

## Convergence and the Matthew effect in the European Union based on the DESI index

**TÜNDE ZITA KOVÁCS – BEÁTA BITTNER – LÁSZLÓ HUZSVAI –  
ANDRÁS NÁBRÁDI**

The European Commission has been monitoring the digital development of Member States through the Digital Economy and Society Index (DESI) since 2014. Using the annual DESI datasets, we sought to determine whether any convergence between the Member States could be detected. Looking at the differences in the indices, we suspected the existence of a so-called “Matthew effect”. We also hypothesised that the COVID-19 pandemic would influence the variation of the DESI index. We examined the questions using bibliometric, statistical-mathematical methods. We used  $\sigma$ -convergence analyses to estimate the reduction of differences between countries over time, while  $\beta$ -convergence analyses were used to estimate the extent of catching up with the initial level of development. To check for the Matthew effect, we conducted a PCA analysis with additional  $\lambda$ -variables, considering the real change in GDP per capita. We also confirmed the  $\sigma$ - and  $\beta$ -convergence for 2016-2021 and found that the half-life of catching up is around 20 years. For the period 2016-2021, the Matthew effect, although not significantly confirmed, tends to suggest its existence.

**Keywords:** digital economy, digital competitiveness, convergence, European Union, DESI index.

**JEL codes:** C22, C38, E13.

# Konvergenciák és Máté-hatás az Európai Unió tagállamaiban a DESI-index alapján<sup>1</sup>

KOVÁCS TÜNDE ZITA<sup>2</sup> – BITTNER BEÁTA<sup>3</sup> – HUZSVAI LÁSZLÓ<sup>4</sup> – NÁBRÁDI ANDRÁS<sup>5</sup>

Az Európai Bizottság 2014 óta követi nyomon a tagállamok digitális fejlődését a digitális gazdasági és társadalmi (DESI) index segítségével. A DESI éves adatbázisainak felhasználásával arra kerestük a választ, hogy kimutatható-e konvergencia a tagállamok között. Az indexek eltéréseit vizsgálva az ún. Máté-hatás meglétére gyanakodtunk. Feltételeztük továbbá, hogy a Covid-19-világjárvány hatással van a DESI-index változására. A kérdéseket bibliometriai, statisztikai-matematikai módszerekkel vizsgáltuk. A  $\sigma$ -konvergenciaelemzéseket a tagállamok közötti különbségek időbeli csökkenésének, míg a  $\beta$ -konvergenciaelemzést a kezdeti fejlettségi szinthez való felzárkózás mértékének becslésére használtuk. A Máté-hatás ellenőrzésére PCA-elemzést végeztünk további  $\lambda$ -variánsokkal, figyelembe véve az egy főre jutó real-GDP változását. A  $\sigma$ - és a  $\beta$ -konvergencia is a 2016–2021 közötti időszakra vonatkozóan megerősítést nyert, és megállapítottuk, hogy a felzárkózás felezési ideje körülbelül 20 év. A 2016–2021-es időszakban a Máté-hatás bár nem igazolható szignifikánsan, tendencijelleggel mégis utal annak meglétére.

**Kulcsszavak:** digitális fejlődés, digitális gazdaság, konvergencia, EU, DESI-index.

**JEL kódok:** C22, C38, E13.

## Bevezetés

Az európai gazdaság versenyképességének feltétele a tudásalapú gazdaság, valamint a kutatási és fejlesztési (K+F) tevékenység támogatása. Míg előbbi

---

<sup>1</sup> A tanulmány a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

<sup>2</sup> PhD, tanársegéd, Partiumi Keresztény Egyetem, Gazdaság és Társadalomtudományi Kar, Gazdaságtudományi Tanszék, e-mail: kovacs.tunde.zita@partium.ro.

<sup>3</sup> PhD, egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Gazdálkodástudományi Intézet, Vállalatgazdaságtani és Vállalkozásfejlesztés nem önálló Tanszék, e-mail: bittner.beata@econ.unideb.hu.

<sup>4</sup> PhD, egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Statisztika és Módszertani Intézet, Statisztika és Módszertani nem önálló Tanszék, e-mail: huzsvai.laszlo@econ.unideb.hu.

<sup>5</sup> PhD, egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Gazdálkodástudományi Intézet, Vállalatgazdaságtani és Vállalkozásfejlesztés nem önálló Tanszék, e-mail: nabradi.andras@econ.unideb.hu.

szoros összefüggésben áll a humán tőke fejlődésével, minőségi javulásával, addig a K+F tevékenységek az információs és kommunikációs technológia (IKT) integrációját és fejlesztését feltételezik (Bassanini et al. 2000). Uniós szinten elsőként 2000-ben, a Lisszaboni Stratégia foglalkozott a versenyképesség tudatos fejlesztésével, melyet 2010-ben az EU-2020 Stratégia követett, melynek keretén belül az ez irányú törekvések ismételten megerősítést nyertek (Európai Bizottság 2010b). Ez utóbbi kiemelt kezdeményezése az Európai digitális menetrend (*Digital Agenda for Europe*). A célkitűzések gyors és az ütemezésnek megfelelő megvalósulása végett, a javasolt irányítási keret a továbbfejlesztett digitális gazdasági és társadalmi indexen (DESI) alapul, mely index 2014 óta követi nyomon a tagállamok digitális előrehaladását (Bánhidi–Dobos 2020). 2021-ben az Európai Bizottság (EB) módosította a DESI szerkezetét, a korábbi öt dimenzióról négyre szűkítve azt. Az átalakítás két szakpolitikai kezdeményezés következtében vált szükségessé, melyek az elkövetkező években hatással lesznek az Európai Unióban (EU) zajló digitális átalakulásra: a 2021 februárjában elfogadott Helyreállítási és Rezilienciaépítési Eszköz (*Recovery and Resilience Facility* – RRF), valamint ugyanazon év márciusi, az Európa digitális évtizedét meghatározó digitális iránytű. 2021 szeptemberében az EB javaslatot tett a Digitális évtizedhez vezető út (*Path to the Digital Decade*) tervre, melyen keresztül megvalósulhat az európai gazdaság és az európai társadalom digitális átalakulása (Európai Bizottság 2021d).

Jelen pillanatban a DESI-index négy fő dimenziót, 10 aldimenziót és 33 egyéni indikátor értékeit tartalmazza (1. táblázat), és a digitális teljesítményt mérő súlyozásos rendszer szerint rangsorolja az EU tagállamait és kíséri figyelemmel fejlődésüket, melyet a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (*Organisation for Economic Co-operation and Development* – OECD) iránymutatásai és ajánlásai (Európai Bizottság 2021a) alapján dolgoztak ki. Az adott évben kiadott értékelés az előző év adatait tartalmazza, tehát mindig a már lezárt év eredményeit mutatja. Éppen ezért a DESI-index 2016–2021 időszakra vonatkozó értékei a 2015–2020-ra vonatkozó állapotot tükrözik. A mutatóban szereplő adatokat az EB gyűjti be a tagállamok illetékes szerveitől, továbbá a bizottság számára készített különböző tanulmányokból.

### 1. táblázat. A DESI indexet alkotó fő dimenziók, aldimenziók és egyéni indikátorok

DESI2021 fődimenziók	Aldimenziók és egyéni indikátorok száma a DESI2021-ben
1. Humán tőke (desi_1)	Internetfelhasználói készségek és haladó készségek, fejlődésük (2 aldimenzió és 7 egyéni indikátor)
2. Internet-hozzáférés (desi_2)	Vezetékes és mobil szélessávú internet lefedettsége és ára (4 aldimenzió és 10 egyéni indikátor)
3. A digitális technológiák integráltsága (desi_3)	Digitális intenzitás, vállalatok digitalizáltsága és e-kereskedelem (3 aldimenzió és 11 egyéni indikátor)
4. Digitális közszolgáltatások (desi_4)	e-kormányzat (1 aldimenzió és 5 egyéni indikátor)

*Forrás:* saját szerkesztés az Európai Bizottság (2021a) alapján

Országonként a DESI-index értéke az egyedi DESI-fődimenziók súlyozott számtani átlagaként van meghatározva:

$$\text{DESI} = \text{desi\_1} * 0,25 + \text{desi\_2} * 0,25 + \text{desi\_3} * 0,25 + \text{desi\_4} * 0,25$$

Jelen tanulmány célja, hogy matematikai-statisztikai módszerek felhasználásával bizonyítékokkal szolgáljon a tagállamok digitális fejlődésére, aggregáltan és a tagállamok egymáshoz való viszonyítása alapján. Az EU-hoz a kelet-európai bővítések (2004, 2007 és 2013) során csatlakozott tagországok gazdasági, társadalmi és digitális fejlettségének felzárkózása a régebbi tagokéhoz igen fontos, hiszen a csatlakozás eredményeinek éppen e közeledésben, más néven konvergenciában kell megmutatkozniuk. A konvergenciára vonatkozó nullhipotézisünk a következő:

*H1: A DESI-index változása alapján feltételeztük, hogy nincs konvergencia a tagállamok között.*

A DESI-index további elemzéséhez korrelációanalízist és főkomponens-analízist (PCA) használtunk. Az eljárás előnye, hogy a PCA következtében az adatok átláthatóbbá válnak, könnyebben értelmezhetőek az összesített információknak köszönhetően (de Solla Price 1967; Merton 1988). Az analízis további előnye, hogy a DESI fődimenziói (EB által megadott súlyok) helyett főkomponens(ek) (PC) mentén határozzuk meg a változók hozzájárulását a DESI-indexhez. Második nullhipotézisünk ennek megfelelően a következő:

*H2: Feltételezzük, hogy a PCA-elemzés során kapott első dimenzió komponenseinek (változók) hozzájárulása megegyezik az EB által megadott súlyokkal.*

Robert K. Merton (1968, 1988) „Máté-hatás”-ként, Derek J. de Solla Price (1967) „halmozott előny” néven utal a Máté-evangélium következő részére: „Mindannak ugyanis, akinek van, még adnak, hogy bővelkedjék; akinek pedig nincsen, attól még azt is elveszik, amije van” (Máté 25,29). Mindketten a tudományos munka elismerésében tapasztalt eltérések magyarázata közben tették azt a megállapítást, amelyet a köznyelv csak úgy emleget, hogy „a gazdagabb csak még gazdagabb lesz”. A fogalmat ma már a gazdasági jóléthez, politikai hatalomhoz, presztízshez, tudáshoz vagy bármely más szűkös vagy értékes erőforráshoz kapcsolódó, önmagát erősítő, az egyenlőtlenségek általános mintázatának a leírására használják (Perc 2014; Rigney 2010). A tanulmányban a DESI-index változásán keresztül vizsgáltuk, hogy igazolható-e a konvergencia mellett a Máté-hatás az EU-27 tagállamai között. Harmadik nullhipotézisünket ennek megfelelően a következőképpen fogalmaztuk meg:

*H3: A DESI-index látens változóinak átlaga és varianciája a 2016–2021 közötti időszakban nem igazolja a Máté-hatást.*

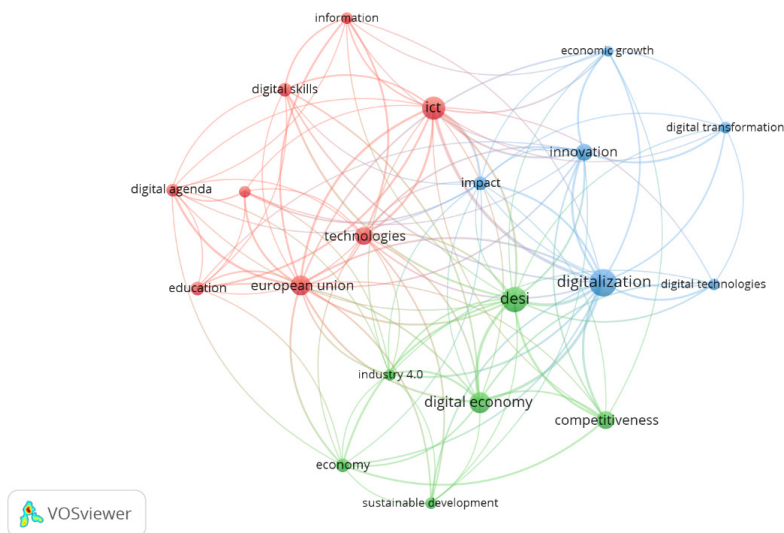
A tanulmány felépítése a következő: a *Szakirodalmi áttekintés* fejezetben áttekintettük azokat a szakirodalmi forrásokat, amelyek a DESI-index értékeinek az elemzésével foglalkoznak. Ezt követően az *Anyag és módszer* fejezetben bemutatjuk azokat a statisztikai elemző módszereket, melyek segítségével elemeztük a DESI-index 2016–2021 közötti időszakra vonatkozó adatait:  $\sigma$ - és  $\beta$ -konvergencia, valamint főkomponens-analízis (PCA). Az *Elemzések* részben kaptak helyet maguk a statisztikai elemzések, a feltárt eredményeket pedig minden esetben igyekeztünk indokolni, magyarázni. Az *Eredmények* fejezetben értelmeztük a kapott eredményeket, melyeket összevetettünk korábbi tanulmányok eredményeivel és teszteltük a hipotéziseinket, majd a *Következtetések* fejezetben összefoglaltuk a főbb tanulságokat, valamint további kutatási irányokat határoztunk meg.

### **Szakirodalmi áttekintés**

A DESI-indexet elemző vagy tárgyaló szakirodalom feltárásához, valamint hogy mely területeit vizsgálják az egyes szerzők és mely országokban, bibliometriai elemzés elvégzését véltük a legmegfelelőbbnek. Ehhez a VOSviewer 1.6.17 szabadon hozzáférhető bibliometriai szoftvert alkalmaztuk (Van Eck–Waltman 2013), mellyel megvizsgáltuk a DESI-index tematikát feldolgozó cikkek kulcsszavait, feltárva a közöttük meghúzódó összefüggéseket, valamint országok közötti bibliográfiai csatolásokat elemeztünk. Ennek elvégzéséhez a Web of Science Core-

Collection – Clarivate Analytics adatbázist használtuk. Kereséseink angol nyelvű kulcsszavakra korlátozódtak, hiszen az említett adatbázis jellemzően angol nyelven írott cikkeket, tanulmányokat tartalmaz. Kereséseink a „*Digital Economy and Society*” vagy „*DESP*” szóösszetételt tartalmazó tudományos folyóiratcikkekre és konferenciaközleményekre vonatkozott, előfordulásukat vizsgálva a tanulmányok címében, absztraktjában, a szerzők által megadott kulcsszavakban a 2015–2021 közötti időszakban. A vizsgált adatbázis 89 közvetlen találatot eredményezett, és 43 kapcsolódó rekordot, melyek segíthetik a terület átfogóbb értelmezését.

A vizsgált tanulmányokban az alkalmazott szoftver 592 kulcsszót azonosított, majd a hasonló kulcsszavakat ún. thesaurus-fájl segítségével összevontuk, és 568 kulcsszóval dolgoztunk tovább. A beállított 5-szörös minimum előfordulási ráta mellett 20 db kulcsszó érte el az említett küszöbértéket. A releváns kulcsszavak közötti kapcsolati hálót az 1. ábra szemlélteti, és a következőképpen értelmezendő: a pontok nagysága jelöli az előfordulás gyakoriságát, a pontokat összekötő vonalak vastagsága az egyes kulcsszavak együttes előfordulásának gyakoriságát, a távolság pedig az egyes kulcsszavak közötti kapcsolat erősségét. A VOSviewer software színekkel különbözteti meg az elemzés során azonosított klasztereket.



*Forrás: saját szerkesztés*

**1. ábra. Kulcsszavak előfordulása a generált adatbázisban  
(minimum előfordulási küszöb: 5)**

A vizsgált adatbázisban, a kulcsszavak közötti viszonyok elemzéséhez a minimum előfordulás öt kellett legyen, és megtartva a szoftver alapértelmezett felbontási beállítását a klaszterek generálásához, három csoportot azonosítottunk, melyek színek alapján vannak elkülönítve (1. ábra és 2. táblázat).

**2. táblázat. Kulcsszavak klaszterei**

1. Klaszter (piros)	2. Klaszter (zöld)	3. Klaszter (kék)
ICT	DESI	digitalization
European Union	digital economy	innovation
Technologies	competitiveness	impact
digital skills	economy	digital technologies
Education	sustainable development	digital transformation
digital agenda	Industry 4.0	economic growth
digital divide		
information		

*Forrás:* saját szerkesztés

Az első, pirossal jelzett klaszter legfőbb kulcsszava az „ICT” – információs és kommunikációs technológia, és a leggyakrabban a „*European Union*” (Európai Unió), a „*technologies*” (technológiák), az „*education*” (oktatás) és a „*digital skills*” (digitális készségek) szavakkal/kifejezésekkel említve azt sejteti, hogy az információs és kommunikációs technológia (IKT) elterjedésének kulcsa az oktatásban rejlik, ezáltal sajátíthatóak el a digitális készségek. Többen is úgy vélik, hogy az EU gazdaságának a fejlődéséhez és növekedéséhez az IKT eszközeinek használata elengedhetetlen (Fernández-Portillo et al. 2020; Jovanović et al. 2018; Stofkova–Hraskova 2017). Ezen túlmenően maga az EB is már 2010-től szerepelteti a digitális menetrendjében az IKT-kat mint kulcsfontosságú elemeket az EU célkitűzéseiben (Európai Bizottság 2010a). Komoly kihívást jelent az 54+ korosztály lemaradása a digitális készségek területén, hiszen ennek hiányában az említett korosztály mintegy kirekesztődik azon területek foglalkoztatottjai közül, amelyben a digitális technológia jelenléte számottevő (Zdjelar et al. 2019). Ugyancsak ide kapcsolódik a nők digitális piaccgazdaságból való kvázi kimaradása, hiszen az IKT-szakemberek döntő hányada férfi, ezzel mintegy tovább növelve a megosztottságot a digitális készségekkel rendelkezők között (Hadad 2017; Kamberidou–Pascall 2019; Martínez-Cantos 2017). Az említett két társadalmi csoport felzárkóztatása, oktatása egyébként egy kardinális pontja az EB 2021-ben elindult Digitális iránytű 2030-ig programjában (Európai Bizottság 2021b). Tkác

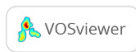
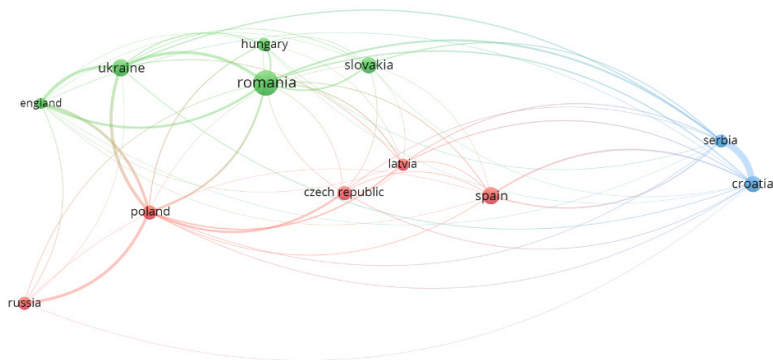
(2018) azt tanulmányozta, hogy az Európai Tanács 2015-ben elfogadott Digitális egységes piaci stratégia (DSM) megvalósításához milyen mértékben járulnak hozzá a digitális közszolgáltatásokat érintő intézkedések. Elemzései értelmében, az alkalmazott intézkedések következtében a lakosság bizalma megnövekedett a közigazgatással szemben. Amennyiben az adatokat láthatóvá teszik – elsősorban a közszolgáltatást ellátó szervezetek között –, az racionalizálná a dokumentumok feldolgozását, időt és költségeket megtakarítva ezáltal (Jendricko–Mesaric 2019; Stofkova–Stofkova 2019).

A zöld jelzésű második klaszter a DESI-index területét (kulcsszóként is jelen van) a digitális gazdasággal és annak alapvetőnek tulajdonított jellemzőjével, a versenyképességgel kapcsolja össze (Pyroh et al. 2021). Ugyanebben a klaszterben kap helyet a fenntartható fejlődés fogalma és az Ipar 4.0 (2. táblázat). Zdjar et al. (2019), MacGregor Pelikánová (2018) és Esses et al. (2021) is amellett érvel, hogy az EU gazdasága nemcsak a versenyképességi, de a fenntarthatósági szempontoknak is meg kell feleljen, ugyanis a végtelen és korlátlan növekedés eszméje csak utópia (Ferenc pápa 2015). A digitális eszközöket alkalmazó gazdasággal számolni kell a nemzeti stratégia kialakításakor ahhoz, hogy gazdasági és társadalmi fejlődést lehessen felmutatni (Jakovic et al. 2021; Laitsou et al. 2020; Rozite et al. 2019). Čiefová (2017) Ausztria versenyképességének elemzése kapcsán arra jutott, hogy az hosszú távú állapotok függvénye, tehát az elmozdulás csak nagyon lassan valósul meg. Moldabekova et al. (2021) az Ipar 4.0 logisztikai teljesítményre gyakorolt hatásának következtében véli úgy, hogy fontos a humán tőke fejlesztése, a digitális technológiák integrálása, valamint a sűrű és erős digitális lefedettség. A második, zöld klaszterbe sorolt tanulmányok a fenntarthatóság és a fejlődés pillérei mentén sorakoznak fel. A DESI-index világosan szemlélteti a tagállamok digitális előrehaladását, azonban kevésbé koncentrálna a fenntarthatósági kérdéskörre.

A késsel jelölt 3-as klaszterben a leggyakrabban előforduló kulcsszó a „*digitalization*” (digitalizáció), melynek hatása az innovációra (kulcsszóként szerepel) megkérdőjelezhetetlen. Luchko (2020) és Jovanović et al. (2018) úgy vélik, hogy az egyes tagállamok kulturális szokásai is meghatározóak a digitalizáció folyamatában. Hofstede (1984) kulturális dimenzióit felhasználva arra a következtetésre jutottak, hogy azokban az államokban, ahol magas az individualizmus és a hierarchia szintje, és magasabb a kockázatvállalási, valamint az életélvezeti hajlandóság, ott magasabb a gazdaság digitalizációs szintje is (Ivanovic-Dukic et al. 2019). Ezzel szemben a hagyományos és a jövőorientált társadalmakban a di-

gitalizációs szint alacsonyabb. Figyelembe kell tehát venni a kulturális sajátosságokat csakúgy, mint a DESI-index egyes dimenzióinak a fejlettségét. Rakićević et al. (2019) ezért intelligens szakpolitikák kialakítását látja célravezetőnek az egyes DESI-dimenziók esetében, szem előtt tartva az országra jellemző sajátosságokat és célirányosan kezelve a hiányosságokat, hiszen az országok fejlődése területenként is eltérő (Borowiecki et al. 2021; Giannone–Santaniello 2019; Polozova et al. 2021; Tsenzharik et al. 2020). Esses et al. (2021) és Bogoslov–Lungu (2020) elemzéseik során azt a megállapítást tették, hogy a gazdaság és társadalom digitalizációs szintje adott ország általános emberi fejlettségétől függ (HDI-mutató). Az utolsó klaszter tanulmányai a digitalizáció befogadásának mértékét vizsgálja az egyes társadalmakban, illetve a társadalomra kifejtett hatás mértékét elemzi.

A DESI-index alakulásának, fejlődésének nyomon követése többnyire azon tagállamok számára fontos, ahol jelentős a lemaradás. Ezért ezekben az országokban a vonatkozó tanulmányok száma is magasabb, sőt, több állam nem is tagja az EU-nak. Így már a korábban említett adatbázis feldolgozását követően, ezúttal bibliográfiai csatolásokat elemezve, azokat az országokat láthatjuk, amelyek minimum 5 tanulmánnyal (tudományos szócikk vagy konferenciakiadványban szereplő közlemény) gazdagították a DESI-index vonatkozó szakirodalmát (2. ábra). A 40 országból 12 érte el a küszöbértéket. A legtöbb tanulmány Romániából származik (25 db), ezt követi Ukrajna (12 db), majd Szlovákia és Horvátország (10-10 db).



Forrás: saját szerkesztés

2. ábra. Bibliográfiai csatolások hálózata

Több tanulmány országsoros kiértékeléseket végez, összevetve különböző országokat vagy régiókat, a DESI-index dimenzióit alapul véve. Karnitis et al. (2019) összehasonlítja a balti országokat az EU-val, és kritikai megállapítást fogalmaz meg a DESI-index dimenzióit tekintve, hiszen nézete szerint a digitalizáció legfőbb előremozdítói az adatbányászat és a modellezés. Ershova, Obukhova és Belyaeva (2020) felmérték Oroszország, Ukrajna és a fejlett országok digitális gazdaságát, és arra a következtetésre jutottak, hogy a digitális, technológiavezérelt gazdaságok lesznek a növekedés motorjai. Óriási gazdasági előnyre tehetnek szert azok az országok, amelyek digitalizálják termelési és gazdasági tevékenységüket. Ugyancsak Oroszország példáján keresztül Lomakina et al. (2021) szerint a digitális társadalomban a gazdasági erőforrások szerepe átalakul: lecsökken a természeti erőforrások szerepe, előtérbe kerül a megújuló erőforrások fejlesztése, továbbá felértékelődik az emberi erőforrások, a tudás és a vállalkozói képesség. Szöllösi, Béres és Szűcs (2021) vállalati szintre fogalmazta meg azon megállapítását, hogy a legmodernebb technológiák, az automatizálás, a robotika és a digitalizálás komplex alkalmazásával, valamint a szükséges, nemzetgazdasági szinten elfogadható szakértelemmel jelentős javulás érhető el a jövedelmezőség, a versenyképesség és a negatív környezeti hatások csökkentése terén. Jurčević, Lulić és Mostarac (2020) a horvát gazdaság digitális fejlettségét hasonlította össze az EU más tagállamaival, megállapítva, hogy a horvát gazdaság még nem érte el az elvárt versenyképességi szintet, aminek egyik oka lehet, hogy a Horvát Köztársaság széles sávú internetlefedettségben igencsak elmarad az uniós országok átlagától (Ivanovic–Ambros 2016). Grinberga-Zalite és Hernik (2019) szerint Lengyelország humán tőke szempontjából felkészültebbnek mutatkozik a digitális gazdaság jövőbeli kihívásaival szemben, mint Lettország, amely állítását a K+F bruttó hazai termékhez (GDP) viszonyított kiadásaival igazolja. Lettország digitális gazdasági és társadalmi teljesítménye elmarad a többi balti államtól (Vidruska 2016).

## **Anyag és módszer**

### ***A $\sigma$ - és $\beta$ -konvergencia kiszámítása***

Konvergenciaszámításokat ma már számos területen végeznek, így a jövedelmi különbségek, szegénység, társadalmi tőke fejlettsége, környezet-gazdaságtan stb. területein. Jelen tanulmányban a konvergencia két típusát érintem. Elsőként a  $\sigma$ -konvergenciát vagy relatív szórást, mely a DESI-index értékeinek

átlagtól vett átlagos relatív – százalékban kifejezett – eltérését mutatja. Amennyiben időben csökken a fejlettségi szintek szóródása, úgy  $\sigma$ -konvergencia áll fenn. Egy másik, jól ismert konvergenciamutató a Barro és Sala-i-Martin (1992); Barro, Sala-i-Martin, Blanchard és Hall (1991) által az empirikus növekedési szakirodalomba bevezetett  $\beta$ -konvergencia. E növekedési mutató alapjául a Ramsey (1928), Solow (1956) és Koopmans (1963) neoklasszikus növekedésméletei szolgáltak. A solowi alapokon nyugvó, majd a nyolcvanas évektől endogén növekedésméletek álláspontja szerint a nemzeti gazdaságpolitikák és az országspecifikus jellemzők döntően befolyásolják egy-egy ország felzárkózását. A külföldi tőkebevonások révén felgyorsul a növekedés, ami idővel a fejlett és fejletlenebb, de felzárkózó országok közötti különbségek csökkenéséhez vezet.

A  $\sigma$ -konvergencia a régiók, jelen esetben a tagállamok közti különbségek időbeli csökkenésére utal, míg a  $\beta$ -konvergencia a lehetséges felzárkózási folyamat megtalálására összpontosít.

A  $\sigma$ -konvergencia (relatív szórás vagy szóródási együttható) egy variációs koefficiens, a különböző átlagú és eltérő tulajdonságú sokaságok vagy minták összehasonlítását teszi lehetővé. Esetünkben sokasággal dolgozunk, melyet a DESI-index értékei alkotnak a 2016–2021 közötti időszakban. A szóródási együttható az ismérvértékeknek az átlagtól vett átlagos relatív, százalékban kifejezett eltérését mutatja. Amennyiben időben csökken a fejlettségi szintek szóródása, úgy  $\sigma$ -konvergenciáról beszélünk.

A relatív szórás számítását az (1) képlet tartalmazza:

$$V_{(\%) } = \frac{\sigma_t}{\bar{x}} (100) \quad (1)$$

ahol  $\sigma_t$  a DESI-index szórása  $t$  időpontban és  $\bar{x}$  a DESI-index átlaga.

Az abszolút  $\beta$ -konvergencia hipotézise alapján a (2) összefüggés fejezi ki az egy tagállamra jutó növekedés és a kezdeti fejlettségi szint közötti empirikus kapcsolatot:

$$\frac{1}{T-t_0-1} \ln\left(\frac{X_{it}}{X_{it_0}}\right) = \alpha + \beta \cdot \log(x_{it_0}) + \varepsilon_i \quad (2)$$

ahol  $\frac{1}{T-t_0-1} \ln\left(\frac{X_{it}}{X_{it_0}}\right)$  a DESI-index értékeinek az átlagos éves növekedési rátája  $i$  tagállamra;  $t_0$  jelöli a kezdő évet;  $T$  a záró év;  $x_{it_0}$  a DESI-index kezdeti fejlettségi szintje;  $\varepsilon_i$  a hibateg, mely feltételezhetően azonos és független eloszlású;  $\alpha$  és  $\beta$  a becslendő paraméterek.

E kifejezésben egyedül a kezdeti fejlettségi szint magyarázza a felzárkózás ütemét. A hatás erejét a  $\beta$ -koefficiens előjele és értéke mutatja. Az  $\alpha$ - és  $\beta$ -koefficiens becsléséhez egyváltozós lineáris regresszió számítást (OLS) alkalmaztam. A becslés azonban csak tökéletes kapcsolat esetén lenne hibamentes ( $r=1$  vagy  $r=-1$ ), ezért  $\varepsilon_i$  a becslés hibája. A négyzetes hiba minimalizálására épülő legkisebb négyzetek eljárás segítségével végezzük el az  $\alpha$ - és  $\beta$ -koefficiens becslését. A  $\beta$ -koefficiens csak abban az esetben tekintettük szignifikánsnak, amennyiben az empirikus szignifikanciaszint ( $p$ -érték) kisebb volt, mint 5%. A feltételes konvergencia koncepciója szerint azonban túlságosan sok információ van elrejtve  $\alpha$ -ban és  $\varepsilon_i$ -ben, melyeket esetenként indokolt kibontani, ám jelen esetben csak az abszolút konvergenciát teszteltük.

A  $\beta$ -koefficiens becslését követően ki tudjuk számolni a konvergencia éves sebességét, azaz a konstans felzárkózási ütemet (3).

$$\theta = \frac{-\ln(1 + \beta*(T-t_0-1))}{(T-t_0-1)} \quad (3)$$

ahol  $\beta$  a regressziós együttható értéke;  $t_0$  a kezdő év, és  $T$  jelöli a záró évet.

A konvergencia éves sebességének az értékét használjuk a konvergencia felezési idejének a meghatározására, azaz a teljes konvergenciához vezető út felének megtételéhez szükséges időre a vizsgált területen belül, ha a konvergencia sebessége változatlan marad (Obláth & Szörfi 2008). Az egyenlőtlenségek 50%-os csökkenésének valószínű időigénye (4) – abszolút konvergenciát feltételezve:

$$\tau = \frac{\ln 2}{\theta} \quad (4)$$

ahol  $\theta$  a konvergencia éves sebessége. A hosszú távú konvergencia időigénye esetében figyelembe kell venni a felzárkózás közelmúltban tapasztalt ütemének tartós fennmaradása esetén, mennyi időre lenne szükség ahhoz, hogy a fejlettebb országok szintjének elérése felé vezető út felét megtegyék. Ez az ún. felezési idő.

### *A korrelációs együttható meghatározása*

A minta korrelációs együtthatójának képlete (5) a következő:

$$r_{x,y} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

ahol  $s_{xy}$  a minta kovarianciája;  $s_x$  és  $s_y$  a minta szórása. Karl Pearson után Pearson-féle  $r$ -nek vagy Pearson-féle korrelációnak nevezik.

### *A főkomponens-analízis (PCA) módszertana*

A PCA-elemzés Cauchyra vezethető vissza, azonban a statisztikában először

Karl Pearson (1901) fogalmazta meg, és úgy írta le az elemzést, mint „a térben lévő pontrendszerekhez legjobban illeszkedő vonalak és síkok”. Ezt követően Hotelling (1933) foglalkozott még az eljárással, de igazán ismertté csak a számítógépek elterjedése után vált, a módszer komplexitásából fakadóan.

Az eljárás lényege, hogy nagyszámú, korreláló változókból kisebb számú mesterséges (látens), korrelálatlan változókat, úgynevezett főkomponenseket képezzünk, melyeknek varianciája maximális. Mivel a főkomponensek korrelálatlan változók, nem jelenti feltétlenül azt is, hogy függetlenek egymástól. Az eljárás előnye, hogy a PCA következtében az adatok átláthatóbbá válnak, könnyebben értelmezhetőek az összesített információknak köszönhetően. A főkomponens-analízist leginkább árnyjátékhoz lehet hasonlítani, ahol egy bonyolult térbeli alakzat árnyképét úgy próbáljuk meg rávetíteni egy síkfelületre, hogy közben az alakzat jellegzetes tulajdonságaiból minél kevesebbet veszítsünk. Elsőként meghatároztuk a korrelációs mátrixot és ábráztuk a jellemzőbb értékeket.

A PCA-elemzés a sajátérték-számításra épült többváltozós rendszer, melynek segítségével egyszerre áttekinthető az összes változó korrelációs rendszere. Kiindulási adatként a változók korrelációs mátrixa ( $R$ ) szolgál. Ennek a mátrixnak a spektrális felbontása történik, amivel megkapjuk a sajátvektorokat és a sajátértékeket. Ezeket felhasználva határozzuk meg a főkomponens-változókat és főkomponenssúlyokat. A megfigyelt változókat egymás közötti korrelációjuk alapján lehet csoportosítani és azonos számú főkomponens-változóvá összevonni. A főkomponens-változók az eredeti változók standardizált értékeiből számíthatóak ki, a (6) összefüggés szerint.

$$C_j = \sum_{i=1}^p a_{ij} Z_i \quad (6)$$

ahol  $C_j$  =  $j$ -edik standardizált főkomponens-változó;  $a_{ij}$  = sajátvektormátrix elemei;  $Z_i$  = a standardizált értékek oszlopvektorai.

A sajátvektormátrix sor- és oszlopírányban ortonormált, azaz sor- és oszlopírányban páronként független, és a négyzetösszegük 1-et ad. A standardizált változók mértékegység nélküli adatok, melyeket úgy képeznek, hogy a változók átlagértéküktől való eltérését osztják a szórásértékkel. A főkomponens-változók várható értéke nulla, varianciájuk  $\lambda$ -val egyezik meg. A főkomponens-változók függetlenek egymástól.

Ezt követően a főkomponensekből annyi használható fel, amennyi kellően leírja az eredeti változókat. Az első főkomponens ( $PC_1$ ) tartalmazza a varianciák legnagyobb hányadát, amelyet a sajátérték ( $\lambda_1$ ) mutat. Az első főkomponens így épült fel a modellünkben:

$$PC_1 = a_1 \text{desi}_1 + a_2 \text{desi}_2 + a_3 \text{desi}_3 + a_4 \text{desi}_4$$

Csak azokat a főkomponenseket vettük figyelembe, amelyek sajátértéke nagyobb vagy egyenlő eggyel, vagy amelyek az összes variancia legalább 80%-át magyarázzák. A főkomponensekkel háttérváltozók azonosíthatók.

A főkomponenssúlyok fejezik ki, hogy milyen szoros az összefüggés az adott főkomponens-változó (pl.  $C_1$ ) és a vizsgálatba vont változók között. Ezek értékei -1-től +1-ig terjednek, és ugyanúgy kell értelmezni őket, mint a Pearson-féle korrelációs együtthatókat. Minél közelebb van az abszolút értékük 1-hez, annál szorosabb az összefüggés. Gyakorlati meghatározásuk a (7) képlettel történik:

$$pc_{ij} = a_{ij} \sqrt{\lambda_j} \quad (7)$$

ahol  $pc_{ij}$  a  $j$ -edik főkomponens súlyai;  $a_{ij}$  a sajátvektormátrix elemei;  $\lambda_j$  = sajátértékek.

A főkomponenssúlyok soronkénti négyzetösszege 1-et ad. Az oszlopok ortogonálisak, és az oszloponkénti négyzetösszeg egyenlő a hozzá tartozó sajátértékkel.

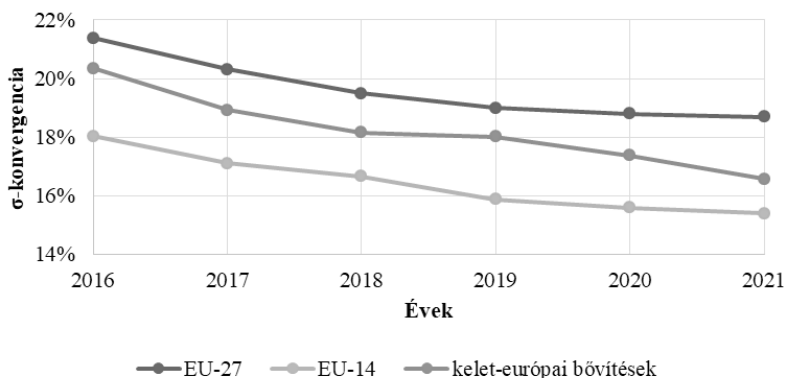
Ezt követően kétdimenziós ábrán ábrázoltuk az EU-tagállamok elhelyezkedését a két legfontosabb főkomponens koordináta-rendszerében. A csoportosításokat az Unióba történő belépés ideje és az egy főre eső reál GDP szerint végeztük el.

Elemzéseinkhez az R statisztikai szoftvercsomag 4.0.2 verzióját használtuk.

## Elemzések

### *A DESI-index $\sigma$ -konvergenciája*

A  $\sigma$ -konvergencia segítségével arra kerestük a választ, hogy a DESI teljes mutató adatainak relatív szórásából, a 2016–2021 közötti időszakban kimutatható-e az EU-27 tagállamainak az összetartása. A  $\sigma$ -konvergenciaszámítások elvégzéséhez szükséges adatokat a DESI-adatbázis (European Commission 2021) tartalmazza. A  $\sigma$ -konvergenciát három egységben elemeztük: elsőként az EU-27 egészét, majd az EU-14 országai, végül pedig a 2004-ben és azt követően csatlakozott államok csoportját (3. ábra). A 2016–2021 közötti időszakban a tagállamok összetartása figyelhető meg, mind a három vizsgálati egységben, azonban az összetartás üteme eltérő. A 2016–2019 közötti időszakban a konvergencia mértéke magasabb, csoportonként évi 1% és 2% közötti. Ezt követően 1% alá csökken, így például az EU-14 csoportban alig érzékelhető az összetartás, a tagállamok digitális közeledése.



Forrás: saját szerkesztés

**3. ábra. A DESI-index  $\sigma$ -konvergenciája**

A fejlődés átlagos üteme eltérő az EU tagállamaiban, 5,16% és 9,65% között mozog. A legnagyobb ütemben Görögország fejlődött, míg az ellenkező oldalon Lettország áll. A kelet-európai bővítések során csatlakozott államok közül Lengyelország mutatja a legnagyobb fejlődési átlagot (9,34%), míg az EU-14 tagállamok közül Luxemburg (5,98%) a sereghajtó a fejlődés terén. Nem szabad azonban ebből elhamarkodott következtetéseket levonnunk, hiszen az egyes tagállamok fejlettségi szintje is eltérő volt  $t_0$  (2016) időpontban.

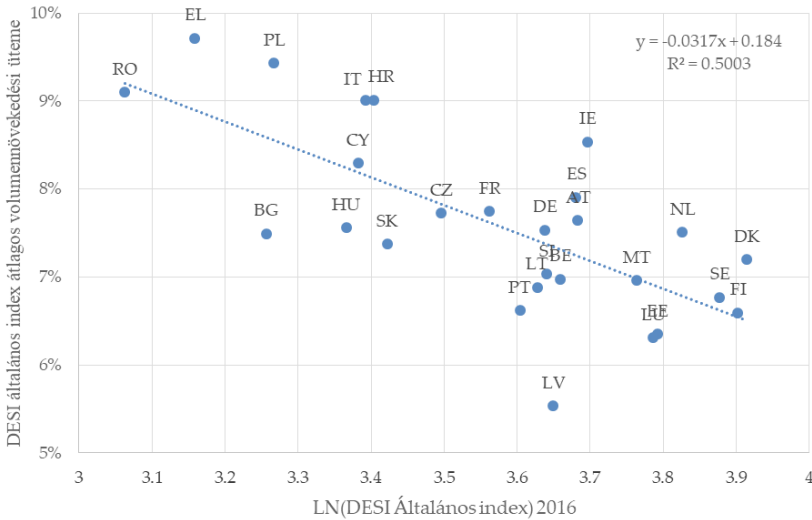
#### ***A DESI-index $\beta$ -konvergenciája***

A 2016–2021 közötti időszakban az EU-tagországokat  $\beta$ -konvergencia, azaz a kezdeti fejlettségi szintek, valamint a DESI-index átlagos volumennövekedési üteme közötti negatív összefüggés jellemezte (3. táblázat és 4. ábra). Az összefüggés elég szorosnak mondható ( $R^2 = 0,5$ ), és a 4. ábrán feltüntetett regressziós egyenletből – a kezdeti fejlettség mintegy -0,0317-es koefficiense alapján – az is kiolvasható, hogy az EU egészét tekintve, évi átlagban 3,45%-os volt a fejlettségi rés zsugorodásának mértéke. A regressziós együttható szignifikánsnak tekinthető, hiszen a p-érték ( $3,69 \cdot 10^{-5}$ ) kisebb, mint  $\alpha$  (0,05).

**3. táblázat. A DESI-index OLS regressziós számítása**

Megfigyelések	$R^2$	Konstans	$\beta$	$\theta$	t-érték	p-érték
27	0,5003	0,184	-0,0317	3,45%	-5,0032	3,69E-05

Forrás: saját szerkesztés



*Forrás: saját szerkesztés*

#### 4. ábra. A DESI-index $\beta$ -konvergenciája (2016 –2021)

Ennek alapján meghatározható a felzárkózás felezési ideje, tehát az, hogy hány évre lenne szükség a régióon belüli teljes felzárkózás irányába tartó út felének a megtételéhez, ha a konvergencia üteme nem változna. A 3,45%-os konstans felzárkózási ütemhez megközelítőleg 20 év felezési idő tartozik. A  $\beta$ -konvergencia-számítások elvégzéséhez szükséges adatokat a DESI-adatbázis (European Commission 2021) tartalmazza.

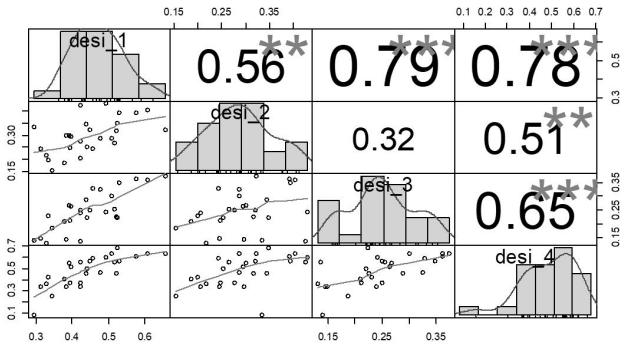
A  $\beta$ -konvergencia alapvető feltevése, hogy az indikátor növekedési rátája nagyobb azokban az országokban, amelyeket eleve alacsonyabb érték jellemzett (pl. Görögország, Lengyelország, Románia, Olaszország, Horvátország), és kisebb lesz ott, ahol a kiindulási érték magasabb volt (pl. Dánia, Észtország, Finnország, Svédország). Jelen esetben ez azt eredményezte, hogy a DESI-index szempontjából kevésbé fejlett országok felzárkóznak a jobban teljesítőkhez. Az EU-hoz a kelet-európai bővítések során csatlakozott országait tekintve a vizsgált időszakban a regressziós vonal alatt helyezkedik el az országok döntő többsége. Csak Ciprus, Horvátország, Málta és Lengyelország található a regressziós vonal felett, ami arra utal, hogy csak az itt felsorolt négy tagállamnak sikerült felülteljesítenie azokhoz a felzárkózási lehetőségekhez képest, amelyek kezdeti lemaradásukból

adódtak. Kiemelendő az Írország DESI átlagos index volumennövekedési ütemének felülteljesítése (a regressziós vonaltól mért távolság, vagyis az egyenlet Írországra vonatkozó maradéktagja), ami 1,3 százalékpont. Bulgária és Lettország azonban igencsak alulteljesített a felzárkózási lehetőségekhez viszonyítva a vizsgált időszakban. A DESI átlagos index volumennövekedési ütemének így értelmezett elmaradása Bulgária esetében közel 1,1, Lettországé pedig több mint 1,8 százalékpont.

A 2020-as év több szempontból is kihívásokkal teli volt. A Covid-19 következtében egy sor korlátozó intézkedés látott napvilágot, amely elsősorban a személyes találkozások csökkentését írta elő. Ennek hatására még inkább aktuálissá vált a digitalizációs folyamatok társadalmi és gazdasági szinten történő integrálása, valamint a folyamatok felgyorsítása. Összehasonlítva a DESI átlagos index 2019-ben és 2020-ban mért értékeit, a legnagyobb fejlődést százalékpontban kifejezve Dánia (+8,28), Ausztria (+6,65), Hollandia (+6,26) és Írország (+6,2) érte el. Az ellenkező oldalon találjuk Lettországot, Litvániát, Bulgáriát és Lengyelországot, ahol a növekedés abszolút mértéke kevesebb mint 2,5 százalékpont. Megvizsgálva a DESI általános indexek átlagos növekedési ütemét a 2016–2021 közötti időszakban, megállapítottuk, hogy ennek mértéke 6,98%. 2019 és 2020 viszonylatában – vagyis a Covid-pandémia első két hullámának hatása alatt – a növekedés mértéke közel 9% volt. Nem fesiszálva csupán a pandémia hatását viszont nagyon is szembeötlő az a tény, hogy az előző évek átlagához képest egy év alatt 25%-pontos növekedés volt tapasztalható a DESI átlagos index esetében. A változás számottevő, ugyanakkor még további vizsgálatok szükségesek a Covid hatásának statisztikai igazolásához.

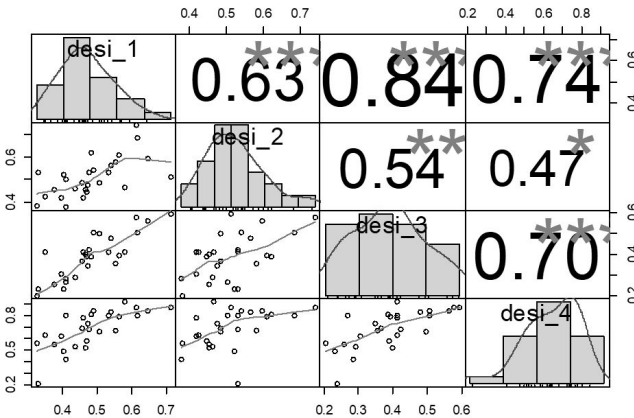
### ***Korrelációs mátrix***

Korrelációs vizsgálat segítségével azt vizsgáltuk meg, hogy a DESI-index négy főindikátora mennyire függ össze egymással. A korrelációs vizsgálatot elvégeztük  $t_0$ -ban – 2016 (5. ábra), valamint megismételtük a 2021-ben közzétett adatokkal is (6. ábra). A korrelációs mátrix főátló feletti része a korrelációs együtthatók értékeit mutatja, valamint jelöli a szignifikanciaszinteket (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \*\*\* $p < 0,001$ ). Az átlóban az adott változó eloszlása látható, az átló alatt részben a változópárok közötti kapcsolat jellegét mutatja, melyről feltételezzük, hogy lineáris, hiszen a korrelációs együttható csak ekkor jellemző.



*Forrás: saját szerkesztés*

**5. ábra. Pearson-féle korrelációs együtthatók, a változók eloszlása és összefüggései a 2016. évben**



*Forrás: saját szerkesztés*

**6. ábra. Pearson-féle korrelációs együtthatók, a változók eloszlása és összefüggései a 2021. évben**

A korrelációs együtthatók zömmel szignifikánsak, a változók között páronként pozitív irányú, közepes és erősebb kapcsolat áll fenn, tehát a DESI-index négy főindikátora egymással szorosan összefügg. Nem korrelál egymással az internet-hozzáférés (desi\_2) és a digitális technológiák integráltsága (desi\_3)  $t_0$ -ban. Ennek magyarázata lehet, hogy a digitális technológia vállalati szinten történő integrálása inkább a vállalatvezetés szemléletmódjától függ, és kevésbé a hálózati összekapcsoltság mértékétől. Az EU-ban a kkv-szektor tevékenysége

jelentős: a több mint 22,8 millió bejegyzett vállalkozás, ami 99%-át jelenti az EU területén működő vállalkozásoknak, 84 millió európai embert foglalkoztat, és az EU GDP-jének 50%-át szolgáltatja (Clark 2021). A kvv-szektor azonban nem igazán használja ki a digitális technológiák adta lehetőségeket, egyrészt a szemléletmódjából fakadóan, másrészt pedig a szűkös finanszírozási lehetőségei miatt.

Egyenként vizsgálva a változópárok közötti korrelációkat, 2021-ben enyhén csökkent a korrelációs együtthatók mértéke a *desi\_1* és *desi\_4* között, valamint a *desi\_2* és *desi\_4* között. Ez utóbbi esetében a szignifikanciaszint is csökkent. Ez arra enged következtetni, hogy a digitális infrastruktúra nagyobb léptékben fejlődik, mint a digitális közszolgáltatások. Jócskán emelkedett a korrelációs kapcsolat erőssége a digitális technológia integráltságával (*desi\_3*) összefüggő változópárok esetében, így az emberi tőkével (*desi\_1*) (0,79\*\*\*  $\rightarrow$  0,84\*\*\*), valamint a digitális közszolgáltatásokkal (*desi\_4*) (0,65\*\*\*  $\rightarrow$  0,70\*\*\*) való összefüggések esetében. Ugyancsak növekedett a korrelációs együttható mértéke a *desi\_1* és *desi\_2* között (0,56\*\*  $\rightarrow$  0,63\*\*\*), továbbá a szignifikanciaszint is.

### ***A főkomponens-analízis (PCA) eredményei***

#### *A főkomponensek meghatározása*

A főkomponens-analízis elvégzésének feltétele, hogy a változók csoportosan korreláljanak egymással, valamint a Pearson-féle korrelációs együtthatóknak jelentősen magasabbnak kell lenniük, mint a parciális kapcsolat mérőszámai. Ennek igazolására Kaiser–Meyer–Olkin- (KMO-) tesztet végeztünk (4. táblázat). A próba a Pearson-féle korrelációs koefficiensek négyzetösszegét viszonyítja a parciális korrelációs együtthatók négyzetösszegéhez. Az így meghatározott mutató az MSA (mintavétel megfelelősége), ahol a próba kritikus értéke 0,5. Az elvégzett tesztek azt igazolták, hogy az adatok alkalmasak a PCA-analízis elvégzésére, mivel a globális, valamint az egyedi értékek is 0,5 felett vannak.

**4. táblázat. A Kaiser–Meyer–Olkin-teszt a DESI-index főindikátorain 2016-ban és 2021-ben**

<b>KMO - 2016</b>	<b>KMO - 2021</b>
Kaiser–Meyer–Olkin-tényező megfelelőség	Kaiser–Meyer–Olkin-tényező megfelelőség
Call: KMO(r = data)	Call: KMO(r = data)
Overall MSA = 0,73	Overall MSA = 0,8
MSA for each item =	MSA for each item =
<i>desi_1</i> <i>desi_2</i> <i>desi_3</i> <i>desi_4</i>	<i>desi_1</i> <i>desi_2</i> <i>desi_3</i> <i>desi_4</i>
0,68 0,74 0,71 0,83	0,73 0,88 0,78 0,88

*Forrás: saját szerkesztés*

A főkomponens-analízis lényege, hogy megtaláljuk azokat a változókat vagy komponenseket, amelyek a számunkra releváns információkat hordozzák. Esetünkben a releváns, értékes információkat az adatok közti variancia, az átlagostól való eltérések jelentik. Ezáltal a rendelkezésre álló adatokat oly módon tudjuk szűkíteni, amely a teljes variancia minél nagyobb százalékát tartalmazza. Az adatokat a DESI főindikátorai helyett főkomponensek (PC) mentén vizsgáltuk. Ezek a főkomponensek olyan irányok a jelenlegi négydimenziós térben, amelyek megadják, hogy az adatoknak melyik irányban nagyobb a varianciája. Az első főkomponens (PC1) azt az irányt adja meg, amelyben a legnagyobb a vizsgált adatok varianciája. A második főkomponens (PC2) az első főkomponensre (PC1) merőleges irány, amerre az adatok varianciája a második legnagyobb. A vizsgálat eredményeit 2016-ra és 2021-re az 5. és a 6. táblázat tartalmazza.

2021-re még inkább egydimenzióssá vált az összefüggésrendszer. Az első főkomponens magyarázóereje 70,9%-ról 74,4%-ra növekedett, a második főkomponens viszont csökkent. Ez természetes, hiszen a négy komponens összege 100%-ot ad. A két főkomponens mindkét évben gyakorlatilag azonos hányadát magyarázza az összefüggésrendszernek (88,5%). Csupán némi átrendeződés van a két dimenzió között.

### 5. táblázat. Sajátérték és variancia arányok

	2016			2021			
	Sajátérték( $\lambda$ )	Variancia	Összesített variancia		Sajátérték ( $\lambda$ )	Variancia	Összesített variancia
Dim1	2,836046	70,901171	70,901171	Dim.1	2,9757839	74,394597	74,394597
Dim2	0,740158	17,600395	88,50157	Dim.2	0,5673334	14,183336	88,57793

*Forrás:* saját szerkesztés

### 6. táblázat. A változók koordinátái

	2016			2021	
	Dim1	Dim2		Dim1	Dim2
desi_1	0,9419029	-0,09252315	desi_1	0,9371991	-0,06188844
desi_2	0,6798614	0,71318097	desi_2	0,7463895	0,65385036
desi_3	0,8363628	-0,43011026	desi_3	0,9060466	-0,16668687
desi_4	0,8872156	-0,04281727	desi_4	0,8481886	-0,32893530

*Forrás:* saját szerkesztés

*A DESI-index főindikátorainak PCA elemzése (2016)*

A főkomponensekhez főindikátor-súlyozó értékek tartoznak, ami arra vonatkozóan nyújt információt, hogy a főkomponensen belül mely főindikátoroknak nagyobb a súlya, és melyeknek kisebb. A PC1(Dim1) esetében a főindikátor-változók súlya magas (6. táblázat), mindegyik pozitív, tehát ugyanabba az irányba változnak párhuzamosan. A legmagasabb súllyal a *desi\_1* (0,9419) főindikátorok szerepelnek, tehát azokban az országokban, ahol a *desi\_1* értéke magas, azok a digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő integrálásában többnyire jobban teljesítenek, tehát a DESI-főmutató indexe is magasabb, mint ahol ennek a főindikátornak az értéke alacsony. A PC2 (Dim2) esetében a *desi\_2* (0,7132) és a *desi\_3* (-0,4301) főindikátorok szerepelnek nagyobb súllyal, és a két indikátor között negatív kapcsolat áll fenn. Azokban az országokban, ahol a *desi\_2* értéke – azaz a hálózati összekapcsoltság – magas, a *desi\_3* értéke, amely a digitális technológia vállalati szinten történő integráltságát jelenti, jellemzően alacsony. Ennek magyarázata lehet, hogy a digitális technológia vállalati szinten történő integrálása inkább a vállalatvezetés szemléletmódjától függ, és kevésbé a hálózati összekapcsoltság mértékétől. 2016-ban az első dimenzióhoz tartozó főkomponens 70,9%-ban, a második dimenzióhoz tartozó pedig 17,6%-ban írja le az összefüggéseket. A változók hozzájárulása az adott komponenshez némileg átalakul, de azért elég közel van az Európai Bizottság által használt egynegyedes súlyozáshoz:

$$PC_1(1.\text{dim}) = 31,28 * \text{desi}_1 + 16,3 * \text{desi}_2 + 24,66 * \text{desi}_3 + 27,76 * \text{desi}_4$$

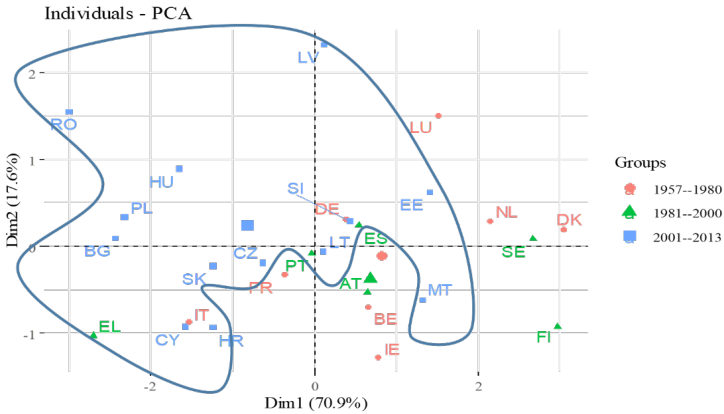
A kialakult főkomponensek mentén csoportosítottuk az EU tagállamait az Unióba történő belépésük (7. ábra), valamint a tagállam által realizált reál GDP/fő (8. ábra) szerint. Ezáltal arra kerestük a választ, hogy: az eltérő csoportosítási ismérvek milyen hatással vannak a digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő alkalmazására? Mely országok teljesítenek jobban a megadott szempontok alapján, tapasztalható-e eltérés közöttük, illetve történik-e elmozdulás a 6 év távlatában (2016–2021)?

A digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő alkalmazását ábrázolja a 7. ábra, a rendezés elve pedig az Unióhoz történő csatlakozás ideje. Ennek alapján három csoportot képeztünk:

– az 1957–1980 között csatlakozottak csoportja az alapító 6 tagállam, kiegészülve az első körös csatlakozókkal 1973-ból: Belgium, Németország, Franciaország, Olaszország, Luxemburg, Hollandia, Dánia és Írország;

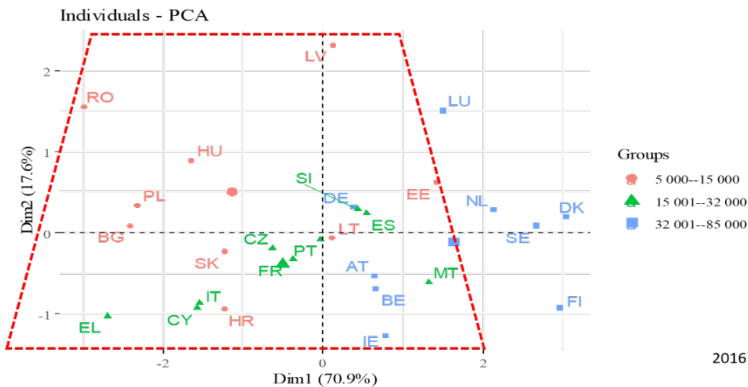
– 1981–2000 között a mediterrán bővítést, továbbá a hidegháborút követően csatlakozott országok: Görögország, Spanyolország, Portugália, Ausztria, Finnország és Svédország;

– 2001–2013 között a kelet-európai bővítések alkalmával csatlakozott tagállamok csoportja: Ciprus, Csehország, Észtország, Magyarország, Litvánia, Lettország, Málta, Lengyelország, Szlovénia, Szlovákia, Bulgária, Románia és Horvátország.



Forrás: saját szerkesztés

7. ábra. Az országok elhelyezkedése a főkomponensek síkján, az EU-hoz való csatlakozás éve szerint csoportosítva (2016)



Forrás: saját szerkesztés

8. ábra. Az országok elhelyezkedése a főkomponensek síkján a reál-GDP (€/fő) alapján csoportosítva (2016)

Az első csoporthoz tartozó tagállamok (pirossal jelölve) döntő többsége igen jól teljesít a digitális technológia alkalmazásában, hiszen az első főkomponens (X-tengely) jobb oldalán helyezkednek el. Belgium és Írország esetében tapasztalható némi elmaradás a hálózati összekapcsoltság mértékében, viszont a digitális technológia vállalati szinten történő alkalmazásában igencsak kimagaslóan teljesítenek (Y-tengely). Nem mondható el ez Olaszország és Franciaország esetében, hiszen az X-tengely bal oldali részén találjuk, tehát a kevésbé fejlettek között, és igencsak rosszul teljesített mind a *desi\_2*, mind pedig a *desi\_3* indikátorok tekintetében.

A második, zöld színnel jelölt csoport digitális teljesítménye az átlag, illetve a fölött helyezkedik el. Kivétel ezúttal Görögország, amely elmaradásokkal küzd mind a *desi\_1*, mind pedig a *desi\_4* indikátorok tekintetében.

A harmadik, kék színnel jelölt és bekeretezett csoport, mely zömmel a kelet-európai államokat tömöríti, jellemzően gyengén teljesít a digitális technológia alkalmazásában, bár az infrastruktúra adott hozzá. Kiemelkedő a digitális hálózat infrastruktúrája Lettországban, és átlag feletti Románia, Lengyelország és Bulgária esetében is. Azonban ami a *desi\_4* indikátort illeti, Málta és Észtország kivételével csak alacsony értékeket tud felmutatni. Észtország jó hálózati összekapcsoltsággal rendelkezik, és igen jól alkalmazza a digitális technológiákat vállalati szinten is.

A digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő alkalmazását ábrázolja a 8. ábra, a rendezés elve pedig az elért reál GDP/fő mértéke (Európai Bizottság, 2021c). Ennek alapján három csoportot képeztünk:

– 5000–15 000 euró közötti reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok csoportja (piros jelölés): Bulgária, Észtország, Horvátország, Lettország, Litvánia, Magyarország, Lengyelország, Románia és Szlovákia;

– 15 001–32 000 euró közötti reál GDP/fő-vel rendelkező országok csoportja (zöld jelölés): Ciprus, Csehország, Görögország, Franciaország, Málta, Olaszország, Portugália, Spanyolország és Szlovénia;

– 32 001–85 000 euró közötti reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok csoportja (kék jelölés): Ausztria, Belgium, Dánia, Finnország, Hollandia, Írország, Luxemburg, Németország és Svédország.

A legalacsonyabb reál GDP/fő-t teljesítők csoportja (piros színnel jelzett és bekeretezett) az X-tengely bal oldalán helyezkedik el, tehát azt jelenti, hogy a *desi\_1* főindikátor tekintetében hátul kullognak, alacsony értékekkel rendel-

keznek. Azt, hogy az X-tengely alatt vagy éppen felett, azt a *desi\_2* és *desi\_3* indikátorokkal kapcsolatos értékeik határozzák meg. A bal felső kvadráns jó hálózati összekapcsoltságot jelöl, ám a digitális technológia integráltságának mértéke alacsony, a jobb alsó kvadráns pedig az előzőekben említett két mutató gyenge teljesítményét jeleníti meg. Kivételt képez Észtország, amely a jobb felső kvadránsban kapott helyet, tehát az átlagnál jobb hálózati összekapcsoltság jellemzi, és a digitális technológia integráltságában is átlag fölötti értékekkel rendelkezik.

A középmezőnyben levő, azaz zölddel jelölt tagállamok digitális teljesítménye többnyire átlagosnak mondható. Svédország kiemelkedően jól teljesít a *desi\_2* és *desi\_3* indikátorok terén, a *desi\_1* és *desi\_4* területén pedig kicsivel az átlag fölötti értékekkel rendelkezik. Görögországot és Ciprust kissé leszakadva, az X-tengely alatt találjuk, a bal alsó kvadránsban, ami azt jelenti, hogy gyenge hálózati összekapcsoltság és a digitális technológia vállalati szinten történő alkalmazása jellemzi.

A legnagyobb reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok csoportja az X-tengely jobb oldalán helyezkedik el, bár itt találni azért eltéréseket a DESI-mutató főindikátorait tekintve. Dánia, Hollandia, Finnország és Svédország kiemelkedő értékeket produkál a humán tőke digitális felkészültségében és az internetes szolgáltatások alkalmazásában, Ausztria, Belgium és Írország vállalatai azonban igen jól alkalmazzák a digitális technológiát. Luxemburg és Németország elhelyezkedése a jobb felső kvadránsban arra utal, hogy ők csak egyszerűen a legjobbak a DESI-index minden indikátorában, amihez egy kimagaslóan magas reál GDP/fő is társul.

A kapott eredmények alapján az országok szélesebb távolságra helyezkednek el az átlag körül, mint a normális eloszlás esetén, legyen a csoportosítási ismérv az Unióhoz történő csatlakozásuk időpontja (7. ábra) vagy a realizált reál GDP/fő mértéke (8. ábra). Figyelembe véve a normális eloszlások tulajdonságait, az adatok 95%-a az átlag körüli  $\pm 1,96$  szórásnyi intervallumon belül kellene hogy elhelyezkedjen. A mesterségesen megalkotott mutatószámaink egy, a normálistól eltérő, mondhatni természetellenes állapotot írnak le, amelyet, ha a statisztika nyelvéről lefordítjuk, a következőképpen értelmezhető: a DESI-index szempontjából a gyenge teljesítménnyel rendelkező tagállamok (Románia, Görögország, Bulgária és Lengyelország) és a nagyon fejlett országok (Finnország, Dánia, Svédország és Hollandia) sokkal távolabb vannak

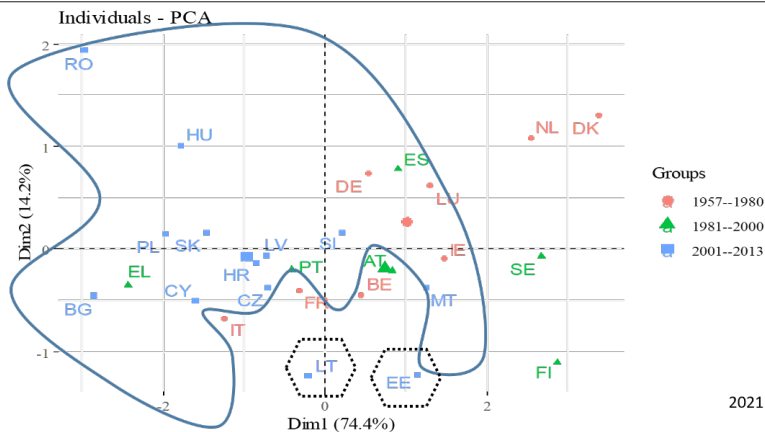
egymástól, mint az normális körülmények között várható volna. Azok az országok, amelyek lemaradtak, akkora hátrányban vannak a fejlettekhez viszonyítva, amely szinte behozhatatlannak tűnik. A tanulmányban (A DESI-átlagos index  $\beta$ -konvergenciája) korábban már meghatároztuk a felzárkózás felezési idejét, vagyis azt, hogy hány évre lenne szükség a régió belüli teljes felzárkózás irányába tartó út felének a megtételéhez, ha a konvergencia üteme nem változna. Eredményül a 20 év felezési időt kaptuk. Már itt felmerült az a sejtés, hogy bár létezik konvergencia a DESI-átlagos index esetében, ezzel egyidejűleg jelen van a Máté-hatás is. A később csatlakozott országok, illetve reál GDP/fő szerint szegényebb tagállamok a korábban csatlakozott, illetve gazdagabb országok közötti távolságok nemhogy csökkennének, hanem épp ellenkezőleg, növekednek. Többek között emiatt is kerültek összevetésre a 2016-os és a 2021-es DESI-szám adatok.

*A DESI-index főindikátorainak PCA elemzése (2021)*

Hasonlóan a 2016-ra számolt értékekhez, a PC1 (Dim1) esetében a főindikátor-változók súlya magas, mindegyik pozitív, tehát ugyanabba az irányba változnak párhuzamosan. A legmagasabb súllyal a *desi\_1* (0,9371) főindikátor szerepel, tehát azokban az országokban, ahol a *desi\_1* értéke magas, a digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő integrálásában többnyire jobban teljesítenek, tehát a DESI-főmutató indexe is magasabb, mint ahol ennek a már említett főindikátor értéke alacsony. A PC2 esetében a *desi\_2* (0,6539) és a *desi\_4* (-0,3289) főindikátorok szerepelnek nagyobb súllyal, és a két változó között negatív kapcsolat áll fenn. Azokban az országokban, ahol a *desi\_2* értéke, azaz a hálózati összekapcsoltság magas, a *desi\_4* értéke, amely a digitális közszolgáltatásokat jellemzi, többnyire alacsonyabb. 2021-ben az első dimenzióhoz tartozó főkomponens 74,4%-ban, a második dimenzióhoz tartozó pedig 14,2%-ban írja le az összefüggéseket. A változók hozzájárulása az adott komponenshez a következő:

$$2021 PC_1 (\text{Dim1}) = \text{desi}_1 * 29,52 + \text{desi}_2 * 18,72 + \text{desi}_3 * 27,59 + \text{desi}_4 * 24,17.$$

A digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő alkalmazása látható a 9. ábrán, a rendezés elve pedig az Unióhoz történő csatlakozás ideje. A kialakult csoportokat már részletesen bemutattuk az előző alpontban.



Forrás: saját szerkesztés

### 9. ábra. Az országok elhelyezkedése a főkomponensek síkján, az EU-hoz való csatlakozás éve szerint csoportosítva (2021)

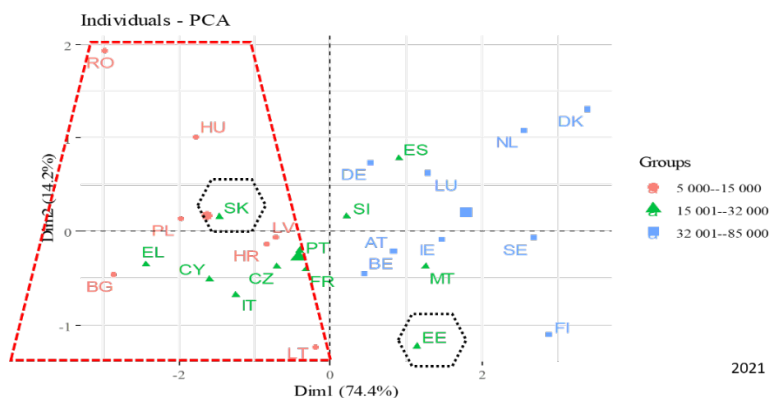
Az első csoporthoz tartozó tagállamok (pirossal jelölve) döntő többsége igen jól teljesít a digitális technológia alkalmazásában, hiszen az első főkomponens (X-tengely) jobb oldalán helyezkednek el. A digitális technológia alkalmazásában a legjobban teljesítő országok közül Dánia és Hollandia tovább növelte a digitális felkészültségéből fakadó előnyét. Belgium a digitális infrastruktúra kialakításában van némi lemaradásban a csoport többi tagjához viszonyítva, viszont a digitális közszolgáltatások alkalmazásában kimagaslóan teljesítenek (Y-tengely). Nem mondható el ez Olaszország és Franciaország esetében, hiszen az X-tengely bal oldali részén találjuk, tehát a kevésbé fejlettek között, és igencsak rosszul teljesített mind a *desi\_2*, mind pedig a *desi\_4* indikátorok tekintetében.

A második, zöld színnel jelölt csoport digitális teljesítménye többnyire az átlag, illetve a fölött helyezkedik el. Kivétel Görögország és Finnország, ahol előbbi elmaradásokkal küzd mind a *desi\_1*, mind pedig a *desi\_4* indikátorok tekintetében, Finnország pedig a hálózati összekapcsoltság területén marad el a csoportja teljesítményétől. Spanyolországnak sikerült növelnie a digitális teljesítményét, és Görögország is elkezdte a felzárkózást, bár egyelőre még csak a digitális közszolgáltatások terén, itt azonban a fejlődés átlagos üteme közel 10,5%-os 2016–2021 között.

A harmadik, kék színnel jelölt és bekeretezett csoport, mely a kelet-európai államokat tömöríti, jellemzően gyengén teljesít a digitális technológia alkalmazásában.

zásában, bár az infrastruktúra adott hozzá. Kiemelkedő a digitális hálózat infrastruktúrája Románia és Magyarország esetében. Azonban ami a *desi\_4* indikátort illeti, Málta és Észtország kivételével, alacsony csak értékeket tudnak felmutatni. Észtország jó hálózati összekapcsoltsággal rendelkezik, és a közszolgáltatás digitalizáltságában is az élen jár. Összevetve a 7. és 9. ábrákat, elmondható, hogy nem tapasztalhatók érdemi elmozdulások 2016 és 2021 viszonylatában. A később csatlakozott országok szinte ugyanabban a „tartományban” helyezkednek el, megtartva a gyengén teljesítők szerepkörét.

A digitális technológia gazdasági és társadalmi szinten történő alkalmazását ábrázolja a 10. ábra, a rendezés elve pedig az elért reál GDP/fő mértéke (Európai Bizottság 2021c). A 2016-os csoportbeosztáshoz képest annyi az eltérés, hogy Észtország és Szlovákia egy szinttel fennebb lépett, 15 000 euró fölé növekedett az egy főre eső reál GDP mértéke.



*Forrás: saját szerkesztés*

**10. ábra. Az országok elhelyezkedése a főkomponensek síkján a reál GDP (€/fő) alapján csoportosítva (2021)**

A legalacsonyabb reál GDP/fő-t teljesítők (pirossal jelölve) csoportja az X-tengely bal oldalán helyezkedik el, tehát a DESI-index főindikátorai tekintetében igencsak a hátsó mezőnyben teljesítenek.

A középmezőnyben, azaz a zölddel jelölt tagállamok digitális teljesítménye többnyire átlagosnak mondható. Spanyolországban növekedett a *desi\_4* indikátor értéke 2016-hoz viszonyítva, Ciprus esetében is észlelhető egy pozitív, az átlag felé történő elmozdulás. Ezzel szemben Görögországot itt is teljesen leszakadva,

az X-tengely alatt találjuk, a bal alsó kvadránsban, ami azt jelenti, hogy gyengén teljesít a DESI-index minden indikátora terén. A legnagyobb reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok csoportja az X-tengely jobb oldalán helyezkedik el, bár itt találni azért eltéréseket a DESI-index főindikátorait tekintve. Dánia, Hollandia, Finnország és Svédország kiemelkedő értéket produkál minden tekintetben, megelőzve nemcsak a többi európai tagállamot, de a 32 001–85 000 € reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok csoportjában is a legjobbak.

2016-hoz hasonlóan, az Unió tagállamai most is nagyobb távolságra helyezkednek el, mint  $\pm 1,96$  szórásnyi távolságra az átlag körül. Tehát ebben az esetben sem beszélhetünk normális eloszlásról. A távolságok a 2021-re fejlett és fejletlen országok között enyhén tovább nőttek, legyen a csoportosítási ismérv az Unióhoz történő csatlakozásuk időpontja (9. ábra), vagy a realizált reál GDP/fő mértéke (10. ábra). Ugyanazon országok találhatóak a rangsor élén, és ugyanazok a végén, tehát a hátrányból nemhogy ledolgozni nem sikerült, hanem az enyhén még tovább is nőtt. Ennek számszerűsítése érdekében meghatároztam a kiindulási év (2016) és a záró év (2021) DESI-mutatóinak átlagait és varianciáit az EU 27 tagállamaira. Az átlagok esetében (2016: 0,3658, illetve 2021: 0,5178) a növekedés mértéke közel 42% volt, tehát az átlagos értékek jelentősen növekedtek. A variancia értéke ugyanakkor (2016: 0,0064, illetve 2021: 0,0097) nagyobb, megközelítőleg 52%-os növekedést mutat. A 10 százalékponttal nagyobb variancianövekedés azt is mutatja, hogy az átlagos értéktől vett távolságok abszolút értékben nagyobb mértékben nőttek, mint azt láthattuk a csoportosítási ismérvek alapján (9. és 10. ábra). Az eltérés szignifikanciáját ugyanakkor az F-próba nem igazolta. A Máté-hatás sejtése a 2016–2021 közötti időszakban bár szignifikánsan nem igazolható, tendencijelleggel utal annak meglétére. Mivel modellünk szimmetrikus feltételezésekkel vizsgálja a DESI-index változását, a fejlettebb országok továbbfejlődése definíció szerint azt jelenti, hogy a kevésbé fejlett országok az elkövetkezőkben is ugyanannyira lemaradnak: a gazdagok gazdagabbak lesznek, mert a szegények veszítenek.

## Eredmények

A szakirodalmi feldolgozás során bibliometriai elemzéssel megállapítottuk, hogy a DESI-index alakulásának, fejlődésének nyomon követése többnyire azon tagállamok számára fontosabb, ahol jelentős a lemaradás. Ezért ezekben az országokban a vonatkozó tanulmányok száma is magasabb, sőt, több állam nem is tagja az Európai Unió közösségének.

Az első hipotézis ( $H1_0$ ) szerint a DESI-indexek változása alapján feltételeztük, hogy nincs konvergencia, azaz közeledés a tagállamok között. A  $\sigma$ -konvergenciát három egységben elemeztük: elsőként az EU-27 egészére vizsgálva, majd az EU-14 országai, végül pedig a 2004-ben és azt követően csatlakozott államok csoportját. A 2016–2021 közötti időszakban a tagállamok összetartása figyelhető meg mind a három vizsgálati egységben, azonban az összetartás üteme eltérő (3. ábra) az EU tagállamaiban, 5,16% és 9,65% között mozog. A legnagyobb ütemben Görögország fejlődött, míg az ellenkező oldalon Lettország áll. A kelet-európai bővítések során csatlakozott államok közül Lengyelország mutatja a legnagyobb fejlődési átlagot (9,34%). A DESI-index alapján az EU egészét tekintve  $\beta$ -konvergencia mutatható ki, évi átlagban 3,45%-os volt a fejlettségi rés zsugorodásának mértéke. A változás pedig szignifikánsan igazolható. Ennek alapján meghatározható volt a felzárkózás felezési ideje. Megállapítottuk, hogy a 3,45%-os konstans felzárkózási ütemhez megközelítőleg 20 év felezési idő szükséges. Tudomásunk szerint más szakírók ezzel a problémával nem foglalkoztak, nem jelent meg ezzel kapcsolatos előrejelzés, adat.

A  $\sigma$ - és  $\beta$ -konvergenciavizsgálatok azt támasztották alá, hogy igenis létezik közeledés a DESI-index esetében az EU tagállamai között, vagyis a  $H1$  nullhipotézisét elvetjük.

A második hipotézis ( $H2_0$ ) szerint feltételeztük, hogy a PCA-elemzéssel kapott első dimenzió komponenseinek (változóinak) hozzájárulása megegyezik az Európai Bizottság által megadott súlyokkal. Számításaink azt mutatták, hogy a változók hozzájárulása az adott komponenshez némileg eltér a DESI-index számításánál jelenleg is alkalmazott eljárástól, de azért elég közel van az Európai Bizottság általi egynegyedes súlyozáshoz. Hasonló összefüggést tártunk fel a 2021-es adatok elemzése során. Mindkét vizsgálat (2016, 2021) azt támasztja alá, hogy az első komponens, azaz a humán tőke nagyobb súllyal szerepel, mint az eredetileg alkalmazott 25%. Mindezek alapján a második nullhipotézisünket is elvetettük. Egyben megfontolásra javasoljuk az egynegyedes súlyozás módosítását a DESI-index számítása során. Javasoljuk, hogy a humán tőke nagyobb súllyal szerepeljen. Korábbi, ezzel kapcsolatos tanulmányok is kiemelik a készségek, képességek, illetve az oktatás fontosságát. Bánhidi, Dobos és Nemeslaki (2020) klaszterelemzéssel és MDS-sel (többdimenziós skálázással) csoportosították és rangsorolták az EU-tagországokat, és eredményeiket összevetették a DESI-indexsúlyokkal meghatározott értékekkel. Megállapították, hogy a két rang-

sor nem tér el jelentősen, de felvetették a DESI-dimenzióstruktúra egyszerűsítését, átgondolását. Folea (2018), Fleaca (2017) és Condruz-Bacescu (2019) szerint az EU digitális menetrendjében a digitális készségek oktatását támogató intézkedések kulcsszerepet játszanak a lakosság digitális készségeinek a fejlesztésében, és minden tagállamnak kötelessége, hogy növelje az alap- és felsőfokú digitális készségekkel rendelkezők számát (Jaculjakova–Stofkova 2020; Rodrigues et al. 2021; Tumbas et al. 2019). Az oktatás azonban önmagában nem elegendő, hiszen a technológiának is elérhető közelségben kell lennie, hogy a megszerzett tudás alkalmazhatósága és továbbfejlesztése biztosítva legyen (Matkovic et al. 2019; Štofková et al. 2019). López Peláez, Erro-Garcés és Gómez-Ciriano (2020) a brit fiatalság digitális készségeit és a munkaerőpiac elvárásait állította szembe egymással, és nézete szerint a kettő között tátongó digitális szakadék kizárólag csak oktatással, a digitális készségek fejlesztésével érhető el. Kwilinski, Vyshnevskiy és Dzwigol (2020) kutatásai során azt tapasztalták, hogy egy társadalomban minél magasabb a digitalizáció szintje, annál kisebb a szegénység és a társadalmi kirekesztés kockázata. Vyshnevskiy, Stashkevych, Shubna és Barkova (2020) arra hívja fel a figyelmet az EU gazdaságának a fejlődését a GDP változásának dinamikáján keresztül értékelve, hogy nem mutatható ki a gazdaság digitalizáltságának a döntő szerepe az elért gazdasági növekedés ütemében, tekintve az alkalmazott technológiák és az intézmények jelenlegi fejlettségét. Vizsgálataink értelmében a legnagyobb reál GDP/fő-vel rendelkező tagállamok kiemelkedő értéket produkálnak a humán tőke digitális felkészültségében és az internetes szolgáltatások alkalmazásában. Ausztria, Belgium és Írország vállalatai jól alkalmazzák a digitális technológiát, Luxemburg és Németország pedig csak egyszerűen a legjobb a DESI-index minden indikátorában, amihez még egy kimagaslóan magas reál GDP/fő is társul. A DESI-index növekedése a foglalkoztatási ráta és a személyi jövedelmek növekedését is jelenti, csökkentve a hosszú távú munkanélküliségi rátát és a munkaerőpiaci bizonytalanságot (Basol–Yalcin 2021; Stavitsky et al. 2019). Neamtu et al. (2019) és Bejinaru (2017) szerint az Ipar 4.0 az információs és kommunikációs technológiával közösen teljesen átírta a globális gazdasági rendszert, és további átalakulások várhatóak. A digitális szempontokat figyelembe véve Európa északi államai jobban teljesítenek, míg Kelet-Európa igencsak lezszakadt (Stankovic et al. 2021). Románia több tekintetben is elmarad az európai átlagtól digitalizáció területén, így az e-kormányzati intézkedések meghonosításában (Murariu–Bedrule-Grigoruta 2020; Todorut–Tselentis 2018), a lakosság di-

gitális készségeit illetően (Gaftea 2016) és a digitális technológia vállalati szinten történő alkalmazásában (Baltateanu 2020; Iliescu 2020). Esses et al. (2021) és Kuncová–Doucek (2018) a visegrádi országok teljesítményét és előrehaladását értékeli, Herman (2020) azt hangsúlyozza, hogy a V4-államokban és Romániában is az IKT-területen foglalkoztatottak aránya és a GDP-hez való hozzájárulása elmarad az EU átlagától.

Folytatva ezt a gondolatmenetet, a harmadik nullhipotézis ( $H_{3_0}$ ) igazolására térünk át, miszerint a DESI-indexek látens változóinak átlaga és varianciája a 2016–2021 közötti időszakban nem igazolja a Máté-hatást. Elemezve a DESI-indexek növekedésének mértékét, valamint azok varianciáját, megállapítottuk, hogy a variancia 10%-kal nagyobb mértékben nőtt, mint a DESI-index. Hat év elteltével ugyanazon országok találhatóak a rangsor élén, és ugyanazok a végén, tehát a hátrányból nemhogy ledolgozni nem sikerült, hanem tovább is nőtt. Az eltérés szignifikanciáját F-próba viszont nem igazolta. A Máté-hatás sejtése a 2016–2021 közötti időszakban bár szignifikánsan nem igazolható, tendencijelleggel utal annak meglétére, vagyis a harmadik hipotézist megerősítjük. A sejtés ugyanakkor továbbra is fennáll, amit érdemes mélyebb vizsgálatokkal igazolni. Javasolható a DESI-index fő indikátorainak egyenként történő statisztikai vizsgálata és elemzése.

Végül, megvizsgálva a DESI-indexek átlagos növekedési ütemét 2016–2021 között, azt állapítottuk meg, hogy annak mértéke 6,98%. Csupán két év, 2019 és 2020 viszonylatában – vagyis a Covid-járvány első hullámai alatt – a növekedés mértéke közel 9% volt. Nem fetisizálva csupán a pandémia hatását viszont nagyon is szembeötlő az a tény, hogy az előző évek átlagához képest egy év alatt 25%-os növekedés volt tapasztalható a DESI-index esetében. A változás számottevő, ugyanakkor még további részletes vizsgálatok szükségesek a Covid hatásának statisztikai igazolásához.

### **Következtetések**

Jelen tanulmányban a DESI-index értékei alapján kerestük a digitális fejlődés bizonyítékait az uniós tagállamokban. Ismereteink szerint nem készült még olyan tanulmány, amelyik  $\sigma$ - és  $\beta$ -konvergenciamódszereket alkalmazott volna a DESI-index vizsgálatára. Külön vizsgáltuk a tagállamok fejlettségi lemaradását, de a  $\sigma$ - és  $\beta$ -konvergenciát a fejlettségi lemaradás változásának meghatározására is alkalmaztuk. Eredményeink azt mutatják, hogy a vizsgált

időszakban az EU-tagállamok átlagos növekedési üteme 5,16% és 9,65% között mozgott. A statisztikai számítások azt mutatták, hogy az EU-tagállamok közötti különbségek csökkentek ( $\sigma$ -konvergencia), és negatív korreláció áll fenn a kezdeti fejlettségi szintek és az átlagos volumennövekedési ráta között ( $\beta$ -konvergencia). Kiszámítottuk, hogy a fejlettségi különbségek csökkenésének éves átlagos üteme 3,45% volt, ami azt jelenti, hogy a felzárkózás felezési ideje közel 20 év. Az itt bemutatott értékek azt támasztják alá, hogy a digitális technológia integráltsága gazdasági és társadalmi szinten is növekszik az EU tagállamaiban. Validáltuk az EU által használt súlyozási módszert, és javaslatot fogalmaztunk meg a DESI-index súlyozásának módosítására. A PCA-elemzés segítségével pontosan meghatározható az egyes főmutatók hozzájárulása a főkomponensen belül. Számításaink azt igazolták, hogy a humán tőke jelentősége nagyobb, mint a DESI-index módszertanában jelenleg meghatározott, ugyanakkor az összekapcsoltság (internetes hozzáférés) mint főmutató jelentősége kissé mérsékeltebb. Vizsgálataink megerősítették a humán tőke kiemelt fontosságát a digitalizációs folyamatokat illetően.

Elemzéseink arra engedtek következtetni, hogy a DESI-index alapján, és függetlenül attól, hogy a klaszterezési kritérium az EU-hoz való csatlakozás időpontja vagy az egy főre jutó reál-GDP, a magas és alacsony teljesítményt nyújtó országok közötti szakadék egyre szélesedik. Ezt a Máté-hatás néven ismert jelenséget azonban statisztikai módszerekkel nem sikerült alátámasztani, azonban tendencijelleggel utal annak meglétére.

A DESI-index elemzésére jelenleg használt leíró statisztikáknak a tanulmányban bemutatott módszerekkel való kiegészítése segíthet a makrogazdaságtan és a megoldások összekapcsolásában.

### Irodalomjegyzék

Baltateanu, A. M. 2020. Digitalization. Global Challenges and Economic Prosperity Example: Romania. In: Bratianu, C.–Zbucnea, A.–Anghel, F.–Hrib, B. (szerk.) *Strategica - Preparing for Tomorrow, Today*. Bukarest: Tritonic Publ House, 520–530.

Bánhidi, Z.–Dobos, I. 2020. Az Európai Unió digitális gazdaság és társadalom indexének statisztikai elemzése. *Statisztikai Szemle* 98(2), 149–168.

Bánhidi, Z.–Dobos, I.–Nemeslaki, A. 2020. What the overall Digital Economy and Society Index reveals: A statistical analysis of the DESI EU28 dimensions. *Regional Statistics* 10(2), 42–62.

Barro, R. J.–Sala-I-Martin, X. 1992. Convergence. *Journal of Political Economy* 100(2), 223–251.

Barro, R. J.–Sala-I-Martin, X.–Blanchard, O. J.–Hall, R. E. 1991. Convergence Across States and Regions. *Brookings Papers on Economic Activity* 22(1), 107–182.

Basol, O.–Yalcin, E. C. 2021. How does the digital economy and society index (DESI) affect labor market indicators in EU countries? *Human Systems Management* 40(4), 503–512.

Bassanini, A.–Scarpetta, S.–Visco, I. 2000. Knowledge, technology and economic growth: recent evidence from OECD countries. *OECD Economics Department Working Papers* 259. Paris: OECD Publishing.

Bejinaru, R. 2017. Knowledge strategies aiming to improve the intellectual capital of universities. *Management & Marketing-Challenges for the Knowledge Society* 12(3), 500–523.

Bogoslov, I. A.–Lungu, A. E. 2020. The Relationship between Entrepreneurship and Digitalization - Spotlight on the EU Countries. *Studies in Business and Economics* 15(3), 5–15.

Borowiecki, R.–Siuta-Tokarska, B.–Maroń, J.–Suder, M.–Thier, A.–Żmija, K. 2021. Developing Digital Economy and Society in the Light of the Issue of Digital Convergence of the Markets in the European Union Countries. *Energies* 14(9), 2717.

Čiefová, M. 2017. Austria's Competitiveness: Assessing Changes Compared to the Past Year. In: Cibulfa, A.–Klenka, M.–Vlková, E. (eds.) *International Relations 2017: Current issues of world economy and politics*. Smolenice: Publishing Ekonóm, 155–161.

Clark, D. 2021. *Number of SMEs in the European Union 2008-2021, by size*. <https://www.statista.com/statistics/878412/number-of-smes-in-europe-by-size/>, letöltve: 2021. 10. 07.

Condruz-Bacescu, M. 2019. E-learning Market in Romania. In: Roceanu, I. (ed.) *New Technologies and Redesigning Learning Spaces*. Bucharest: Carol I National Defence University Publishing House, 49–56.

De Solla Price, D. 1967. Network of Scientific Papers. *Science* 149(3683), 510–515.

Ershova, I.–Obukhova, A.–Belyaeva, O. 2020. Implementation of innovative digital technologies in the world. *Economic Annals-XXI* 186(11-12), 28–35.

Esses, D.–Csete, M. S.–Németh, B. 2021. Sustainability and Digital Transformation in the Visegrad Group of Central European Countries. *Sustainability* 13(11), 5833.

Európai Bizottság 2010a. *Az európai digitális menetrend*. Brüsszel: Európai Bizottság.

Európai Bizottság 2010b. *Europe 2020 A Strategy for Smart, Sustainable and Inclusive Growth*. Brussels: Communication from the Commission.

Európai Bizottság. 2021a. *Digital Economy and Society Index 2021 Methodological Note*. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/digitalizacion-sociedad-digital/metodologia/Notas-Metodologicas-DESI.pdf>, letöltve: 2021. 11. 19.

Európai Bizottság 2021b. *Digitális iránytű 2030-ig: a digitális évtized megvalósításának európai módja*. Brüsszel: Európai Bizottság.

Európai Bizottság 2021c. *Real GDP per capita*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg\\_08\\_10/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_10/default/table?lang=en), letöltve: 2021.10.21.

Európai Bizottság 2021d. *State of the Union: Commission proposes a Path to the Digital Decade to deliver the EU's digital transformation by 2030*. Brussels: European Commission.

European Commission 2021. *Digital Economy and Society Index. Digital Agenda for Europe*. Brussels: European Commission.

Ferenc pápa 2015. *Laudato Si: Közös otthonunk gondozásáról*. Budapest: Szent István Társulat.

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(C), 101420.

Fleaca, E. 2017. Entrepreneurial Curriculum through Digital-Age Learning in Higher Education - A Process-based Model. *TEM Journal–Technology Education Management Informatics* 6(3), 591–598.

Folea, V. 2018. European public policies in the area of the digital economy and society: country performance analysis. In: Hájek, P.–Vít, O. (eds.) *CBU International Conference Proceedings*. Prague: CBU Research Institute, 120–128.

Gaftea, V. 2016. Awareness in eEducation Given by Strategies and Indicators. In: Roceanu, I. (ed.) *eLearning Vision 2020! Volume II*. Bucharest: Carol I National Defence University Publishing House, 593–600.

Giannone, D.–Santaniello, M. 2019. Governance by indicators: the case of the Digital Agenda for Europe. *Information Communication & Society* 13, 1889–1902.

Grinberga-Zalite, G.–Hernik, J. 2019. Digital Performance Indicators in the EU. In: Markevica, A. (ed.) *Research for Rural Development*. Jelgava: Latvia University of Life Sciences and Technologies, 183–188.

Hadad, S. 2017. Business Digitization in the Romanian Economy. In: Pinzaru, F.–Zbucea, A.–Bratianu, C.–Vatamanescu, E. M.–Mitan, A. (ed.). *Shift! Major Challenges of Today's Economy*. Bucharest: Tritonic Publishing House, 453–466.

Herman, E. 2019. The Influence of ICT Sector on the Romanian Labour Market in the European Context. In: Moldovan, L.–Gligor, A. (eds.) *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier Science BV, 344–351.

Hofstede, G. 1984. Cultural dimensions in management and planning. *Asia Pacific Journal of Management* 1, 81–99.

Hotelling, H. 1933. Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology* 24, 417–441.

Iliescu, M. E. 2020. Barriers to Digital Transformation in SMES: A Qualitative Exploration of Factors Affecting ERP Adoption in Romania. In: Bratianu, C.–Zbucea, A.–Anghel, F.–Brib, B. (eds.) *Preparing for Tomorrow, Today*. Bucharest: Tritonic Publishing House, 453–461.

Ivanovic-Dukic, M.–Stevanovic, T.–Radenovic, T. 2019. Does digitalization affect the contribution of entrepreneurship to economic growth? *Zbornik Radova Ekonomskog Fakulteta U Rijeci-Proceedings of Rijeka Faculty of Economics* 37(2), 653–679.

Ivanovic, M.–Ambros, F. 2016. The Economic Impacts of Broadband Access Investment in Croatia. In: Križanović, K. (ed.) *Vision and Development*. Osijek: Ekonomski Fakultet Osijeku-Fac Economics Osijek, 911–921.

Jaculjakova, S.–Stofkova, K. R. 2020. Analysis of Basic Digital Skills of Citizens in Selected Region. In: Chova, L. G.–Martinez, A. L.–Torres, I. C. (eds.) *INTED2020 Proceedings*. Valencia: IATED Academy, 6141–6149.

Jakovic, B.–Curlin, T.–Miloloza, I. 2021. Enterprise Digital Divide: Website e-Commerce Functionalities among European Union Enterprises. *Business Systems Research Journal* 12(1), 197–215.

Jendricko, K.–Mesaric, J. 2019. The Significance of European Structural and Investment Funds for the Republic of Croatia in the Area of Information and Communications Technologies. In: Turkalj, Z. (ed.) *Interdisciplinary Management Research XV (IMR)* Osijek: Josip JurajStrossmayer University of Osijek, 1632–1655.

Jovanović, M.–Dlačić, J.–Okanović, M. 2018. Digitalization and society's sustainable development—Measures and implications. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci: časopis za ekonomsku teoriju i praksu* 36(2), 905–928.

Jurčević, M.–Lulić, L.–Mostarac, V. 2020. The Digital Transformation of Croatian Economy compared with EU Member Countries. *Ekonomski vjesnik/Econviews—Review of Contemporary Business, Entrepreneurship and Economic Issue* 33(1), 151–164.

Kamberidou, I.–Pascall, N. 2019. The digital skills crisis: engendering technology—empowering women in cyberspace. *European Journal of Social Sciences Studies* 4(6) 1–33.

Karnitis, G.–Virtmanis, A.–Karnitis, E. 2019. Key drivers of digitalization; EU context and Baltic case. *Baltic Journal of Modern Computing* 7(1), 70–85.

Koopmans, T. C. 1963. *On the concept of optimal economic growth*. New Heaven: Cowles Foundation Discussion Papers, 392.

Kuncová, M.–Doucek, P. 2018. Comparison of ICT Development in V4 Countries. In: Jedlička, P.–Marešová, P.–Soukal, I. (eds.) *Hradec Economic Days*. Kralove: University of Hradec Králové, 513–522.

Kwilinski, A.–Vyshnevskiy, O.–Dzwigol, H. 2020. Digitalization of the EU Economies and People at Risk of Poverty or Social Exclusion. *Journal of Risk and Financial Management* 13(7), 142.

Laitsou, E.–Kargas, A.–Varoutas, D. 2020. Digital competitiveness in the European Union era: The Greek case. *Economies* 8(4), 85.

Lomakina, O.–Kookueva, V.–Makarenko, A. 2021. Redistribution of economic resources in the digital society. *Business and Society Review* 126, 25–35.

López Peláez, A.–Erro-Garcés, A.–Gómez-Ciriano, E. J. 2020. Young people, social

workers and social work education: the role of digital skills. *Social Work Education* 39(6), 825–842.

Luchko, M. 2020. Positions of Nordic Countries through the Prism of International Ratings. *Contemporary Europe-Sovremennaya Evropa* 3, 83–95.

Macgregor Pelikánová R. 2018. Fostering innovation—a myth or reality of the EU in 2018. In: Staničková, M.—Melecký, L.—Kovářová, E.—Dvoroková, K. (eds.) *Proceedings of the 4th International Conference on European Integration 2018*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, 965–973.

Martínez-Cantos, J. L. 2017. Digital skills gaps: A pending subject for gender digital inclusion in the European Union. *European Journal of Communication* 32(5), 419–438.

Máté 25,29 1993. *Újszövetségi Szentírás, Tizenegyedik, átdolgozott kiadás*. Pannonthalma: Bencés Kiadó.

Matkovic, P.—Maric, M.—Rakovic, L.—Sakal, M. 2019. Enhancing Digital Competences in Higher Education. In: Chova, L. G.—Martínez, A. L.—Torres, I. C. (eds.) *INTED2020 Proceedings*. Valencia: IATED Academy, 7939–7944.

Merton, R. K. 1968. The Matthew effect in science: The reward and communication systems of science are considered. *Science* 159(3810), 56–63.

Merton, R. K. 1988. The Matthew effect in science, II: Cumulative advantage and the symbolism of intellectual property. *Isis* 79, 606–623.

Moldabekova, A.—Philipp, R.—Reimers, H. E.—Alikozhayev, B. 2021. Digital technologies for improving logistics performance of countries. *Transport and Telecommunication Journal* 22(2), 207–216.

Murariu, M.—Bedrule-Grigoruta, M. V. 2020. Digitalisation – A Sine-qua-non Condition for the Romanian Public Management. In: Tofan, M.—Bilan, I.—Cigu, E. (eds.) *European Finance, Business and Regulation International Conference (EUFIRE)*. Iași: Editura Universității „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, 621–631.

Neamtu, D. M.—Hapenciuc, C. V.—Bejinaru, R. 2019. The Impact of Digitalization on Business Sector Development in the Knowledge Economy. In: Dima, A. M. (ed.) *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*. Bucharest: Sciendo, 479–491.

Obláth, G.—Szörfi, B. 2008. Makrogazdasági konvergencia az EU új tagországaiában. In: Kolosi, T.—Tóth, I. G. (eds.) *Társadalmi riport*. Budapest: Társi.

Pearson, K. 1901. LIII On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space. *Philosophical Magazine and Journal of Science* 2, 559–572.

Perc, M. 2014. The Matthew effect in empirical data. *Journal of the Royal Society, Interface* 11(98), 20140378.

Polozova, T.—Kolupaieva, I.—Sheiko, I. 2021. Digital Gap in EU Countries and its Impact on Labour Productivity and Global Competitiveness. In: Mačí, J.—Marešová, P.—Firlej, K.—Soukal, I. (eds.) *Hradec Economic Days*. Hradec Kralove: University of Hradec Králové, 659–670.

Pyroh, O.–Kalachenkova, K.–Kuybida, V.–Chmil, H.–Kiptenko, V.–Razumova, O. 2021. The Influence of Factors on the Level of Digitalization of World Economies. *International Journal of Computer Science and Network Security* 21(5), 183–191.

Rakićević, J.–Rakićević, A.–Poledica, A. 2019. Logical clustering approach for analysing digital economy and society performance of countries. In: Štěpnička, M. (ed.) *11th Conference of the European Society for Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT 2019)*. Prague: Atlantis Press, 550–557.

Ramsey, F. P. 1928. A mathematical theory of saving. *The Economic Journal* 38(152), 543–559.

Rigney, D. 2010. *The Matthew effect: How advantage begets further advantage*. Columbia: University Press.

Rodrigues, A. L.–Cerdeira, L.–Machado-Taylor, M. D.–Alves, H. 2021. Technological Skills in Higher Education-Different Needs and Different Uses. *Education Sciences* 11(7), 326.

Rozite, K.–Balina, S.–Freimane, R. 2019. Digital Competence Rating and Economic Development in the EU. In: Romaniva, I. (ed.) *New Challenges of Economic and Business Development - Incentives for Sustainable Economic Growth*. Riga: University of Latvia, 701–708.

Solow, R. M. 1956. A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics* 70(1), 65–94.

Stankovic, J. J.–Marjanovic, I.–Drezgic, S.–Popovic, Z. 2021. The Digital Competitiveness of European Countries: A Multiple-Criteria Approach. *Journal of Competitiveness* 13(2), 117–134.

Stavytskyy, A.–Kharlamova, G.–Stoica, E. A. 2019. The Analysis of the Digital Economy and Society Index in the EU. *Baltic Journal of European Studies* 9(3), 245–261.

Stofkova, K. R.–Stofkova, J. 2020. Use of Open Data in the Development of the Digital Economy in the Knowledge Society in the Era of Globalization. In: Klietnik, T. (ed.) *Globalization and Its Socio-Economic Consequences - Sustainability in the Global-Knowledge Economy*. Rajecké Teplice: EDP Sciences.

Stofkova, Z.–Hraskova, D. 2017. Digital skills in period of digital economy. In: Petranova, D.–Rybansky, R.–Mendelova, D. (eds.). *Marketing Identity*. Trnava: Univ Ss Cyril & Methodius Trnava, 407–425.

Štofková, Z.–Soltes, V.–Stofkova, J. 2019. Survey of the Citizens Digital Skills in the Region. In: Chova, L. G.–Torres, A. M. (eds.) *International Conference of Education, Research and Innovation. Proceedings*. IATED, 7127–7132.

Szőllősi, L.–Béres, E.–Szűcs, I. 2021. Effects of modern technology on broiler chicken performance and economic indicators – a Hungarian case study. *Italian Journal of Animal Science* 20(1), 188–194.

Tkác, M. 2018. Digital Single Market Strategy and its Impact on Trust in Public Administration. In: Doucek, P.–Chroust, G.–Oškrdal, V. (eds.) *IDIMT-2020 Digitalized*

*Economy, Society and Information Management*. Kutna Hora: Trauner Verlag, 277–286.

Todorut, A. V.–Tselentis, V. 2018. Digital Technologies and the Modernization of Public Administration. *Quality-Access to Success* 19(165), 73–78.

Tsenzharik, M. K.–Krylova, Y. V.–Steshenko, V. I. 2020. Digital transformation in companies: Strategic analysis, drivers and models. *St. Petersburg University Journal of Economic Studies* 36, 390–420.

Tumbas, P.–Sakai, M.–Pavlicevic, V.–Rakovic, L. 2019. Digital Competencies in Business Informatics Curriculum Innovation. In: Chova, L. G.–Martínez, A. L.–Torres, I. C. (eds.) *International Technology, Education and Development Conference (INTED 2019)*, Valencia: IATED Academy, 9655–9664.

Van Eck, N. J.–Waltman, L. 2013. *VOSviewer manual* 1., letöltve: 2021. 07. 29.

Vidruska, R. 2016. The Digital Economy & Society Index and Network Readiness Index: Performance of Latvia on European Union Arena. In: Bruna, I. (ed.) *New Challenges of Economic and Business Development - Society, Innovations and Collaborative Economy*. Riga: University of Latvia, 901–916.

Vyshnevskiy, O.–Stashkevych, I.–Shubna, O.–Barkova, S. 2020. Economic growth in the conditions of digitalization in the EU countries. *Studies of Applied Economics* 38(4), 1–9.

Zdželar, R.–Hrustek, N. Z.–Sumpor, M. J. E. 2019. Sustainable development and active ageing in EU countries—bridges and gaps. In: Hammes, K.–Machrafi, M.–Samodol, A. (eds.) *Economic and Social Development*. Rabat: Faculty of Economics and Social Sciences Sale - Mohammed V University in Rabat, 275–284.

---