomisine kaydıracağı dönüm noktasıdır. Analiz döneminin 2022 yılında sonlandırılmasının gerekçesi ise Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan DESI ve alt bileşenlerine ilişkin dengeli panel veri setine bu yıldan sonra erişilememesidir.

Literatürdeki Neoklasik ve içsel büyüme modelleri referans alınarak oluşturulan kavramsal çerçeveler doğrultusunda çalışmada bağımlı değişken olarak ekonomik büyüme oranları kullanılmıştır. Kurulacak ampirik modellerde temel bağımsız değişkenler olarak ise DESI indeksi ve dört temel bileşeni kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla; dijital dönüşüm için gerekli olan insan kaynağını ve yetkinliklerini yansıtan beşerî sermaye, sabit ve mobil geniş bant alt yapısını temsil eden bağlantı, işletmelerin bulut bilişim, büyük veri ve yapay zekâ gibi araçları benimseme düzeylerini ölçen dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşme düzeyini gösteren dijital kamu hizmetleridir. Dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki net etkisini ayırtmak ve ampirik modellerdeki eksik değişken sapmasının önüne geçmek için büyüme teorilerini referans alarak dışa açıklık, nüfus büyümesi ve kamu harcamaları göstergeleri kontrol değişkenleri olarak analize edilmiştir. Grossman ve Helpman (1991), ticari açıklığın bilgi yayılımı, ölçek ekonomileri ve teknoloji transferleri kanalları üzerinden ekonomik büyümeye katkı sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca Ersoy ve Aalioua (2018) ihracat hacminin artmasının ekonomik büyüme üzerinde artırıcı etkisi olduğunu ampirik olarak kanıtlamıştır. Dijitalleşme ile aynı bilgi yayılımı kanalını kullanan ticari açıklığın modele eklenmesi dijitalleşmenin dijital entegrasyondan kaynaklanan büyüme katkısını ayırtmasını sağlayacaktır. Solow (1956), nüfus büyümesinin sermaye seyrilmesine yol açarak ekonomik büyümeyi yavaşlatacağını öne sürmüştür. Demografik dinamiklerin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini kontrol etmek için bu değişken modele eklenmiştir. Barro (1990), kamu harcamaları yoluyla dijital alt yapı yatırımlarının gerçekleştiğini belirtmektedir. Bu bağlamda kamu harcamaları değişkeni modele dahil edilerek kamu altyapı yatırımlarından kaynaklanan büyüme katkısı ayırtılacaktır. Çalışmada kullanılan makroekonomik değişkenlere ait veriler Dünya Bankası Kalkınma Göstergeleri (WDI) veri tabanından derlenirken, dijitalleşme verileri (DESI) Avrupa Komisyonu veri tabanından derlenmiştir. Analizde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de sunulmaktadır.

Tablo 1. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Min	Maks.	Mean	Standart sapma	SD/mean(CV)	Gözlem sayısı
grw	-10.940	16.256	2.913	4.307	1.479	162
desi	19.400	69.600	42.520	10.582	0.249	162
human	6.869	17.848	11.412	2.354	0.206	162
connec	3.168	19.272	9.404	3.205	0.341	162
integ	2.530	14.772	7.375	2.602	0.353	162
public	1.853	22.975	14.326	4.186	0.294	162
open	28.340	202.330	125.580	34.018	1.330	162
gov	20.700	61.700	45.060	7.160	0.159	162
popgr	-1.812	4.052	0.279	0.932	3.340	162

Tablo 1’de ekonomik büyüme, dışa açıklık ve nüfus büyümesi değişkenlerindeki varyasyon katsayısının (CV) birden yüksek olması AB ülkeleri arasındaki önemli ölçüdeki heterojenliğin varlığını doğrulamaktadır. Varyasyon katsayısının birden küçük olduğu dijitalleşme göstergelerinde ise minimum ve maksimum değerler arasındaki fark Birlik içerisindeki dijital uçuruma işaret etmektedir. Dijital göstergeler kendi içerisinde değerlendirildiğinde beşerî sermaye göstergesi ülkeler arasında daha homojen bir dağılım sergilerken, dijital teknolojilerin entegrasyonu göstergesi ülkeler arasında daha heterojen bir dağılım sergilemektedir. Kamu harcamalarının GSYH’ya oranı ise diğer değişkenlere göre ülkeler arasında en homojen dağılıma sahip kontrol değişkenidir. Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendikten sonra analiz için kurulacak ampirik modellerde olası bir çoklu doğrusal bağlantı sorununun varlığını sınamak için hesaplanan değişkenler arasındaki korelasyon matrisi Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2: Korelasyon Matrisi

	grw	desi	human	connec	integ	public	open	gov	popgr
grw	1.000	0.048	-0.001	0.094	0.041	0.024	0.190	-0.447	0.088
desi	0.048	1.000	0.834	0.757	0.889	0.927	0.219	0.120	0.456
human	-0.001	0.834	1.000	0.379	0.798	0.759	0.202	0.120	0.506
connec	0.094	0.757	0.379	1.000	0.59	0.588	0.122	0.117	0.163
integ	0.041	0.889	0.798	0.559	1.000	0.749	0.086	0.193	0.4445
public	0.024	0.927	0.076	0.588	0.749	1.000	0.293	0.026	0.466
open	0.190	0.219	0.201	0.122	0.086	0.293	1.000	-0.475	0.529
gov	-0.447	0.120	0.120	0.117	0.193	0.026	-0.475	1.000	-0.199
popgr	0.088	0.456	0.506	0.163	0.445	0.466	0.529	-0.199	1.000

Tablo 2’ye göre kontrol değişkenleri arasındaki korelasyon katsayıları literatürde genel kabul gören 0.80 kritik eşişinin oldukça altındadır (Gujarati ve Porter, 2009). Bu durum kontrol değişkenleri arasında çoklu doğrusal bağlantının olmadığını ve modelde kalması gerektiğini göstermektedir. Dijitalleşme göstergelerinin korelasyon katsayıları incelendiğinde DESI skorunun alt bileşenleri ile arasındaki yüksek korelasyon çoklu doğrusal bağlantının varlığına işaret eder. Ayrıca DESI alt bileşenleri kendi arasında değerlendirildiğinde beşerî sermaye ve dijital teknolojiler arasındaki ikili ilişkiyi yansıtan 0.798 korelasyon katsayısının kritik eşişe yakın olması olası çoklu

doğrusal bağlantı sorununa işaret eder. Bu nedenle DESI indeksi ve alt bileşenleri aynı modelde yer almamalıdır. Bu bağlamda çalışmada dijitalleşme göstergeleri için ayrı modeller kurulmuş ve her göstergenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi bağımsız olarak analiz edilmiştir.

Yöntem

Korelasyon matrisinin ardından dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini mekânsal bağımlılığı hesaba katarak incelemek amacıyla mekânsal panel veri yöntemi kullanılmıştır. Analizde bu yöntemin tercih edilmesinin temel gerekçesi AB ülkeleri arasındaki yüksek ticari ve teknolojik entegrasyondan dolayı dijitalleşmenin mekânsal yayılma potansiyelidir. Dijital Tek Pazar ve Dijital On Yıl gibi ortak dijital politikaları benimseyen ve yürüten ülkeler arasında etkileşim kaçınılmazdır. Bu etkileşimin varlığının inkâr edilmesi sonuçların yanlış ve tutarsız olmasına yol açacaktır. Bu nedenle çalışmada ilk olarak ülkeler arasındaki etkileşimin varlığı Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD testi ile sınanmıştır. CD testinin bulgularının birimler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığına işaret etmesi durumunda, bu durumu göz ardı eden geleneksel panel veri yöntemleri geçerliliğini yitirecek ve mekânsal modellere geçiş istatistiksel bir zorunluk haline gelecektir. Seriler arasında olası bir yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesinin ardından, bu bağımlılığın yapısını modelleyebilmek amacıyla mekânsal ağırlık matrisinin (W) ampirik modele dahil edilmesi gerekmektedir.

Çalışmada ülkeler arasındaki ekonomik ve ticari etkileşimin coğrafi sınır komşuluğu ilişkisi ile sınırlı kalmadığı ülkeler arası coğrafi mesafe arttıkça mekânsal yayılmanın etkisinin zayıflayacağı varsayımına dayanan ters mesafe ağırlık matrisi kullanılmıştır. Bu matris yalnızca sınır komşuluklarını dikkate alan matrislerden farklı olarak örnekleme yer alan tüm bölgesel birimler arasındaki komşuluk ilişkilerini dikkate alır. Ters mesafe ağırlık matrisi modele eklenerek, analizdeki değişkenlerin AB örnekleminde mekânsal bir kümelenme sergileyip sergilemediği Küresel Moran's I testi ile sınanmıştır.

Moran's I testi ile mekânsal otokorelasyonun varlığına rastlanılmasının ardından, mekânsal otokorelasyonun kaynağının belirlenmesi gerekir. Mekânsal otokorelasyonun kaynağının mekânsal gecikme mi yoksa mekânsal hata mı yoksa her ikisi mi olduğunun tespiti için LM ve Dirençli LM testlerine başvurulmuştur. Sıradan en küçük kareler tahmincileri kullanılarak kurulan doğrusal bir modelde tasarlanan Dirençli LM testleri mekânsal bağımlılığın bağımlı değişken üzerinde mi yoksa ortak şoklardan kaynaklı olarak hata terimi üzerinde mi yoğunlaştığını belirlemeyi hedefler. Ancak mekânsal bağımlılığın yalnızca mekânsal hata ya da mekânsal gecikmenin sadece biri üzerinde yoğunlaşacağı kısıtlaması spesifikasyon hatasına yol açar. Bu nedenle çalışmanın metodolojik altyapısı mekânsal hata ve mekânsal gecikme etkilerinin her ikisini barındıran Mekânsal Otoresgresif model (SAC) üzerinde kurulmuştur.

Kelejian ve Prucha (1998) tarafından geliştirilen ve çalışmanın metodolojik altyapısını oluşturan SAC modeli Denklem 1 ve Denklem 2'de sunulmaktadır.

$$y_{it} = \alpha + p \sum_{j=1}^n W_{ij} y_{ij} + \sum_{j=1}^n x_{it} \beta_j + u_{it} \quad (1)$$

$$u_{it} = \lambda W u_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Denklem 1'de yer alan y_{it} , i ülkesinin t yılında ekonomik büyümesini, x_{it} ise dijitalleşme göstergeleri başta olmak üzere modele dahil edilen açıklayıcı değişkenleri temsil etmektedir. Denklem 1 ve Denklem 2'de bulunan W ters mesafe ağırlık matrisine, u_{it} birimlerin karşılaştığı ortak şokları yansıtan hata terimine karşılık gelmektedir. Denklem 1'de yer alan p , komşu ülkelerdeki ekonomik büyümenin ülke ekonomik büyümesi üzerindeki mekansal yayılma etkisini gösteren mekansal otoresgresif katsayıyı temsil etmektedir. Denklem 2'de yer alan λ parametresi ise ülkelerin karşılaştığı ve model içerisinde yer almayan ortak ekonomik ve politik şoklardan kaynaklı oluşan mekansal hata katsayısını ifade etmektedir.

LeSage ve Pace (2009), mekânsal otokorelasyonun olduğu modellerde standart doğrusal regresyon katsayı yorumunun geçerliliğini yitireceğini ileri sürmektedir. Standart bir modelde katsayı, bağımlı değişkenin bağımsız değişkene göre kısmi türevini temsil ederken, mekânsal modellerde bu durum katsayıların doğrudan yorumlanması, geri besleme etkisini göz ardı ettiği için yanıltıcı tahminlere yol açacaktır. Bu nedenle LeSage ve Pace (2009), toplam etkinin doğrudan ve dolaylı bileşenlerine ayrıştırılmasını savunmuştur. Bu doğrultuda etki ayrıştırması yoluyla dijitalleşmenin sadece ülkenin ekonomisi üzerindeki etkisi değil komşu ekonomilere ilişkin yayılma dinamikleri de analiz kapsamına dahil edilecektir.

Bulgular

Bu çalışma 2017-2022 dönemi AB ülkelerinde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini mekansal panel veri yöntemi ile analiz etmiştir. Mekansal panel veri analizine geçmeden önce analizin ilk aşamasında mekânsal etkileri dikkate almayan sabit etkiler yöntemi ile model analiz edilmiş ve ardından modeldeki seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığının varlığı test edilmiştir.

Tablo 3. Dirençli Sabit Etkiler (Driscoll Kraay Tahmin) Sonuçları

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
desi	0.268*** (0.061)				
human		1.876** (0.770)			
connec			0.568*** (0.126)		
integ				1.012*** (0.285)	
public					0.967*** (0.221)
open	-0.091 (0.075)	0.001 (0.076)	-0.072 (0.072)	-0.047 (0.075)	-0.105 (0.077)
gov	-0.869*** (0.114)	-0.782*** (0.120)	-0.813*** (0.109)	-0.824*** (0.116)	-0.934*** (0.121)
popgr	-2.004*** (0.706)	-2.103*** (0.748)	-1.928*** (0.702)	-1.828** (0.720)	-2.141*** (0.709)
R-kare	0.325	0.259	0.330	0.293	0.324
F testi	10.714***	10.069***	11.318***	11.196***	9.924***
Hausman	43.751***	26.856***	54.151***	31.212***	45.403***
Breusch Pagan	73.354***	87.468***	77.172***	76.370***	70.916***
Pesaran CD	27.027***	27.422***	27.838***	27.482***	26.159***

Not: () içindeki sayılar standart hata değerlerini gösterir; *, **, *** ise sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini belirtir.

Tablo 3'teki F testi ve Hausman test sonuçları beş model için de sabit etkiler tahmincisinin analiz için uygun seçim olduğunu göstermektedir. Ayrıca modeller için R-kare değerleri 0.293 ile 0.330 arasındaki değişmekte olup, bu bulgu modellerin bağımsız değişkenlerin ekonomik büyümedeki varyasyonun yaklaşık yüzde otuzunu açıkladığına işaret etmektedir. Açıklayıcılık oranının sınırlı kalması; modelde olası kontrol değişken eksikliği, içsellik sorunu ve mekânsal bağımlılık gibi faktörlerin yöntem tarafından yakalanamadığını göstermektedir. Breusch- Pagan testi, modellerde değişen varyans sorununun olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Pesaran CD testi de modellerdeki seriler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığını doğrulamaktadır. Bu yüzden çalışmada değişen varyans ve yatay kesit bağımlılığı sorunlarına karşı dirençli tahminler üreten Driscoll- Kraay tahmincisi kullanılmıştır. Driscoll- Kraay tahmin bulgularına göre dijitalleşme göstergeleri ekonomik büyümeyi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde pozitif yönde etkilemektedir. Bulgular DESI alt bileşenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin genel indekse göre daha güçlü olduğunu göstermektedir. Bu durum genel indeksin, bileşenler arasındaki heterojen etkileri yumuşatmasından kaynaklanmaktadır. Alt bileşenler arasında ise beşerî sermaye ve dijital teknolojilerin entegrasyonun ekonomik büyüme üzerindeki etkisi kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi ve bağlantıya göre daha baskındır.

Dijitalleşme göstergelerinin yanında ticari açıklık, kamu harcamaları ve nüfus büyümesinin de ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tablo 3'e göre tüm modellerde ticari açıklığın ekonomik büyüme üzerinde anlamlı etkisi bulunamamıştır. Kamu harcamalarının ve nüfus büyümesinin ise tüm modeller için ekonomik büyüme üzerinde negatif yönlü etkiye sahiptir. Pesaran CD testinin doğruladığı yatay kesit bağımlılığının mekânsal bir yapıya sahip olup olmadığını tespit etmek amacıyla Küresel Moran's I testi, LM ve Dirençli LM testleri uygulanmıştır. Moran's I testi sonuçları Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 4. Moran's I Testi Sonuçları

Yıl	Moran's istatistiği	Moran p değeri
2017	0.028	0.039
2018	0.025	0.046
2019	0.024	0.048
2020	0.020	0.060
2021	0.021	0.057
2022	0.018	0.064

Ekonomik büyüme serisinde mekansal otokorelasyonun varlığı Moran's I testi ile sınanmıştır. Moran's I testi sonuçlarına göre 2017-2022 yılları arasında ekonomik büyüme serisinde mekansal otokorelasyon vardır. Tespit edilen bu mekansal etkinin mekansal gecikme ya da mekansal hatadan kaynaklandığını tespit etmek amacıyla LM ve dirençli LM testlerine başvurulmuştur. LM ve dirençli LM test sonuçları Tablo 5'te sunulmaktadır.

Tablo 5. LM ve Dirençli LM Test Sonuçları

LM Testleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
LM gecikme	398.840***	452.910***	402.070***	436.780***	381.780***
LM hata	440.670***	472.540***	456.910***	455.270***	420.800***
Dirençli LM gecikme	48.057***	48.696***	43.957***	54.175***	48.922***
Dirençli LM hata	89.882***	68.329***	98.792***	72.659***	87.942***

Tablo 5'teki LM test sonuçları beş model için de mekânsal gecikme ve mekânsal hatanın varlığını inceleyen sıfır hipotezinin reddedildiğini ortaya koymaktadır. LM test sonuçlarının mekânsal etkilerin ikisinin de varlığına işaret etmesinin ardından (Anselin vd., 1996), standart LM testlerinin birbirinin varlığında sapmalı sonuçlar üretebilmesinden dolayı dirençli LM testlerine başvurulmuştur. Dirençli LM testleri de beş modelin tamamında mekânsal gecikme ve mekânsal hatanın birlikte var olduğunu doğrulamaktadır. LM ve dirençli LM test sonuçlarına dayanarak mekânsal hata ve mekânsal gecikme etkilerinin ikisini de barındıran SAC araştırmanın mekânsal modeli olarak tanımlanmıştır. Ayrıca Hausman testi, F testi, LM ve dirençli LM testlerinin bulguları birleştirildiğinde analiz için en uygun modelin sabit etkili SAC (SACFE) modeli olduğu gözlenmektedir. SACFE model sonuçları Tablo 6'da raporlanmaktadır.

Tablo 6. SACFE Modeli Sonuçlar

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
desi	0.101*** (0.029)				
human		-1.309** (0.633)			
connec			0.224*** (0.065)		
integ				0.443*** (0.127)	
public					0.337*** 0.106
open	-0.101*** (0.039)	-0.094** (0.038)	-0.093** (0.037)	-0.093** (0.038)	-0.098** (0.040)
gov	-0.253*** (0.068)	-0.357*** (0.094)	-0.242*** (0.070)	-0.233*** (0.060)	-0.270*** (0.072)
popgr	-0.751*** (0.352)	-0.425 (0.356)	-0.704** (0.356)	-0.681** (0.343)	-0.781*** (0.357)
rho	0.863*** (0.048)	-0.332 (0.403)	0.850*** (0.055)	0.881*** (0.040)	0.862*** (0.049)
lambda	-0.275 (0.369)	0.924*** (0.034)	-0.130 (0.364)	-0.460 (0.373)	-0.263 (0.369)
R-kare	0.534	0.630	0.539	0.531	0.530

Not: () içindeki sayılar standart hata değerlerini gösterir; *, **, *** ise sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini belirtir.

Tablo 6'da modeller için uyum iyiliği ölçütünü yansıtan R-kare değerleri 0.530 ile 0.630 arasında değişmekte olup, bu bulgu mekânsal yayılma etkilerinin modellere dâhil edilmesinin modellerin açıklayıcılık gücünü önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Tablo 6 incelendiğinde, Model 2 hariç tüm modeller için rho katsayısı %1 anlamlılık düzeyinde mekânsal gecikme etkisinin varlığını ortaya koymaktadır. Rho katsayısının 0.850 ile 0.881 arasında değişmesi AB ülkeleri

arasındaki mekânsal bağımlılığın oldukça güçlü olduğuna işaret etmektedir. Bu bulgu, bir ülkenin ekonomik büyüme performansının önemli ölçüde komşu ülkelerin büyüme dinamiklerinden etkilendiğini göstermektedir. Bununla birlikte lambda katsayısı sadece ikinci modelde %1 anlamlılık düzeyinde olup, bu bulgu bu model için ülke ekonomik büyümesinin komşu ülkelerdeki ekonomik şoklardan etkilendiğine işaret etmektedir. Model 2'nin diğer modellerden farklı olarak mekânsal bağımlılığı mekânsal gecikme yerine mekansal hata üzerinden sergilemesi, nitelikli işgücünün ülkeler arasındaki yüksek fiziksel ve dijital hareketliliğine bağlanabilir.

Tablo 6'daki sonuçlar, beşerî sermaye hariç diğer dijitalleşme göstergelerinin (DESI, bağlantı, dijital hizmetlerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi) ekonomik büyüme üzerinde %1 anlamlılık düzeyinde pozitif yönlü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Beşerî sermayenin ise ekonomik büyüme üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde negatif yönlü etkisi vardır. Beşerî sermayenin dışındaki dijitalleşme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri sabit etkiler tahmin sonuçlarıyla uyumaktadır. Beşerî sermayenin tahmin sonuçlarının sabit etkiler tahmin sonuçlarıyla çelişmesi mekânsal bağımlılığın ihmal edilmesinin tahmin katsayılarını önemli ölçüde saptırmasına bağlanabilir. Ayrıca beşerî sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki pozitif yönlü etkisinin negatif olarak değişmesi bir ülkedeki beşerî sermaye artışının emek göçü yoluyla o ülkenin ekonomik büyümesini baskılamak komşu ülkelere pozitif mekânsal yayılma oluşturmaya ile açıklanabilir. DESI indeksi, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki etki katsayısı sabit etkiler modeline göre küçülmüştür. Bu durum bu modellerdeki toplam etkinin önemli bir kısmının mekânsal gecikme ile komşu ülkelerdeki ekonomik büyümenin ülke ekonomik büyümesi üzerindeki mekânsal yayılma etkisinden ayrıştırılması ile net etkinin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. AB gibi ortak ekonomik, politik ve güvenlik politikalarını takip eden sermaye ve emek hareketliliğinin serbest olduğu, sınırların büyük ölçüde kalktığı bir oluşumda bir ülkedeki ekonomik gelişmenin diğer ülkeyi ekonomik olarak etkilemesi çok doğaldır. Bu yüzden mekânsal yayılmayı hesaba katmamak sabit etkiler tahmin sonuçlarındaki gibi yanıltıcı sonuçlar verecektir. Beşerî sermaye dijitalleşme göstergesinin ekonomik büyüme üzerindeki azaltıcı etkisi Imran vd. (2022), Tekdemir ve Çakmakoglu (2024)'i desteklemektedir. Diğer dijitalleşme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki artırıcı etkisi ise Ghazy vd. (2022)'i desteklemektedir.

Dijitalleşme göstergelerinin yanında ticari açıklık, kamu harcamaları ve nüfus büyümesi kontrol değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri de mekânsal bağımlılığın dâhil edilmesiyle farklılaşmıştır. Sabit etkiler tahmin sonuçlarına göre ekonomik büyüme üzerinde anlamlı etkiye sahip olmayan ticari açıklık SACFE model bulgularına göre %5 anlamlılık düzeyinde ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Bu bulgu Grossman ve Helpman (1991) ile çelişmektedir. Bu durum ortalama %125 gibi ticari açıklığa sahip olan AB'nin ABD ve Çin karşısında rekabet baskısında kalarak son 15 yılda ciddi ölçüde BİT pazarını kaybetmesi ile de açıklanabilir. Kamu harcamalarının ve nüfus büyümesinin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisi ise mekânsal yayılmaların dikkate alınmasıyla sınırlanmıştır. Kamu harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki negatif yönlü etkisi Barro (1990)'nın içsel büyüme modeli çerçevesinde açıklanabilir. Barro (1990), kamu harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin doğrusal olmadığını, belli bir eşik kadar pozitif, belirli bir eşikten sonra ise negatif yönlü olacağını belirtmiştir. AB ortalama kamu harcamalarının %45 düzeylerinde olması bu eşik aşmış olabileceğine işaret etmektedir. Bu sonuçlar Sezer (2018)'in kamu tarafından yapılan iletişim yatırımlarının ekonomik büyüme üzerinde artırıcı etkisi bulgusu ile de çelişmektedir. Son olarak nüfus büyümesinin ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisi Solow (1956)'un nüfus büyümesinin sermaye seyrilmesine yol açarak ekonomik büyümeyi yavaşlatacağı hipotezini desteklemektedir. Bu sonuç Mızırak ve Gömlüksiz (2017) bulgularını desteklemektedir.

LeSage ve Pace (2009), SAC modelindeki katsayıların bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki marjinal etkileri yakalamada yetersiz kaldığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle, bu

çalışma SACFE modelindeki açıklayıcı değişkenlerin doğrudan, dolaylı ve toplam etkilerini tahmin etmeye yönelmiştir ve sonuçları Tablo 7’de raporlanmaktadır.

Tablo 7. Dolaylı ve Doğrudan Etkiler (SACFE)

		Dijitalleşme göstergeleri	open	gov	popgr
Model 1 (DESI)	Direct	0.122*** (0.039)	-0.120** (0.050)	-0.304*** (0.091)	-0.902** (0.450)
	Indirect	0.608* (0.420)	-0.602 (0.457)	-1.515* (1.028)	-4.502 (3.807)
	Total	0.729* (0.450)	-0.723 (0.497)	-1.819* (1.098)	-5.404 (4.179)
Model (Human)	Direct	-1.313 (42.776)	-0.095 (3.046)	-0.358 (9.583)	-0.426 (8.222)
	Indirect	0.331 (1111.264)	0.024 (79.149)	0.090 (248.863)	0.108 (214.148)
	Total	-0.982 (1154.036)	-0.071 (82.195)	-0.268 (258.445)	-0.319 (222.362)
Model 3 (Connec)	Direct	0.264** (0.085)	-0.110** (0.049)	-0.285*** (0.088)	-0.830** (0.440)
	Indirect	1.213 (0.897)	-0.504 (0.439)	-1.313 (0.956)	-3.820 (3.201)
	Total	1.477* (0.962)	-0.614 (0.479)	-1.599* (1.789)	-4.650 (3.558)
Model 4 (Integ)	Direct	0.548** (0.172)	-0.115** (0.050)	-0.289*** (0.081)	-0.843** (0.429)
	Indirect	3.097* (1.732)	-0.649* (0.430)	-1.633** (0.834)	-4.764 (3.548)
	Total	3.646** (1.873)	-0.764* (0.472)	-1.922** (0.898)	-5.607 (3.922)
Model 5 (Public)	Direct	0.404** (0.140)	-0.117** (0.050)	-0.324*** (0.102)	-0.937** (0.479)
	Indirect	2.010* (0.466)	-0.583* (0.466)	-1.610* (1.156)	-4.661 (4.100)
	Total	2.414* (1.561)	-0.700 (0.506)	-1.934* (1.236)	-5.599 (4.499)

Not: () içindeki sayılar standart hata değerlerini gösterir; *, **, *** ise sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini belirtir.

Doğrudan etki, bir ülkedeki dijitalleşme göstergeleri ve kontrol değişkenlerinin değişimlerinin ülke ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini, dolaylı etki ise komşu ülkelerin ekonomik büyümesi üzerindeki mekansal yayılma etkisini temsil etmektedir. Tablo 7’de beşerî sermayenin dışındaki dijitalleşme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki doğrudan etkileri istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. DESI indeksindeki bir birimlik artış ülkenin ekonomik büyümesini 0.122 puan artırırken, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi sırasıyla 0.264 puan, 0.548 puan, 0.404 puan ülkenin ekonomik büyümesini artırmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda ülkenin ekonomik büyümesi üzerinde en belirgin doğrudan etkiye sahip olan dijitalleşme göstergesinin dijital teknolojilerin entegrasyonu olduğu görülmektedir. Beşerî sermaye dijital göstergesinin ekonomik büyüme üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri ise anlamsızdır. Özellikle standart hatalarının yüksekliği dikkat çekmektedir. Bu durum modelin SACFE ile tahminindeki nokta tahminlerinin anlamlı bulunan değişkenin, kısmi türevler alındığında doğrudan ve dolaylı etkilerin anlamsızlaşması ve standart hatalarının şişmesi katsayıların yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu yüzden beşerî sermayenin doğrudan ve dolaylı etkileri yorumlanmamakta ve SACFE modelindeki nokta tahminler kabul edilmektedir.

Dijital göstergelerin dolaylı etkileri incelendiğinde ise çarpıcı sonuçlar dikkat çekmektedir. DESI indeksi, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinin doğrudan etkilerinin yaklaşık beş katı mekansal yayılma etkileri vardır. Model 1, Model 4 ve Model 5’te dijitalleşme göstergelerinin ekonomik büyüme üzerindeki dolaylı etkileri %10 anlamlılık düzeyindedir. Dolaylı etkiler ile doğrudan etkiler arasındaki bu fark bulut bilişim, büyük veri ve yapay zeka gibi dijital teknolojilerin doğası gereği coğrafi sınırları aşan tedarik zincirleri ve dijital platformlar aracılığıyla mekansal yayılma potansiyelinin yüksek olduğunu desteklemektedir. Bu bulgu bir ülkedeki dijitalleşme çabalarının yalnızca o ülkedeki ekonomik büyümeyi değil Dijital Tek Pazar ağına bağlı tüm komşuların ekonomik büyümesi üzerinde de dolaylı etkileri olacağına işaret etmektedir. Bu durum dijitalleşmenin asıl gücünün yerel yatırımlar yerine sınır ötesi mekansal etkileşimlerden kaynaklandığının ampirik kanıtıdır. Bağlantı dijital göstergesinin dolaylı etkisinin anlamsız olması ise dijital bağlantı altyapılarının komşu ülkelere mekansal yayılma etkisinin zayıf kaldığına işaret etmektedir. Bu durum, bağlantı altyapısının fiziksel ve yerel nitelikte olduğundan doğası gereği mekansal yayılma potansiyelinin düşük olması ile açıklanabilir. Ayrıca pazar parçalanmışlığının ve regülasyonların Dijital Tek Pazar gibi ortak politikalara rağmen dijital bağlantının mekansal yayılmasını önünde engel teşkil ettiği şeklinde yorumlanabilir.

Kontrol değişkenlerin etki ayrıştırması incelendiğinde ticari açıklık Model 2 hariç tüm modellerde %5 anlamlılık düzeyinde ekonomik büyüme üzerinde negatif doğrudan etkiye sahiptir. Ticari açıklıktaki bir birim değişimin ekonomik büyüme üzerindeki doğrudan etkisi -0.110 ile -0.120 puan arasında değişmektedir. Sonuçlar, SACFE modelinde elde edilen nokta tahmin bulgularına yakındır. Ticari açıklığın Model 4 ve Model 5 hariç dolaylı etkileri anlamsızdır. Dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin incelendiği modellerde ticari açıklığın dolaylı etkisinin anlamlı olması ise dijitalleşmesinin doğası ile açıklanabilir. Bağlantı gibi büyük ölçüde fiziksel altyapıya gereksinim duyan modelde ticari açıklığın mekansal yayılma etkisinin olmaması, yapay zeka, bulut bilişim ve e- devlet gibi coğrafi sınır tanımayan dijital uygulamaları kapsayan dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinde mekansal yayılma etkisinin olması dijitalleşmenin doğasına uygundur. Benzer şekilde kamu harcamalarında da beşerî sermaye ve bağlantı dijital göstergelerinin bulunduğu modeller dışında %10 anlamlılık düzeyinde negatif dolaylı etki vardır. Bu bulgu, kamu harcamalarının sadece kendi ülke ekonomik büyümelerini değil komşu ülkelerin ekonomik büyümelerini de negatif yönlü etkilediğini göstermektedir. Bu durum kamu harcamalarının özel sektörü dışlama etkisi yaratarak ekonomik büyümeyi baskılamasının sadece o ülkeyle sınırlı

kalmadığını Dijital Tek Pazar ağında yer alan komşu ülkeleri de etkilediğine işaret etmektedir. Son olarak modellerde nüfus büyümesinin ekonomik büyüme üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde negatif doğrudan etkiye sahiptir. Bununla birlikte nüfus büyümesinin ekonomik büyüme üzerinde anlamlı dolaylı etkisi yoktur. Bu durum Solow (1956) modelindeki nüfus büyümesinin sermaye seyrelmesi etkisinin yerel düzeyde işlediğini göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışmanın iki amacı vardır. Birincisi, AB ülkeleri tarafından benimsenen Dijital Tek Pazar politikasının regülasyonlar tarafından engellenip engellenmediğini incelemek, ikincisi ise dijitalleşmenin Birlik içerisinde mekansal yayılma gösterip göstermediğini analiz etmektir. Bu bağlamda 2017-2022 dönemi için, 27 AB ülkesinden oluşan bir örnekleme dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi mekansal panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu çalışma literatüre üç şekilde katkıda bulunmaktadır. Bunlardan ilki, AB ülkeleri örnekleminde dijitalleşme büyüme ilişkisini mekansal yayımları hesaba katarak incelemektedir. İkincisi, dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi doğrusal ve yayılma etkiler şeklinde ayrıştırmaktadır. Sonuncusu ise, DESI'nin alt bileşenleri olan bağlantı, beşerî sermaye, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve dijital kamu hizmetlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini mekansal yayılmayı da dikkate alarak analiz etmektir. Alt bileşenlerin ekonomik büyüme üzerindeki yayılma etkisini inceleme regülasyonların dijitalleşmenin mekansal yayılmasının önünde engel olup olmadığına dair ipuçları sunacaktır.

Pesaran CD testi ve Moran's I testi sonuçları modellerde mekansal bağımlılığın varlığına işaret etmektedir. LM ve dirençli LM testleri sonuçları ise modellerde mekansal bağımlılığın kaynağının mekansal hata ve mekansal gecikme olduğunu belirtmektedir. Ayrıca F ve Hausman testi sonuçları da sabit etkiler tahmincisinin havuzlanmış ve tesadüfi etkiler tahmincisine göre daha geçerli tahminler üreteceğine işaret etmektedir. Bu testlerin sonuçları birleştirildiğinde çalışmanın modeli için uygun modelin sabit etkiler SAC (SACFE) modeli olduğu kararlaştırılmıştır. SACFE modeli bulgularına göre DESI, bağlantı, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinin ekonomik büyüme üzerinde %1 anlamlılık düzeyinde pozitif doğrudan etkisi vardır. Beşerî sermaye dijital göstergesinin ise ekonomik büyüme üzerinde %5 anlamlılık düzeyinde negatif doğrudan etkisi vardır. Sabit etkiler tahmin bulgularına göre beşerî sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi pozitif iken mekansal bağımlılık hesaba katıldığında etkinin yönü negatife dönüşmüştür. Bu durum bir ülkedeki beşerî sermaye artışının emek göçü kanalı ile o ülkenin ekonomik büyümesini baskılamak, komşu ülkelere mekansal yayılma ile pozitif etkiler oluşturmaya ile açıklanabilir. Beşerî sermaye dışındaki diğer dijitalleşme göstergelerinin mekansal bağımlılığı dikkate alma ile etkinin yönü değişirse de etkinin katsayısı küçülmüştür. Bu durum mekansal bağımlılığı dikkate almayan geleneksel panel veri yöntemlerindeki katsayıların ne ölçüde saptığı hakkında bilgi vermektedir. Sabit etkiler tahmincisinin R-kare değerleri ile mekansal panel veri modelinin R-kare değerleri arasındaki fark da mekansal bağımlılığı dikkate almanın önemini doğrulamaktadır.

Doğrudan ve dolaylı etkilerin ayrıştırması incelendiğinde DESI indeksi, dijital teknolojilerin entegrasyonu ve kamu hizmetlerinin dijitalleşmesinin doğrudan etkilerinin yaklaşık beş katı kadar dolaylı etkileri vardır. Dolaylı etkiler ile doğrudan etkiler arasındaki bu belirgin fark dijitalleşmenin Birlik içerisindeki mekansal yayılma potansiyelinin gücünü göstermektedir. Bu bulgu Birlik tarafından benimsenen Dijital Tek Pazar politikasının etkinliğine işaret etmektedir. Bir ülke tarafından dijitalleşmeye yapılan yatırım sadece o ülkenin ekonomik büyümesine değil Dijital Tek Pazar ağındaki komşu ülkelerin ekonomik büyümesini de etkilemektedir. Bulgular dijitalleşmenin asıl etkisinin yerel yatırımlardan ziyade coğrafi sınırları aşan mekansal etkileşimlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bağlantı dijital göstergesinin ekonomik büyüme üzerindeki dolaylı etkileri anlamsızdır. Bağlantı göstergesinin diğer dijitalleşme göstergelerinden farklılaşması bağlantı

altyapısının fiziksel nitelikte olduğundan doğası gereği dijital yayılma potansiyelinin düşük olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte, Birlik genelindeki pazar parçalanmışlığı ve regülasyonlarında mekânsal yayılma önünde bariyer oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir.

Kontrol değişkenlerin etkileri incelendiğinde ticari açıklık, kamu harcamaları ve nüfus büyümesinin ekonomik büyüme üzerinde negatif doğrudan etkileri vardır. Sabit etkiler tahmin bulgularına göre ticari açıklığın ekonomik büyüme üzerindeki etkisi anlamsız iken, mekânsal bağımlılığı hesaba katma ile etki anlamlı hale gelmiştir. Ticari açıklığın ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisi ABD ve Çin tarafından rekabet baskısında kalan AB'nin bu ülkelere karşı son on beş yıldaki BİT pazarındaki kaybı ile açıklanabilir. Kamu harcamalarının ekonomik büyüme üzerindeki negatif yönlü etkisi ise Barro (1990) tarafından ileri sürülen belirli bir kamu harcaması eşliğinden sonra kamu harcamalarının ekonomik büyüme üzerinde azaltıcı etkiye sahip olacağı hipotezi ile açıklanmaktadır. Ortalama %45 kamu harcamasına erişen AB'nin Barro (1990)'nun ileri sürdüğü eşige eriştiği düşünülmektedir. Son olarak nüfus büyümesinin ekonomik büyüme üzerindeki negatif yönlü etkisi ise Solow (1956) tarafından öne sürülen nüfus büyümesinin sermaye seyrelemesine yol açarak ekonomik büyümeyi baskılayacağı görüşünü desteklemektedir.

Bulgular AB için önemli politika çıkarımları sunmaktadır. Birincisi, dijital teknolojilerin entegrasyonun güçlü mekânsal yayılması dikkate alındığında AB ülkelerinin yapay zekâ, bulut bilişim ve büyük veri gibi dijital teknolojilere yapacağı yatırımın sınır aşan etkileri olacaktır. Bu alanlarda ABD ve Çin'in önemli ölçüde gerisinde kalan AB'nin bu ülkeleri yakalaması ancak Dijital Tek Pazar ağındaki ülkelerin dijitalleşmeye yatırım yapması ve mekânsal yayılmaların önündeki regülatif bariyerleri kaldırması ile gerçekleşebilir. İkincisi bağlantı altyapısının mekânsal yayılmasının yetersiz olması dijitalleşmenin doğasının yanında Birlik içerisindeki pazar parçalanmışlığını göstermektedir. Birlik içerisinde 270'ten fazla dijital otoritenin olmasının oluşturduğu yetki karmaşası bağlantı dijital göstergesinin mekânsal yayılmasının önünde bariyer oluşturmaktadır. Bu bariyerin önüne geçmek için pazar parçalanmışlığı sorununu giderecek kapsayıcı politikalar üretilmeli ve uygulanmalıdır.

Bu çalışma literatüre katkılarına rağmen iki temel sınırlamaya sahiptir. İlki, veri kısıtından dolayı altı yıllık kısa bir panel ile çalışılmaktadır. İkincisi ise dijitalleşme ve ekonomik büyüme arasındaki içsellik sorunudur. Bu bağlamda gelecek dönemde bu konuyu incelemeyi düşünen araştırmacıların veriye erişmesi durumunda daha uzun panellerle konuyu yeniden ele alması önerilmektedir. Ayrıca değişkenler arasındaki içsellik sorununu dikkate alan GMM tarzı modellerle konunun incelenmesi de önerilmektedir.

References

- Abdulrazagova, K., Kır, B., & Kocabıyık Çaşkurlu, S. (2025). From traditional methods to digitalization: The transformation of the ready-to-wear industry. *Turkish Studies*, 20(Ö1), 1–16. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.80296>
- Ahmed, M. A. U., & Hamod, M. (2026). The effectiveness of using artificial intelligence models and active learning to assess hadith reading skills: Innovation and development / Hadis okuma becerisinin değerlendirilmesinde yapay zekâ modellerinin ve aktif öğrenmenin kullanım etkililiği: İnovasyon ve geliştirme. *Turkish Studies – Comparative Religious Studies*, 21(1), 1–48. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.89106>
- Akyıldız, S. G., & Akyıldız, Y. (2020). Westworld dizisinde makine öğrenmesi: Cinsiyet eşitsizliğini yeniden üreten yapay zekâ yaratımları. *Turkish Studies*, 15(2), 999–1010. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.41975>
- Akyol, H., Akar, T., & Akar, G. (2023). Dijitalleşme ve ekonomik büyüme: AB ülkelerinden yeni kanıtlar. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26(49), 99–114.
- Altay Topcu, B. (2021). Dijital ekonomi ve göstergelerinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkisi: AB ülkeleri örneği. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 4(2), 455–465.
- Altındış, F. (2020). General evaluation on non-emotional investment method "algorithmic trading" and sample of algorithm study. *Turkish Studies*, 15(1), 23–34. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.37827>
- Ardaturk, A. S. (2026). An analysis of the sector; digital interfaces and techniques used in the design offices / Bir sektör analizi: Tasarım ofislerinde kullanılan dijital arayüzler ve teknikler. *Turkish Studies*, 21(1), 143–197. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87841>
- Arduç Kara, E. (2026). Artificial intelligence fatigue, technostress and journalism: A conceptual literature review / Yapay zekâ yorgunluğu, teknostres ve gazetecilik: Kavramsal bir literatür taraması. *Turkish Studies*, 21(1), 199–235. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87954>
- Arğın, E. (2025). Ethics and artificial intelligence: Data privacy and algorithmic transparency in social sciences / Yapay zekâ ve etik: Sosyal bilimlerde veri gizliliği ve algoritmik şeffaflık. *Turkish Studies*, 21(2), 2111–2155. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.86847>
- Arıcı, N., & Karacı, A. (2013). Türkçe öğrenimi için web tabanlı zeki öğretim sistemi (TÜRKZÖS) ve değerlendirmesi. *Turkish Studies*, 8(8), 65–87. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.4878>
- Aşık, B. (2025). Gelişmekte olan ülkelerde dijitalleşmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27(Özel Sayı), 177–204.
- Aşkun, V. (2024). ChatGPT gibi üretken yapay zekâlar ile insan kaynakları yönetimi etkileşimi: Daha fazla çalışma için görüşler ve yollar. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 19(2), 679–699. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.75863>
- Baran, Z. (2022). Geleneksel yemeklerde dijital gastronomi vizyonu. *Turkish Studies*, 17(4), 685–703. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.62028>
- Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1990). *Economic growth and convergence across the United States* (Working Paper No. 3419). National Bureau of Economic Research.
- Başar, F. (2025). The relationship between ChatGPT use, academic engagement, and life satisfaction: An empirical study in a faculty of tourism. *Turkish Studies*, 20(4), 2131–2144. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.86796>

- Başar, S., & Topallı, N. (2024). Dijitalleşme ve doğal kaynak laneti yaklaşımı ilişkisi: OAPEC ülkeleri. *Ekonomi, Politika & Finans Araştırmaları Dergisi*, 9(4), 896–924.
- Bayat Arslan, S., & Cuma, A. (2026). Local language and cultural gaps in AI-generated literary production: Turkish Folk and German Folk Literature examples / Yapay zekâ edebî üretiminde yerel dil ve kültür boşlukları: Türk Halk ve Alman Halk Edebiyatı örnekleri. *Turkish Studies – Language and Literature*, 21(2), 2479–2558. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.89780>
- Bekil, N. (2018). Transhumanism: Immortality & singularity in *Do Androids Dream of Electric Sheep?* & *The Transhumanist Wager*. *Turkish Studies – Social Sciences*, 13(18), 251–262. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13790>
- Bertarini, B. (2023). *European Union digital single market: Legal framework and challenges*. FrancoAngeli.
- Bon, V. (2021). The digitalization–economic growth relationship in developing countries and the role of governance. *Scientific Annals of Economics and Business*, 68(4), 481–493.
- Büyükbayacı, Ş., & Yozcu, Ö. (2026). The codes of mental transformation in education: A thematic analysis of graduate social studies students' perspectives on artificial intelligence / Eğitimde zihinsel dönüşümün kodları: Lisansüstü sosyal bilgiler öğrencilerinin yapay zekâya ilişkin görüşlerinin tematik analizi. *Turkish Studies*, 21(1), 623–665. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87753>
- Çakmak, B. (2025). Duygusal tipografi: Yazı tiplerinin semantik potansiyeli ve görsel iletişimde yapay zekâ (DALL·E) yorumlaması. *Turkish Studies*, 20(Ö1), 191–214. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.82281>
- Çark, Ö. (2020). İşletmelerin dijital dönüşüm sürecinde "nesnelerin interneti" teknolojisinin etkisi. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 15(3), 1247–1266. <https://doi.org/10.47644/TurkishStudies.41888>
- Çelik, R., Çiçeklioğlu, H., & Yazıcı, A. M. (2025). Geleceği beslemek: Girişim sermayesinin yapay zekâ hesaplama girişimleri ve sürdürülebilir yenilik üzerindeki etkisi. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 20(4), 2191–2214. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.82939>
- Civelek, S. (2025). From tradition to dataset: Digital archiving of traditional artistic heritage and the ethical and epistemological consequences of its use as training data for artificial intelligence. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 1(1), 26–43. <https://ais3journal.com>
- Çora, H., Mikail, E. H., & Çora, A. N. (2026). Algorithmic diplomacy: AI-assisted decision-making models and ethical boundaries in international relations / Algoritmik diplomasi: Yapay zekâ destekli karar alma modelleri ve uluslararası ilişkilerde etik sınırlar. *Turkish Studies*, 21(1), 801–850. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87722>
- Coşkun, O. (2025). "Les Indes Noires"ın Türkçe çevirileri: İnsan ve yapay zekâ çevirisinin karşılaştırılması. *Turkish Studies – Language and Literature*, 20(Ö1), 291–320. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88179>
- Criveanu, M. M. (2023). Investigating digital intensity and e-commerce as drivers for sustainability and economic growth in the EU countries. *Electronics*, 12, Article 2318.
- Cruz-Jesus, F., Oliveira, T., & Bacao, F. (2012). Digital divide across the European Union. *Information & Management*, 49(6), 278–291.

- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, 121(552), 505–532.
- Dalmış, E. (2026). AI performance in translating rich points: A comparative analysis of the ChatGPT, DeepSeek and Gemini / Çeviride zengin noktalar üzerinden yapay zekâ performansı: ChatGPT, DeepSeek ve Gemini sistemleri üzerine karşılaştırmalı bir inceleme. *Turkish Studies – Language and Literature*, 21(1), 681–727. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88767>
- David, O. O. (2019). Nexus between telecommunication infrastructures, economic growth and development in Africa: Panel vector autoregression (PVAR) analysis. *Telecommunications Policy*, 43(8), Article 101816.
- Demirbağ, S., & Kaya, Ş. (2024). Avrupa Birliği'nde dijital dönüşümün ekonomi politiği. *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 31–41.
- Denizci, Ö. M., Kırık, A. M., & Çetinkaya, A. (2018). A learning-based approach to fuzzy logic in framework of philosophy of informatics. *Turkish Studies – Information Technologies & Applied Sciences*, 13(29), 47–59. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14730>
- Doğru, A., & Hacımüftüoğlu, E. (2025). Tefsirde yapay zekâ uygulamalarının kullanımı: ChatGPT-4o, Google Gemini Advanced 1.5 Pro ile Microsoft Copilot'un karşılaştırması. *Turkish Studies – Comparative Religious Studies*, 20(4), 1867–1891. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87246>
- Du, Z., & Wang, Q. (2025). Diffusion or polarization: The spatial spillover of digitalization on urban innovation. *The Annals of Regional Science*, 74, Article 65.
- Efendioğlu, İ. H. (2023). Yapay zekâ pazarlaması: İnternette yapılan alışverişlerde yapay zekânın satın alma niyetine etkisi. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 18(1), 133–153. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.66785>
- Ekinci, E. (2025). Yerel yönetimlerde yapay zekâ algısı: Yozgat Belediyesi örneği. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 20(3), 1441–1467. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.81663>
- Erdem, M. D., & Demiryakan, D. (2025). On language education, linguistic inequality, and linguistic justice. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 1(1), 1–25. <https://ais3journal.com>
- Erdem, M. D., & Demiryakan, D. (2026). Responsibility, transparency, and disclosure in the use of generative artificial intelligence in Turkish-language academic writing. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 2(1), 1–51. <https://ais3journal.com>
- Ersoy, A. Y., & Aalioua, M. (2018). The effect of foreign direct investments on the economic growth of the Mediterranean countries: Case of Turkey and Morocco. *Turkish Studies*, 13(14), 67–82. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13511>
- Ertan, İ. F. (2026). Generative artificial intelligence in digital games / Dijital oyunlarda üretken yapay zekâ. *Turkish Studies*, 21(1), 1125–1161. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88191>
- European Commission. (2021a). *2030 digital compass: The European way for the digital decade*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0118>
- European Commission. (2021b). *Digital Economy and Society Index (DESI) 2021 thematic chapters*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2>

- European Commission. (2022). *Digital Economy and Society Index*. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-DESI-2022>
- Eurostat. (2025). *Towards Digital Decade targets for Europe*. Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Towards_Digital_Decade_targets_for_Europe&oldid=679976
- Evangelista, R., Guerrieri, P., & Meliciani, V. (2014). The economic impact of digital technologies in Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 23(8), 802–824.
- Fernández-Portillo, A., Almodóvar-González, M., & Hernández-Mogollón, R. (2020). Impact of ICT development on economic growth: A study of OECD European Union countries. *Technology in Society*, 63, Article 101420.
- Ghazy, N., Ghoneim, H., & Lang, G. (2022). Entrepreneurship, productivity and digitalization: Evidence from the EU. *Technology in Society*, 70, Article 102052.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. MIT Press.
- Güçlüten, Ç. (2026). The securitization of cross-border migration movements: Digital solutions and their impacts on law enforcement agencies / Sınır ötesi göç hareketlerinin güvenlikleştirilmesi: Kolluk kuvvetlerinin dijital çözümleri ve etkileri. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 21(2), 2773–2808. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88553>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic econometrics* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Günay, M. (2025). The role of the aesthetic value function in evolutionary art generation. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 1(1), 44–67. <https://ais3journal.com>
- Güzel, K. (2024). Bir distopik bilim kurgu oyunu örneği olarak *Landscape with Weapon*'ın mühendislik etiği bağlamında incelenmesi. *Turkish Studies – Language and Literature*, 19(2), 617–638. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.76479>
- Habibi, F., & Zabardast, M. A. (2020). Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. *Technology in Society*, 63, Article 101370.
- Haftu, G. G. (2019). Information communications technology and economic growth in Sub-Saharan Africa: A panel data approach. *Telecommunications Policy*, 43(1), 88–99.
- Imran, M., Liu, X., Wang, R., Saud, S., Zhao, Y., & Khan, M. J. (2022). The influence of digital economy and society index on sustainable development indicators: The case of European Union. *Sustainability*, 14(18), Article 11130.
- International Telecommunication Union. (2024). *Facts and figures 2024*. <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2024/>
- Işık, M., & Darı, A. B. (2023). Yapay zekâ film afişlerinin göstergebilimsel analizi: *Artificial Intelligence, Frank & Robot, Ex Machina* örneği. *Turkish Studies*, 18(1), 63–82. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.64322>
- Kadochnikova, E., Varlamova, Y., & Kolesnikova, J. (2022). Spatial analysis of regional productivity based on beta-convergence models. *Montenegrin Journal of Economics*, 18, 133–143.
- Kan Çelik, A. (2026). Once upon a code – The digital evolution of traditional narrative (artificial intelligence) / Bir varmış bir kodmuş – Geleneksel masal anlatısının dijital evrimi (yapay

- zekâ). *Turkish Studies – Language and Literature*, 21(2), 2607–2635. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88760>
- Kanat, E. (2020). Determination of optimum artificial neural network in the stock market. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 15(1), 239–252. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.4003>
- Karadağ, E. (2025). Kamusal alanda dijital destekli heykel uygulaması örneği: Blaundos heykel uygulaması. *Turkish Studies*, 20(3), 1609–1624. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.86486>
- Karakuş, N., Eren Ökten, C., & Gedik, K. (2025). İki dillilik ve yapay zekâ: Diller ötesilik tespiti için kavramsal bir model önerisi. *Turkish Studies – Language and Literature*, 20(2), 1167–1188. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.79747>
- Kelejian, H. H., & Prucha, I. R. (1998). A generalized spatial two-stage least-squares procedure for estimating a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances. *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17(1), 99–121.
- Keleş, A. (2018a). Derin öğrenme ve sağlık alanındaki uygulamaları. *Turkish Studies – Information Technologies & Applied Sciences*, 13(21), 113–127. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14189>
- Keleş, A. (2018b). Dijital oyunlarda sonlu durum makineleri ve bulanık mantık. *Turkish Studies – Information Technologies & Applied Sciences*, 13(29), 73–82. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14651>
- Keleş, A., & Keleş, A. (2017). BİDEMAT – Zeki öğretim sistemi. *Turkish Studies – International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 12(6), 547–564. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.11547>
- Keleş, A., & Keleş, A. (2018). Nesnelerin internetinin getirdiği yenilikler ve sorunları. *Turkish Studies – Information Technologies & Applied Sciences*, 13(13), 53–66. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.13872>
- Keleş, A., Keleş, A., & Akçetin, E. (2017). Pazarlama alanında yapay zekâ kullanım potansiyeli ve akıllı karar destek sistemleri. *Turkish Studies – International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 12(11), 109–124. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.12022>
- Kızıldağ, H. (2023). Yapay zekâ bir masal yaratıcısı/anlatıcısı olabilir mi?: ChatGPT masalları. *Turkish Studies – Language and Literature*, 18(3), 1759–1775. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.71763>
- Koçakoğlu, M. A., & Koçakoğlu, Ö. (2025). Bir yapay zekâ denemesi: BRICS-Türkiye ülkelerinin ortak para birimi "The Unit" in uygulanabilirliği üzerine bir analiz. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 20(Ö1), 739–757. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.83867>
- Köksal, O., & Zorlu Kale, B. N. (2025). Integration of technology in the teaching of English as a foreign language: A review study. *Turkish Studies – Language and Literature*, 20(3), 2231–2240. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.82557>
- Konya, S. (2024). OECD ülkelerinde dijital ekonomi-ekonomik büyüme ilişkisinin incelenmesi: Bir panel veri analizi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 13(3), 163–182.

- Kovač, N., Žmija, K., Roy, J. K., Kusa, R., & Duda, J. (2024). Digital divide and digitalization in Europe: A bibliometric analysis. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 19(2), 463–520.
- LeSage, J. P., & Pace, R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics*. Chapman and Hall/CRC.
- Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407–437.
- Mazlum, Ö., & Mazlum, F. M. (2025). Tasarımın dünü, bugünü, geleceği: Yapay zekâ (YZ) çağında tasarımın kavramsal ve estetik dönüşümü. *Turkish Studies*, 20(3), 1721–1739. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.86478>
- Meng, F., & Wen, X. (2024). Can digital economy compensate the effect of aging on total factor productivity? *PLoS ONE*, 19(4).
- Mhaka, S., & Taonezvi, L. (2024). Does digitalisation increase economic growth? *Managing Global Transitions*, 22(3), 201–229.
- Mızırak, Z., & Gömlüksiz, M. (2017). Türkiye'de inşaat sektörü ve bölgesel ekonomik büyüme ilişkisi: Düzey 2 bölgeleri üzerine bir analiz. *Turkish Studies*, 12(24), 121–146. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.12402>
- Mura, P. O., & Donath, L. E. (2023). Digitalisation and economic growth in the European Union. *Electronics*, 12(7), Article 1718.
- Myovella, G., Karacuka, M., & Haucap, J. (2020). Digitalization and economic growth: A comparative analysis of Sub-Saharan Africa and OECD economies. *Telecommunications Policy*, 44(2), Article 101856.
- Odacıoğlu, C. (2022). Dijital dönüşümün mütercim tercümanlık bölümlerine yansımaları bağlamında "çeviride bilgi teknolojileri ve araçları" adlı bir ders önerisi. *Turkish Studies – Language and Literature*, 17(4), 1367–1376. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.62915>
- Official Journal of the European Union. (2022). *Establishing the digital decade policy programme 2030*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022D2481>
- Okcu, M., & Düz, S. (2023). Dijital çağ başlarken: Avrupa Birliği'nin dijitalleşme ve yapay zekâ stratejileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(2), 221–240.
- Ölçer, M. (2025). Yapay zekâ ile edebî metin çözümlemesi ve çeviri kalite değerlendirmesi: Modern Kore edebiyatı üzerine bir vaka analizi. *Turkish Studies – Language and Literature*, 20(4), 2931–2948. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87757>
- Olczyk, M., & Kuc-Czarnecka, M. (2022). Digital transformation and economic growth – DESI improvement and implementation. *Technological and Economic Development of Economy*, 28(3), 775–803.
- Önen, L. (2025). AI-supported image education in drawing: Adaptive learning environments – Personalized systems modeling student style development and generating feedback. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 1(1), 68–81. <https://ais3journal.com>
- Özdemir, A. (2025a). Görsel sanatlarda yapay zekâ-dijital sanat. *Turkish Studies*, 20(4), 2585–2602. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87601>
- Özdemir, A. (2025b). Ontological and ethical boundaries in AI-based image restoration. *Artificial Intelligence Studies in Society, Science, and Systems*, 1(1), 82–95. <https://ais3journal.com>

- Özdemir, A. (2026). The intersection of digital art and artificial intelligence: New aesthetic paradigms and theoretical approaches / Dijital sanat ve yapay zekânın kesişimi: Yeni estetik paradigmlar ve kuramsal yaklaşımlar. *Turkish Studies*, 21(1), 1457–1486. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87600>
- Pesaran, M. H. (2004). *General diagnostic tests for cross section dependence in panels* (Cambridge Working Papers in Economics No. 0435). University of Cambridge.
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., Nair, M., Bennett, S. E., & Bahmani, S. (2019). Short-term and long-term dynamics of venture capital and economic growth in a digital economy: A study of European countries. *Technology in Society*, 57, 125–134.
- Rehman, N. U., & Nunziante, G. (2023). The effect of the digital economy on total factor productivity in European regions. *Telecommunications Policy*, 47(10), Article 102650.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002–1037.
- Romya Bilgin, K., & Küçükşabanoğlu, Z. (2023). ABD'nin yeni güç stratejisinde yapay zekâ. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 18(1), 273–289. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.63490>
- Sakin, İ., & Türk, Z. (2025). Teknolojiye hazırlık düzeyi ve kullanım algılarının muhasebede yapay zekânın benimsenme düzeyine etkilerinin tespiti. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 20(2), 901–919. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.79592>
- Sandıkcı, Y. T., & Soy, S. (2026). Artificial intelligence and crisis communication: A qualitative analysis within the framework of the technology acceptance model (TAM) in public relations / Yapay zekâ ve kriz iletişimi: Halkla ilişkilerde teknoloji kabullenme modeli (TAM) bağlamında nitel bir analiz. *Turkish Studies*, 21(2), 3715–3787. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.88029>
- Sarıbaş, S. (2025). Yapay zekâ çağında mitin dijital mitosferdeki edebî yeniden yazımı: Kültürel bellek ve anlatsal dönüşümler. *Turkish Studies – Language and Literature*, 20(3), 1939–1962. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.82517>
- Serçemeli, M. (2018). Muhasebe ve denetim mesleklerinin dijital dönüşümünde yapay zekâ. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 13(30), 369–386. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14373>
- Sert, M. F. (2026). Exploring the determinants of global income inequality using an ensemble learning, explainable artificial intelligence, and causal inference-based methodology / Topluluk öğrenmesi, açıklanabilir yapay zekâ ve nedensel analiz tabanlı bir metodoloji ile küresel gelir eşitsizliğinin belirleyicilerinin keşfi. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 21(2), 3523–3566. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87348>
- Sezer, S. (2018). Lojistik sektörünün ekonomiye etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama. *Turkish Studies*, 13(22), 475–504. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.14106>
- Shang, Y., Lee, H., & Ma, J. (2025). A study on the spatial effects of the digital economy on regional economic growth in China. *Sustainability*, 17(5), Article 2259.
- Solomon, E. M., & van Klyton, A. (2020). The impact of digital technology usage on economic growth in Africa. *Utilities Policy*, 67, Article 101104.
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65–94.

- Tekdemir, N., & Çakmakoglu, D. (2024). AB ülkelerinde dijital dönüşümün sürdürülebilir kalkınmaya yansımaları: Kamusal politikalar açısından bir değerlendirme. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), 149–166.
- Tetik Küçükkelçi, D. (2025). The mediating role of AI anxiety in the relationship between psychological resilience and social appearance anxiety. *Turkish Studies*, 20(3), 1943–1959. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.80498>
- Tuğcu, M. S. (2025). Sinemada posthümanizmin ve yapay zekânın temsili: *M3GAN* filmi örneği. *Turkish Studies*, 20(4), 2821–2839. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87416>
- Uygun, S. V. (2026). The use of artificial intelligence in public services related to public order and security: Country examples and recommendations for Türkiye / Asayiş ve güvenlik yönlü kamu hizmetlerinde yapay zekâ kullanımı: Ülke örnekleri ve Türkiye için öneriler. *Turkish Studies*, 21(2), 3789–3825. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.89247>
- Varlamova, J., & Kadochnikova, E. (2023). Modeling the spatial effects of digital data economy on regional economic growth: SAR, SEM and SAC models. *Mathematics*, 11, Article 3516.
- Varol, M. (2025). İlahi imge ve teknolojik insan: Transhümanizm ile dinî geleneklerin Kur'an kursu öğreticileri perspektifinden incelenmesi. *Turkish Studies – Comparative Religious Studies*, 20(4), 2291–2308. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.87056>
- Vu, H. Q., Tram, N. H. M., & Tung, L. T. (2025). Digital transformation and economic growth: Empirical evidence from Vietnam. *Post-Communist Economies*, 37(7), 910–932. <https://doi.org/10.1080/14631377.2025.2511511>
- World Bank. (2025). *World Bank national accounts data: Aggregate indicators*. Retrieved August 5, 2025, from <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD>
- Yener, S., & Köse, İ. (2023). Treatment prediction using artificial intelligence-integrated chatbots in call centers in medical tourism. *Turkish Studies – Economics, Finance, Politics*, 18(2), 583–597. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.67267>
- Yıldırım Altun, C. (2025). Geçmiş geleceğe aktarmak: Kültürel miras alanında dijital ikiz oluşturma. *Turkish Studies*, 20(4), 2947–2960. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.82722>
- Yıldız, M. (2025). Bireysel yenilikçilik ile yapay zekâ tutumu arasındaki ilişki: Gençlik merkezlerinde etkinliklere katılan üniversite öğrencileri üzerine bir araştırma. *Turkish Studies*, 20(Ö1), 1109–1124. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.86698>
- Yılmaz, O. K. (2025). Avrupa Komisyonu'nun "Avrupa Akıllı Turizm Başkenti" uygulaması ve Türkiye kentlerinin katılımları üzerine bir araştırma. *Turkish Studies*, 20(1), 635–660. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.77830>
- Yin, Z. H., & Choi, C. H. (2025). How does digitalization affect trade in goods and services? Evidence from G20 countries. *Journal of the Knowledge Economy*, 16, 3614–3638.
- Zan, N., & Zan, B. U. (2025). Yapay zekâ destekli derin sahtecilik teknolojisinin pedagojik, etik ve toplumsal boyutları. *Turkish Studies*, 20(4), 2961–2983. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.83049>
- Zenginaloğlu, K. (2026). Culture, ethics and functionality in translation strategies: A comparison of translations produced by artificial intelligence tools and human translators / Çeviri stratejilerinde kültür, etik ve işlevsellik: Yapay zekâ araçlarının ve insan çevirmenin çevirilerinin karşılaştırması. *Turkish Studies – Language and Literature*, 21(1), 2071–2139. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.89002>

-
- Zhang, J., Zhao, W., Cheng, B., Li, A., Wang, Y., Yang, N., & Tian, Y. (2022). The impact of digital economy on the economic growth and the development strategies in the post-COVID-19 era: Evidence from countries along the "Belt and Road". *Frontiers in Public Health*, 10, Article 856142.

ETHICAL DECLARATIONS

Research and Publication Ethics

The author(s) declare that this manuscript is an original work prepared in accordance with the principles of scientific research and publication ethics. The manuscript has not been previously published and is not currently under consideration for publication elsewhere. All sources used in the preparation of this study have been properly cited and referenced. The author(s) confirm that the work contains no plagiarism, fabrication, falsification, or manipulation of data. The research findings are presented honestly and transparently in accordance with the principles of academic integrity.

Author Contributions

All authors have significantly contributed to the conception, design, analysis, and preparation of the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript and agree to its submission and publication.

Conflict of Interest

The author(s) declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this manuscript.

Funding

This research did not receive any specific grant, financial support, or funding from any public, commercial, or non-profit funding agencies.

Artificial Intelligence (AI) Usage Disclosure

During the preparation of this manuscript, artificial intelligence tools may have been used solely for limited purposes such as language editing, translation assistance, and stylistic improvement. Any AI-assisted translations or language corrections were carefully reviewed and verified by the author(s). Artificial intelligence tools were not used to generate the core scientific content, research design, analysis, or scholarly conclusions. All academic responsibility for the content of the manuscript rests entirely with the author(s).

Copyright and Permissions

The author(s) confirm that all necessary permissions for copyrighted materials have been obtained where required and that the manuscript does not violate any intellectual property rights.

Author Approval

All authors confirm that they have read and approved the final version of the manuscript and consent to its submission and publication.

ETİK BEYANLAR

Araştırma ve Yayın Etiği

Yazar(lar), bu makalenin özgün bir çalışma olduğunu ve bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak hazırlandığını beyan eder. Makale daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış olup başka bir dergide değerlendirme sürecinde değildir.

Çalışmada kullanılan tüm kaynaklar akademik kurallara uygun biçimde atıflanmıştır. Yazar(lar), çalışmanın intihal, veri uydurma, veri tahrifi veya manipülasyon içermediğini; araştırma bulgularının bilimsel dürüstlük ilkelerine uygun şekilde sunulduğunu beyan eder.

Yazar Katkısı

Tüm yazarlar çalışmanın tasarlanması, yürütülmesi, analizi ve makalenin hazırlanmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuyup onaylamış ve yayımlanmasını kabul etmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), bu makalenin yayımlanmasına ilişkin herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan eder.

Finansal Destek

Bu araştırma herhangi bir kamu kurumu, ticari kuruluş veya kâr amacı gütmeyen kuruluş tarafından finansal olarak desteklenmemiştir.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Makalenin hazırlanması sürecinde yapay zekâ araçlarından yalnızca dil düzenleme, çeviri desteği ve anlatım iyileştirmesi amacıyla sınırlı ölçüde yararlanılmış olabilir. Yapay zekâ araçları tarafından yapılan çeviri ve dil düzenlemeleri yazar(lar) tarafından dikkatle kontrol edilmiştir. Yapay zekâ araçları çalışmanın bilimsel içeriğinin, araştırma tasarımının, analizlerinin veya akademik sonuçlarının oluşturulmasında kullanılmamıştır. Makalenin içeriğine ilişkin tüm akademik sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Telif Hakları ve İzinler

Yazar(lar), telif hakkı gerektiren materyaller kullanılmışsa gerekli izinlerin alındığını ve çalışmanın herhangi bir fikrî mülkiyet hakkını ihlal etmediğini beyan eder.

Yazar Onayı

Tüm yazarlar makalenin son hâlini okuduklarını, onayladıklarını ve yayımlanmasını kabul ettiklerini beyan eder.

Authors' Contribution Statement / Yazarların Katkı Oranı Beyanı

The researchers' contribution statement is as follows / Araştırmacıların katkı oranı beyanı şu şekildedir:

First author / 1. Yazar %50,

Second author / 2. Yazar %50.