

A DIGITÁLIS FEJLETTSÉG MEGRAGADÁSA DESI DIMENZIÓK, GDP ÉS AIC MUTATÓK SEGÍTSÉGÉVEL AZ EU 2020-AS ADATAIVAL¹

BÁNHIDI ZOLTÁN – DOBOS IMRE

Közgazdaságtan Tanszék, BME

Tanulmányunk célja, hogy a digitális és gazdasági dimenziókat tartalmazó adatállományunk statisztikai jellemzőin alapuló objektív súlyok és modellek révén olyan országgrangsorokat állítsunk fel, amelyek átfogó képet adnak az Európai Unió (EU) tagállamainak digitális és gazdasági fejlettségéről. Ennek érdekében az Európai Bizottság által publikált DESI-mutatórendszer fő dimenzióit, illetve a gazdaságstatisztikából jól ismert GDP/fő és AIC mutatókat tartalmazó, makroszintű keresztmetszeti adatállományt döntéseméleti módszerek – kétféle DEA- és egy TOPSIS-modell – alkalmazásával használtuk fel a digitális és gazdasági dimenziókat szintetizáló hatékonysági mutatók készésére, illetve ezeken alapuló alternatív sorrendek felállítására. Reményeink szerint ezek a rangsorok együttesen jól jellemzik az EU-országok digitális-gazdasági erőssorrendjét, az EU-n belül megtalálható fejlettségi törvonalakat. Eredményeinket az eredeti DESI-rangsorral is összehasonlítjuk – az országsorrendek néhány tanulságos kivételtől eltekintve viszonylag hasonlóak maradnak.

Kulcsszavak: DESI, rangsorolás, DEA, TOPSIS, digitalizáció

Bevezetés

A digitális és a gazdasági fejlődés közötti kapcsolat összetett és kétirányú. A digitális átalakulás (vagy digitális transzformáció) azt a folyamatot jelenti, amelynek során az információs és kommunikációs technológiák (IKT) egyre nagyobb mértékben hatják át a gazdaság és a társadalom (vállalatok, kormányzatok és állampolgárok) működését, létfeltételeit. A gazdasági fejlődés pedig a GDP növekedéséhez, a foglalkoztatás növekedéséhez és az életszínvonal javulásához kapcsolódik, amely a modern gazdaságokban a digitális átalakulással szoros kapcsolatban, kölcsönhatásban van.

A digitális átalakulás egy olyan aspektusa, amely közvetlen hatással van a gazdasági fejlettségre (növekedésre), a termelékenység növekedése a digitális eszközök és szolgáltatások révén, amelyek hatékonyabbá teszik a vállalkozások működését, így növelve a vállalatok, iparágak és végső soron a nemzetgazdaságok versenyképességét, teljesítőképességét is. Emellett a digitális gazdaságban új iparágak és munkahelyek is létrejönnek, amelyek szintén hozzájá-

¹Beérkezett 2024. február 27. DOI: <https://doi.org/10.15170/SZIGMA.55.1217>. E-mail: banhidi.zoltan@gtk.bme.hu.

ruhatnak a gazdasági növekedéshez. Az állampolgárok (fogyasztók) életét pedig könnyebbé, változatosabbá és élvezetesebbé teheti a vállalatok és az állam által biztosított digitális szolgáltatások egyre szélesebb tárháza (pl. az online tartalom- és hírfogyasztás, internetes vásárlás, valamint a digitális közszolgáltatások igénybevételének lehetősége).

Ugyanakkor a gazdasági fejlettség megfelelő szintje a digitális átalakulás előfeltétele is lehet. A fejlett gazdaságok általában könnyebben alkalmazkodnak az új technológiákhoz, a magasabb jövedelmi szintek pedig megkönnyítik az IKT-infrastruktúrába, valamint a digitális szolgáltatások megfelelő kihasználásához szükséges digitális kompetenciákba történő beruházásokat. Természetesen az állampolgárok, háztartások esetében is a képzettség és a jövedelem szintje (cégeknél a humántőke-ellátottság és pénzügyi, gazdasági helyzet) jelentős mértékben befolyásolhatja a digitális írástudást és eszközellátottságot, amelyek egyéni és szervezeti szinten is a digitalizáció nyújtotta lehetőségek kihasználásának alapfeltételét jelentik.

Tanulmányunkban az uniós Digitális gazdaság és társadalom fejlettségét mérő mutatórendszer (*Digital Economy and Society Index*, DESI) öt fő dimenzióját (Európai Bizottság, 2020), illetve a gazdaságstatisztikából jól ismert AIC és GDP/fő mutatók (Eurostat, 2020) országszintű adatait tartalmazó keresztmetszeti adatállományunkat döntéseméleti módszerekkel – TOPSIS- és DEA-modellek – vizsgáljuk azzal a céllal, hogy átfogó képet adjunk az Európai Unió (EU) tagállamainak digitális-gazdasági erőssorrendjéről. Mivel a felhasznált adatállományokban az EU-ból 2020-ban kilépett Egyesült Királyság még szerepelt (a 2020. évi DESI-jelentés 2019. évi alapadatokon alapult), ezért vizsgálatainkat a „Brexit” előtti, 28 tagú EU-ra (az EU-28 országcsoportra) végeztük el.

Következő fejezetünkben egy vázlatos áttekintést kívánunk adni a digitális fejlettség méréséhez, ezen belül a DESI-hez kapcsolódó szakirodalmi munkákról, majd bemutatjuk a digitalizációt jellemző, az Európai Bizottság által publikált mutatórendszer fő dimenzióit, valamint a feldolgozott, Eurostat által publikált makromutatókat (AIC és GDP/fő). A harmadik fejezetben röviden ismertetjük a rangsoroláshoz használt burkológörbe-elemzési (*Data Envelopment Analysis*, DEA) és TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) módszereinket, az országok hatékonysági mutatóinak kiszámításához használt modelleket. A negyedik fejezetben az eredményeinket, azaz az egyes digitális vagy gazdasági mutatók objektív súlyait, valamint az országgrangorokat mutatjuk be. Végezetül a tanulmányt a konklúziók levonásával, a kutatásunk korlátainak és jövőbeni folytatási lehetőségeinek bemutatásával zárjuk.

1 Rövid irodalmi áttekintés

Az országok digitális fejlettségét, a digitális transzformáció folyamatát a tudományos közlemények nagy része egy-egy ország vagy országcsoport szintjén vizsgálja, vagy két-három ország digitális fejlettségét hasonlítja össze. E

tanulmányok szerzői a vizsgált témától függően gyakran hivatkoznak a DESI kompozit index vagy az egyes DESI-dimenziók és -mutatók értékeire. Az alábbiakban főként azokat a munkákat tekintettük át, ahol ezt a mutató-rendszert (vagy annak dimenzióit) országok értékelésére vagy rangsorolására használják.

Laitsou et al. (2020) tanulmányukban a DESI-indexet és annak öt fő dimenzióját használják a görög gazdaság digitális teljesítményének értékelésére, és a Gompertz-modell segítségével készítene előrejelzést arra, hogy Görögország a digitális fejlettséget tekintve hogyan zárkozhat fel az élenjáró uniós országokhoz. A szerzők szerint annak ellenére, hogy Görögország a digitalizáció keresleti és kínálati oldalán egyaránt kihívásokkal néz szembe, megfelelő kormányzati politikák alkalmazásával 2030-ra elérheti az uniós átlagot.

Moroz (2017) röviden bemutatja a digitális gazdaság mérésére, nemzetközi összehasonlítására használt főbb mutatórendszereket, majd Lengyelország digitális fejlettségét, illetve a fejlődés dinamikáját két kiválasztott mutatórendszer, a DESI és a World Economic Forum hálózatos gazdaságra való felkészültség mértékét jelző NRI (*Networked Readiness Index*) alapján jellemzi. Eredményei szerint Lengyelország helyzete mindkét mutatórendszer alapján jelentős kihívásokkal néz szembe a digitalizáció terén, az ország alacsony szintű digitális fejlettsége és versenyképessége mellé alacsony felzárkózási ütem társul.

Kotarba (2017) cikke szintén a digitális átalakulás jellemzésére szolgáló mutatórendszereket, kulcsindikátorokat mutatja be, többek között a DESI-t is. A szerző szerint a digitális fejlettség alapvetően öt szinten (színtéren) mérhető: a teljes gazdaság mellett a társadalom, az ágazatok, a vállalkozások, illetve az ügyfelek szintjén. Tanulmánya főként a mutatók közötti hasonlóságokat és különbségeket vizsgálja, illetve javaslatokat ad fejlesztésükre.

Stoica és Bogoslov (2017) a DESI öt dimenziója segítségével, idősoros elemzéssel jellemezik Románia és az EU digitális versenyképességét; bemutatva, hogy Románia milyen jelentős fejlődésen ment keresztül a vizsgált időszakban.

Scupola (2018) cikke a dán állam digitális átalakulását, az e-kormányzati szolgáltatásokkal kapcsolatos helyi tapasztalatokat mutatja be, amely különösen tanulságos, azt figyelembe véve, hogy Dánia a DESI-rangsorokban évek óta az egyik legjobban szereplő tagország. Ez a szerző szerint Dánia kedvező adottságain túl jelentős részben a digitalizáció melletti erős kormányzati elkötelezettségnek is köszönhető.

Stavytskyy et al. (2019) kimutatja, hogy a magas fogyasztási szint és az alacsony munkanélküliség szignifikáns korrelációt mutat a DESI-pontszámmal. A szerzők egy DESI-hez hasonló szempontrendszer szerint kísérik meg Ukrajna digitális fejlettségének értékelését is (amely sem a DESI, sem az I-DESI-adatbázisban nem szerepel), és megállapítják, hogy az ország a digitalizáció szempontjából viszonylag elmaradott, jelentős erőfeszítésekre lenne szüksége a felzárkózáshoz.

Bánhidi és Dobos (2021b) azzal a kérdéssel foglalkozik, hogy az Európai Unió országai között Magyarország hol helyezkedik el a digitális fejlettségben,

a DESI 2020. évi jelentésének öt alapidimenziója alapján, de a rangsorok felállításához az Európai Bizottság önkényes súlyozáson alapuló pontozási metódusa helyett objektívebb, döntéseméleti módszereket (DEA és TOPSIS) alkalmazva. Az eredményül kapott rangsorok alapján Magyarország az uniós mezőny második harmadában helyezkedik el, közepes digitális fejlettségű országnak tekinthető.

Bánhidi és Dobos (2021a) a DESI nemzetközi kiterjesztésének tekinthető Nemzetközi Digitális Gazdaság és Társadalom Index (International Digital Economy and Society Index, I-DESI) ország-rangsorának stabilitását vizsgálja a TOPSIS és többdimenziós skálázás (Multidimensional Scaling, MDS) segítségével. Az eredményeik azt mutatják, hogy a kutatásban alkalmazott eltérő módszertanok alapján viszonylag hasonló rangsorok képezhetők, Magyarország helyezése azonban a választott módszer függvényében viszonylag jelentős ingadozást mutat.

Zerhouni és Özari(2022) entrópialapú és TOPSIS módszert használó munkája szintén hasonló eredményekre jut az I-DESI 24 alapmutatójának 2015-2018 közötti adatai alapján: a rangsorok és az országok helyezései összességében kevésbé érzékenyek a választott módszerre.

Tarjáni et al. (2022) ugyancsak az I-DESI adatait elemezte többváltozós statisztikai módszerekkel. A szerzők diszkriminanciaanalízissel vizsgálják, hogy az EU-tagállamok (mint országcsoport) adatai elkülönülnek-e az EU-n kívüli országok eredményeitől. Eredményeik szerint a digitális fejlettséget tekintve összességében nincs jelentős különbség az I-DESI adatbázisában szereplő EU-tagállamok és az EU-n kívüli országok csoportjai között.

Végezetül, Olczyk és Kuc-Czarnecka (2022) munkája a DESI súlyok optimalitását, illetve azt a kérdést vizsgálja, hogy a digitális fejlettség mutatói milyen összefüggést mutatnak a gazdasági növekedéssel. Tanulmányuk első része arra az eredményre jut, hogy az internetes szolgáltatások használata és a digitális közszolgáltatások dimenziók hatása az országok helyezéseire a 2015-2020 időszakban nagyon csekély, kihagyásuk esetén statisztikai értelemben csaknem változatlan rangsorokhoz jutunk. A második részben pedig megmutatják azt, hogy az egy főre jutó GDP-vel mért gazdasági növekedést szignifikáns mértékben képes magyarázni a DESI-vel mért digitális fejlettség.

2 A digitális és gazdasági fejlettség mérése

A kormányzatok számára a digitális fejlődés különböző aspektusainak megbízható mérése kulcsfontosságú a digitális átalakulást ösztönző digitális stratégiák megtervezésekor és végrehajtásakor. Egy jó mérőrendszer segít azonosítani a digitális átalakulásra legnagyobb hatást gyakorló területeket, illetve azokat a hiányosságokat, gyengeségeket, amelyek esetében a legnagyobb szükség van a kormányzati beavatkozásra, ösztönzésre.

DESI (I-DESI) dimenziók	Súlyok (%)	Releváns szakpolitikai területek és indikátorok
Internet-hozzáférés	25	Vezetékes és mobil szélessávú hálózatok és árak
Humán tőke	25	Alap- és magasabb szintű digitális készségek, jártasság
A digitális technológia integráltsága	20	Üzleti digitalizáció és e-kereskedelem
Digitális közszolgáltatások	15	E-kormányzati és e-egészségügyi szolgáltatások
Internetes szolgáltatások használata	15	Az állampolgárok online tartalomfogyasztása, kommunikációja és tranzakciói

1. táblázat. A DESI 2020 fő dimenziói és azok Európai Bizottság által ajánlott súlyai.

Forrás: Európai Bizottság (2020) alapján

Az először 2014-ben kiadott DESI-mutatórendszer és az ehhez kapcsolódó jelentések célja az EU-tagországok digitális átalakulás terén elért előrehaladásának mérése és értékelése volt. A DESI kompozit index által lefedett mutatókat 2021 előtt (így 2020-ban is) öt szakpolitikai részterületre (dimenzióra) osztották, amelyeket az évente kiadott országjelentések struktúrája is követ (lásd 1. táblázat).

A 2020. évi országjelentésekben közölt kompozit indexben az internet-hozzáférés és a humán tőke dimenziója 25-25, a digitális technológiák integráltsága 20, míg az internetes szolgáltatások használata és a digitális közszolgáltatások dimenziója 15-15 százalékos súllyal szerepelt. Az első két dimenzió kiemelt súlyának indoka az Európai Bizottság szerint az, hogy az internet (egyének és vállalatok általi) használatát és a digitális közszolgáltatásokat is a széles értelemben vett digitális infrastruktúra (összekapcsolhatóság és humán tőke) teszi lehetővé (ún. *enabler*), és az alkalmazások szerepét az ilyen infrastruktúra jó minősége erősíti. 2021 után ugyanakkor a mutatórendszert jelentősen átdolgozták – az internetes szolgáltatások használata dimenziót kivették, a megmaradó négy dimenzió viszont egyforma, 25 százalékos súlyt kapott, azaz a digitális közszolgáltatások dimenziót és a digitális technológiák integráltsága dimenziót felértékeltek a fogyasztók által használt digitális szolgáltatásokkal szemben.

A DESI-éhez hasonló scoring modellek lehetővé teszik a döntéshozók számára, hogy a rangsorolás alapjául szolgáló súlyvektorokon keresztül tükrözzék a saját (esetenként önkényes) szakpolitikai prioritásaikat, elvárásaikat, például a DESI esetében az internet-hozzáférés dimenziójának magasabb súlyán keresztül hangsúlyozzák a szélessávú infrastruktúra kiépítésének fontosságát. Ugyanakkor a döntéshozói preferenciák változása, a súlyvektorok módosítása a rangsorokban az érintettek számára nehezen érthető, magyarázható átrendeződésekhez (pl. országok helyezésének visszaeséséhez) is vezethet, mint ez a súlyozás 2021. évi felülvizsgálata után a DESI-rangsorokban is látható volt.

Tanulmányunkban ugyanakkor nem elsősorban ezeket az Európai Bizottság által ajánlott súlyokat, hanem az adatállományunk statisztikai tulajdonságai, jellemzői által befolyásolt, a döntéseméleti módszereinkhez illeszkedő ún. objektív súlyképzési módszereket, modelleket használtunk, amelyeket a következő fejezetben mutatunk be. A bizottsági scoring modellel alapuló rangsort a saját modelljeink mellett összehasonlítási alapként vettük figyelembe.

A fenti öt digitális dimenzió mellett tanulmányunk az Eurostat (2020) 2019. évre számított, egy főre jutó bruttó hazai termék (GDP/fő, *Gross Domestic Product [per capita]*) és tényleges egyéni fogyasztás (AIC, *Actual Individual Consumption*) mutatóit alkalmazza az országok gazdasági fejlettségének, teljesítményének, valamint életszínvonalának jellemzésére.

A gazdaságstatisztikából jól ismert GDP mutató az adott ország (vagy országcsoport, pl. EU) területén belül, adott évben előállított, végső felhasználásra rendelkezésre álló javak és szolgáltatások piaci értékét, azaz a gazdaság teljesítményét tükrözi. Ezzel szemben az AIC az egy főre jutó tényleges fogyasztást mutatja be, amely a lakossági életszínvonalat kívánja jellemezni. E két mutató természetesen szoros kapcsolatban van egymással, hiszen a magas életszínvonalat, fogyasztási szintet fenntartható módon csak a megfelelő gazdasági teljesítmény alapozhatja meg. Ugyanakkor együttes használatukkal átfogóbb képet kaphatunk egy ország gazdasági fejlettségéről.

3 A rangsoroláshoz használt DEA és TOPSIS módszerek

A fentiekben bemutatott hét mutatóval (digitális dimenziók, GDP, AIC) két közös súlyozású DEA modell és a TOPSIS módszer segítségével három országgrangsort képzünk. Ezt követően a sorrendeket a Kendall-féle tau-b korreláció segítségével hasonlítjuk össze, megvizsgálva, hogy a három sorrend lényegesen eltér-e egymástól és az eredeti scoring modell rangsorától.

Az általunk használt DEA modellek a klasszikus DEA modellek (Charnes et al., 1978) speciális esetének tekinthetők, abban az értelemben, hogy csak outputkritériumokat tartalmaznak (Cherchye et al., 2008; Dobos és Vörösmarty, 2014). Ezért a szakirodalom ezeket a modelleket explicit input nélküli (*Without Explicit Input*, WEI) DEA/WEI modelleknek is nevezi. Az értelmezést azzal is kiegészíthetjük, hogy ekkor egy inputkritérium van, ami minden döntési egységre, esetünkben országra konstans, azaz egy.

A hagyományos DEA modellektől a közös súlyú modellek (Liu és Peng, 2008) abban is eltérnek, hogy egyetlen súlyozással mérjük az országokat, és nem annyi súlyt vezetünk be, amennyi az országok száma. Ez egyben lehetővé teszi az egyes országok összehasonlítását is.

3.1 A felhasznált közös súlyozású DEA modellek

Elegendő a közös súlyelemzés módszerével kapott hatékonyságot meghatározni. Mivel az adott hatékonyságok összege nem függ a súlyoktól, elegendő a $-\mathbf{u} \cdot \mathbf{Y} \cdot \mathbf{1}$ kifejezést minimalizálni, ami azt jelenti, hogy a lineáris függvény mínuszát kell maximalizálni. Ez azt is jelenti, hogy visszakaptuk a közös súlyok elemzése (*Common Weights Model*, CWA) modellt. Ezért a DEA/WEI modellekben a Manhattan-távolság minimalizálása a CWA modell optimalizálási problémájához is vezet. A modellt a továbbiakban DEA/CWA jelöléssel látjuk el.

Az első, (1)–(3) közös súlyozási feladat, vagyis a DEA/CWA matematikai formája a következőképpen írható le:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_j \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

$$\mathbf{u} \geq \mathbf{0} \quad (2)$$

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{Y} \cdot \mathbf{1} \rightarrow \max . \quad (3)$$

A másik használt (4)–(6), vagyis DEA/MaxMin modell a következő formát veszi fel:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_j \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

$$\mathbf{u} \geq \mathbf{0} \quad (5)$$

$$\min_{1 \leq j \leq p} \mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_j \rightarrow \max . \quad (6)$$

A (4)–(6) közös súlyozási modell célfüggvényében olyan súlyokat keresünk, amelyekre az országok mindegyikének a DEA hatékonysága nagyobb lesz egy előre meghatározott szintnél. A feladat tehát az, hogy ezt a minimális értéket maximalizáljuk.

3.2 Rangsorolás a TOPSIS módszerrel

A TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) egy döntéseméleti metodikán alapuló geometriai megközelítés, amely megpróbálja kiküszöbölni az adatok átalakítására épülő eljárásokat (Yoon és Hwang, 1981; Papathanasiou és Ploskas, 2018). Pandey et al. (2023) szakirodalmi áttekintése alapján a TOPSIS egy széles körben, változatos tématerületeken alkalmazott döntéseméleti (rangsorolási) módszer, amely népszerűségét viszonylagos egyszerűségének, stabilitásának és mérsékelt számításigényének köszönheti. A módszer legfontosabb limitációja a szerzők szerint a kritériumok közötti szoros kölcsönös függőséggel (kölcsönhatásokkal) jellemezhető, valamint a dinamikus, kritikus idődimenzióval rendelkező döntéseméleti problémákra való korlátozott alkalmazhatósága.

A TOPSIS módszer három lépésben határozza meg az országok sorrendjét. Ezt a következőkben ismertetjük (a módszer egy bővebb leírását megtalálja az olvasó Bánhidi és Dobos (2021a) cikkében).

Első lépésben elvégezzük az alapadatokat normalizálását. Tegyük fel, hogy az i kritérium adatait az egyes országok szerint az \mathbf{x}_i vektor tartalmazza. (Az alkalmazott adatokat a függelék *F1. táblázata* tartalmazza.)

Ezután az adatátalakítás a következő:

$$y_{ji} = \frac{x_{ji} - x_i^{\min}}{x_i^{\max} - x_i^{\min}} \quad (j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m),$$

ahol az i kritérium minimális és maximális értéke x_i^{\min} és x_i^{\max} , az n az országok száma, az m pedig a kritériumok/dimenziók száma. Ezzel az átalakítással az egyes kritériumok értékeit országonként a $[0, 1]$ intervallumra alakítottuk át. Legyen az új vektorok értéke \mathbf{y}_i .

A második lépésben, ismerve az egyes változók értékeit, esetünk dimenzióit, az entrópiaalapú módszerrel határozzuk meg a változók súlyát. (Zou et al., 2006) Az átalakítás képlete a következő:

$$H_i = -\frac{1}{\ln n} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{y_{ji}}{\sum_{j=1}^n y_{ji}} \cdot \ln\left(\frac{y_{ji}}{\sum_{j=1}^n y_{ji}}\right) \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

A súlyok így a következők lesznek:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

A súlyozott normalizált értékeket z_{ji} jelöli, amely egyenlő: $z_{ji} = w_i \cdot y_{ji}$. Ezután az ideális és a legalacsonyabb pontokat a z_{ji} értékek segítségével határozzuk meg.

Végül a harmadik lépésben a súlyozott adatok alapján meghatározzuk a hatékonysági indexet az ideális (I_i) és a legalacsonyabb (N_i) pontok felhasználásával, amelyeket a következő módon számolunk:

$$I_i = \max_{j=1,2,\dots,n} z_{ji}, \quad N_i = \min_{j=1,2,\dots,n} z_{ji}, \quad (i = 1, 2, \dots, m).$$

A j -edik ország távolságát az ideáltól és a mélyponttól a következőképpen határozzuk meg:

$$d_j^I = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ji} - I_i)^2} \quad d_j^N = \sqrt{\sum_{i=1}^m (z_{ji} - N_i)^2} \quad (j = 1, 2, \dots, n).$$

Az utolsó számítás a TOPSIS E_j hatékonyságának meghatározása, amely megmutatja a két meghatározott ponttól való távolság arányát:

$$E_j = \frac{d_j^N}{d_j^I + d_j^N}.$$

A TOPSIS módszer rövid leírása után ismertetjük az adatállományon végzett számítások főbb eredményeit. A részletes számításokat elhagyjuk.

4 Eredmények

Mivel mindhárom modellben és a DESI sorrendben fontos szerepet játszanak az egyes kritériumok súlyai, ezért először azokat hasonlítjuk össze. A súlyok összehasonlítását a 2. táblázatban mutatjuk be. A táblázatban szerepeltetjük az Európai Bizottság által javasolt súlyrendszert is, amiben gazdasági makroadatokat nem szerepeltetnek, ezért azok súlyait zérussal szerepeltettük.

Súlyok	Internet-hozzá- férés	Humán tőke	Internetes szolgálta- tások hasz- nálata	Digitális technoló- giák integ- ráltága	Digitális közszolgál- tatások	GDP/fő PPS (EU27 =100)	AIC/fő PPS (EU27 =100)
DESI	0,25	0,25	0,20	0,15	0,15	0,00	0,00
DEA/CWA	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,01071	0,00000	0,00058
Normált CWA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,949	0,000	0,051
DEA/MaxMin	0,00113	0,00117	0,00000	0,00000	0,00534	0,00013	0,00320
Normált MaxM	0,103	0,107	0,000	0,000	0,487	0,012	0,292
TOPSIS	0,088	0,219	0,108	0,132	0,105	0,211	0,137

2. táblázat. A digitális dimenziók és a makroadatok kiszámított súlyai. Forrás: Saját számítás

A TOPSIS súlyokról tudjuk, hogy összegük egységnyi, ezért azok a DEA súlyoknál két nagyságrenddel nagyobbak, de ez az információ nem akadályozza meg az összevetést, mivel a sorrendek megállapítása volt a célunk. A DEA súlyok alatt az egyre normált arányokat is szerepeltettük, hogy a négy súlyrendszer jobban összehasonlíthatóvá váljon. Első megállapításunk, hogy a TOPSIS mind a hét kritériumra szolgáltat súlyokat. Azok értékei arra mutatnak rá, hogy milyen fontosságú az adott kritérium. Modellünkben a digitális dimenziók közül a Humán tőke, míg a makrogazdasági adatok közül a GDP mutató befolyásolja legerősebben a digitális-gazdasági fejlettséget. A Humán tőke, azaz a digitális kompetenciák kiemelt jelentősége az Európai Bizottság által ajánlott (szubjektív) súlyokban is tükröződik, ugyanakkor a Bizottság által szintén kiemelten kezelt Internet-hozzáférés ebben az entrópiaalapú modellben az összes dimenzió közül a legalacsonyabb súlyt kapja. Ezt szerintünk az magyarázhatja, hogy a digitális infrastruktúra kiépítettsége, fejlettsége már az egyébként alacsonyabb gazdasági és digitális fejlettségű országokban is elfogadható szintet ért el, a többi mutató nagyobb mértékben különbözteti meg az adatbázis országait.

A DEA súlyoknál az Internetes szolgáltatások használata és Digitális technológiák integráltsága dimenziók egyik modellben sem kerültek felhasználásra. A DEA/CWA modellben csak két kritériumnak van hatása a rangsorra, mégpedig a Digitális közszolgáltatások dimenzióinak és az AIC gazdasági mutatónak, de utóbbinak csak igen csekély. Ezzel szemben DEA/MaxMin modellben az előbb említett két dimenzió kivül mindegyik kritérium felhasználásra került. A sorrendre ugyanakkor ebben a modellben is a Digitális közszolgáltatások és az AIC voltak a legnagyobb hatással. A két DEA modell megoldása így közel esik egymáshoz, ugyanakkor jelentősebb eltéréseket mutatnak a TOPSIS súlyokhoz, illetve az Európai Bizottság által ajánlott súlyokhoz képest.

A DESI scoring modellel és a három döntéelméleti módszerrel kapott sorrendeket a 3. táblázatban mutatjuk be. A sorrendek nagyfokú hasonlóságot mutatnak. A rangszámok átlagát figyelembe véve a legfejlettebb országok Dánia, Finnország és Hollandia. Mind a három ország rangszámainak átlaga ötnél alacsonyabb. Bulgária, Görögország és Románia tanyázik a lista végén, ezen országok helyezéseinek átlagai 26-nál nagyobbak.

Ország	DESI	DEA/CWA S o r r e n d	DEA/MaxMin (h e l y e z é s e k)	TOPSIS	Átlag	Szórás
AT	13	6	6	10	8,75	2,95
BE	11	15	11	7	11,00	2,83
BG	28	23	28	28	26,75	2,17
CY	24	18	19	18	19,75	2,49
CZ	18	22	21	15	19,00	2,74
DE	12	19	7	9	11,75	4,55
DK	3	1	1	3	2,00	1,00
EE	6	1	13	13	8,25	5,07
EL	27	27	27	26	26,75	0,43
ES	10	4	8	14	9,00	3,61
FI	1	3	1	6	2,75	2,05
FR	15	11	10	12	12,00	1,87
HR	21	26	26	21	23,50	2,50
HU	20	24	23	23	22,50	1,50
IE	8	9	12	2	7,75	3,63
IT	25	20	18	19	20,50	2,69
LT	14	8	14	16	13,00	3,00
LU	9	13	1	1	6,00	5,20
LV	16	5	16	24	15,25	6,76
MT	5	12	15	11	10,75	3,63
NL	4	7	4	4	4,75	1,30
PL	23	21	22	25	22,75	1,48
PT	19	14	17	20	17,50	2,29
RO	26	28	25	27	26,50	1,12
SE	2	10	5	5	5,50	2,87
SI	17	17	20	17	17,75	1,30
SK	22	25	24	22	23,25	1,30
UK	7	16	9	8	10,00	3,54

3. táblázat. A digitális dimenziók és a makroadatok kiszámított rangsorai. *Forrás:* Saját számítás

A legnagyobb gazdasággal rendelkező országok (Egyesült Királyság, Németország, Franciaország) átlagos helyezése egymáshoz nagyon hasonló, 10-12 közötti, azaz ezek az országok a kombinált digitális-gazdasági fejlettség szempontjából az uniós országok középmezőnyében helyezkednek el. A 2004-ben és után csatlakozott EU-tagállamokat tekintve Észtország jár az élen, melynek átlagos helyezése még az előbbieken felsorolt nagy nyugati országokat is megelőzi, a további kelet-közép-európai országok viszont inkább a kevésbé fejlett országok között találhatók meg.

Ugyanakkor Észtország helyezése a választott módszer függvényében viszonylag jelentős különbségeket mutat, ami a digitális-gazdasági fejlettség egyenletlenségét mutatja. A digitális közszolgáltatások terén az ország a célzott kormányzati erőfeszítéseknek, például az ambiciózus e-Észtország stratégiai programnak köszönhetően kiemelkedő eredményeket tudott felmutatni (Stephany, 2020), ami a DEA/CWA modell viszonylag kiegyensúlyozatlan súlyvektora mellett a rangsor elejére helyezi az országot. A többi digitális dimenzióban azonban az ország teljesítménye inkább csak jónak, mintsem kiválónak mondható, a gazdasági fejlettsége pedig még az EU-átlagnál is gyengébb, ezért a DEA/MaxMin modellen és a TOPSIS modellen alapuló rangsorban csak a középmezőnybe került.

Észtországhoz hasonlóan viszonylag jelentős különbségeket láthatunk a rangsorbeli helyezésekben a szomszédos Lettország esetében is, amely szintén csak a digitális közszolgáltatások dimenziójában sorolható az élvonalak közé, de általános digitális fejlettsége csak közepes, gazdasága pedig kifejezetten gyenge. Luxemburg esetében viszont éppen fordított helyzet áll fenn: az országot a DEA/MaxMin- és TOPSIS-rangsorok élére helyező, kiemelkedő gazdasági fejlettséghez közepesen fejlett digitális közszolgáltatások társulnak, ami a gyengébb DEA/CWA-helyezésben is tükröződik.

A kelet-közép-európai országok közül a viseigrádi országcsoport (Csehország, Lengyelország, Magyarország, Szlovákia) fejlettsége viszonylag hasonló, a V4-eken belül Csehország átlagos helyezése a legkedvezőbb, a másik három országé viszont nagyjából egy szinten van.

A három módszerrel és a DESI súlyokkal nyert rangsor viszonylag hasonló. Azonban meg kell jegyeznünk, hogy a DEA/CWA és a TOPSIS módszerrel nyert sorrend csak erősen közepes kapcsolatot mutat, lásd a 4. táblázatot. Ennek az lehet az oka, hogy a súlyok más módszerrel kerültek megállapításra. Ezt a tényt a 2. táblázatban szereplő súlyok is alátámasztják.

	DEA/CWA	DEA/MaxMin	TOPSIS
DESI	0,591	0,683	0,693
DEA/CWA	-	0,617	0,474
DEA/MaxMin	-	-	0,709

4. táblázat. A digitális sorrendek közötti Kendall-féle tau-b korreláció.
Forrás: Saját számítás

5 Konklúziók

Tanulmányunkban a digitális és gazdasági dimenziókat tartalmazó adatállományunk statisztikai jellemzőin alapuló objektív súlyok és modellek révén olyan ország-rangsorokat állítottunk fel, amelyek véleményünk szerint átfogó képet adnak az Európai Unió (EU) tagállamainak digitális-gazdasági erő-sorrendjéről, fejlettségéről. Az öt digitális mutató (DESI-dimenziók) és két makromutató (AIC, GDP/fő) alapján háromféle módszerrel (DEA/CWA, DEA/MaxMin, TOPSIS) állítottunk fel az (Egyesült Királyságot is tartalmazó) EU-28 országcsoporthoz rangsorokat.

A sorrendek képzéséhez az önkényes, szubjektív súlyozáson alapuló scoring modellek helyett (amelyeket pl. a bizottsági DESI-jelentésekben használtak), az adatkészletek statisztikai tulajdonságaira építő, objektív súlyképzési módszereket alkalmaztunk. A háromféle módszerrel kapott súlyok viszonylag jelentős mértékben különböznek egymástól és az Európai Bizottság által meghatározott súlyoktól is, az eredményül kapott országsorrendek viszont a Kendall-féle tau-b korreláció alapján egymáshoz és az eredeti rangsorhoz is nagyjából hasonlóak, leginkább a DEA/CWA rangsorban találhatunk feltűnő eltéréseket bizonyos speciális helyzetű országoknál, ahol a digitális közszolgáltatások pontszámai lényegesen erősebbek vagy gyengébbek a többi digitális és gazdasági dimenzióban mért teljesítménynél.

Ha ajánlást kellene tennünk az egyes módszerek alkalmazására, akkor az eredményeink alapján leginkább a TOPSIS módszertan alkalmazását tudnánk javasolni a digitális-gazdasági erőssorrend (országgrangsorok) meghatározására, mivel ez a súlyokra egyenletesebb megoszlást mutat, illetve a rangsorban kevesebb „kiugró” eredménnyel találkozhatunk. Ugyanakkor a DEA-alapú módszerek viszont kevesebb módszertani megfontolást igényelnek, és az eredményeket is egyszerűbb ezekkel a módszerekkel meghatározni.

Összességében eredményeink összecsengenek azokkal a korábbi eredményekkel (Bánhidi et al., 2020), amelyek szerint a DESI adatbázis dimenziói egymással szorosan összefüggnek, illetve összhangban vannak a digitális átalakulás és gazdasági fejlődés kétirányú kapcsolatát, pozitív visszacsatolásait sugalló elméletekkel is. A különböző mutatók közötti ok-okozati kapcsolatok közvetlen vizsgálatához azonban más jellegű módszerekre, a most alkalmazott keresztmetszeti adatbázis helyett panel adatokra lenne szükség, ezt az elemzést a kutatás folytatásában tervezzük megvalósítani.

Irodalom

1. 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, 42–62 <https://doi.org/10.15196/RS100209>
2. Bánhidi, Z., Dobos, I. (2021). A digitális fejlődés rangsorolása a DEA-típusú összetett indikátorok és a TOPSIS módszerével. *Statistikai Szemle*, 99(3), 253–265. <https://doi.org/10.20311/stat2020.2.hu0149>
3. Bánhidi, Z., Dobos, I. (2021). A DEA módszertan alkalmazása rangsorolásra az EU-28 és Oroszország példáján. *Sigma*, 52, 383–400. <http://real.mtak.hu/137738/1/9348.pdf>
4. Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
5. Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T., Saisana, M., Saltelli, A., Liska, R., Tarantola, S. (2008). Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index. *Journal of the Operational Research Society*, 59(2), 239–251. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602445>
6. Dobos, I., Vörösmarty, G. (2014). Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators. *International Journal of Production Economics*, 157, 273–278. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.09.026>
7. Európai Bizottság (2020). The Digital Economy and Society Index (DESI), <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-economy-and-society-index-desi>
8. Eurostat (2020). GDP and main components (output, expenditure, income) https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/nama_10_gdp
9. Kotarba, M. (2017). Measuring digitalization – key metrics. *Foundations of Management*, 9(1), 123–138. <https://doi.org/10.1515/fman-2017-0010>
10. Laitsou, E., Kargas, A., Varoutas, D. (2020). Digital Competitiveness in the European Union Era: The Greek Case. *Economies*, 8(4), 85. <https://doi.org/10.3390/economies8040085>

11. Liu, F. H. F., Peng, H. H. (2008). Ranking of units on the DEA frontier with common weights. *Computers & Operations Research*, 35(5), 1624–1637. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.09.006>
12. Moroz, M. (2017). The level of development of the digital economy in Poland and selected European countries: a comparative analysis. *Foundations of Management*, 9(1), 175–190. <https://doi.org/10.1515/fman-2017-0014>
13. Olczyk, M., Kuc-Czarnecka, M. (2022). Digital transformation and economic growth – DESI improvement and implementation. *Technological and Economic Development of Economy*, 28, 775–803. <https://doi.org/10.3846/tede.2022.16766>
14. Pandey, V., Komal, Dincer, H. (2023). A review on TOPSIS method and its extensions for different applications with recent development. *Soft Computing*, 27(23), 18011–18039. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09011-0>
15. Papathanasiou, J., Ploskas, N. (2018). TOPSIS. In: *Multiple Criteria Decision Aid: Methods, Examples and Python Implementations*, 1–30. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91648-4_1
16. Scupola, A. (2018). Digital transformation of public administration services in Denmark: A process tracing case study. *Nordic and Baltic Journal of Information and Communications Technologies*, 2018(1), 261–284. <https://doi.org/10.13052/nbjict1902-097X.2018.014>
17. Stavvytskyy, A., Kharlamova, G., Stoica, E. A. (2019). The analysis of the digital economy and society index in the EU. *TalTech Journal of European Studies*, 9(3), 245–261. <https://doi.org/10.1515/bjes-2019-0032>
18. Stephany, F. (2020). It's not only size that matters: determinants of Estonia's e-governance success. *Electronic Government, an International Journal*, 16(3), 304–313. <https://doi.org/10.1504/EG.2020.108501>
19. Stoica, E. A., Bogoslov, I. A. (2017). A comprehensive analysis regarding DESI country progress for Romania relative to the European average trend. In: *Balkan Region Conference on Engineering and Business Education*, (Vol. 2, No. 1, 258–266). <https://doi.org/10.1515/cplbu-2017-0034>
20. Tarjáni, A. J., Kalló, N., Dobos, I. (2022). A nemzetközi digitális gazdaság és társadalom index 2020. évi adatainak statisztikai elemzése. *Statisztikai Szemle*, 100(3), 266–284. <https://doi.org/10.20311/stat2022.3.hu0266>
21. Yoon, K., Hwang, C. L., (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 186. Berlin: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-48318-9>
22. Zerhouni, M. N., Özari, Ç. (2022). Assessment of International Digital Economy and Society Index Using Entropy based TOPSIS Methods. *International Journal of Recent Research in Commerce, Economics and Management*, 9(2), 70–77. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6579884>
23. Zou, Z. H., Yi, Y., Sun, J. N. (2006). Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *Journal of Environmental Sciences*, 18(5), 1020–1023. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(06\)60032-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(06)60032-6)

Függelék

Ország	Internet- hozzá- féres	Humán tőke	Internetes szolgálta- tások hasz- nálata	Digitális technoló- giák integ- rálttsága	Digitális közszolgál- tatások	GDP/ fő PPS (EU27 =100)	AIC/ fő PPS (EU27 =100)
AT	47,154	56,730	54,020	40,576	80,836	127	118
BE	52,027	50,388	61,161	65,870	71,731	117	115
BG	38,495	33,916	36,649	17,865	61,761	53	59
CY	38,457	35,803	54,478	34,484	68,956	89	95
CZ	44,881	48,644	54,144	49,595	62,377	92	85
DE	59,396	56,419	61,565	39,532	66,372	121	123
DK	65,821	61,277	75,153	65,148	87,130	129	116
EE	51,856	66,659	65,415	41,150	89,334	84	75
EL	33,369	34,791	46,089	28,196	51,500	68	77
ES	60,794	47,558	60,776	41,216	87,275	91	91
FI	59,172	78,442	76,341	67,045	86,995	111	113
FR	49,844	47,431	53,059	42,048	76,709	106	109
HR	41,153	49,154	55,479	41,467	55,754	65	66
HU	59,787	41,835	55,899	25,307	57,767	73	67
IE	45,691	56,399	62,089	74,320	80,629	191	97
IT	49,987	32,456	44,481	31,225	67,479	95	99
LT	48,882	43,831	57,322	49,469	81,446	82	90
LU	63,349	58,218	58,851	38,210	73,742	261	135
LV	61,761	35,021	53,984	28,305	85,063	69	71
MT	58,718	61,759	65,903	54,904	78,129	99	80
NL	60,323	64,162	75,203	65,746	80,961	128	114
PL	51,343	37,272	49,639	26,243	67,407	73	79
PT	53,921	37,765	48,088	40,872	75,121	79	86
RO	56,185	33,158	35,894	24,927	48,409	69	79
SE	64,369	71,724	75,954	62,135	79,342	120	112
SI	50,232	48,349	51,714	40,946	70,755	88	81
SK	47,464	41,807	53,365	32,570	55,612	74	73
UK	48,818	63,004	73,312	54,189	70,772	105	115

F1. táblázat. A számításokhoz felhasznált 2019/2020-as alapadatok. *Forrás:* Európai Bizottság (2020) és Eurostat (2020)

MEASURING DIGITAL DEVELOPMENT USING DESI DIMENSIONS, GDP AND AIC INDICATORS WITH EU 2020 DATA

The objective of our study is to produce country rankings based on objective weights that provide a comprehensive picture of the digital and economic development of the European Union (EU) Member States. To achieve this, we used a macro-level cross-sectional dataset that includes the main dimensions of the Digital Economy and Society Index published by the European Commission, as well as the GDP per capita and AIC indicators from economic statistics. We constructed our efficiency indicators and ranked the EU Member States based on the synthesis of the digital and economic dimensions using decision-theoretic methods, two DEA models, and a TOPSIS model. These rankings aim to characterise the digital-economic strengths of EU countries and the digital divide found within the EU. Our results are also compared with those of the original DESI scoring model: the country rankings remain relatively similar, with a few notable exceptions.

Keywords: DESI, ranking, DEA, TOPSIS, digitalization