

OTDK-dolgozat

2023

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM
GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYI KAR

**ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK VIZSGÁLATA FENNTARTHATÓ
FEJLŐDÉSI MUTATÓK KÖRNYEZETI SZEMPONTJAIN
KERESZTÜL**

**EXAMINATION OF ASSESSMENT METHODS THROUGH
ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT
INDICATORS**

Kelemen Adél

Konzulens: Bozóki Sándor

Kézirat lezárásának dátuma: 2021. 04. 12.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	1
2. Fenntarthatósági indexek.....	2
2.1. Environmental Performance Index.....	2
2.2 Sustainable Development Index	3
2.3. Happy Planet Index	4
2.4. Better Life Index	5
2.5. Az indexek összehasonlítása	6
3. Elméleti modell	7
3.1. A szempontok fontossági súlyai.....	8
3.2. Pontozás az értékelő függvények szerint	9
3.3. Elméleti példa.....	12
4. Empirikus elemzés	16
4.1. A BHV és a PAR szempontok	17
4.2. Súlyozott pontszámok reprodukálása.....	19
4.3. Az értékelő függvények hatása a rangsorra.....	22
5. Összegzés	23
6. A vizsgálat korlátai.....	24
7. Hivatkozások	25

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra A BLI mutató rangsora, fő szempontsúlyainak állíthatósága.....	5
2. ábra Lineáris értékelő függvény	10
3. ábra Exponenciális értékelő függvény	10
4. ábra Lépcsőzetes értékelő függvény	11
5. ábra A téglalapok területével ábrázolt súlyozott pontszámok egyezősége különböző szempontsúly és értékelő függvény mellett.....	14

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat Kétféle értékelési módszer ábrázolása: 25%-os szempontsúly és az eredeti értékelő függvény, valamint 40%-os szempontsúly és módosított értékelő függvény	14
2. táblázat Kétféle értékelési módszer ábrázolása: 20%-os szempontsúly és módosított értékelő függvény, valamint 40%-os szempontsúly és módosított értékelő függvény	15
3. táblázat Az EPI 2020-as rangsorának elemei a BHV teljesítménymutató vizsgálatában 10%-os szempontsúly mellett.....	18
4. táblázat Az EPI 2020-as rangsorának elemei a PAR teljesítménymutató vizsgálatában 10%-os szempontsúly mellett	19
5. táblázat Megegyező BHV súlyozott pontszám módosított értékelő függvény és 8,24%-os szempontsúly mellett.....	20
6. táblázat Megegyező PAR súlyozott pontszám módosított értékelő függvény és 11,76%-os szempontsúly mellett.....	21
7. táblázat A BHV és a PAR teljesítménymutatók szerinti rangsor az EPI által meghatározott, valamint módosított értékelő függvények mellett.....	22

1. BEVEZETÉS

Az országok gazdasági fejlettségi szintjeinek nemzetközi összehasonlítása köztudottan nehéz feladat. Egyre többen kérdőjelezik meg az egy főre eső jövedelem alkalmasságát mind a standard, mind a vásárlóerő-paritással (PPP) korrigált változatban az országok fejlettségi szintjének mérésére. Valójában a fejlődést sokdimenziós változóvektornak tekinthető, amelynek a jövedelem csak egyetlen – fontos – alkotóeleme (Tarabusi & Palazzi, 2004). A világban egyre nagyobb jelentőséget kap az emberek jóléte. Ezt bizonyítja az is, hogy nem minden ország tűzi zászlajára az egy főre jutó GDP-jének az értékét. Bhután például a Gross National Happiness szempontrendszer alapján tűzi ki céljait egy élhetőbb ország megalkotásának reményében (Drexler, 2021). A 21. század legnagyobb kihívása továbbá egy fenntartható környezeti állapot elérése, mely probléma megoldása a politikai és a gazdasági szektort is érinti. Ennek köszönhetően számos alternatív fejlettségi mutatót dolgoztak ki. Szem előtt tartva a fenntarthatóságot, gazdasági, társadalmi és szociális szempontok szerint is értékelik az országokat (Parapatits, 2018). Mivel ezen mutatók a gazdasági tényezők mellett a társadalmi és környezeti oldalt is figyelembe veszik, fejlődő országok is fellelhetők az általuk kapott rangsorok elején. Ám ennek a sokrétű vizsgálatnak köszönhetően ahány fenntarthatósági mutatót létrehoztak, annyi különböző rangsor alakult ki. Azonban, a jólét nehezen megfogható fogalom, így a mutatók megalkotói széles palettáról választhatnak a szempontok bevonásakor. Továbbá, az értékelési módszerek bőségét a szempontok mutatóban betöltött szerepe is bonyolítja, ugyanis nincsen egy egységes módszer az alkalmazásukra.

Kutatásomban azt elemzem, hogy egy szempont értékelő függvénye és a súlya mekkora befolyásoló erővel bír egy fenntarthatósági indexben. Előzetes feltételezésem, hogy egy szempont súlyának módosítása kompenzálható az értékelő függvény – akár kis mértékű – változtatásával, és fordítva, így a két paraméter ugyanolyan jelentős szerepet tölt be a mutatóban. Elemzésemben először egy elméleti példán keresztül mutatok be különböző értékelő módszertanokat úgy, hogy a végső súlyozott pontszámok változatlanok maradjanak. A dolgozat fő modellje azonban a széles körben ismert Environmental Performance Index részleges reprodukálása, ahol két teljesítménymutató változtatásával szemléltetem az értékelő függvények szerepét. Az elméleti példához hasonló elemzést végzek, majd megvizsgálom csak az értékelő függvények – a szempontsúlyok változatlansága melletti – hatását. Utóbbi során a módosítás rangsorváltoztató hatását helyezem középpontba.

A következő fejezetben a fenntartható fejlődés négy indexét mutatom be, majd a 3. fejezetben a kutatásom elméleti hátterét ismertetem szemléltető példákkal. A 4. fejezetben egy empirikus példán keresztül rámutatok a különböző értékelési módszerek hatására. Az 5. fejezetben kitérek a kutatás főbb eredményeire, valamint levonom a következtetéseket, végül a 6. fejezetben vázolom a kutatásaim jelenlegi korlátainak jövőbeli feloldási lehetőségeit.

2. FENNTARTHATÓSÁGI INDEXEK

A fenntarthatóság mind a tudomány területén, mind pedig a politikai életben gyakran szóban forgó kifejezés lett. A fenntartható fejlődés esetében a fenntarthatósági indexek töltik be a standard teljesítménymutatók szerepét, melyek egyre nagyobb jelentőséggel bírnak napjainkban (Wu & Wu, 2012). Indexeknek azokat a mutatókat nevezzük, melyek nehezen kvantifikálható változókról információt biztosítanak, valamint a döntéshozatal alapjául szolgálnak (Gras, et al., 1989). Mivel a fenntarthatóság és a jólét összetett és képlékeny fogalmak, így többféle indexet is kidolgoztak a mérésükre. Az indikátorok kialakított vizsgálati rendszere és azok szempontjai kiemelt fontossággal bírnak, mivel az alkalmazott szabályok tükrözik megalkotóik fenntarthatóságról formált nézeteiket (Parapatits, 2018). Éppen ezért a különböző indexek részben különböző változókat eltérő formában vesznek figyelembe. A fenntarthatóságot vizsgáló mérőszámok általában indexenként különbözően vannak súlyozva, ezért ezek egymással nem összehasonlíthatók (Bandura, 2008).

A következőkben bemutatok négy különböző, napjainkban használt fenntarthatósági indexet. A négy indikátor eltérő elemszámú sokaságot vizsgál, az országok száma 40-től egészen 180-ig terjed. Továbbá a mutatók eltérnek értékelési szempontjaik és értékelési módszertanuk szerint is, ezért fontos az indexek mélyebb megértése, elemzése.

2.1. Environmental Performance Index

Az Environmental Performance Index (EPI) az egyik legismertebb környezeti teljesítménymutató, mely 180 ország fenntarthatósági helyzetét vizsgálja. A mutató felméri és rangsorolja az országokat aszerint, hogy melyek kezelik legjobban a globális környezeti kihívásokat. Célja, hogy az érzelmi és retorikai érvek helyett adatokon alapuló diskurzusra kerüljön a hangsúly, ami megkönnyíti a döntéshozók számára az országok teljesítménykövetését (Environmental Performance Index, 2021). Ezen rangsorokat 2006 óta kétfévente publikálják.

A mutató két főkomponensből tevődik össze: környezeti egészség és ökoszisztéma vitalitás, melyek külön-külön 4 és 7 problémakategóriát, illetve összesen 32 teljesítménymutatót tartalmaznak. Szempontjai között a legnagyobb súllyal a klímaváltozás, a levegőminőség, a tisztított- és ivóvíz, valamint a biodiverzitás és élőhely áll (Wendling, Emerson, de Sherbinin, Esty, & al., 2020). Az EPI a fenntarthatóságot kizárólag környezeti aspektusból vizsgálja, az összes teljesítménymutatója környezeti tényező.

Az EPI legfrissebb, 2020-as rangsora első három helyén fejlett országok állnak, mint Dánia, Luxemburg és Svájc, a rangsor végén pedig a fejlődő Afganisztán, Mianmar és Libéria helyezkedik el. Megfigyelhető, hogy a legmagasabb pontszámmal rendelkező országok a környezeti fenntarthatóság minden területén jól teljesítenek, míg az alacsonyabb pontszámú országok egy-egy teljesítménymutató kivételével elmaradnak a többi országtól, teljesítményük egyenetlen.

2.2 Sustainable Development Index

A Sustainable Development Index (SDI) egy korábbi index, a Human Development Index (HDI) továbbfejlesztése. A HDI hiányossága, hogy nem veszi figyelembe a környezeti szempontokat, és ezáltal olyan országok kerülhetnek a rangsor élére, melyek nagy ökológiai lábnyommal rendelkeznek. Ezen országok fejlődése akár jólét veszteséget is okozhat a klímaváltozásnak jobban kitett országoknak. Így a 21. században, az ökológiai krízis idején már nem állja meg a helyét mint fenntartható fejlődési mutató (Hickel, 2020).

Az SDI a nemzetek fejlődésének ökológiai hatékonyságát méri, szem előtt tartva Földünk terhelhetőségének határait (Sustainable Development Index, 2021). A HDI hiányosságát az SDI környezeti teljesítménymutatók bevonásával orvosolja, melyek a CO₂-kibocsátás és az anyaglábnym. Utóbbi egy ország fogyasztásának kielégítéséhez szükséges anyagkitermelés mennyisége. Tehát az SDI öt indikátort foglal magában, melyek az oktatás, a várható élettartam, a jövedelem, a CO₂-kibocsátás és az anyaglábnym. Az öt indikátorból két alindexet formálnak, egy fejlettséget (Development Index, DI) és egy ökológiai hatást mérőt (Ecological Impact Index, EII). A fejlettségi mutató az oktatás, a várható élettartam és a jövedelem teljesítménymutatók geometriai átlaga:

$$DI = \sqrt[3]{Educldx * LifeExpIdx * IncomeIdx} \quad (1)$$

Az ökológiai hatást mérő alindex pedig azt vizsgálja, hogy a CO₂-kibocsátás, valamint az anyaglábnym mennyivel haladja meg a Föld terhelhetőségének egy főre jutó határértékét:

$$EII = 1 + \frac{e^{AO} - e^1}{e^4 - e^1} \quad (2)$$

ahol AO (Average Overshoot) jelöli, hogy mekkora mértékben haladják meg a környezeti változók a Föld terhelhetőségének határértékét. Ezen standardizálással biztosítható, hogy egy ország az egyik szempont szerinti kiemelkedő teljesítményét nem használhatja a másik szempont szerinti rossz teljesítmény kompenzálására.

Végül az SDI mutató ezen két index hányadosából számítható ki:

$$SDI = \frac{DI}{EII}. \quad (3)$$

Jelenleg 163 ország rendelkezik a korábban említett öt teljesítménymutató kiszámításához szükséges adatokkal. A legfrissebb, 2015-ös rangsor első három helyén Kuba, Costa Rica és Srí Lanka áll magas társadalmi teljesítménnyel és alacsony ökológiai hatással. A nyugati országok, melyek a HDI mutatónál a rangsor első helyeit töltötték fel (Norvégia, Svájc és Ausztria), a magasabb ökológiai hatásaik miatt hátrébb kerültek az SDI rangsorában (Hickel, 2020).

2.3. Happy Planet Index

A Happy Planet Index (HPI) a fenntartható jólét mutatószáma, mely értékeli a nemzetek teljesítményét a hosszú, boldog és fenntartható élet tükrében. A nyugati országok pénzközpontú célkitűzéseivel szembenező index az ázsiai és a dél-amerikai országoknak kedvez, amelyek számára a magas várható élettartam, a jólét és a kisebb ökológiai lábnyom elérése az elsődleges értékteremtés. A mutató célja rávilágítani a már közhellyé vált gondolat hamis mivoltára, miszerint az élet egyre jobb a Földön (Happy Planet Index, 2021).

A HPI mutató négy fő komponensből tevődik össze, melyek a várható élettartam, a tapasztalt jólét, az egyenlőtlenség és az ökológiai lábnyom. Ezekből a következőképp számolható ki a mutató:

$$HPI = \frac{Life\ expectancy * Experienced\ wellbeing * Inequality}{Ecological\ Footprint}. \quad (4)$$

A várható élettartam és a tapasztalt jólét teljesítménymutatókat a HPI mutató korrigálja az országban jelentkező egyenlőtlenséggel, így az egy szorzóként jelenik meg a két mutató mögött. Az egyenlőtlenség szerepeltetésének jelentőségére Kawachi és Kennedy (1997) mutatott rá, akik szerint egy országban az egyenlőtlenség mértéke fordítottan arányos a várható

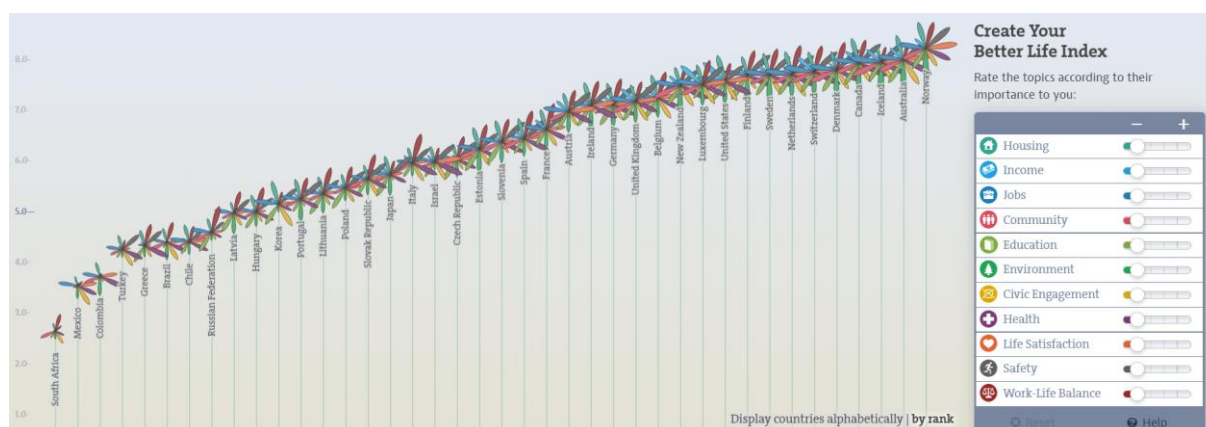
élettartammal és a tapasztalt jóléttel. A HPI mutató ökológiai lábnyom szempontját pedig a 2012-es Ecological Footprint adatok alapján számítják ki (Global Footprint Network, 2021).

A mutató 140 országot vesz vizsgálat alá, melyek közül a legjobban teljesítő országok Costa Rica, Mexikó és Kolumbia a HPI legfrissebb, 2016-os riportja szerint (Jeffrey, Wheatley, & Abdallah, 2016). Ezekben az országokban van jelen egyszerre jólét és fenntartható gazdaság. Costa Rica már 2016-ot megelőző három évben is az első helyen állt a HPI rangsorában, és 2021-re az ország kitűzte céljául a karbonsemlegesség elérését (Happy Planet Index, 2021).

2.4. Better Life Index

A Better Life Index (BLI) az OECD által készített jóléti mutató, mely az anyagi életkörülmények és életminőség területén hasonlítja össze az országokat. A mutató célja a korábbi mutatókéhoz hasonlóan, hogy ne pénzügyi és közgazdasági szempontok alapján rangsoroljuk az országokat, hanem az ott élők boldogsága, az ország élhetősége szerint.

A mutató 11 változó szerint vizsgálja az országokat, melyek a lakhatás, jövedelem, foglalkoztatottság, közösség, oktatás, környezet, társadalmi szerepvállalás, egészség, étellel való elégedettség, biztonság, valamint a munka-magánélet egyensúly. Ezen változók mindegyike azonos súllyal szerepel a BLI mutatóban. A mutató különlegessége, hogy a honlap interaktív felülete megengedi az olvasónak, hogy a saját értékrendje szerint állítsa be a szempontok súlyát, az országok rangsorát pedig ennek megfelelően mutatja (OECD Better Life Index, 2021). A szempontsúlyok preferencia szerinti módosítás az 1. ábra jobb oldalán hajtható végre.



1. ábra A BLI mutató rangsora, fő szempontsúlyainak állíthatósága. Forrás: (Better Life Index, 2021)

Az országok oszlopának tetején a virágok szirmai annál nagyobbak, minél jobban teljesít az adott szempont szerint. Amennyiben a szempontokat egyenlő súllyal hagyjuk a vizsgálatban, a

40 ország rangsorának első három helyezettje Norvégia, Ausztrália és Izland. A rangsorban hátrébb helyezkedő országoknál megfigyelhető, hogy egy-egy szempont szerint kimagaslóan jól teljesítenek, viszont a többi szempontnál jóval az átlag alatt vannak. A felhasználók beállításai rögzíthetők a honlapon, így tájékozódni lehet az összes felhasználó beállításának átlagából nyert mutató eredményéről is. A BLI tehát egy interaktív kommunikációs eszköz, melyet a lakosság számára terveztek. A 11 főszempont mindegyike 1-4, összesen pedig 24 teljesítménymutatóra épül, melyek alapján történik végül az országok értékelése.

Az index környezeti szempontja két teljesítménymutatót foglal magában, melyek a légszennyezettség és a vízminőség. Az OECD szerint ugyanis ezen tényezők veszélyeztetik leginkább a környezetet a vizsgált országokban. Az OECD országok mintegy 63%-a lépte át a WHO által megállapított tűrésszintet az emberi egészségre káros szálló por ($PM_{2.5}$) terén (Better Life Index, 2021). A BLI mutató a levegőminőség adatokon alapuló méréstől eltérő módszert használ a vízminőség megismerésére. Utóbbit ugyanis az országok lakosságának véleménye alapján értékelik, akiknek arra a kérdésre kell válaszolniuk, hogy elégedettek-e a víz minőségével ott, ahol élnek. A számszerű adat pedig a válaszok százalékos arányában rejlik (Better Life Index, 2021). A BLI által értékelt országok listáján jelenleg 40 ország szerepel, melyek nagy része OECD tagállam, emellett a közeljövőben a listát Kínával, Indiával és Indonéziával tervezik kibővíteni.

2.5. Az indexek összehasonlítása

Összefoglalva tehát, a bemutatott négy index mindegyikében fellelhető környezeti főszempont, így környezeti teljesítménymutatók is. A vizsgált teljesítménymutatók eltérnek annak függvényében, hogy mely mutató a fenntarthatóság mely aspektusának tulajdonít nagyobb jelentőséget. Többek között ezen eltéréseknek köszönhetően a négy mutató különböző eredményeket hozott ki már a dobogós helyeken is. Az EPI és a BLI szerint a fejlett országok állnak a fenntarthatóság csúcsán, így az előbbinél Dánia, Luxemburg és Svájc, az utóbbinál pedig Norvégia, Ausztrália és Izland foglalta el az első három helyet. Ezzel szemben az SDI és a HPI értékelése a fejlődő országoknak kedvez, így az SDI első három helyezettje Kuba, Costa Rica és Srí Lanka, a HPI mutatóé pedig Costa Rica, Mexikó és Kolumbia.

Bár a mutatóknak hasonló a célkitűzésük, vagyis mindegyik a fenntarthatóság és a jólét jegyében szeretné rangsorolni az országokat, mégis más megközelítéseket alkalmaznak. A mutatóknak nincsen egy közös irányelve, így az olykor egymással ellentétes nézeteket megtestesítő indexek eredményei nem összevethetők (Parapatits, 2018). Az is kérdéses, hogy

egy gyár károsanyag-kibocsátása a vállalatnak otthont adó ország számlájára kerüljön, vagy a termékeit felhasználó nemzetére. Továbbá, az országok egy mutató szerinti pontszáma sokszor nem összehasonlítható a korábbi évekével, ugyanis olykor technológiai fejlődésnek köszönhetően, vagy környezeti változások miatt a mutatók értékelési módszerei megváltozhatnak. Ezért gyakran a mutató a legfrissebb értékelésével átszámított korábbi rangsorokat is publikálja. Tehát a mutatószámok eltérése a fenntarthatóság különböző értelmezéséből, valamint a mutatók eltérő aggregálásából fakadnak, így az eredmények nem mindig tükrözik a tartalmazott teljesítménymutatók önálló hatását (Parapatits, 2018).

Ahogy az előzőekben bemutattam, nemcsak a felhasznált szempontok különböznek, hanem az indexek módszertana is. A mutatók között nincsen konszenzus az egyes teljesítménymutatók súlyára, valamint annak értékelő függvényére vonatkozóan. A mutatók kialakításának szabadsága eltérő matematikai háttérrel von maga után, így azok eredményei egy szubjektív nézőpontot közvetítenek (Morse, 2004). További eltérést okozhat, hogy gyakran az egyes teljesítménymutatókat máshogy értelmezik az országok, mivel sokszor nincsen pontos definíció rájuk. Így a szolgáltatott adatok értelmezése is befolyással lehet az indexek eltérő rangsorára.

A legtöbb esetben ugyan a mutatók bemutatáskor a szempontok súlyaira koncentrálnak, de a pontszámításhoz felhasznált értékelő függvények is legalább annyira fontosak az eredmény alakulásában. A következő fejezetben ezt szemléltetem egy elméleti modellen keresztül.

3. ELMÉLETI MODELL

Az indexek előállítása felfogható egy többszemponútú döntési modellként (Temesi, 2002). Ennek két fő lépése a szempontok súlyozása és az értékelő függvények meghatározása. A súly egyszerűen értelmezhető, megmutatja, hogy az adott szempont mennyire fontos alkotóeleme az indexnek a többihez képest. Ebben a megfogalmazásban a súly látszólag független maguktól a döntési alternatíváktól. Ezzel szemben az értékelő függvények szerepe, hogy az alternatíváknak az adott szempont szerinti teljesítményét számszerűsítse, például a $[0,100]$ skálán. A 0/100 értékelés azt jelenti, hogy adott szempont szerint a legrosszabb/legjobb értékelést kapja az alternatíva. Ezen skála kialakításánál játszik fontos szerepet az értékelő függvény meghatározása. Így az országok önmagukban is értékelhetők, melyhez egy keretet adnak a különböző gazdasági és jóléti mutatók.

3.1. A szempontok fontossági súlyai

A fenntartható fejlődés összetett mutatószámai több szempontból állnak össze, melyek az alszempontok és teljesítménymutatók összefoglalója. Az, hogy egy mutatószám szerint hogyan teljesít egy ország vagy vizsgált alternatíva, jelentős mértékben függ attól, hogy az egyes szempontok és alszempontok milyen súlyban vannak jelen a mutatószámban (Zardari, Ahmed, Shirazi, & Yusop, 2015). Például Ausztria és Norvégia összehasonlításában Ausztria számos szél erőművel rendelkezik, míg Norvégia vízerőművekben bővelkedik. Ezek mindegyike fontos részét képezi a megújuló energiának. Ha a mutató kialakításakor ezen két megújuló energiaforrás szerepeltetésénél úgy döntenek, hogy a vízi élővilág megóvása érdekében a vízerőművekkel szemben a szélenergiát részesítik előnyben, és az ország egy főre jutó előállított szélenergiájának mennyisége képezné a mutató 90%-át, a maradék 10%-ban szerepelne a többi szempont. Ez esetben minden bizonnyal Ausztria megelőzné Norvégiát. Ha azonban a döntéshozók számára az esztétikum és a táj látványának lehető legkisebb módosítása a fontos a megújuló energiaforrás tekintetében, akkor előfordulhat, hogy az index 90%-át az egy főre jutó előállított vízenergia képezné, így Norvégia szerepelne jobban a kitalált mutató szerint. Tehát az, hogy az egyes fő- és alszempontok milyen súllyal vannak jelen egy mutatóban, gondos körüljárást igényel.

Éppen ezért nagy hangsúlyt fektetnek ezen szempontsúlyok kialakítására és későbbi kommunikálására (Figueira & Roy, 2002). A sok súlyozási módszer közül az Analytic Hierarchy Process (AHP) például úgy határozza meg súlyait, hogy a döntéshozónak tesz fel kérdéseket két szempont egymáshoz viszonyítására vonatkozóan, majd a válaszok ismeretében hozza létre a súlyrendszert (Saaty, 1980). Az AHP egy többszempontú döntéstámogató modell, ami képes véges sok alternatíva rangsorolására véges sok szempont szerinti teljesítményük alapján. A módszer lehetővé teszi az átfogó célkitűzésre kiható összes kérdés vagy szempont összehasonlítását az egyes szempontok fontosságával korrigálva (Saaty, 1994). Singh és szerzőtársai (2007) cikkében számos súlyozási módszert vizsgálnak, melyek többek között az egyenlő súllyal szereplő szempontok, a faktoranalízis, egy jövőbeli célértéktől vett távolság, vagy a lakosság véleményére alapozott súlyozás. Ugyanakkor Bozóki (2006) disszertációjában további ötféle súlyozási módszert foglalt össze. Vagyis elmondható, hogy a súlyozás problémája részletesen tanulmányozott téma.

A következő alfejezetekben az értékelő függvények meghatározásának jelentőségét fogom bemutatni először az elméleti háttér ismertetésével, majd egy numerikus példával.

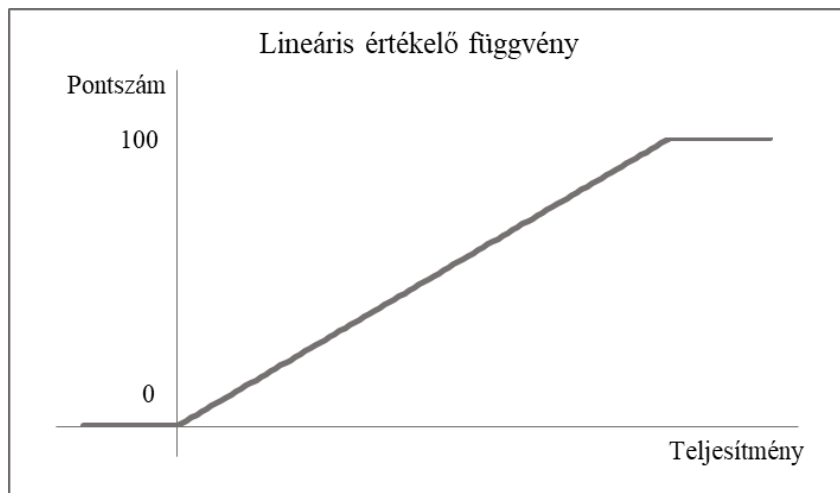
3.2. Pontozás az értékelő függvények szerint

A teljesítménymutatók szerinti értékelés másik fontos eleme, hogy milyen függvénnyel számítjuk az alternatívák pontszámát (Bana & Vansnick, 1994). Mivel a különböző teljesítménymutatók különböző skálán helyezkednek el, így egy transzformációra van szükség ahhoz, hogy együttesen vizsgálhatók legyenek. Ezután lehet csak számításokat végezni velük, valamint ezután válnak összemérhetővé is. Az értékelő függvények esetében a teljesítménymutatók tulajdonságaihoz igazítva meghatározzák, hogy milyen tartományt kívánnak figyelembe venni az alternatívák értékelésekor. Ehhez az intervallumhoz kijelölik a minimum és maximum értékeket, így az országokat a két érték közötti skálán pontozzák. Értékelő függvények használatával a szempontok szerinti értékekből pontszámokat képezhetünk, így például egy 0-tól 100-ig terjedő skálára tudjuk átszámolni a pontokat. A skálázásnak köszönhetően nem okoz problémát, ha például a GDP-t dollárban, a CO₂-kibocsátást pedig tonnában mérjük.

Kutatásom alapfeltevése szerint a szempontok különböző intervallumon és/vagy különböző függvényen történő pontozása más-más eredményhez vezethet. Fontos szerepet játszik ugyanis, hogy a skála minimum és maximum értékeit mennyiben állapítják meg, valamint, hogy milyen értékelő függvényformát alkalmaznak. Az értékelő függvény minimum és maximum értékét meghatározhatjuk a mintákon belül lévő legkisebb és legnagyobb értékekkel, de használhatunk más közgazdaságtanilag értelmezhető értékeket is. Ilyen értékek lehetnek a globális min/max értékek, az elméleti min/max, vagy egy szempont optimálisnak vélt értékei is. Összességében számos értékelő szabály és függvény kombinációja közül választhatunk.

A leggyakrabban előforduló értékelő függvények a lineáris függvények, melyet a 2. ábrán szemléltetnek. Marnika és szerzőtársai (2015) cikkében számos bányászattal kapcsolatos környezeti teljesítménymutató értékelése történik többek között lineáris függvényen. Emellett az EPI összes teljesítménymutatójának értékelése is lineáris skálán történik. Továbbá Hickel (2020), valamint Barrera és Saldívar (2002) bemutatja cikkében, hogy az SDI mutatóban is ezt a függvényformát alkalmazzák. Ezen függvényforma használata akkor előnyös, ha egyenlő pontkülönbséget szeretnénk produkálni a mutató alacsonyabb és a magasabb értékei között is. A lineáris függvény további előnye, hogy nem érzékeny az outlier értékekre. A maximum értéknek ugyanis nem feltétlenül kell a vizsgált alternatívák legmagasabb értékének lenni, így

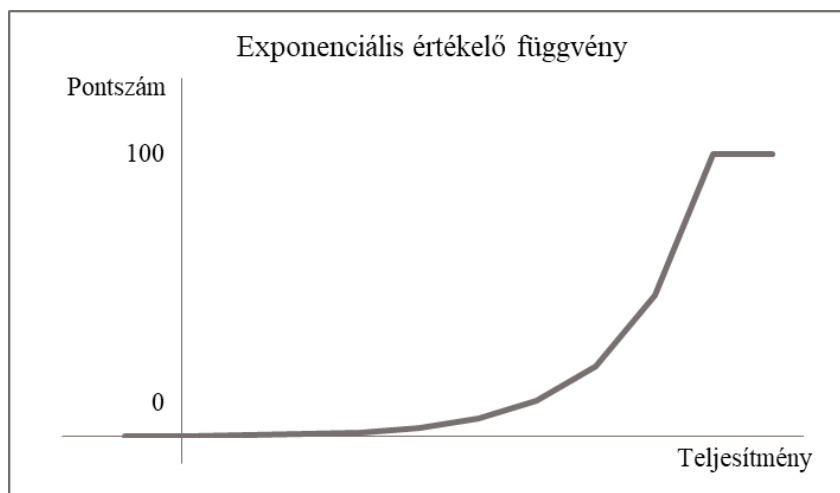
a kiugró értékek nem csökkentik a többi alternatíva relatív pontszámát (Tarabusi & Palazzi, 2004). Léteznek azonban olyan környezeti mutatószámok is, melyeket természetükből



2. ábra Lineáris értékelő függvény. Saját szerkesztés

fakadóan nemlineáris skálán értelmezhetők. Ilyen például a földrengést mérő Richter-skála, mely értékelése exponenciális függvényen történik, valamint a zajkibocsátás vizsgálatánál a hangerőt mérő decibel, melyet logaritmikus skálán mérnek.

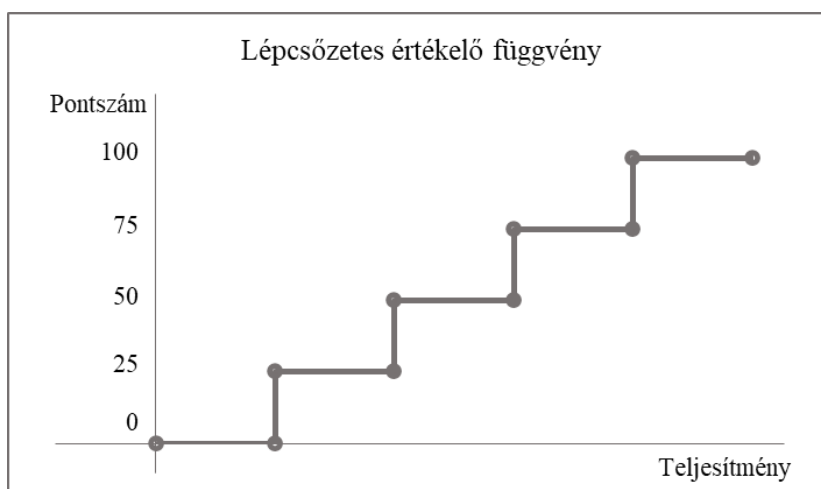
Szintén gyakran alkalmazzák az előbb említett exponenciális függvényt, melyet a 3. ábrán szemléltetnek. Az exponenciális függvénynek akkor van relevanciája, ha rossz értékeket könnyedén elér egy alternatíva, így nem tesz ezen értékek között nagy különbséget. Ezzel szemben a nehezen elérhető jó értékeket jelentősen differenciálja, így kisebb értékbeli különbséggel is magas pontszámelőnyre tehet szert az alternatíva.



3. ábra Exponenciális értékelő függvény. Saját szerkesztés

Marnika és szerzőtársai (2015) cikkében exponenciális függvényen pontoz számos környezeti mutatót. Ilyen mutatók például a felszín alatti bányászat okozta zajszennyezés, a bányászati létesítmény távolsága egy védett területtől, továbbá a bányászat végeztével helyreállított földterület aránya. Tarabusi és Palazzi (2004) cikke egy alternatív fenntarthatósági indexet mutat be, mely szintén exponenciális függvényen értékeli az országok teljesítményét.

További gyakori értékelő függvény a lépcsőzetesen történő értékelés, melyet a 4. ábrán mutatok be. A lépcsőzetes függvényen általában 3-5 „lépcsőfok” jelöli a szempont szerint elérhető pontokat. Ez a függvényforma alkalmas a nem számszerű adatok értékelésére is, például autóvásárlásnál a kényelem vagy lakásvásárlásnál a kilátás mérésére. Marnika és szerzőtársai (2015) cikkében a kiemelt élőhelyek / fajok védelmi állapotát értékeli három szinten. Tanulmányukban *A* értékelést kap egy alternatíva, ha alacsony a kockázat, *B* értékelést a közepes kockázat és *C* értékelést magas kockázat esetén. Lemke és Bastini (2020) a fenntarthatósági célokról (Sustainable Development Goals) szóló cikkében öt lépcsőfokot határoz meg, ahol 10-100-as skálán 10 és 20 közötti pontot kap a rosszul teljesítő alternatíva, 81-100 pontot pedig a jól teljesítő alternatíva. A kettő szint között pedig 20-asával történik szintugrás.



4. ábra Lépcsőzetes értékelő függvény. Saját szerkesztés

Az említett három értékelő függvény mellett számos egyéb függvény szerint történhet a pontozás. Ezek lehetnek a korábbiakhoz hasonlóan szabályos függvényformák is, vagy szabálytalan, döntéshozói szinten meghatározott függvényalakok.

Bár a mutatók kialakításának ezen aspektusai is jelentős szerepet játszanak a végső eredmények alakulásában, a szempontsúlyokkal ellentétben a szempontok értékelő függvényeinek nem mindig tulajdonítanak kellő hangsúlyt az adatok közlésekor. Ez a korábban vizsgált indexek

honlapján is szembetűnik, ahol a szempontsúlyok látványos ábrával, vagy kiemelve megtalálhatók, az értékelő függvényeket viszont némi kutatással, az index módszertani leírásából lehet megismerni csupán. Ugyanakkor számos tanulmány akad, melyek a szempontsúlyokat gondosan vizsgálják, ellenben az értékelő függvények kialakítását nem. Ilyen Zing és szerzőtársai (2006) tanulmánya, valamint Grace (2005) cikke, akik a fenntartható fejlődés mutatóiban alkalmazott szempontsúlyokat vizsgálták. Fellelhetők azonban olyan – fent említett – cikkek is, amelyek a környezeti szempontsúlyok vizsgálata során felmerült skálázási módszereket is bevonják a kutatásba. A következőkben bemutatom egy elméleti és egy empirikus példán keresztül, hogy egy fenntarthatósági index készítésekor a szempontoknál felhasznált értékelő függvények formája és az értékelési szabályok ugyanolyan fontosak a végeredmény szempontjából, mint a szempontok súlyai.

3.3. Elméleti példa

Az értékelő módszerek szerepének szemléltetésére készítettem egy számpéldát. A példán keresztül szeretném bemutatni, hogy a szempontsúlyok változtatása kompenzálható az értékelő függvények megfelelő módosításával és viszont. A végeredmény, vagyis a súlyozott pontszámok tehát változatlanok maradnak. Az értékelő függvények fontosságát egy fiktív, a klímaváltozást mérő mutató CO₂-kibocsátás szempontjának példáján keresztül tárgyalom. Példámban öt kitalált ország súlyozott pontszámát vizsgálom úgy, hogy az értékelés egy-egy paraméterét változtatom. A kitalált országokat A, B, C, D és E betűkkel jelölöm. A példában kizárólag kitalált adatok szerepelnek, a valósággal esetleges egyezés a véletlen műve.

A fiktív mutatóban a klímaváltozás mérését 4 teljesítménymutató szolgálja, melyek egyike az egy főre jutó éves CO₂-kibocsátás tonnában. Az, hogy ezen teljesítménymutató mekkora súllyal szerepel a klímaváltozás indexben, minden esetben külön feltüntetem. Annál jobb egy ország teljesítménye, minél kisebb az egy főre jutó CO₂-kibocsátása. Az öt ország kibocsátása az 1. táblázat második oszlopában található. Az i ország teljesítményét az 5. képlet alapján helyezem lineárisan 0-tól 100-ig terjedő skálára:

$$Pontszám_i = \frac{max_x - x_i}{max_x - min_x} * 100 \quad (5)$$

ahol x_i a vizsgált i ország egy főre jutó éves CO₂-kibocsátása, továbbá max_x az értékelési módszer szerinti legmagasabb kibocsátást, és min_x az értékelési módszer szerinti legalacsonyabb kibocsátást jelöli. Egy ország akkor kap 0 pontot, ha eléri az értékelési módszer szerinti legnagyobb – vagyis legrosszabb – egy főre jutó CO₂-kibocsátást, és 100 pontot kap

akkor, ha az ország CO₂-kibocsátása a legkisebb, azaz a lehető legjobban teljesít. Így az értékek 0 és 100 között lineárisan helyezkednek el, mely értékek az 1. táblázat 3. és 5. oszlopában találhatóak. A 4. és 6. oszlopban szerepelnek az alternatívák szempontsúllyal súlyozott pontszámai, vagyis hogy összességében hány ponttal szerepelnek a mutatóban. Ez utóbbi értékeket a 6. képlet alapján számoltam ki:

$$\text{Súlyozott pontszám} = \text{Pontszám} * \text{Szempontsúly}. \quad (6)$$

Az első példában – melyet az 1. táblázatban foglaltam össze – az öt ország kibocsátását kétféle lineáris skálán helyeztem el eltérő szempontsúlyokkal. Az egyik értékelési elgondolás szerint a fiktív klímaváltozás mutató négy teljesítménymutatóját egyenlő súllyal helyeztem az indexbe, így a CO₂-kibocsátás 25%-kal szerepel. A pontszámokat pedig úgy helyeztem el a lineáris skálán, hogy a legjobban teljesítő (A) ország kapjon 100 pontot, a legrosszabbul teljesítő (E) pedig 0 pontot. A többi ország a két érték között helyezkedik el az 5. képlet alapján, mely értékek az 1. táblázat 3. oszlopában szerepelnek. Így a súlyozott pontszámok, vagyis az, hogy valójában mekkora pontszámmal szerepel egy ország a mutatóban, a 4. oszlopban látható.

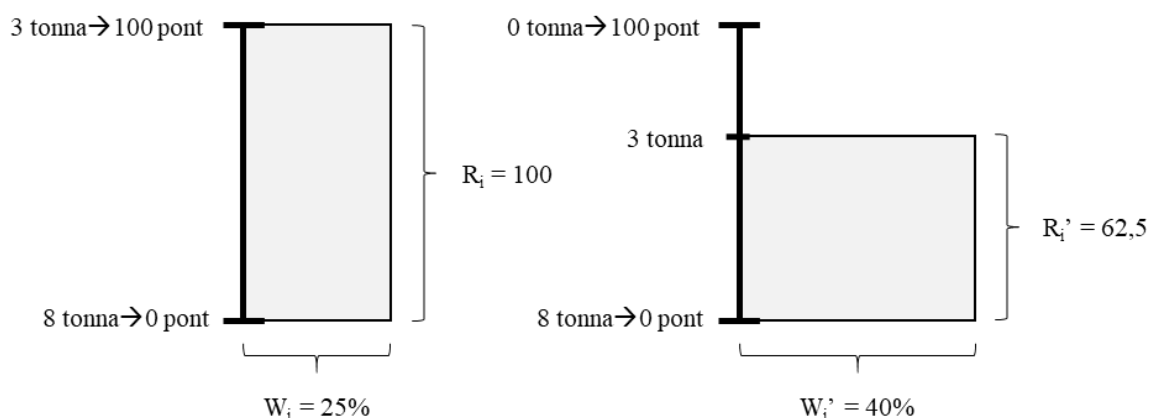
Állítsuk elő ugyanezeket a súlyozott pontszámokat, de ezennel más értékelő függvény és más szempontsúly használatával! Ehhez az értékelő függvényt egy másik megközelítés szerint határoztam meg. A maximum értéket változatlanul 8-on hagytam, így az E ország továbbra is 0 pontot kap. A minimum értéket viszont nem a legkisebb CO₂-kibocsátáshoz igazítottam, hanem egy elméleti optimális kibocsátási szinthez, ami ebben a példában 0 tonna/fő/év, vagyis a karbonsemlegesség. A karbonsemlegesség egy ország CO₂-kibocsátásának és a megkötött CO₂-nak az egyensúlya (Európai Parlament, 2021). Mivel a nulla szén-dioxid kibocsátás elérése szinte lehetetlen, ezért a kibocsátás és a megkötés nettó 0 értékét nevezzük karbonsemlegességnek. Ezen cél kitűzésével a vizsgált országok közül a legjobban teljesítő sem kapta meg a 100 pontot, ezzel jelezve, hogy van tere a fejlődésre. Az országok így kapott pontszáma az 1. táblázat 5. oszlopában található. Ahhoz, hogy a 4. oszlopban szereplő súlyozott pontszámokat visszakapjam, az értékelő függvény változtatása miatt a szempontsúlyt is szükséges módosítani. Így a korábbi 6. képlet átalakításából számolva a módosított szempontsúly 40% lett.

1. táblázat Kétféle értékelési módszer ábrázolása: 25%-os szempontsúly és (8 tonna→0 pont; 3 tonna→100 pont) értékelő függvény, valamint 40%-os szempontsúly és (8 tonna→0 pont; 0 tonna→100 pont) értékelő függvény. Saját szerkesztés

Ország	Egy főre jutó éves CO ₂ -kibocsátás (tonna)	Pontszám (min = 3, max = 8)	Súlyozott pontszám (min = 3, max = 8, súly = 25%)	Pontszám (min = 0, max = 8)	Súlyozott pontszám (min = 0, max = 8, súly = 40%)
A	3	100	25	62,5	25
B	3,2	96	24	60	24
C	4,8	64	16	40	16
D	5,6	48	12	30	12
E	8	0	0	0	0

Az 1. táblázatban látszik, hogy bár a két értékelő függvény szerint más pontszámot kaptak az országok, a szempontsúly alkalmas változtatásával ez az eltérés korrigálható. Így az eltérő értékelési módszerek ellenére ugyanazokat a súlyozott pontszámokat sikerült visszakapni.

A súlyozott pontszámok egyezésének szemléltetésére készítettem egy ábrát. Az 5. ábrán az 1. táblázat példája szerinti súlyok és értékelő függvények szerepelnek. Az első értékelési módszert i , a másodikat pedig i' betűvel jelöltem. Az ábrán feltüntettem a pontszámok terjedelmét is, melyet az R betű jelöl. Az első esetben az értékelő függvény megengedte a skála maximális terjedelmének kihasználását, így $R_i = 100$. A második esetben azonban a minimum érték 0-ra módosításával a pontszámok a 0-62,5 intervallumon helyezkednek el, így az $R_{i'}$ értéke ez esetben 62,5. A pontszámok terjedelmének és a szempontsúly szorzatának értéke mindkettő esetben 25 lesz, ez jelöli a súlyozott pontszámokat, melyeket az ábra egyenlő területű téglatestei szemléltetnek. Vagyis ahhoz, hogy egyenlő súlyozott pontszámokat kapjunk a két számítás során, a szempontsúly növelésével a pontszámok intervallumát csökkenteni szükséges, és fordítva. Az alternatívák pontszámai közötti megváltozott távolság ugyanis megegyezik a szempontsúlyban történő változtatás mértékével.



5. ábra A téglalapok területével ábrázolt súlyozott pontszámok egyezősége különböző szempontsúly és értékelő függvény mellett. Saját szerkesztés

A második példában – melyet a 2. táblázatban foglaltam össze – két újabb értékelési módszer szerint vizsgálom az öt országot. Ezúttal azonban a minimum és a maximum értéken is változtatok. Elsőként a CO₂-kibocsátás teljesítménymutatónak 20%-os szempontsúlyt adtam. Az értékelő függvény minimum értékét a legjobban teljesítő ország értékéhez igazítottam, így a 3 tonna/fő/év értéket elérő ország megkapja a maximális 100 pontot. A maximum érték meghatározásához tegyük fel, hogy a valaha mért legmagasabb kibocsátása egy országnak 15 tonna/fő/év volt. Bár az öt vizsgált ország legrosszabb teljesítménye 8 tonna/fő/év volt a vizsgált évben, ez mégsem számít globálisan rossz teljesítménynek. Így a 15 tonna/fő/éves kibocsátáshoz igazítva 0 pont csak egy szélsőségesen rosszul teljesítő ország kap. Az országok így kapott pontszámait a 2. táblázat 3. oszlopa jelöli. A 4. oszlopban az országok 20%-os szempontsúllyal súlyozott pontszámai szerepelnek. Megfigyelhető, hogy mivel mindegyik ország messze jobban teljesít, mint az elméleti legrosszabb kibocsátás, a pontszámok és a súlyozott pontszámok egyaránt a maximum értékhez közel szóródnak.

Ezzel szemben az értékelő függvényt úgy módosítottam, hogy a 0-100 lineáris skála minimum és maximum értékei két szélsőséges érték legyen. Így a minimumot a karbonsemlegességhez kötöttem, a maximumot pedig a valaha volt legmagasabb, 15 tonna/fő/év kibocsátásban határoztam meg. Ezen értékelő függvényt akkor érdemes alkalmazni, ha bár ösztönözni szeretnénk az országokat a lehető legkisebb kibocsátás elérésére, mégsem büntetjük drasztikusan az ezen szempont szerint rosszul, vagy legalábbis nem rekorddöntő mértékben rosszul teljesítőket sem. Ezeket az értékeket a 2. táblázat 5. oszlopa tartalmazza. Ahhoz, hogy a módosított értékelő függvényekkel ugyanazokat a súlyozott pontszámokat kapjam, a szempontsúlyt 40%-ban kellett meghatároznom. Az így súlyozott pontszámokat a 6. oszlopban szerepeltetem.

2. táblázat Kétféle értékelési módszer ábrázolása: 20%-os szempontsúly és (15 tonna→0 pont; 3 tonna→100 pont) értékelő függvény, valamint 40%-os szempontsúly és (15 tonna→0 pont; 0 tonna→100 pont) értékelő függvény. Saját szerkesztés

Ország	Egy főre jutó éves CO ₂ -kibocsátás (tonna)	Pontszám (min = 3, max = 15)	Súlyozott pontszám (min = 3, max = 15, súly = 20%)	Pontszám (min = 0, max = 15)	Súlyozott pontszám (min = 0, max = 15, súly = 40%)
A	3	100	20	80	20
B	3,2	98,33	19,67	78,67	19,67
C	4,8	85	17	68	17
D	5,6	78,33	15,67	62,67	15,67
E	8	58,33	11,67	46,67	11,67

Az elgondolásnak köszönhetően, miszerint nem a vizsgált országok viszonylatában határozzuk meg a legrosszabb kibocsátást, egyik alternatíva sem kapott alacsony pontszámot. Bár a két

értékelési módszerben a szempontok súlya drasztikusan – 20%-ról 40%-ra – változott, az értékelő függvényben végzett, aprónak tűnő módosítással ugyanazokat a végső súlyozott pontszámokat kaptam.

A kísérlet célja az volt, hogy bemutassam, nem csupán az alszempont súlya a mérvadó egy ország teljesítményének értékelésekor, hanem az értékelési módszer, az értékelő függvény is azonos jelentőséggel bír a végső pontszám meghatározásában. Bár az alkalmazott értékelő módszertanok jelentősen eltérnek egymástól, az elgondolások közgazdaságtanilag helytállóak. A kitűzött célok fontos szerepet töltenek be a fenntartható fejlődés motivációjának eszköztárában. Megeshet ugyanis, hogy a fenntartható fejlődésre tett erőfeszítések nem feltétlenül hatékonyak. Hanula és Németh (2021) az elektromos autók támogatásának példáján mutatja be, hogy az erőforrások megfelelő allokálásával hatékonyabban tudnánk tenni a fenntartható jövőért. Az elektromos autók vásárlásakor igénybe vehető támogatás ugyanis azokat a lakosokat érinti, akik anyagilag megengedhetnek maguknak egy nagyösszegű autót. A jobb anyagi helyzetűek „régibb” autóját viszont általában az átlagosnál jobb állapotú, így a károsanyag-kibocsátásuk is viszonylag alacsony. Hanula és Németh arra világít rá, hogy amennyiben a támogatás összegét nem a közepes károsanyag-kibocsátású autóról alacsony kibocsátásúra cserélésre, hanem a nagy károsanyag-kibocsátású, régi autók közepesre cserélésére fordítanák, jelentősen nagyobb eredményt lehetne elérni a levegőszennyezés javításában.

Szemléltető példában nem foglalkoztam azzal, hogy a szempontsúly megváltoztatásával a többi szempont súlyát is korrigálnom kell úgy, hogy az összegük 1 legyen. Az újránormalizálás a fentiekben bemutatott összefüggések érvényességét nem érinti. A következő fejezetben azonban egy gyakorlati példán keresztül megmutatom, hogy azonos súlyozott pontszámok kihozhatók úgy, hogy a súlyok összege végül változatlan maradjon.

4. EMPIRIKUS ELEMZÉS

A következőkben a korábban bemutatott EPI mutatóon keresztül szemléltetem, hogy az országok pontszámait az eredetitől eltérő súlyokkal is lehet reprodukálni a megfelelő értékelő függvények megválasztásával. Azért az EPI-t választottam, mert minden szükséges adat és információ rendelkezésre áll ennek végrehajtásához. Az indikátor módszertana szerint a teljesítménymutatók százezer főre kifejezett értékeit standardizálja, majd szükség szerint logaritmizálja a jobb értelmezhetőség kedvéért. Logaritmizálásra szoruló teljesítménymutatók

az EPI indexben például a lombtömegveszteség, a halállomány, valamint a háztartási szilárd tüzelőanyagok. Az adatok esetleges átalakítása után az értékeket a 0-100 lineáris skálán helyezi el a következő képlet alapján:

$$Indicator\ score_i = \frac{X_i - W_x}{B_x - W_x} * 100, \quad (7)$$

ahol X_i az i ország teljesítménymutató szerinti értéke, B_x (Best) egy kitűzött célérték szerinti legjobb teljesítmény, és W_x (Worst) a legrosszabb teljesítményre kitűzött alsó érték (Wendling et al., 2020). Azok az országok, amelyek a B_x felső célértéket elérik vagy meghaladják, a maximális 100 pontot kapják. Azok, amelyek viszont az alsó határértéken, vagy az alatt vannak, 0 pontot kapnak. Az így kapott értékek a szempontsúly arányában szerepelnek az indexben. A mutató 2015 és 2019 közötti adatokat használ fel attól függően, hogy a teljesítménymutató kiszámításához szükséges legfrissebb adatok melyik évről elérhetők.

Példámban ezúttal kettő teljesítménymutatót együttesen fogok változtatni. A két teljesítménymutatót úgy választottam ki, hogy az országok közül legfeljebb egy érje el a maximális és a minimális értéket. Több 0 vagy 100 értékű ország esetén a számítás nem ugyanazt a végeredményt adja, mivel az értékelő függvény már nem teljesen lineáris. Mindkettő teljesítménymutató az EPI index „ökoszisztéma vitalitás” szempont „biológiai sokféleség és élőhely” problémakategóriájába tartozik 10-10%-os súllyal. Az egyik teljesítménymutató a „biológiai sokféleség és élőhely index – vaszkuláris növények” (Biodiversity Habitat Index – Vascular Plants, BHV), a másik pedig a „védett területek reprezentativitási indexe” (Protected Areas Representativeness Index, PAR). Ezek egyike sem esett át logaritmizáló transzformáción, valamint mindkettő mértékegység nélküli mutatóként szerepel az indexben.

4.1. A BHV és a PAR szempontok

A BHV mutató esetében 0 a legrosszabb és 1 a legjobb érték, amit egy ország szerezhethet. Így amikor az országokat 0-100 lineáris függvényen szerepeltetik, azok az országok kapnak 0 pontot, ahol a BHV mutató szerint 0 pontot ért el egy ország, és akkor kap a függvény szerint 100 pontot, ha a BHV mutató szerint elérte az 1 pontot (Wendling et al., 2020). A 2020-as EPI riportja alapján az általa vizsgált országok közül 2015-ben egyik ország sem érte el sem a 0, sem a 100 pontot. A BHV teljesítménymutató vizsgálatában a legjobban és a legrosszabbul szereplő öt-öt országot a 3. táblázatban foglaltam össze. A táblázatban szerepel az országok BHV szerinti teljesítménye, a lineáris függvény alapján kapott pontszámuk, valamint a 10%-

kal súlyozott pontszámuk is, mellyel szerepelnek az EPI biológiai sokféleség és élőhely mutatójában.

3. táblázat Az EPI 2020-as rangsorának elemei a BHV teljesítménymutató vizsgálatában 10%-os szempontsúly mellett.
Forrás: (YCELP & CIESIN, 2020)

Rangsor (BHV)	Ország	BHV nyers adat	Index pontszám (min = 0, max = 1 határokkal számolva)	Súlyozott pontszám
1.	Kanada	0,824	82,4	8,24
2.	Izland	0,813	81,3	8,13
3.	Oroszország	0,794	79,4	7,94
4.	Pápua Új-Guinea	0,783	78,3	7,83
5.	Suriname	0,781	78,1	7,81
...				
176.	Antigua és Barbuda	0,340	34,0	3,40
177.	Mauritius	0,327	32,7	3,27
178.	Maldív-szigetek	0,314	31,4	3,14
179.	Málta	0,304	30,4	3,04
180.	Seychelle-szigetek	0,236	23,6	2,36

A 3. táblázatban látható, hogy a két teljesítménymutató szerint legjobban teljesítő ország, Kanada 0,824-es BHV értékkel 82,4-es index pontszámot kapott, így a súlyozott pontszáma 8,24. A legrosszabbul teljesítő ország a Seychelle-szigetek volt 23,6-os index pontszámmal és 2,36-os súlyozott pontszámmal. Vagyis látszik, hogy a 0-100 lineáris függvényen az összes ország 23,6-82,4 számok közötti értékeket vett fel.

Hasonlóan megvizsgáltam az EPI mutató PAR teljesítménymutatójának értékelését is. Az EPI által alkalmazott értékelő függvény alsó határa 0,0306, a kitűzött felső célérték pedig 0,31. Az alsó határértéket úgy határozták meg, hogy 2000 és 2016 között a 180 vizsgált ország PAR értékeinek ötödik percentilisét vették (Wendling et al., 2020). A felső 0,31-es célérték meghatározását nem indokolták, viszont ez az érték igen közel van a szempont szerint legjobban szereplő ország, Belize teljesítményéhez, amelynek a PAR értéke 0,306 volt 2016-ban. A PAR teljesítménymutató szerint legjobban és a legrosszabbul szereplő öt-öt országot a 4. táblázatban foglaltam. A táblázat oszlopaiban található az országok teljesítménye, a függvény szerint kapott pontszámuk és a 10%-os súllyal súlyozott pontszámuk is, mellyel az EPI biológiai sokféleség és élőhely mutatójában szerepelnek.

4. táblázat Az EPI 2020-as rangsorának elemei a PAR teljesítménymutató vizsgálatában 10%-os szempontsúly mellett.
Forrás: (YCELP & CIESIN, 2020)

Rangsor (PAR)	Ország	PAR nyers adat	Index pontszám (min = 0,0306, max = 0,31 határokkal számolva)	Súlyozott pontszám
1.	Belize	0,306	98,6	9,86
2.	Suriname	0,305	98,0	9,80
3.	Trinidad és Tobago	0,288	92,2	9,22
4.	Namíbia	0,251	78,9	7,89
5.	Guyana	0,249	78,2	7,82
...				
176.	Zöld-foki Köztársaság	0,037	2,1	0,21
177.	Bahrain	0,036	2,0	0,20
178.	Üzbegisztán	0,035	1,7	0,17
179.	Szamoá	0,035	1,5	0,15
180.	Kiribati	0,028	0	0

A 4. táblázatban látható, hogy a 2020-as EPI Report szerint a 2016-os évben egyetlen ország, Kiribati volt az alsó határ alatt, így 0 pontot kapott. Annak ellenére, hogy Belize szerepelt a 180 vizsgált ország közül a PAR mutató szerint a legjobban, mégsem kaphatta meg a 100 pontot, csupán 98,6-ot. Tehát ez esetben az összes ország a 0-100 lineáris függvényen a 0-98,6 intervallumba esett.

A következő alfejezetben az elméleti példához hasonlóan a két mutató paraméterein módosításokat hajtok végre. Olyan változtatásokat végzek, melyek mellett az országok súlyozott pontszámai változatlanul az EPI által kiszámított értékek maradnak.

4.2. Súlyozott pontszámok reprodukálása

Alakítsuk át az EPI ezen két teljesítménymutatóját úgy, hogy a szempontsúlyaik és az értékelő függvényeik megváltoztatása mellett ugyanezeket a súlyozott pontszámokat kapják az országok! A BHV mutató értékelő függvényét úgy változtattam meg, hogy a maximum értéket 0,824-re – vagyis a legjobban teljesítő ország értékére – csökkentettem, a minimum értéket pedig változatlanul nullán hagytam. Azért döntöttem az értékelő függvény ilyen módon történő változtatása mellett, mert a legmagasabb BHV értéket elérő ország is távol volt az EPI által meghatározott 1 célértéktől. Ahhoz, hogy a megváltozott lineáris függvényformák mellett is ugyanazt a súlyozott pontszámot kapják az országok, más szempontsúlyt kellett választanom. A súly meghatározásához a 8. képletet használtam:

$$W'_{BHV} = \frac{P_i}{P_{i'}} * W_{BHV} \quad (8)$$

ahol W'_{BHV} a meghatározni kívánt új szempontsúly, W_{BHV} az EPI által alkalmazott eredeti szempontsúly, P_i és P_i' pedig i ország eredeti, és az új függvény szerint elért pontszáma. Így a módosított szempontsúly 8,24% lett. Tehát az eredeti 0-1 skálán történő pontozást és a 10%-os szempontsúlyt 0-0,824 skálán történő pontozásra és 8,24%-os szempontsúlyra változtattam, melynek köszönhetően ugyanazokat a súlyozott pontszámokat kaptam. Az új értékelő függvények és súlyozás mellett az országok sorrendje természetesen nem változott.

5. táblázat Megegyező BHV súlyozott pontszám módosított (0→0; 0,824→100) értékelő függvény és 8,24%-os szempontsúly mellett. Saját szerkesztés

Rangsor (BHV)	Ország	BHV nyers adat	Index pontszám (min = 0, max = 0,824 határokkal számolva)	Súlyozott pontszám
1.	Kanada	0,824	100	8,24
2.	Izland	0,813	98,7	8,13
3.	Oroszország	0,794	96,4	7,94
4.	Pápua Új-Guinea	0,783	95,0	7,83
5.	Suriname	0,781	94,8	7,81
...				
176.	Antigua és Barbuda	0,340	41,3	3,40
177.	Mauritius	0,327	39,7	3,27
178.	Maldív-szigetek	0,314	38,1	3,14
179.	Málta	0,304	36,9	3,04
180.	Seychelle-szigetek	0,236	28,6	2,36

Azáltal, hogy a BHV szempont súlya lecsökkent, a PAR mutató súlyát ezzel egyenlő mértékben kellett növelni ahhoz, hogy a két szempont együttes súlya az eredeti EPI-hez képest ne változzon. Így a PAR szempontsúlya 11,76% lett. Vagyis a korábbi 10-10%-os elosztás helyett a BHV mutatót 8,24%-os, a PAR mutatót pedig 11,76%-os szempontsúllyal szerepeltetem. Az értékelő függvényt ennek megfelelően kellett úgy változtatnom, hogy a súlyozott pontszámok a PAR mutató esetében is megegyezzenek az eredeti EPI pontszámokkal. Ehhez a minimum értéket az eredetileg is alkalmazott 0,0306-on hagytam, a maximum értéket pedig a 9. képlet alapján határoztam meg:

$$max_{PAR} = \frac{PAR_i - min_{PAR} + \frac{0,1 * P_i}{W'_{PAR}} * min_{PAR}}{\frac{0,1 * P_i}{W'_{PAR}}} \quad (9)$$

ahol max_{PAR} a lineáris függvény maximum értéke, PAR_i az i ország PAR mutató szerinti értéke, min_{PAR} a lineáris függvény minimum értéke, P_i i ország PAR pontszáma, és W'_{PAR} a módosított szempontsúly értéke. Az értékelő függvény maximum értéke ezen képlet alapján 0,359 lett. A

maximum érték növelésének a való életben is van relevanciája, ugyanis az EPI által nem vizsgált országok között akad egy, amely magasabb pontszámot ér el, mint az EPI felső célértéke. Andorra PAR értéke 0,316 volt 2016-ban (Wendling et al., 2020). Az országok értékelési módszerét a PAR mutató szerint tehát a 0,0306-0,31 intervallumról 0,0306-0,359 értékekre módosítottam. Az országok így kapott eredményeit a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat Megegyező PAR súlyozott pontszám módosított (0,0306→0; 0,359→100) értékelő függvény és 11,76%-os szempontsúly mellett. Saját szerkesztés

Rangsor (PAR)	Ország	PAR nyers adat	Index pontszám (min = 0,0306, max = 0,359 határokkal számolva)	Súlyozott pontszám
1.	Belize	0,306	83,9	9,86
2.	Suriname	0,305	83,3	9,80
3.	Trinidad és Tobago	0,288	78,4	9,22
4.	Namíbia	0,251	67,0	7,89
5.	Guyana	0,249	66,4	7,82
...				
176.	Zöld-foki Köztársaság	0,037	1,8	0,21
177.	Bahrain	0,036	1,7	0,20
178.	Üzbegisztán	0,035	1,5	0,17
179.	Szamoia	0,035	1,3	0,15
180.	Kiribati	0,028	0	0

Az országok pontszámai ezúttal 0 és 83,9 pont között helyezkednek el, vagyis kisebb intervallumon vannak, mint az EPI által meghatározott függvényforma alkalmazásával. A súlyozott pontszámok az új súly és értékelő függvény mellett az EPI pontszámaival megegyezők.

Összefoglalva tehát az EPI 32 teljesítménymutatója közül kettő mutatót kiválasztottam és azok súlyait, valamint értékelő függvényeit együttesen változtattam. A megfelelő módosításokat végrehajtva megkaptam ugyanazokat a súlyozott pontszámokat, mint amit az EPI mutatószámában meghatároztak. A fenti példán keresztül rámutatok, hogy a szempontok súlyai önmagukban nem értelmezhetők, csak az értékelő függvény ismeretében. A szempontsúlyok és az alkalmazott értékelő függvények ugyanolyan fontosak a végeredmény szempontjából. Hiszen hiába szerepelnek egyenlő súllyal a szempontok az indexben, ha az értékelő függvényük mögött álló elgondolás különbözik.

4.3. Az értékelő függvények hatása a rangsorra

A probléma további vizsgálatához megvizsgáltam az országok rangsorát, de ezúttal csak az értékelő függvényeken módosítottam, a szempontsúlyokat az eredeti hagytam. Ezáltal demonstrálható, hogy ha csupán az értékelő függvényeket változtatjuk meg, akkor mekkora lesz az eltérés a rangsorban az eredetihez képest. A vizsgálat középpontjába tehát a rangsor változása került.

A két teljesítménymutató szerint az országok kapott pontszámait összeadtam, majd ezeket az értékeket összehasonlítottam az EPI által meghatározott pontszámok összegével. Az összehasonlíthatóság végett a kettő értékelő függvény együttese szerinti rangsor első és utolsó öt országát a 7. táblázatban foglaltam. A táblázat tartalmazza az országok rangsorát, valamint a két teljesítménymutató szerint kapott együttes pontszámát. Bal oldalon az EPI eredeti adatai találhatók, jobb oldalon pedig a módosított értékelő függvénnyel kapott adatok.

7. táblázat A BHV és a PAR teljesítménymutatók szerinti rangsor az EPI által meghatározott, valamint módosított BHV (0→0; 0,824→100) és PAR (0,0306→0; 0,359→100) értékelő függvények mellett. Forrás: (YCELP & CIESIN, 2020), saját szerkesztés

EPI értékelő függvényeivel			Módosított értékelő függvényekkel		
Rangsor	Ország	BHV és PAR pontszámok	Rangsor	Ország	BHV és PAR pontszámok
1.	Suriname	176,11	1.	Suriname	178,14
2.	Belize	155,80	2.	Namíbia	155,32
3.	Namíbia	151,57	3.	Belize	153,25
4.	Guyana	147,32	4.	Guyana	150,41
5.	Trinidad és Tobago	144,74	5.	Botswana	148,12
...			...		
176.	Zöld-foki Köztársaság	47,28	176.	Libanon	53,02
177.	Málta	44,56	177.	Mauritius	48,98
178.	Mauritius	43,61	178.	Málta	48,95
179.	Maldív-szigetek	41,84	179.	Maldív-szigetek	47,00
180.	Seychelle-szigetek	31,11	180.	Seychelle-szigetek	35,03

A két rangsort összehasonlítva jelentős eltérés tapasztalható. A legmagasabb pontszámot szerző ország a dél-amerikai Suriname, a legrosszabbul szereplő pedig a Seychelle-szigetek mind az eredeti, mind az új függvények mellett. A rangsor többi eleme között tapasztalható felcserélődés, de akár a rangsor teljesen más helyének elfoglalása is. Az eredeti függvényformákkal Belize a második, és Namíbia a harmadik helyen áll, viszont az új függvényformák alkalmazásával Namíbia lesz a második, Belize pedig a harmadik helyen. Míg egyes országok számára kedvezőtlen irányba fordult az értékelő függvények

megváltoztatásával a rangsor, más országok szükségszerűen előrébb kerülhettek. A legnagyobb eltérés Antigua és Barbuda rangsorban elfoglalt helyén következett be, amely két országot együtt vizsgál az EPI. Antigua és Barbuda a 71. helyről a 107. helyre szorult vissza, ezzel 36 országot engedve maga elé. Ezzel szemben Katar jelentős előnyre tett szert a függvény változtatásának köszönhetően. Az ország az eredeti függvények szerint a 107. helyen szerepelt, míg a módosított függvényekkel a 74. helyet sikerült megszereznie. Bár vannak országok, melyek megőrizték a helyüket, a végső pontszám minden esetben módosult.

A két rangsor vizsgálatára megnéztem az adatok korrelációját, melynek értéke 0,9689. Ez a szám a helyezések erős együttmozgására utal, ami nem csoda, hiszen az országok adataiban nem történt változás, csupán az értékelő függvényükben. Mégis szignifikáns ahhoz, hogy bizonyítsa ezen kis változtatások sorrendváltoztató hatását.

Ugyan ezen két teljesítménymutató értékelő függvényének – a fentiek szerinti – változtatása minden bizonnyal csak minimális változást eredményezne a teljes index rangsorában, úgy gondolom, hogy több, vagy az összes teljesítménymutató függvényének – akár minimális – változtatásával is a rangsor jelentős módosulását lehet elérni.

5. ÖSSZEGZÉS

Dolgozatomban azt vizsgáltam, hogy milyen hatással van az Environmental Performance Index fenntarthatósági mutatóra az értékelő függvények paramétereinek változtatása. Előzetes feltételezésem volt, hogy egy szempont súlyának módosítása kompenzálható az értékelő függvény változtatásával, és fordítva. Vagyis a két paraméter a mutatóban egyenlő jelentőséggel bír. Általános tapasztalatom, hogy a kutatott szakirodalmak nem fektetnek kellő hangsúlyt az értékelő függvények kialakítására és az eredményekkel együttesen történő kommunikálására. Dolgozatom célja azonban rámutatni ezek fontosságára.

A feltevés bizonyítására először egy elméleti példa értékelő függvényein és szempontsúlyain hajtottam végre változtatást. A kísérlet eredményeképp a paraméterek különböző beállításai, vagyis az értékelés eltérő elgondolásai mellett sikerült elérni a súlyozott pontszámok változatlanságát. Ezt követően az EPI két teljesítménymutatóján szemléltettem, hogy valós rangsorral is kihozható az elméleti felvetés. Az értékelő függvények és a szempontsúlyok együttes változtatása mellett az országok súlyozott pontszámai megegyeznek az EPI eredeti eredményeivel.

Kutatásom utolsó szakaszában kizárólag az értékelő függvények hatását néztem a szempontsúlyok változatlansága mellett. A vizsgálat során az országok rangsora került górcső alá. Az eredeti és a módosított értékelő függvényekkel kapott rangsorok erősen korrelálnak, de a különbség mértéke szemlélteti az értékelő függvények kis változtatásának jelentős hatását. Bár a sorrendváltozást csak a két teljesítménymutatóra néztem meg, úgy gondolom, hogy több, vagy az összes teljesítménymutató értékelő függvényének változtatása mellett jelentős eltéréseket lehetne tapasztalni a teljes index rangsorában.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a szempont súlyok mellett valóban hasonlóan fontos az értékelő függvények alakja a végső sorrend szempontjából. Annak érdekében, hogy ténylegesen a kívánt mértékben szerepeljen az adott szempont az indexben, szükséges mind a súlyra, mind az értékelő függvényre kontrollálni. Dolgozatomban csupán a lineáris értékelő függvényt vizsgáltam meg részletesen, így további kutatásra ad lehetőséget akár az exponenciális vagy a logaritmikus függvény elemzése. Valamint, érdemes lenne egy sztenderd keretrendszert kialakítani a környezeti szempontok értékelésére.

6. A VIZSGÁLAT KORLÁTAI

Mivel az indexek különböző országokat vizsgálnak, az adatok elérhetősége miatt nehezen összemérhetők. Az EPI mutató esetenként hiányzó adatai nem engedték, hogy a két teljesítménymutató változtatásának hatását az index teljes rangsorában megnézzem. Úgy gondolom, hogy a későbbiekben, amennyiben a hiányzó adatok orvosolhatók, érdemes megvizsgálni több mutató értékelő függvényének változtatása után kapott rangsort is.

7. HIVATKOZÁSOK

- Bana, C. A., & Vansnick, J.-S. (1994). MACBETH - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions. *Pergamon*, 489-500.
- Bana, e. C., & Vansnick, J.-C. (1994). A Theoretical Framework for Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH). In J. Clímaco, *Multicriteria Analysis* (old.: 15-24). Coimbra: Springer.
- Bandura, R. (2008). *Survey of Composite Indices Measuring Country Performance: 2008 Update*. New York: United Nations Development Programme, Office of Development Studies Working Paper.
- Barrera-Roldán, A., & Saldívar-Valdés, A. (2002). Proposal and application of a Sustainable Development Index. *Ecological Indicators*, 251–256.
- Better Life Index 1. (2021. 03 11). *oecdbetterlifeindex.org*. Forrás: Executive Summary: https://read.oecd-ilibrary.org/economics/how-s-life-2020_8c7ac95f-en#page1
- Better Life Index 2. (2021. 03 11). *oecdbetterlifeindex.org*. Forrás: Better Life Index: Definitions and metadata: <http://www.oecd.org/statistics/OECD-Better-Life-Index-definitions-2019.pdf>
- Bozóki, S. (2006). Súlyozás páros összehasonlítással és értékelés hasznossági függvényekkel a többszemponútú döntéshozatalban. In K. P. Program, *Kézirat*. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
- Drexler, M. (2021. 04 09). *theatlantic.com*. Forrás: The Atlantic: <https://www.theatlantic.com/international/archive/2021/02/coronavirus-pandemic-bhutan/617976/>
- Environmental Performance Index. (2021. 03 17). *epi.yale.eu*. Forrás: Environmental Performance Index: <https://epi.yale.edu/>
- Európai Parlament. (2021. 04 10). *europarl.europa.eu*. Forrás: Hírek Európai Parlament: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20190926STO62270/mit-jelent-a-karbonsemlegesseg-es-hogyan-erheto-el-2050-ig>
- Figueira, J., & Roy, B. (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research*, 317–326.

- Global Footprint Network. (2021. 03 16). *Global Footprint Network*. Forrás: footprintnetwork.org: <https://www.footprintnetwork.org/resources/data/>
- Grace, K. C. (2005). Developing a multicriteria approach for the measurement of sustainable performance. *Building Research & Information*, 33:1, 3-16.
- Gras, R., Benoit, M., Deffontaines, J. P., Duru, M., Lafarge, M., Langlet, A., & Osty, P. L. (1989). The technical fact in agronomy. Agricultural activity, concepts and study method with some examples in France. *L'Harmattan. Paris*.
- Hanula, B., & Németh, P. (2021). Fenntartható fenntarthatóság. *Magyar Tudomány*, 353-363.
- Happy Planet Index. (2021. 03 07). *happyplanetindex.org*. Forrás: Happy Planet Index: <http://happyplanetindex.org/about>
- Happy Planet Index. (2021. 03 11). <http://happyplanetindex.org/>. Forrás: Happy Planet Index: https://static1.squarespace.com/static/5735c421e321402778ee0ce9/t/578dec7837c58157b929b3d6/1468918904805/Methods+paper_2016.pdf
- Hickel, J. (2020). The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the anthropocene. *Ecological Economics*.
- Jeffrey, K., Wheatley, H., & Abdallah, S. (2016). *The Happy Planet Index 2016; A global index of sustainable wellbeing*. New Economics Foundation.
- Kawachi, I., & P.Kennedy, B. (1997). The relationship of income inequality to mortality: Does the choice of indicator matter? *Social Science & Medicine*, 1121-1127.
- Lemke, C., & Bastini, K. (2020). Embracing multiple perspectives of sustainable development in a composite measure: The Multilevel Sustainable Development Index. *Journal of Cleaner Production* 246, 118884.
- Marnika, E., Christodoulou, E., & Xenidis, A. (2015). Sustainable development indicators for mining sites in protected areas: tool development, ranking and scoring of potential environmental impacts and assessment of management scenarios. *Journal of Cleaner Production*, 59-70.
- Morse, S. (2004). *Indices and Indicators in Development. An Unhealthy Obsession with Numbers*. London: Earthscan Publications.

- Mousseau, V. (1995). Eliciting information concerning the relative importance of a criteria. In P. M. Pardalos, Y. Siskos, & C. Zopounidis, *Advances in Multicriteria Analysis* (old.: 17-43). Springer-Science+Business Media Dordrecht.
- Parapatits, Z. (2018). A fenntarthatósági indexek értékelése és használhatósági problémái. *Gazdaság & Társadalom*, 90-107.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. *McGraw-Hill*.
- Saaty, T. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 19-43.
- Singh, R. K., Murty, H., Gupta, S., & Dikshit, A. (2007). Development of composite sustainability performance index for steel industry. *Ecological Indicators*, 565–588.
- Sustainable Development Index. (2021. 03 10). [sustainabledevelopmentindex.org](https://www.sustainabledevelopmentindex.org). Forrás: Sustainable Development Index: <https://www.sustainabledevelopmentindex.org/about>
- Tarabusi, E. C., & Palazzi, P. (2004). An index for sustainable development. *BNL Quarterly Review*, 185-206.
- Temesi, J. (2002). *A döntéelmélet alapjai*. Budapest: AULA.
- Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., & al., e. (2020). *2020 Environmental Performance Index*. New Haven: Yale Center for Environmental Law & Policy. <https://epi.yale.edu/>.
- Wu, J., & Wu, T. (2012). Sustainability indicators and indices. Handbook of Sustainable Management. *Imperial College Press*, 65-86.
- YCELP, & CIESIN. (2020). 2020 Environmental Performance Index (EPI). *Yale Center for Environmental Law and Policy - YCELP, Yale University, and Center for International Earth Science Information Network - CIESIN, Columbia University*. Letöltés dátuma: 2021. 03 31, forrás: <https://doi.org/10.7927/f54c-0r44>
- Zardari, H. N., Ahmed, K., Shirazi, S. M., & Yusop, Z. B. (2015). *Weighting Methods and their Effects on Multi-Criteria Decision Making Model Outcomes in Water Resources Management*. Springer.
- Zhang, L., Xu, Y., Chung-Hsing, Yeh, L. Y., & Zhou, D. (2006). City sustainability evaluation using multi-criteria decision making with objective weights of interdependent criteria. *Journal of Cleaner Production*, 491-499.