

Hogyan viszonyulnak egymáshoz Kelet-Közép-Európa egyetemei valójában?

Vizsgálat PROMETHEE módszertannal

Tudományos Diákköri Dolgozat

Vereb Boglárka Sára

Gazdaság- és pénzügy-matematikai elemzés MSc, IV. évfolyam

Konzulens: Szádoczki Zsombor

2023. 04. 17.

Tartalomjegyzék

Ábrajegyzék	3
Táblázatok jegyzéke	3
Absztrakt	4
1. Bevezetés.....	5
2. Jelenlegi egyetemi rangsorok	6
3. Szakirodalmi áttekintés	8
3.1. Döntésméleti alapfogalmak, többszemponú döntéshozatal	8
3.2. Többszemponú döntési feladatok szakirodalmának áttekintése	9
4. Módszertani áttekintés	11
5. Elemzés	17
5.1. Szempontok kiválasztása, súlyok kiszámítása	17
5.2. Eredmények értelmezése	20
5.3. Érzékenységvizsgálat	25
6. Összegzés	26
7. Hivatkozásjegyzék	28
8. Mellékletek	33

Ábrajegyzék

1. ábra: A PROMETHEE-módszertan preferenciafüggvény-típusai. Forrás: Karczmarczyk és szerzőtársai (2018), pp.7.....	13
2. ábra: Az elemzés GAIA-vizualizációja	24

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A THE rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: timeshighereducation.com, saját szerkesztés.....	6
2. táblázat: Az ARWU rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: shanghai ranking.com, saját szerkesztés.....	6
3. táblázat: A QS rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: topuniversities.com, saját szerkesztés.....	7
4. táblázat: Az intervallumok hosszai, illetve a helyezések, ahonnan kezdve ilyen hosszúságúak. Forrás: timeshighereducation.com, saját szerkesztés	18
5. táblázat: A figyelembe vett szempontok és az ezekhez társított súlyok. Forrás: saját számítás és szerkesztés	19
6. táblázat: A kelet-közép-európai egyetemek rangsora és az egyetemekhez tartozó ϕ -értékek. Forrás: saját számítás és szerkesztés	21
7. táblázat: A rangsor egészének érzékenységvizsgálata és súlystabilitás-intervallumai. Forrás: saját számítás és szerkesztés	25
8. táblázat: A Semmelweis Egyetem érzékenységvizsgálata és súlystabilitás-intervallumai. Forrás: saját számítás és szerkesztés	26

Absztrakt

Dolgozatomban arra keresem a választ, hogyan teljesítenek egymáshoz képest a kelet-közép-európai régió felsőoktatási intézményei. Természetesen erre léteznek különféle egyetemi rangsorok, azonban ezek sokszor olyan szempontból torzított képet adnak, hogy több különböző adottságú és oktatási rendszerű térség intézményeit hasonlítják össze. Ezért én a V4 országokra (Lengyelország, Csehország, Szlovákia, Magyarország) szűkítettem az elemzést. Emellett a rangsorok bizonyos értelemben hiányosnak is mondhatók, hiszen csupán a ranglista első néhány eleméhez társítanak konkrét helyezést, a hátrébb szereplőket pedig csak egy intervallumba sorolják. Hogy egy pontosabb képet kapjak, összegyűjtöttem, hogy a régió mely intézményei szerepelnek a legfrissebb Times Higher Education rangsorban, majd négy mutató szerint vizsgáltam a teljesítményüket. A PROMETHEE módszer segítségével alakítottam ki a rangsort, amely szerint a Semmelweis Egyetem kiugróan teljesít. Ezután a GAIA-vizualizációt alkalmazva megállapítottam a klasztereződéseket, majd megvizsgáltam, mennyire érzékeny a rangsor az egyes szempontokra.

Kulcsszavak: egyetemi rangsorok, többszemponútú döntési módszerek, PROMETHEE.

JEL klasszifikáció: C44, I23.

1. Bevezetés

Az egyetemi rangsorokra napjainkban egyre nagyobb hangsúly kerül: jelentkezőként a döntésnél lényeges szempont, hogy az egyetem az elismert rangsorokban mennyire áll előkelő helyen, valamint egy minél jobb helyezés az intézményeknek is visszajelzés a sikerességükről. Ez nyilvánvalóan egy „ördögi kör”, hiszen minél jobb hallgatók jelentkeznek egy adott egyetemre, annál jobban fog szerepelni a különböző listákon, de minél jobban szerepelnek a különböző listákon, annál inkább csak a jó hallgatók kerülhetnek be oda. Természetesen sokféle egyetemi rangsor létezik, amelyek kialakításakor különböző szempontokat vesznek figyelembe. Ez egy tipikus többszempontú döntési feladat: ilyenkor az a cél, hogy véges sok alternatívát tudjunk rangsorolni különböző, általában egymásnak ellentmondó szempontok alapján.

Azonban ezek a rangsorok meglehetősen szubjektívek, illetve valamennyire torznak is mondhatók: rendkívül nehéz ugyanis összehasonlítani egy észak-amerikai, egy nyugat-európai vagy egy kelet-európai egyetemet, hiszen eltérő régiók ezek, eltérő körülményekkel, adottságokkal, oktatási rendszerekkel. Emellett hiányosak is abból a szempontból, hogy csupán a ranglista első néhány eleméhez társítanak konkrét helyezést, a hátrébb szereplőket pedig csak egy intervallumba sorolják. Emiatt első ránézésre csak olyan következtetéseket lehet levonni belőlük, hogy a rangsorban előrébb lévő intervallum egyetemei jobbak, mint a hátrébb lévőkben szereplő intézmények.

Dolgozatomban – miután áttekintettem a jelenleg létező egyetemi rangsorokat – ismertetem ennek a problémakörnek az elméleti hátterét, a PROMETHEE módszertant, amelyet aztán fel is fogok használni egy saját rangsor kialakításához a kelet-közép-európai egyetemek körében, hogy megvizsgáljam, melyik a legjobb egyetem a térségben. Azért ezt választottam, mert mindenképpen szerettem volna a magyarországi egyetemeket nemzetközi viszonylatban vizsgálni, és úgy ítélt meg, azt ebben a régióban tudom a leghatékonyabban megtenni. Az általam kiválasztott négy ország (a V4 országok, azaz Lengyelország, Csehország, Szlovákia és Magyarország) hasonló adottságúak, így valós képet kaphatunk a térség egyetemeinek viszonyáról. Ahogy elkezdtem összegyűjteni az adatokat, láttam, hogy a Times Higher Education aktuális rangsorában a régió egyetemeinek mindegyike a 200. helyen kívül található, tehát konkrét helyezések nélkül szerepelnek. Emiatt azt is szeretném vizsgálni, hogy az egy intervallumon belül szereplő felsőoktatási intézmények valójában hogyan hasonlíthatók össze

egymással. Végül értelmezem a kapott eredményeket, illetve megvizsgálom, az egyes szempontokra mennyire érzékeny a rangsorom.

2. Jelenlegi egyetemi rangsorok

Az évről évre megjelenő egyetemi rangsorok közül a legismertebb (és legelismertebb) talán a Times Higher Education (THE) listája. Ez 2004 óta jelenik meg, és körülbelül 1800 intézményt rangsorol 13 szempont alapján, amelyek fő területei: oktatás, tanulási környezet; kutatás; idézettség; nemzetközi kitekintés és tudásátadás (Times Higher Education, 2022).

Kritérium	Súly
Tanítás – a tanulási környezet	30%
Kutatás – kötet, jövedelem és elismerés	30%
Idézettség – befolyásolja a kutatás	30%
Ipari jövedelem – innováció	2,5%
Nemzetközi kitekintés – hallgatók, tanulók és kutatás	7,5%

1. táblázat: A THE rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: timeshighereducation.com, saját szerkesztés

A másik gyakran hivatkozott lista (amelyik a legrégebben létező rangsor) a Shanghai Ranking's Academic Ranking of World Universities (ARWU) sora. 2003-ban publikálták először, itt kicsit eltérő szempontokat alkalmaznak: a Nobel-díjas korábbi hallgatók és egyetemi dolgozók, a kutatási output, illetve az intézmények egy főre jutó akadémiai teljesítménye (Shanghai Ranking, 2022).

Szempont	Indikátor	Súly
Oktatás minősége	Azok a volt hallgatók, akik Nobel-díjat vagy Fields-érmet nyernek	10%
Karok minősége	Azok az egyetemi dolgozók, akik Nobel-díjat vagy Fields-érmet nyernek	20%
	Gyakran idézett kutatók 21 széleskörű témát felölelő kategóriában	20%
Kutatási output	A Nature and Science folyóiratban publikált írások	20%
	A Science Citation Index-szel ellátott írások	20%
Egy főre jutó teljesítmény	Egy intézmény egy főre jutó teljesítménye	10%

2. táblázat: Az ARWU rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: shanghairanking.com, saját szerkesztés

Egy harmadik népszerű rangsor a Quacquarelli Symonds (QS), amely hat indikátort használ fel: akadémiai, illetve munkavállalói elismerés, karonkénti idézettség, a karok és hallgatók aránya, a nemzetközi hallgatók és nemzetközi karok hányada (Top Universities, 2022).

Kritérium	Súly
Akadémiai elismerés a Global Survey szerint	40%
Dolgozói elismerés a Global Survey szerint	10%
Karonkénti idézettség a Scopus szerint	20%
Hallgatók és karok aránya	20%
Nemzetközi hallgatók aránya	5%
Nemzetközi karok aránya	5%

3. táblázat: A QS rangsor szempontjai és azok súlyai. Forrás: topuniversities.com, saját szerkesztés

Már abból is látszik, hogy ezek egymástól jelentősen eltérő rangsorok, hogy más-más indexeket vesznek az értékelésük alapjául. Soh (2015) a rangsorrendszerek egy tényezőelemzésében kimutatta, hogy azok a tényezők, amelyeket a THE, az ARWU és a QS felhasználnak, negatívan vagy egyáltalán nem korrelálnak egymással, ami azt mutatja, hogy ezen rangsorok indikátorai nem additívak és kölcsönösen támogatóak. Moed (2016) így nem a rendszeren belül, hanem a különböző rendszerek között tett összehasonlításokat, miközben a fent említett rangsorokon felül a U-Multirank és a Leiden sorokat is vizsgálta. Azt találta, hogy csupán 35 olyan intézmény van, ami mind az öt rangsor top 100-as listájában szerepel, amely mutatja, hogy ezek mennyire a súlyozáson és a figyelembe vett szempontokon múlnak – amelyek szubjektívek.

Moed (2016) vizsgálta ezeknek a listáknak a földrajzi lefedettségét is. Annak ellenére, hogy hivatalosan ezen rangsorok mindegyike a világ intézményeit hasonlítja össze, mégis elhúznak egy-egy adott térség felé (például az ARWU Észak-Amerika, a QS és a THE pedig az angolszász országok felé).

Ezeket a rangsorokat egyébként gyakran kritizálják a minőséghez való gyenge elméleti kapcsolat és egyéb metodológiai hátulütők miatt (Brooks, 2005), valamint azért, mert hasonló területekre több különböző indexet használnak (Olçay és Bulu, 2017). Az ilyen mérőszámokat a fejlődésgazdaságtanban „mashup”, azaz összeolvasztott indexeknek nevezik (Ravallion, 2012). Rauhvargers (2011) emellett fontosnak tartja, hogy az intézmények tisztában legyenek azzal, milyen kapcsolat van aközött, amit ezek a rangsorok hivatottak mérni, és amit valójában mérnek, hogy a felhasználói oldalról is transzparensnek hassanak a képzéseik.

Fernández-Cano és szerzőtársai (2018) is megkérdőjelezi az efféle rangsorok helyénvalóságát a fejlődő országok esetében, hiszen ezen rendszerek arra ösztönzik ezeket az államokat, hogy a nemzeti rendszerüket a bennük szereplő szempontok és folyamatok mentén alakítsák. Ehhez kapcsolódik az úgynevezett Goodhart-törvény is, amely lényege, hogy bármilyen statisztikai szabályszerűség jelenik meg – azaz bármilyen mutatót kezdenek el ellenőrizni –, az ellenőrzés hajlamos azt rontani – hiszen akiket mérnek, tudják, hogy ez történik, így arra optimalizálnak (Manheim et al, 2019). Eiken és szerzőtársai (2016) pedig az északi országok helyzetét emelték ki: ott ezeknek a listáknak mérsékelt hatása volt a vizsgált északi egyetemek döntéseinél és stratégiai akcióinál. Kevés jel utal ugyanis arra, hogy ezek kompromisszumra jutnának a régió rendszerének jelenlegi identitásával.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1. Döntésméleti alapfogalmak, többszemponútú döntéshozatal

Ahhoz, hogy megfelelően tudjuk elvégezni az elemzésünket és értelmezni a kapott eredményeket, fontos tisztában lennünk a legfontosabb döntésméleti alapfogalmakkal. Minden döntési problémának különböző lehetséges megoldásai vannak, ezek az *alternatívák*. Akik ezekkel szembesülnek, azok a *döntéshozók*, akik döntési *szempontok* mentén döntenek. Természetesen számos esetben a bizonytalanság is megjelenik a döntés mellett, ilyenkor az egyes *világállapotok* valószínűségét kell figyelembe venni.

A többszemponútú döntéshozatal (multi-criteria decision making, MCDM) egy jól strukturált, többdimenziós folyamat, amely alapvető célja, hogy egyszerre különböző területű döntési problémákat kezeljen, hogy aztán megtalálja minden szempont szerint a legvonzóbb alternatívát (Eltarabishi et al, 2020). Carlsson és Fullér (1996) négy nagyobb típusú problémát különböztetett meg ezen a területen belül:

1. outranking, azaz rangsorolós megközelítés, melynek fő módszerei az ELECTRE és a PROMETHEE – a dolgozatomban ezzel foglalkozom részletesebben
2. érték- és hasznosságelméleti megközelítés, ennek legjelentősebb módszere az Analytic Hierarchy Process (AHP), amelyet Thomas L. Saaty (1980) hozott létre
3. interaktív többcélú programozási megközelítés, legismertebb módszere a VIG szoftvercsomag Pekka Korhonen (1986) által
4. csoportos döntések és tárgyaláselméleti megközelítés, amely a csoportdinamikában számos új utat vezetett be, az egyének tudásbeli, értékrendbeli és célbeli különbségeinek kezelésével (Carlsson és Fullér, 1996)

Az ilyen jellegű problémák megoldásához a következő alaplépéseket célszerű követni:

1. a cél megfogalmazása
2. az alternatívák kiválasztása
3. a szempontok meghatározása
4. a szempontok súlyainak meghatározása
5. minden alternatíva kiértékelése minden szempont szerint
6. az értékelések és a súlyozás összegzése (Rapcsák, 2007).

3.2. Többszempontú döntési feladatok szakirodalmának áttekintése

A többszempontú döntési módszereket rengeteg területen, különböző szempontok szerinti rangsorolásra lehet alkalmazni, ennek megfelelően számos olyan szakirodalom született, ahol ezeket használják fel. Abdullah és szerzőtársai (2018) például zöld ellátókat állítottak sorrendbe hét kritérium – költség, minőség, szolgáltatások, időben történő szállítás, technológiai szint, környezeti vezetési rendszer, valamint zöld csomagolás – alapján. Az adatokat üzletvezetőkkel való személyes beszélgetések során gyűjtötték, ők a modellük döntéshozói. Az egyes szempontok fontosságát mindannyian külön-külön határozták meg, egy öt fokozatú Likert-skálán. A kvantitatív szempontoknál lineáris preferenciafüggvényt alkalmaztak, azoknál viszont, amelyek inkább kvalitatívnak számítanak, a lépcsőst választották, ami ráadásul jól kezeli a különböző szintű kis számokat.

A rangsorok, illetve a kvóta-, vagy pénzelosztás problémái megjelennek a sport világában is. Petróczy (2021) a Forma-1 teljesítményalapú díjelosztására ad meg alternatívákat páros összehasonlítási módszerekkel. Az egyik eljárásnak Saaty (1990) jobb oldali sajátvektor módszerét javasolja, a másiknak pedig a logaritmikus legkisebb négyzetek módszerét. Mindkettőben a súlyvektort 1-re normalizálta, és így kapjuk meg, egy-egy csapat a teljes pénzdíj hány százalékát kapja.

A profi teniszezők rangsora is egy olyan kérdéskör, amelyet ezekkel a módszerekkel érdemes elemezni. Temesi és szerzőtársai (2012) a férfiak rangsorát nem teljesen kitöltött páros összehasonlítási mátrixokkal vizsgálta azon játékosok figyelembevételével, akik 1973 és 2012 között valamikor a világranglista élén álltak. Temesi és szerzőtársai (2022) a női teniszezők világrangsorát is hasonlóan vizsgálja: ebben a mátrix alapadataiból, a logaritmikus legkisebb négyzetek módszerével – bizonyos feltételek teljesülésével – örökrangsort képeznek.

Moreira és szerzőtársai (2022) egy, az elmúlt években kifejezetten aktuális kérdést vizsgáltak: a Covid-19-cel kapcsolatos előrejelzéseket. Írásukban különböző, az előrejelzésre használatos Machine Learning módszereket értékelték. Külön vizsgálták a kérdést PROMETHEE I módszerrel, ahol az egyes alternatívák pozitív és negatív döntési folyam értékeit rangsorolták, illetve a PROMETHEE II rangsorban pedig a nettó döntési folyam értékeket állították sorba. Mindkettő alapján egyértelműen a Random Forest metódus tűnik a legmegbízhatóbbnak az általuk figyelembe vett szempontok alapján. Annak érdekében, hogy robusztusabb eredményeket kapjanak, GAIA-vizualizációval is megvizsgálták, mely szempontokban teljesít kiemelkedően ez a módszertan.

Számos korábbi tanulmány alapult különböző intézmények rangsorának vizsgálatán, illetve a témában, egyes többszemponútú döntési módszerekkel történő újfajta rangsorok kialakításán. Csató és Tóth (2020) tanulmányukban a magyar felsőoktatási felvételi rendszerét vizsgálták: a diák arra az egyetemre nyer felvételt, amelynek először eléri a ponthatárát - így mindegyik felvételiző preferenciája ismert. Ők a legkisebb négyzetek módszerével alakítottak ki egy új rangsort, amely legnagyobb előnye, hogy ritkán érzékeny az aggregált egyéni preferenciákra, és jobban tükrözi a felfedett preferenciákat.

Dittrich és szerzőtársai (1998) páros összehasonlítást végeztek európai egyetemekre és hallgatói jellemzőkre vonatkozóan, majd az általános Bradley-Terry módszernek egy loglineáris reprezentációjával egyszerre mutatták meg a tárgy- és célspecifikus kovariánsokat és interakciókat. Az európai egyetemeket a CEMS (Community of European Management Schools) programban (akkor) résztvevő 12 intézményre szűkítették. Erről a Bécsi Közgazdaságtudományi Egyetem külföldi tanulmányokkal foglalkozó központja azt találta, hogy a hallgatók esetében egyes helyeken erős koncentráció van, mások pedig háttérbe szorulnak, ez adta az alapot Dittrichnek és szerzőtársainak a vizsgálódásukhoz. Az egyik fő indoknak a nyelvtudást találták: például London azért az egyik legnépszerűbb hely az osztrák hallgatók körében, mert mindenki évekig tanult angolul.

Watrianthos és szerzőtársai (2021) a PROMETHEE II módszert alkalmazva indonéz szakiskolákat csoportosítottak négy szempont – input, folyamat, output, eredmény – szerint. Ranjan és Chakraborty (2015) az indiai technikumok teljesítményét értékeli, amelynek szükségességét azzal indokolták, hogy ez elősegíti az intézményválasztást, a munkaerőfelvételt, illetve hogy a tanulók és gyengébben teljesítő intézmények pénzügyi támogatást nyújthasson. A Visual PROMETHEE program használatával oldották meg ezt a problémát, és az

eredményeket elérhetővé tették a nyilvánosság számára is, olyan formában, hogy az egyes szempontok súlyát mindenki tetszőlegesen állíthassa be.

4. Módszertani áttekintés

Ebben a dolgozatban a többszemponútú döntési feladatok során alkalmazott egyik legfontosabb módszert, a Brans (1982) által kifejlesztett PROMETHEE-t használom. Ez a Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation rövidítése. Brans szerint egy többszemponútú döntési feladat során három fő módszert lehet figyelembe venni: aggregáló módszereket (hasznosságfüggvények használatával), interaktív módszereket és a rangsorolós (outranking) módszereket, itt a hangsúly az utóbbiakon lesz. A rangsorolós módszerek átmenetet képeznek a gyengén és erősen domináló kapcsolatok között, amelyeket hasznosságfüggvények segítségével állapíthatunk meg. Ezeknek két fázisa van: a rangsoros kapcsolat kialakítása, valamint ennek a hasznosítása, ami segíti a döntéshozót (Brans és Vincke, 1985).

A módszer kialakítása a korábbi kvázikritérium és látszólagos kritérium fogalmakon alapul, amelyek Roy (1976) nevéhez fűződnek. Az előbbi nagyobb teret enged a közömbösségnek, az utóbbi pedig figyelembe veszi a közömbösség és a preferencia közötti határozatlanságot. Azonban ezekhez olyan paraméterek kellenek – mint például egyetértés, disszonancia és diszkriminációs küszöb –, amelyeket a gyakorlatban nem egyszerű meghatározni (Brans és Vincke, 1985).

A módszer két leggyakrabban használt formája a PROMETHEE I, illetve a PROMETHEE II. Az előbbi a részleges rangsorolás eszköze, ami tulajdonképpen egy-egy kritérium egymással szembeni preferenciáját vizsgálja, a pozitív és negatív döntési folyamatok sorbarendezeésével. Az utóbbi a sorrend egészének kialakítására alkalmazandó, itt pedig a nettó döntési folyamat vesszük figyelembe (Goswami, 2020). Én az elemzésemben a teljes rangsorolásra koncentrálok, így ebben értelemszerűen a PROMETHEE II módszer eredményeit foglalom össze.

A PROMETHEE nem hordoz magában abszolút belső hasznosságot (se globálisan, se szempontonként). Preferenciastruktúrája a páros összehasonlításokon alapul: minél nagyobb az eltérés, a döntéshozó – szubjektív véleménye alapján (Rapcsák, 2007) – annál nagyobb preferenciát állíthat mellé, sőt, ha elhanyagolhatónak érzi, nulla preferenciát is választhat. Minden kritériumra a következő függvény alkalmazható:

$$P_j(a, b) = F_j[d_j(a, b)],$$

ahol $d_j(a, b) = g_j(a) - g_j(b)$ az értékelések eltérése minden j kritériumra és

$$0 \leq P_j(a, b) \leq 1.$$

Ekkor az a alternatíva preferált a b -vel szemben egy adott j szempont szerint (Brans és Mareschal, 2005). Minél közelebb van a függvény értéke 1-hez, annál erősebb a döntéshozó preferenciája, illetve minél kisebb a függvényérték, annál közömbösebb (Brans és Vincke, 1985).

A PROMETHEE módszerben hatféle gyakorlati esetet különböztethetünk meg az eltérő preferenciafüggvények alapján. Ezeket kritériumonként választjuk, így egyesével vizsgáljuk meg ezek helyzetét, hogy a legmegfelelőbb függvényt alkalmazhassuk (Mareschal, 2018).

Ezekhez Brans és szerzőtársai (1986) bevezették a preferenciaküszöb (p) és az indifferenciaküszöb (q) fogalmait. Szigorú preferenciáról beszélünk, ha két szám különbsége elér egy bizonyos értéket – ami a preferenciaküszöb. Az indifferenciaküszöb pedig az a legnagyobb különbség, amely alatt két érték indifferens. A következőkben ismertetem a preferenciátípusokat, melyeket az 1. ábra szemléltet (d minden esetben két alternatíva értékének különbségét jelöli):

- egyszerű

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq 0 \\ 1 & \text{különben} \end{cases}$$

- U-alakú

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq q \\ 1, & \text{ha } d > q \end{cases}$$

- V-alakú

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & \text{ha } 0 \leq d \leq p \\ 1, & \text{ha } d > p \end{cases}$$

- lépcsős

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq q \\ \frac{1}{2}, & \text{ha } q < d \leq p \\ 1, & \text{ha } d > p \end{cases}$$

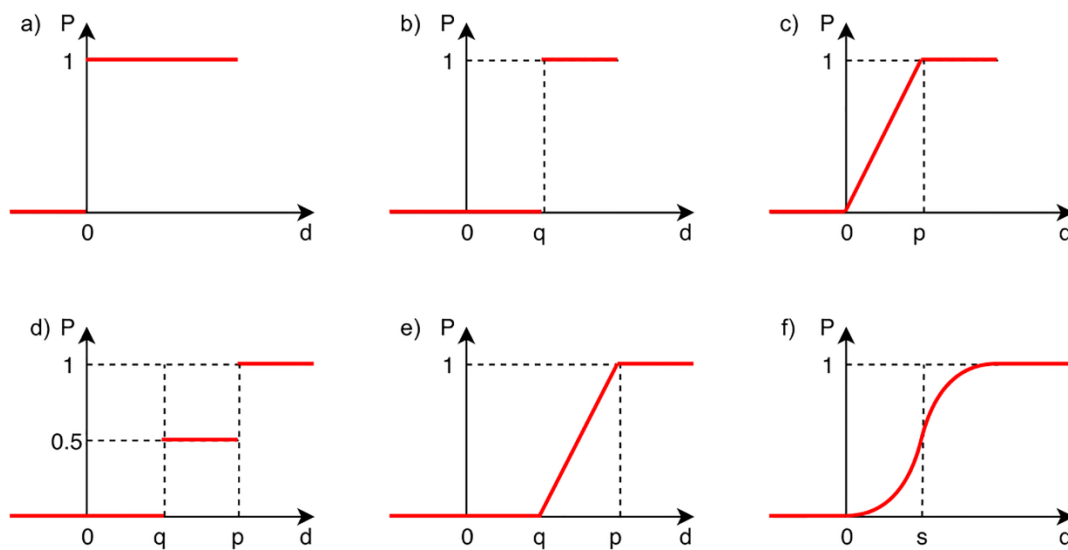
- trapéz alakú (lineáris)

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q}, & \text{ha } q < d \leq p \\ 1, & \text{ha } d > p \end{cases}$$

- Gauss

$$P(d) = \begin{cases} 0, & \text{ha } d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{\sigma^2}}, & \text{ha } d > 0, \end{cases}$$

ahol a σ a normális eloszlásból vett paraméter (Brans és Vincke, 1985, Mareschal, 2018, Rapcsák, 2007).



1. ábra: A PROMETHEE-módszerben preferenciafüggvény-típusai. Forrás: Karczmarczyk és szerzőtársai (2018), pp.7

A teljes rangsor felállításához szükség lesz a döntési (outranking) folyam fogalmára. A pozitív döntési folyam n számú alternatívára:

$$\Phi_+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{X \in \mathcal{A}} P(a, X)$$

Ez mutatja meg, hogy az a alternatíva mennyivel jobb az összes többinél. Ugyanígy a negatív döntési folyam n számú alternatívára:

$$\Phi_-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{X \in \mathcal{A}} P(X, a)$$

Ez azt mutatja meg, hogy az a alternatívánál mennyivel jobb a többi alternatíva (Rapcsák, 2007).

Ha teljes rangsort akarunk felállítani, akkor azt a nettó döntési folyamattal tehetjük meg, ami a pozitív és a negatív döntési folyamatok különbsége (Rapcsák, 2007).

$$\Phi(a) = \Phi_+(a) - \Phi_-(a)$$

További elemzésekre alkalmas a PROMETHEE eljáráshoz szorosan kapcsolódó GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) vizualizációs módszer (Mareschal és Brans, 1988). Ennek lényege, hogy a már meglévő adatokat és egyéb eszközöket felhasználva újabb információkat, összefüggéseket fedezzünk fel (Rapcsák, 2007).

Ez a PROMETHEE módszert kiegészítendő leíró folyamat, amely azon alapul, hogy bármely a_i alternatíva két különböző térben reprezentálható. Az evaluation space-ben („értékelési tér”) ennek a koordinátái rendre $f_1(a_i) \dots f_q(a_i)$, a unicriterion net flow space-ben („egykritériumos nettó áramlási tér”) pedig $\Omega_1(a_i) \dots \Omega_q(a_i)$, amelyek már az egységektől nem függenek, ráadásul ez a döntéshozó preferenciáit is figyelembe veszi. Ez tehát az ebben a térben elvégzett főkomponens-elemzésnek (PCA, Principal Component Analysis) az eredménye. Ezáltal a döntéshozó a problémájának kétdimenziós reprezentációját tudja ábrázolni, így lehet a kritériumok között csoportokat, szinergiákat és feleslegeket azonosítani. Emellett látható minden szempont szerint a legjobb és legrosszabb alternatíva, valamint a legalkalmasabb kisimított megoldás (Hayez et al, 2011).

Mivel a nettó döntési folyamat a pozitív és a negatív döntési folyamatok különbsége a teljes rangsorra vonatkozóan, így ez felírható szempontonként is:

$$\phi(a) = \sum_{j=1}^n \phi_j(a)w_j,$$

ahol a nettó döntési folyamat az egyéni kritériumok nettó döntési folyamatainak w -n vett vektorprojekciója (Ranjan et al, 2016).

Ebből következik, hogy ezen projekciók egymáshoz viszonyított pozíciója határozza meg az alternatívák PROMETHEE-rangsorát. A w vektor a súlyok egységvektorának projekciójaként értelmezendő; ezt jelöli a GAIA-vizualizációban a PROMETHEE eredő szempont vektor (II). Itt olvasható le a súlyokhoz kapcsolt kritériumok alapján az eredő megoldás iránya: ha egy kritérium felé tolódik el a súly, a II -tengely egybeesik annak a kritériumnak a tengelyével, ha pedig eloszlik a kritériumok között, akkor súlyozva kapjuk meg ezt a tengelyt.

Továbbá, minél hosszabb a I , annál erősebb döntési ereje van, tehát leginkább azon tengely mentén érdemes választani. Ha ez rövid, akkor arra következtethetünk – amellet, hogy nincs valós döntési ereje –, hogy a súlyok alapján egymásnak ellentmondóak a kritériumok, ami megnehezíti a választást (Ranjan et al, 2016).

Az egyes kritériumokhoz társított súlyok meghatározása egy nehéz feladat, ugyanis lehetne személyes preferencia alapján is társítani súlyokat ezekhez, viszont az mindenképpen vitatható lenne. Egy lehetséges objektív módszer a Shannon-féle entrópiafüggvény, amelyet korábban is alkalmaztak (Safari et al, 2012, Dwivedi et al, 2022) PROMETHEE-módszerrel kialakított rangsoroknál. Ezt Shannon 1948-ban dolgozta ki, a lényege pedig, hogy objektív súlyokat számítson az egyes kritériumokhoz. Eszerint a magasabb súlyú kritérium nagyobb magyarázóerővel bír a rangsor kialakításánál.

A módszer a döntési mátrixból indul ki, majd az abban szereplő értékeket normálja a következő módon:

$$p_{i,j} = \frac{a_{i,j}}{\sum_{i=1}^m a_{i,j}},$$

ahol $a_{i,j}$ egy i alternatívához tartozó j kritérium értéke, m pedig az alternatívák számát jelöli. Ezt tehát minden egyes kritériumra vonatkozóan kell számolni.

Ebből számítható ki az entrópia – ami az úgynevezett rendezetlenségi mérték – az alábbi képlettel:

$$SE_j = \frac{-\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}}{\ln n},$$

ahol n az összes kritérium száma, $\ln(n)$ pedig az entrópia koefficiense.

Ezeket felhasználva állíthatjuk elő az egyes kritériumokhoz tartozó súlyokat (Dwivedi et al, 2022):

$$w_j = \frac{1-SE_j}{\sum_{j=1}^n (1-SE_j)}.$$

Ez a módszer tehát alkalmas precíz súlyok kialakítására. Azonban természetesen bármilyen okból kifolyólag előfordulhat, hogy ezektől valamiért mégis eltérünk. A súlystabilitás-intervallumok (weight stability intervals) megmutatják, mennyit változtathatunk az egyes kritériumokhoz tartozó súlyokon, hogy a rangsor (vagy annak bizonyos számú eleme) ne változzon (Doan et al, 2018).

Az új normált vektorokat a következőképpen definiáljuk:

$$w'_k = (1 + \beta) * w_k ,$$

$$w'_l = \alpha * w_l ,$$

ahol $\beta \geq -1$, k a módosítani kívánt kritérium, $0 \leq \alpha \leq \frac{1}{1-w_k}$, $l \neq k$ a többi kritérium (amelyek súlya úgy változik, hogy együtt továbbra is normáltak legyenek).

Érdemes bevezetni a következő jelöléseket:

- $\Delta(a_i, a_j) = \phi(a_i) - \phi(a_j)$
- $\Delta_k(a_i, a_j) = \phi_k(a_i) - \phi_k(a_j)$
- $\Delta'(a_i, a_j) = \phi'(a_i) - \phi'(a_j)$.

Ebből $\Delta'(a_i, a_j) = \alpha * \Delta(a_i, a_j) + (1 - \alpha) * \Delta_k(a_i, a_j)$. Ha a_i és a_j nem indifferentek, akkor a stabilitási feltétel:

$$\Delta(a_i, a_j)\Delta'(a_i, a_j) > 0,$$

feltéve, hogy $\Delta(a_i, a_j) \neq 0$. Az előzőkből kapjuk, hogy

$$\alpha[\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) - \Delta^2(a_i, a_j)] < \Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j).$$

Háromféle eset állhat fenn:

1. $\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) > \Delta^2(a_i, a_j)$, tehát a k kritérium felcserélhető a_i és a_j rangsorával.

Ekkor

$$\alpha < \frac{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j)}{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) - \Delta^2(a_i, a_j)}, \text{ ahol } \alpha > 1$$

2. $\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) < 0$, tehát a k kritérium nem cserélhető fel a_i és a_j rangsorával.

Ekkor

$$\alpha > \frac{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j)}{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) - \Delta^2(a_i, a_j)}, \text{ ahol } \alpha < 1$$

3. $0 \leq \Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) \leq \Delta^2(a_i, a_j)$, ekkor nem lehetséges az inverzió.

Legyen $\mathcal{M} \subseteq \mathcal{A}$ az első m alternatíva részhalmaza, ekkor:

$$\Omega_{\mathcal{M}}^0 = \{(a_i, a_j) \in \mathcal{M} \times \mathcal{A}, \text{ feltéve, hogy } \Delta(a_i, a_j) = 0 \text{ és } \Delta_k(a_i, a_j) < 0.$$

$$\Omega_{\mathcal{M}}^- = \{(a_i, a_j) \in \mathcal{M} \times \mathcal{A}, \text{ feltéve, hogy } \Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) < 0.$$

$$\Omega_{\mathcal{M}}^+ = \{(a_i, a_j) \in \mathcal{M} \times \mathcal{A}, \text{ feltéve, hogy } \Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) \geq \Delta^2(a_i, a_j)\}.$$

Legyen

$$\alpha_k^- = \max_{a_i, a_j \in \Omega_{\mathcal{M}}^-} \frac{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j)}{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) - \Delta^2(a_i, a_j)},$$

$$\alpha_k^+ = \min_{a_i, a_j \in \Omega_{\mathcal{M}}^+} \frac{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j)}{\Delta(a_i, a_j)\Delta_k(a_i, a_j) - \Delta^2(a_i, a_j)}.$$

Ezekből kapjuk a k kritérium súlystabilitás-intervallumát:

$$WSI_k = [w_k^-; w_k^+] = [1 + (1 - w_k)\alpha_k^+; (1 - w_k)\alpha_k^-]$$

(Doan et al, 2018).

5. Elemzés

5.1. Szempontok kiválasztása, súlyok kiszámítása

Elemzésemhez a Visual PROMETHEE programot használtam, amely – a rangsorolás mellett – alkalmas a GAIA-vizualizációra is, így még több nézőpontból tudtam megvizsgálni a kialakított rangsoromat. A Times Higher Education oldaláról töltöttem le a sorrend alapjául szolgáló adatokat, majd kijelöltem a legújabb (2022. október 17-én kiadott) adatokat, és azokkal dolgoztam tovább. Fontosnak tartottam, hogy minél frissebb adatokat vizsgáljak, hiszen így lehet igazán valós képet festeni a régió egyetemeinek jelenlegi helyzetéről.

Ahogy a bevezetőben is írtam, a kelet-közép-európai régiót vizsgálom, hiszen ennek a térségnek az országai hasonló adottságúak. Így – hiába lenne izgalmas – egymással könnyebben össze lehet hasonlítani az itteni egyetemeiket, mintha más régió, például Nyugat-Európa vagy Észak-Amerika intézményeivel vetnénk őket össze, nem kapunk annyira torz eredményeket. Ennek alapján a V4 országok (Szlovákia, Lengyelország, Csehország és Magyarország) egyetemeit választottam ki.

Aktuálisan ezekből az országokból 68 intézmény szerepel a Times Higher Education rangsorában, ami a világ legjobb 1800 egyetemét emeli ki és állítja sorba. A régió ezen szereplő felsőoktatási intézményeinek mindegyike a 200. helyen kívül helyezkedett el, ami azt jelenti, hogy a *total_score*, azaz összesített pont mutató (ami a leginkább meghatározó a THE sorrendjében) nincs konkrét számmal feltüntetve – csak egy intervallumként –, tehát azzal nem tudunk számolni. Emellett ezeknek az egyetemeknek nincsen konkrét helyezésük, csak egy

tartományba (pl. 501-600) sorolják be őket, így az eredeti helyezésüket sem tudjuk megnézni. Ráadásul ezek az intervallumok nőnek, ahogy egyre hátrébb megyünk a rangsorban; ezt foglalja össze az alábbi táblázat:

Intervallum hossza	Első ilyen intervallum kezdete (helyezés)	Intervallumok száma
50	201.	4
100	401.	2
200	601.	3
300	1201.	2

4. táblázat: Az intervallumok hosszai, illetve a helyezések, ahonnan kezdve ilyen hosszúságúak. Forrás: timeshighereducation.com, saját szerkesztés

Természetesen valamennyit ezekből is le lehet szűrni: magától értetődő, hogy egy olyan intézmény, ami az 501-600-as tartományban szerepel, az jobb, mint ami az 1001-1200-as intervallumban. Ennek alapján a Semmelweis Egyetem kitűnik az összes többi közül: idén a régió egyetemei közül ez került a legelőkelőbb, a 201-250-es tartományba.

A kérdés azonban egy-egy sávban elhelyezkedő intézmények egymáshoz való helyzete: mivel ezek rendszerint csupán betűrendben vannak feltüntetve az egyes intervallumokon belül, nem a valós teljesítményüket tükrözik. Nekem az a célom, hogy a sávokon belül is lássam a régió egyetemeinek egymáshoz való tényleges viszonyát.

A kutatásomban figyelembe vett szempontok a következők:

- *teaching* – a tanításra, tanulási környezetre vonatkozó pont
- *international* – az egyetem nemzetköziségét jellemző pont (egyetemi dolgozók, hallgatók, kutatások)
- *research* – a kutatásra vonatkozó pont (publikációk száma, jövedelem és tekintély)
- *student staff ratio* – a hallgatók száma elosztva az egyetemi dolgozók számával

Az első három kritérium 1 és 100 közötti értéket vesz fel, ahol a magasabb pont a jobb teljesítményt jelenti. A *student staff ratio*-nál azonban az alacsonyabb érték jelöli az ideális működést: a kisebb hallgató-dolgozó arány (azaz minél kevesebb diákra jut egy oktató) hatékonyabbá teszi az oktatást. Eleinte a *citations* és *industry income* tényezőket is terveztem bevonni az elemzésembe. Azonban a *citations* indexszel kapcsolatban azt láttam, hogy a *research* mutatóval elég nagy átfedésben vannak, hasonló területeket fednek le ezek az indexek, és a kettő közül az utóbbi általánosabb szempontnak tűnik a kutatások mérésére. Az *industry*

income tényező pedig talán nehezen értelmezhető: a THE oldala (2022) szerint ez az intézmények kutatásának kereskedelmi hatását, azaz a kutatás ipari értékét méri. Mivel ez talán nem minden szakterületen releváns ugyanolyan mértékben, ezért ennek a figyelembe vételét is elvetettem.

A Visual PROMETHEE programba tehát végül a fenti táblázatban szereplő tényezőket vittem fel. Szerencsére adathiány nem nehezítette a munkámat, minden egyetem esetében elérhető volt az összes kiválasztott kritérium szerinti pontszám.

A Shannon-entrópia módszerével számítottam ki a 4 figyelembe vett szempont súlyát, ezeket az alábbi táblázat mutatja:

teaching	international	research	student staff ratio
0,250832	0,249532	0,251051	0,248585

5. táblázat: A figyelembe vett szempontok és az ezekhez társított súlyok. Forrás: saját számítás és szerkesztés

Látható, hogy két tizedesjegyre kerekítve azonos értékek jöttek ki az egyes szempontok súlyaira, tehát minimális különbségek vannak csak közöttük. Azonban a *teaching* és a *research* értékhez ez a módszer nagyobb súlyokat társít, azaz ezek jobban magyarázzák a rangsort. Erre előzetesen számítottam is, hogy ez a két szempont a legjelentősebb, viszont azt gondoltam, nagyobb eltérések lesznek a másik két kritérium súlyaihoz képest.

A preferenciafüggvényt is kritériumonként változtattam. Mareschal (2018) preferenciafüggvényekről szóló cikke alapján arra jutottam, hogy ebben az esetben legmegfelelőbb a V-alakú lesz: mivel itt egy folytonos számtani skálán helyezkednek el az adatok, valamint egy tizedesjegy pontossággal vannak meghatározva, fontos, hogy már a minimális különbségek is kijöjjenek a sorrend kialakításakor. Megvizsgáltam minden kritériumnál, hogy mekkora különbségek vannak az egyetemek teljesítménye között. Ez alapján az első három mutatónál $p = 0,5$ -re, a *student staff ratio*-nál pedig $p = 1$ -re állítottam a függvény preferenciaküszöbét. Fontos kihangsúlyozni, hogy V-alakú preferenciafüggvény esetén a p küszöbnél nagyobb különbség abszolút preferáltságot jelent, a kisebb, de pozitív különbség pedig arányosan jelenik meg. A *student staff ratio*-nál úgy ítélt meg, hogy ott az 1-nél nagyobb differenciák lesznek mérvadók; az szinte teljesen mindegy, hogy 17,1 vagy 17,2 hallgató jut egy oktatóra.

5.2. Eredmények értelmezése

Az így kialakított teljes rangsor az alábbi táblázatban látható. A bal oldali értékek a nettó döntési folyamatok, ezek értéke -1 és 1 közé esik. Látható, hogy a régióban (a meglévő adatok, valamint a figyelembe vett szempontok alapján) a Semmelweis Egyetem teljesít a legjobban – 0,7524-es nettó döntési folyamattal (Φ -érték). Ha alaposabban megnézzük a szempontonkénti rangsort, akkor ez nem is olyan meglepő, hiszen két tényezőben is (*teaching* és *international*) ez teljesít a legjobban.

	Intézmény neve	Φ	$\Phi+$	$\Phi-$
1.	Semmelweis University	0,7524	0,8548	0,1024
2.	Charles University	0,7012	0,8387	0,1375
3.	Jagiellonian University	0,6165	0,7999	0,1834
4.	Czech Technical University in Prague	0,6067	0,7914	0,1847
5.	University of Warsaw	0,5647	0,7666	0,2019
6.	Comenius University in Bratislava	0,492	0,7292	0,2372
7.	University of Szeged	0,4513	0,6966	0,2453
8.	University of Chemistry and Technology, Prague	0,4443	0,7106	0,2663
9.	Masaryk University	0,4427	0,7171	0,2743
10.	Pavol Jozef Safárik University in Kosice	0,432	0,7082	0,2762
11.	Palacky University Olomouc	0,3936	0,684	0,2903
12.	Eötvös Lóránd University	0,3743	0,6689	0,2946
13.	University of Pécs	0,3672	0,6563	0,289
14.	Hungarian University of Agriculture and Life Sciences	0,3375	0,6471	0,3096
15.	Technical University of Kosice	0,3055	0,6235	0,318
16.	Technical University of Liberec	0,2677	0,6135	0,3458
17.	University of Debrecen	0,2529	0,6099	0,357
18.	University of South Bohemia in Ceske Budejovice	0,2414	0,6006	0,3592
19.	Wroclaw Medical University	0,2348	0,6084	0,3737
20.	University of Wroclaw	0,228	0,5993	0,3713
21.	University of Zilina	0,2152	0,5908	0,3756
22.	Mendel University in Brno	0,1955	0,575	0,3795
23.	Medical University of Gdansk	0,1898	0,5878	0,398
24.	Brno University of Technology	0,179	0,5608	0,3818
25.	Poznan University of Medical Sciences	0,1723	0,5745	0,4023
26.	Slovak University of Agriculture in Nitra	0,1434	0,5553	0,4119
27.	Nicolaus Copernicus University in Torun	0,1332	0,54	0,4068
28.	AGH University of Science and Technology	0,1055	0,5297	0,4242
29.	VSB - Technical University of Ostrava	0,0814	0,5163	0,4349
30.	Slovak University of Technology in Bratislava	0,0702	0,5224	0,4522
31.	The John Paul II Catholic University of Lublin	0,07	0,5193	0,4493
32.	University of Hradec Kralove	0,042	0,4907	0,4486

33.	Budapest University of Technology and Economics	0,0194	0,4857	0,4662
34.	University of Pardubice	0,0008	0,4767	0,4759
35.	Bialystok University of Technology	-0,0236	0,4711	0,4946
36.	University of Ostrava	-0,0368	0,4575	0,4943
37.	Adam Mickiewicz University, Poznan	-0,0432	0,4668	0,51
38.	Medical University of Lodz	-0,0525	0,4603	0,5128
39.	Marie Curie - Sklodowska University (UMCS)	-0,0535	0,4399	0,4934
40.	Tomas Bata University in Zlín	-0,0571	0,4595	0,5166
41.	Matej Bel University	-0,0598	0,4427	0,5025
42.	Medical University of Bialystok	-0,083	0,4381	0,5211
43.	Czech University of Life Sciences Prague (CZU)	-0,0899	0,4334	0,5234
44.	University of West Bohemia	-0,101	0,4286	0,5296
45.	Medical University of Silesia in Katowice	-0,1023	0,4447	0,5471
46.	University of Silesia in Katowice	-0,2042	0,3664	0,5706
47.	University of Miskolc	-0,2063	0,386	0,5924
48.	University of Pannonia	-0,2326	0,3591	0,5917
49.	Poznan University of Technology	-0,2333	0,3593	0,5926
50.	Warsaw University of Technology	-0,2539	0,3564	0,6103
51.	SWPS University of Social Sciences and Humanities	-0,2582	0,3645	0,6228
52.	University of Lodz	-0,2835	0,3279	0,6113
53.	Silesian University of Technology	-0,2878	0,3245	0,6123
54.	University of Gdansk	-0,2913	0,3342	0,6254
55.	Prague University of Business and Economics	-0,3863	0,2994	0,6856
56.	Wroclaw University of Science and Technology	-0,4019	0,285	0,6869
57.	Gdansk University of Technology	-0,4247	0,2691	0,6939
58.	SGH Warsaw School of Economics	-0,4593	0,2407	0,7
59.	Óbuda University	-0,4719	0,2539	0,7259
60.	Opole University of Technology	-0,4794	0,2415	0,7209
61.	Corvinus University of Budapest	-0,5234	0,2259	0,7494
62.	Lodz University of Technology	-0,5244	0,2134	0,7378
63.	Cracow University of Technology	-0,5404	0,2013	0,7417
64.	Jan Evangelista Purkyne University	-0,5452	0,2095	0,7547
65.	Warsaw University of Life Sciences - SGGW	-0,5538	0,2069	0,7607
66.	Rzeszów University of Technology	-0,5614	0,1884	0,7498
67.	Wroclaw University of Technology	-0,5897	0,1798	0,7695
68.	University of Warmia and Mazury in Olsztyn	-0,7086	0,1131	0,8216

6. táblázat: A kelet-közép-európai egyetemek rangsora és az egyetemekhez tartozó ϕ -értékek. Forrás: saját számítás és szerkesztés

Általában az a természetes, ha az egy tudományterületre szakosodó egyetemek hátrébb végeznek egy-egy rangsorban, hiszen nehezen összevethetők egy össztudományi egyetemmel, teljesen más profilúak ugyanis (Qubit, 2022). Ennek az idei évben jelentősen ellentmond a

Semmelweis sikeres szereplése. Ez amiatt lehet, mert az *international* mutatóban kiemelkedően jól teljesít (81,7 pont, amelyet 52,8-del követ a második helyezett Károly Egyetem), ami nagyban befolyásolja a helyezését a ranglistán. Ezenfelül az első öt egyetem között még egy „szakegyetem” szerepel: a Czech Technical University in Prague, ami műszaki területre specializálódott.

Ha megnézzük a magyarországi egyetemeket, akkor a Semmelweis Egyetem mellett az alábbiakat találjuk ebben a rangsorban (azaz a világ 1800 legjobb felsőoktatási intézménye között):

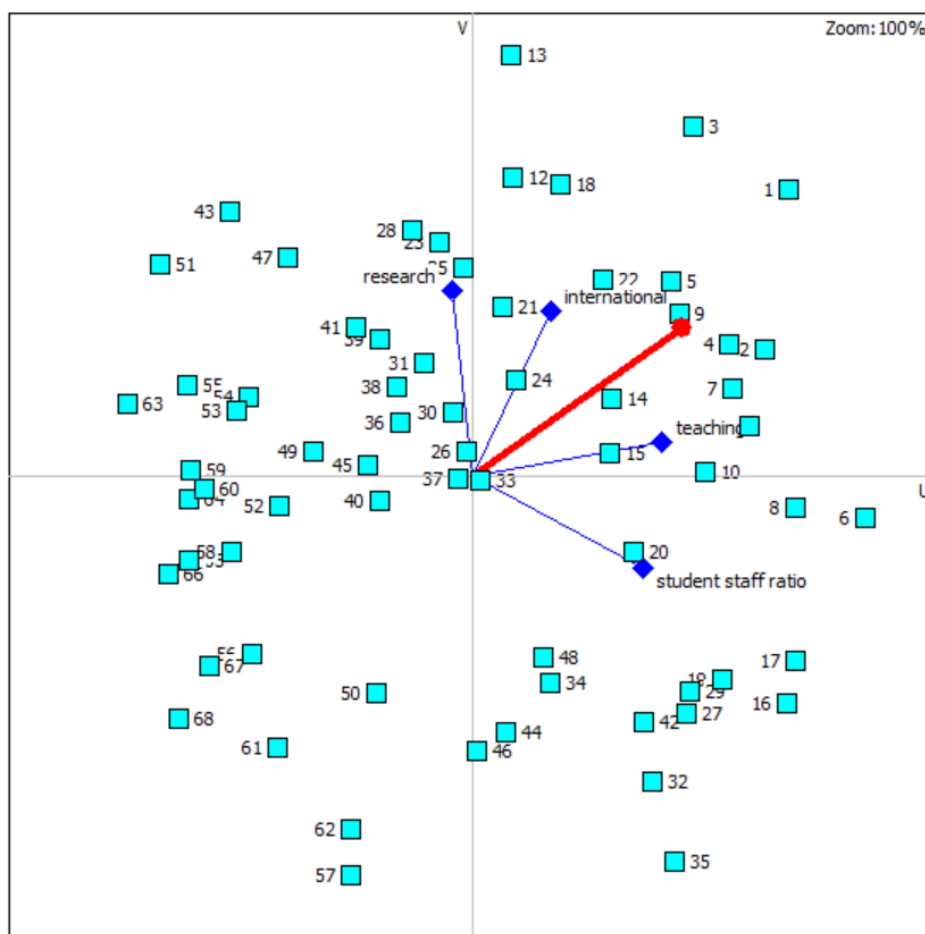
- Budapesti Corvinus Egyetem (BCE)
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME)
- Debreceni Egyetem (DE)
- Eötvös Lóránd Tudományegyetem (ELTE)
- Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE)
- Miskolci Egyetem (ME)
- Óbudai Egyetem (ÓE)
- Pannon Egyetem (PE)
- Pécsi Tudományegyetem (PTE)
- Soproni Egyetem (SOE)
- Szegedi Tudományegyetem (SZTE)

A kialakított ranglista szerint ezen intézményeknél nagyrészt teljesül az a feltételezés, miszerint a tudományegyetemek eredményesebbek a rangsorokon. Ezek közül ugyanis a SZTE, az ELTE, a PTE és a DE a rangsor első felében szerepelnek. Azonban a MATE közvetlenül az ELTE és a PTE alatt található. Ez főként az *international* és a *student staff ratio* mutatóknak köszönhető, ezekben ugyanis rendre a 13., illetve a 11. legmagasabb pont az övé, ami az összesített helyezésén is megmutatkozik.

Ami a két talán legnagyobb hírű budapesti intézményt (ami nem tudományegyetem), a BME-t és a BCE-t illeti, egyik teljesítménye sem kiemelkedő ezen indexek szerint. A BME a sor közepén található, közel 0,02 ϕ -értékkel, ami azt jelenti, hogy nagyjából ugyanannyi nála jobb, illetve gyengébb alternatíva van. A BCE viszont sajnálatos módon a lista hátsó részébe került, két általam vizsgált szempont szerint is (*teaching* és *student staff ratio*) -1-hez közeli ϕ -értéket „ért el”. Az *international* az egyetlen, amelyben pozitív értékkel rendelkezik: ezen a területen a 26. legjobb teljesítmény az övé.

Azt is megfigyelhetjük, hogy a rangsor utolsó 7 helyezettjéből 6 lengyel egyetem. Fontos hozzátenni, hogy a rangsorolt felsőoktatási intézményeknek majdnem a fele, 32 Lengyelországban található. Ezzel párhuzamosan az első 5 helyezett között szerepel a krakkói Jagelló Egyetem, illetve a Varsói Egyetem, így ebből semmilyen messzemenő következtetést nem lehet levonni. Ami azonban érdekesebb, hogy a lista végén nagyrészt műszaki egyetemek szerepelnek, ami szintén annak a tendenciának lehet az eredménye, hogy egy szakterületre fókuszálnak, emiatt teljesítenek gyengébben. A Jan Evangelista Purkyně University (ami Csehországban található) és a University of Warmia and Mazury in Olsztyn pedig két olyan intézmény, amelyeket az 1990-es években alapítottak, tehát nem nagymúltú intézmények (UJEP, 2023, UWM, 2023).

Érdemes megnézni a rangsor GAIA-vizualizációját is, ez a következő oldalon a 2. ábrán látható. Az egyes számok itt az egyetemek rangsorban elfoglalt helyét jelentik, a jobb áttekinthetőség érdekében írtam ki ezeket a programmal. Ez az elemzés segít megállapítani az esetleges klasztereződéseket az egyes egyetemek, illetve a kritériumok között. A program szerint ez nagyjából 79%-os minőségű, amiből már lehet következtéseket levonni. Ez azt jelenti ugyanis, hogy két főkomponensre csökkentve a változóinkat, az eredeti információ 79%-át meg tudjuk magyarázni.



2. ábra: Az elemzés GAIA-vizualizációja

A piros tengely az eredő szempont vektor, ami a kritériumok súlyaiból származó eredő megoldás iránya (Ranjan et al, 2015). Ez nagyjából 45 fokos szöget zár be mind a két tengellyel. Az *international* és *teaching* kritériumok vektorai ehhez viszonylag közel találhatók – illetve egymáshoz is, így matematikailag hasonlóan számítanak, vagyis a mi adatainkon általában ugyanazok az egyetemek teljesítenek jól ezek szerint. Mivel a *teaching* faktort vettem bele a legnagyobb súllyal – még úgy is, hogy viszonylag elenyészőek a különbségek –, ez is indokolhatja, hogy ez helyezkedik el legközelebb az eredő szempont vektorhoz. A *teaching* és a *research* vektorok, valamint az *international* és a *student staff ratio* vektorok közel merőlegesek egymásra, így ilyen értelemben egymástól függetlennek tekinthetők. A *research* és *student staff ratio* mutatók vektorai tompaszöget zárnak be, viszont még nem érik el a 180 fokot, tehát ellentétesnek még nem mondhatók, de közelítenek ahhoz. Az ábra jobboldalán található intézmények azok, amelyek ezen alternatívák szerint jobban teljesítenek, hiszen ezek helyezkednek el azonos irányba a vizsgált szempontokkal és a döntési tengellyel.

Ami az intézményeket illeti, látható, hogy a Semmelweis Egyetem az ábra jobb felső sarkában szerepel, nagyjából egy vonalban a piros eredő szempont vektor egyenesével. Mint említettem már, ez pont a *teaching* és az *international* szempontok szerint teljesít kiemelkedően a többi egyetemhez képest, így érthető, hogy ezek irányában helyezkedik el. Ami még elsőre szembetűnő lehet, az a rangsor utolsó helyezettje: a 68. University of Warmia and Mazury in Olsztyn az eredő szempont vektorral ellentétes irányban, és attól meglehetősen messze, az ábra bal alsó sarkában fekszik. Általánosan az a tendencia, hogy a jobban teljesítő egyetemek közelebb vannak az eredő szempont vektorhoz – nagyrészt azzal egy negyedben, vagy legalábbis annak a negyednek a tengelyeihez közel –, a rosszabbul teljesítők pedig a koordináta-rendszer átlósan ellenkező negyedében találhatók.

5.3. Érzékenységvizsgálat

A Visual PROMETHEE-n keresztül azt is megnézhetjük, hogy milyen intervallumon változtathatjuk az egyes kritériumokhoz tartozó súlyokat anélkül, hogy ezek az alternatívák nettó döntési folyamat (ϕ -értékét), illetve a rangsorban elfoglalt helyét befolyásolnák. Itt a sorrendünk elejétől lefelé haladunk: például ha a stabilitásszintet 1-nek állítjuk be, akkor látható, hogyan módosíthatóak a szempontok súlyai, hogy az 1. helyen álló alternatíva továbbra is az élen maradjon. Ha az összes alternatívát kijelöljük, akkor értelemszerűen az intervallumok a rangsor egészének változatlanságára vonatkoznak.

Az alábbi táblázat összefoglalja a rangsor egészének súlystabilitás-intervallumait:

Szempontok	Jelenlegi súly	Intervallum alsó értéke	Intervallum felső értéke
teaching	0,2508	0,2499	0,2514
international	0,2495	0,2488	0,2520
research	0,2511	0,2503	0,2516
student staff ratio	0,2486	0,2479	0,2492

7. táblázat: A rangsor egészének érzékenységvizsgálata és súlystabilitás-intervallumai. Forrás: saját számítás és szerkesztés

Fontos azt kihangsúlyozni, hogy az a feltétel, hogy 68-ból egyik alternatíva helye se változzon a sorrendünkben, elég szigorú. Ugyanis lehet, hogy a súlyok változtatása pusztán azt eredményezné, hogy a rangsorban két egymást követő egyetem helye felcserélődik, ami talán a sor egészét tekintve nem olyan jelentős változás, de mégis eltérne az eredetitől. Valószínűleg ez indokolja azt, hogy az összes kritériumnál elég kis mozgásterünk van a súlyok változtatására,

csupán tízezredes nagyságrendű. A legkevésbé a *research* és a *student staff ratio* súlya módosítható, ami azt jelenti, hogy a rangsor ezekre a legérzékenyebb. A legnagyobb mértékben (bár ez is csupán nagyjából háromezredes változtatást jelent) az *international* index alakítható, tehát erre a kialakított sor kevésbé érzékeny. A *teaching* mutató 15 tízezredes módosítást tűr meg, ami megint azt mutatja, mennyire szenzitív a rangsor.

A következőkben pedig csak a legjobb alternatíva (jelen esetben a Semmelweis Egyetem) változatlanságát vizsgáljuk:

Szempontok	Jelenlegi súly	Intervallum alsó értéke	Intervallum felső értéke
teaching	0,2508	0	1
international	0,2495	0,1232	1
research	0,2511	0,0479	0,3454
student staff ratio	0,2486	0,0626	0,4238

8. táblázat: A Semmelweis Egyetem érzékenységvizsgálata és súlystabilitás-intervallumai. Forrás: saját számítás és szerkesztés

Ebből elég egyértelműen látszik, hogy bármekkora súlyt társítunk a *teaching* szempont mellé, az nem befolyásolja a Semmelweis Egyetem rangsorvezető pozícióját. Ezen a téren ugyanis magasan ez az intézmény teljesít a legjobban – amellet, hogy az *international* index szerint is, így az ehhez társított súly is egy viszonylag széles intervallumban változtatható. Ami a legkevésbé módosítható, az a *research* mutató súlya, itt csupán 0,3454 az intervallum felső határa. A Semmelweis Egyetem ezen a téren a 13. legmagasabb pontszámmal rendelkezik, ami 18 pont. Összehasonlításképpen: ebben a prágai Károly Egyetem jár az élen 31 ponttal. Ez a relatíve nagy különbség magyarázhatja, hogy emellet a szempont mellett – amely szerint a SE nem teljesít annyira jól – szerepel a legalacsonyabb felső határ, ami 0,3454. Így, ha egy ezreddel is efölé állítjuk ennek a súlyát, az már a SE vezető pozíciójának elvesztésével járna.

6. Összegzés

A Visual PROMETHEE program és a módszertani ismeretek segítségével sikerült egy olyan rangsort kialakítanom, ami megmutatja, hogyan állnak Kelet-Közép-Európa egyetemei egymáshoz képest. Ahogy az elmúlt hónapokban hallani lehetett a Semmelweis Egyetem kimagasló teljesítményéről, nem meglepő, hogy az én rangsoromban is ez az intézmény szerepel az első helyen – főként a *teaching* és az *international* mutatók szerinti eredményei miatt. Emellet a nagyobb hírű egyetemek – például a Károly Egyetem, Jagelló Egyetem, Varsói

Egyetem – is az élmezőnyben végeztek – ez szintén várható volt. A magyar tudományegyetemek is rendkívül jól szerepeltek: az ELTE, az SZTE, a PTE, a DE mind az első húszba kerültek. Nem túl kedvező azonban a BCE helyezése: az általam vizsgált szempontok szerint kifejezetten nem teljesített jól (az *international* az egyetlen, ahol pozitív ϕ -értékkel rendelkezik), de reméljük, ez a jövőben változik.

Természetesen a lehetséges szempontoknak csak egy kis részét használtam, illetve egyetlen év adatait vettem figyelembe, mégis valószínűleg reális képet kaphattunk a régió egyetemeinek rangsorára vonatkozóan. Ez azért is jobban értelmezhető ebben a formában, mert közel azonos körülményű országok intézményeit vizsgáljuk, így a régióbeli különbségek, illetve az ezekből fakadó egyéb tényezők nem torzítják az összevetést. Szerettem volna összevetni ezt a rangsort más meglévőkkel – azaz rangkorrelációt számolni –, de úgy ítélt meg, hogy az intervallumokba sorolás ezt megnehezíti.¹ Erre egy lehetséges számítási mód kitalálása további kutatások témáját adhatná.

¹ Az ARWU és a QS rangsorok is intervallumokat használnak a 100., illetve az 500. hely után, a régió egyetemei pedig nagyrészt ezeken kívül szerepelnek.

7. Hivatkozásjegyzék

2022 Academic Ranking of World Universities (2022): Shanghai Ranking's Academic Ranking of World Universities. Elérhető: <https://www.shanghairanking.com/rankings/arwu/2022>. Letöltés dátuma: 2023. 02. 01.

Abdullah, L. – Chan, W. – Afshari, A. (2018): Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(2), pp.271-285.

Bell, D. E. (1982): Regret in Decision Making under Uncertainty. *Operations Research*, 30, pp.1156-1166.

Brans, J. P. – Mareschal, B. (2005): Promethee methods. *International Series in Operations Research & Management Science*, pp.163–186.

Brans, J. P. – Vincke, P. (1985): A Preference Ranking Organisation Method (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). V. U. B. University of Brussels. *Management Science*, 31(6), pp.647-656.

Brans, J. P. (1982): L'ingénierie de la décision: l'elaboration d'instruments d'aide à la décision, Colloq. d'aide à la décision, Université Laval, Quebec, Canada, Aou't.

Brans, J. P. – Vincke, P. – Mareschal, B. (1986): How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operations Research*, 24(2), pp.228-238.

Brooks, R. (2005): Measuring University Quality. *The Review of Higher Education*, 29(1), pp.1-21.

Carlsson, C. – Fullér, R. (1996): Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78(2), pp.139-153.

Csató, L. – Tóth, Cs. (2020): University rankings from the revealed preferences of the applicants. *European Journal of Operational Research*, 286(1), pp.309-320.

Dittrich, R. – Hatzinger, R. – Katzenbeisser, W. (1998): Modelling the effect of subject-specific covariates in paired comparison studies with an application to university rankings. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 47(4), pp.511-525.

Doan, N. A. V. – De Smet, Y. (2018): An alternative weight sensitivity analysis for PROMETHEE II Rankings. *Omega*, 80, pp.166-174.

Dwivedi, P. P. – Sharma, D. K. (2022): Application of Shannon entropy and CoCoSo method in selection of most appropriate engineering sustainability components. *Cleaner Materials*, 2022, 5, 100118.

Eiken, M. – Hovdhaugen, E. – Stensaker, B. (2016): Global rankings in the Nordic region: Challenging the identity of research-intensive universities? *Higher Education*, 72(6), pp.781-795.

Eltarabishi, F. – Omar, O. H. – Alsyouf, I. – Bettayeb, M. (2020): Multi-Criteria Decision Making Methods And Their Applications – A Literature Review. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.

Fernández-Cano, A. – Curiel-Marin, E. – Torralbo-Rodriguez, M. – Vallejo-Ruiz, M. (2018): Questioning the Shanghai Ranking Methodology as a tool for the evaluation of universities: An integrative review. *Scientometrics*, 116(3), pp.2069–2083.

Goswami, S. S. (2020): Outranking methods: Promethee I and Promethee II. *Foundations of Management*, 12(1), pp.93–110.

Hayez, Q. – De Smet, Y. – Bonney, J. (2011): D-Sight: A New Decision Support System to Address Multi-Criteria Problems. CoDE – SMG – Technical Report Series, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium.

Karczmarczyk, A. – Jankowski, J. – Wątróbski, J. (2018): Multi-criteria decision support for planning and evaluation of performance of viral marketing campaigns in social networks. *PLoS ONE* 13(12).

Korhonen, P. J. (1986): A hierarchical interactive method for ranking alternatives with multiple qualitative criteria. *European Journal of Operational Research*, 24(2), pp.265-276.

Manheim, D. – Garrabrant, S. (2019): Categorizing Variants of Goodhart's Law. arXiv:1803.04585.

Mareschal, B. (2018): Preference functions and thresholds. Elérhető: promethee-gaia.net/FR/assets. Letöltés dátuma: 2023. 02. 04.

Moed, H. F. (2016): A critical comparative analysis of five World Ranking Universities. *Scientometrics*, 110(2), pp.967-990.

Moreira, M. A. L. – Gomes, C. F. S. – dos Santos, M. – da Silva Júnior, A. C. – de Araújo Costa, I. P. (2022): Sensitivits Analysis by the PROMETHEE-GAIA method: Algorithms evaluation for COVID-19 prediction. *Procedia Computer Science*, 199, pp.431-438.

Olcay, G. A. – Bulu, M. (2017): Is measuring the knowledge creation of universities possible? A review of university rankings. *Technological Forecasting and Social Change*, 123(1), pp.153-160.

Petróczy, D. (2021): Teljesítményalapú pénzfelosztás a Forma-1-ben páros összehasonlításokkal. *Budapesti Corvinus Egyetem, Sigma*, 52(1), pp.63-76.

Qubit.com (2022): Az egyetemi rangsorok ezer sebből véreznek, mégis hatalmas siker a Semmelweis idei 201-250. helyezése. Elérhető: <https://qubit.hu/2022/10/18/az-egyetemi-rangsorok-ezer-sebbol-vereznek-megis-hatalmas-siker-a-semmelweis-idei-201-250-helyezese>.
Letöltés dátuma: 2023. 02. 05.

Ranjan, R. – Chakraborty, S. (2015): Performance Evaluation of Indian Technical Institutions Using Promethee-Gaia Approach. *Informatics in Education*, 14(1), pp.103–125.

Ranjan, R. – Chatterjee, P. – Chakraborty, S. (2016): Performance evaluation of Indian states in tourism using an integrated PROMETHEE-GAIA approach. *OPSEARCH*, 53(1), pp.63-84.

Rapcsák, T. (2007): Többszempontú döntési módszerek. Budapesti Corvinus Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetébe kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék

Rauhvargers, A. (2011): Global rankings and their impact. EUA report on rankings 2011. Brussels: European University Association.

Ravallion, M. (2012): Mashup Indices of Development. *The World Bank Research Observer*, 27(1), pp.1-32.

Roy, B. (1976): A conceptual framework for a normative theory of "decision aid ". Centre National de l'entrepreneuriat (CNE), Laboratoire de management sientifique et aide à la décision (LAMSADE).

Saaty, T. L. (1990): Eigenvector and logarithmic least squares. *European Journal of Operational Research*, 48(1), pp.156-160.

Saaty, T. L. (1980): The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Safari, H. – Fagheyi, M. S. – Ahangari, S. S. (2012): Applying PROMETHEE Method based on Entropy Weight for Supplier Selection. *Business Management and Strategy*, 3(1), pp.97-106.

Shanghai Ranking (2022): 2022 Academic Ranking of World Universities: methodology. Elérhető: <https://www.shanghairanking.com/methodology/arwu/2022>. Letöltés dátuma: 2023. 03. 14.

Shannon, C. E. (1948): A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), pp.379-423.

Soh, K. (2015): What the overall doesn't tell about world university ranking: Examples from ARWU, QSWUR and THEWUR in 2013. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 37, pp.295-307.

Temesi, J. – Csató, L. – Bozóki, S. (2012): Mai és régi idők teniszé – A nem teljesen kitöltött páros összehasonlítás mátrixok egy alkalmazása. *Egyensúly és optimum. Tanulmányok Forgó Ferenc 70. születésnapjára, Aula Kiadó, Budapest*, pp.213-245.

Temesi, J. – Szádóczi, Zs. – Bozóki, S. (2022): Nem teljes páros összehasonlítások: A női teniszezők világrangsorának példája. *Sigma*, 53(1), pp.1-32.

Times Higher Education (2022): World University Rankings 2023. Elérhető: https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2023/world-ranking#!/page/0/length/50/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats. Letöltés dátuma: 2023. 04. 17.

Times Higher Education (2022): World University Rankings 2023: methodology. Elérhető: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/world-university-rankings-2023-methodology>. Letöltés dátuma: 2023. 02. 01.

Top Universities (2022): QS World University Rankings methodology: Using rankings to start your university search. Elérhető: <https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings/methodology>. Letöltés dátuma: 2023. 02. 01.

Universita Jan Evangelista Purkyně (2023): About UJEP. Elérhető: <https://www.ujep.cz/en/about-ujep>. Letöltés dátuma: 2023. 04. 17.

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (2023): O Uniwersytecie. Elérhető: <https://uwm.edu.pl/universytet/o-universytecie>. Letöltés dátuma: 2023. 04. 17.

Watrianthos, R. – Ambiyar – Syahril – Fadhillah – Samala, A. D. (2021): A PROMETHEE-GAIA Method-Based Appraisal of Higher Vocational College in Indonesia. *Atlantis Press, Proceedings of the 8th International Conference on Technical and Vocational Education and Training (ICTVET 2021)*, pp.48-53.

8. Mellékletek

Intézmény neve	teaching	international	research	student staff ratio
Charles University	0,8149	0,8806	1	0,1045
Masaryk University	0,5701	0,9403	0,9701	-0,7179
University of South Bohemia in Ceske Budejovice	0,0388	0,4716	0,4746	-0,0209
Czech University of Life Sciences Prague (CZU)	-0,5552	0,9701	-0,2299	-0,5433
Palacky University Olomouc	0,0836	0,791	0,8209	-0,1239
Brno University of Technology	-0,2239	0,6687	0,603	-0,3343
University of Chemistry and Technology, Prague	0,6657	0,4836	-0,2746	0,9075
Czech Technical University in Prague	0,5045	0,7612	0,3224	0,8418
University of Hradec Kralove	-0,6627	0,7313	-0,2299	0,3358
Mendel University in Brno	-0,0806	0,6119	0,5672	-0,3194
University of Ostrava	-0,2537	0,3433	0,0687	-0,306
Tomas Bata University in Zlín	-0,6866	0,4328	0,7881	-0,7672
University of West Bohemia	-0,2537	-0,3134	0,3075	-0,1463
Jan Evangelista Purkyně University	-0,9701	-0,0448	-0,5403	-0,6239
University of Pardubice	-0,2239	-0,1403	0,4209	-0,0552
Prague University of Business and Economics	-0,8239	0,3731	-0,1552	-0,9403
Technical University of Liberec	0,1791	0,2269	0,1433	0,5239
VSB - Technical University of Ostrava	-0,1582	0,1343	0,4597	-0,1119
Comenius University in Bratislava	0,5642	0,5821	0,1672	0,6567
Pavol Jozef Safárik University in Kosice	0,9582	0,9104	-0,8567	0,7224
University of Zilina	0,3433	-0,2239	0,6776	0,0597
Slovak University of Agriculture in Nitra	0,1254	0,403	-0,5134	0,5642
Technical University of Kosice	0,3433	0,2925	0,2507	0,3358
Matej Bel University	-0,1582	0,3045	-0,2985	-0,0851
Slovak University of Technology in Bratislava	0,4149	-0,2687	-0,7015	0,8418
Semmelweis University	1	1	0,6448	0,3627
Eötvös Lóránd University	0,797	0,5403	0,6776	-0,5254
University of Debrecen	0,8507	0,8209	-0,1045	-0,5597
Óbuda University	-0,9881	0,1433	-0,0478	-0,997
University of Pécs	0,9104	0,6776	-0,3761	0,2582
University of Szeged	0,5045	0,8507	0,1672	0,2836
Budapest University of Technology and Economics	-0,0478	-0,0119	0,5493	-0,4164
Corvinus University of Budapest	-0,8896	0,2448	-0,597	-0,8507
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences	0,3164	0,6687	-0,2985	0,6687
University of Pannonia	-0,4119	0,0119	-0,0478	-0,4836
University of Miskolc	0,7493	-0,5045	-0,803	-0,2687
Wroclaw Medical University	0,9522	-0,0746	-0,7224	0,7881
Jagiellonian University	0,7433	0,0567	0,8955	0,7687

Medical University of Lodz	0,2507	-0,4119	-0,9015	0,8597
Medical University of Gdansk	0,6119	0,1254	-0,9612	0,991
University of Warsaw	0,7015	0,2	0,9403	0,4134
Adam Mickiewicz University, Poznan	0,0119	-0,194	0,8955	-0,8955
Medical University of Bialystok	0,8806	-0,6328	-0,8119	0,2328
SWPS University of Social Sciences and Humanities	-0,9522	0,5343	0,3552	-0,9731
AGH University of Science and Technology	0,2328	-0,7761	0,7284	0,2328
University of Gdansk	-0,2866	-0,1552	0,1672	-0,8955
Gdansk University of Technology	-0,4866	-0,4955	0,0687	-0,7896
Nicolaus Copernicus University in Torun	0,0119	-0,397	0,7612	0,1537
Opole University of Technology	-0,8627	-0,5522	-0,3761	-0,1239
Poznan University of Medical Sciences	0,4209	-0,1075	-0,597	0,9791
Poznan University of Technology	-0,1194	-0,8597	-0,4537	0,503
Silesian University of Technology	-0,4119	-0,9254	-0,1224	0,3104
The John Paul II Catholic University of Lublin	0,6478	-0,3582	-0,6507	0,6448
Warsaw University of Life Sciences - SGGW	-0,8627	-0,6179	-0,7463	0,0164
Warsaw University of Technology	-0,2866	-0,5851	0,5672	-0,7179
Wroclaw University of Technology	-0,7343	-0,7313	-0,4537	-0,4388
University of Wroclaw	0,2985	0,0627	0,8507	-0,306
Bialystok University of Technology	0,1791	-0,8806	-0,0478	0,6567
Cracow University of Technology	-0,5104	-0,9403	-0,8866	0,1806
University of Lodz	-0,4866	-0,4657	0,1672	-0,3507
Lodz University of Technology	-0,7642	-0,7761	0,0149	-0,5746
Marie Curie - Sklodowska University (UMCS)	-0,5104	-0,397	0,4358	0,2582
Medical University of Silesia in Katowice	0,4687	-0,8209	-0,9821	0,9313
Rzeszów University of Technology	-0,6866	-0,9791	-0,9612	0,3881
SGH Warsaw School of Economics	-0,6866	-0,2687	-0,3224	-0,5597
University of Silesia in Katowice	0,0388	-0,6985	-0,5672	0,4134
University of Warmia and Mazury in Olsztyn	-0,7104	-0,9672	-0,597	-0,5597
Wroclaw University of Science and Technology	-0,4388	-0,6746	0,3075	-0,8075

1. táblázat: Az egyes szempontokhoz tartozó ϕ -értékek. Forrás: saját számítás és szerkesztés

THE helyezés	Intézmény neve	teaching	international	research	student staff ratio
501-600	Charles University	33,2	64,3	31	13,2
801-1000	Masaryk University	23,9	66,7	29,7	18,9
801-1000	University of South Bohemia in Ceske Budejovice	19,4	51,2	17,1	13,8
1001-1200	Czech University of Life Sciences Prague (CZU)	17,4	71,2	13,6	17,6
1001-1200	Palacky University Olomouc	19,6	59,3	19,9	14,5
1201-1500	Brno University of Technology	18,6	56,2	17,8	16,6
1201-1500	University of Chemistry and Technology, Prague	26,2	51,4	13,4	8
1201-1500	Czech Technical University in Prague	23,2	58,2	16,1	8,8
1201-1500	University of Hradec Kralove	17	57,6	13,6	12,3
1201-1500	Mendel University in Brno	19	55,7	17,6	16,5
1201-1500	University of Ostrava	18,5	46	15,1	16,4
1201-1500	Tomas Bata University in Zlín	16,9	49,1	19,4	19,6
1201-1500	University of West Bohemia	18,5	31,6	16	14,7
1501	Jan Evangelista Purkyne University	15,2	38	12,4	18,1
1501	University of Pardubice	18,6	34,9	16,7	14
1501	Prague University of Business and Economics	16,4	47	14	28,1
1501	Technical University of Liberec	20,2	43,3	15,4	11,5
1501	VSB - Technical University of Ostrava	18,8	42	17	14,4
1001-1200	Comenius University in Bratislava	23,8	53,3	15,5	10,6
1001-1200	Pavol Jozef Safárik University in Kosice	39,7	64,8	10,1	10
1001-1200	University of Zilina	21,3	33	18,2	13,4
1201-1500	Slovak University of Agriculture in Nitra	19,8	48,3	12,5	11,3
1201-1500	Technical University of Kosice	21,3	44,8	15,8	12,3
1501	Matej Bel University	18,8	45	13,3	14,2
1501	Slovak University of Technology in Bratislava	22	32,3	11,8	8,8
201-250	Semmelweis University	44,7	77,1	18	12,2
601-800	Eötvös Lóránd University	32,9	52,1	18,2	17,5
1001-1200	University of Debrecen	34,7	60,1	14,3	17,7
1001-1200	Óbuda University	15	42,1	14,6	38,4
1001-1200	University of Pécs	38,3	56,3	13	12,6
1001-1200	University of Szeged	23,2	60,8	15,5	12,5
1201-1500	Budapest University of Technology and Economics	19,1	39,1	17,5	17
1201-1500	Corvinus University of Budapest	16	43,5	12,2	21,3
1201-1500	Hungarian University of Agriculture and Life Sciences	21,1	56,2	13,3	10,5

1201-1500	University of Pannonia	18	39,5	14,6	17,3
1501	University of Miskolc	31,4	29,8	10,6	16,1
351-400	Wroclaw Medical University	39,6	37,5	11,7	9,4
601-800	Jagiellonian University	31,3	40,9	25,3	9,6
601-800	Medical University of Lodz	20,7	30,4	9,7	8,6
801-1000	Medical University of Gdansk	25,3	41,9	9,3	5,6
801-1000	University of Warsaw	26,8	43	27,4	12
1001-1200	Adam Mickiewicz University, Poznan	19,3	34,1	25,3	23,9
1001-1200	Medical University of Bialystok	37,1	28	10,5	12,7
1001-1200	SWPS University of Social Sciences and Humanities	15,4	52	16,3	37,6
1201-1500	AGH University of Science and Technology	20,6	25,5	18,6	12,7
1201-1500	University of Gdansk	18,4	34,7	15,5	23,9
1201-1500	Gdansk University of Technology	17,7	29,9	15,1	19,9
1201-1500	Nicolaus Copernicus University in Torun	19,3	30,5	19	13
1201-1500	Opole University of Technology	16,2	29,3	13	14,5
1201-1500	Poznan University of Medical Sciences	22,1	35,3	12,2	6
1201-1500	Poznan University of Technology	18,9	22,2	12,7	11,6
1201-1500	Silesian University of Technology	18	21,7	14,2	12,4
1201-1500	The John Paul II Catholic University of Lublin	25,9	30,8	12	10,7
1201-1500	Warsaw University of Life Sciences – SGGW	16,2	28,2	11,5	13,6
1201-1500	Warsaw University of Technology	18,4	28,6	17,6	18,9
1201-1500	Wroclaw University of Technology	16,7	26,3	12,7	17,1
1201-1500	University of Wroclaw	21	41	24	16,4
1501	Bialystok University of Technology	20,2	22	14,6	10,6
1501	Cracow University of Technology	17,6	21,6	9,8	12,9
1501	University of Lodz	17,7	30,1	15,5	16,7
1501	Lodz University of Technology	16,6	25,5	14,9	17,8
1501	Marie Curie - Skłodowska University (UMCS)	17,6	30,5	16,8	12,6
1501	Medical University of Silesia in Katowice	22,8	23	9,1	7,6
1501	Rzeszów University of Technology	16,9	21,3	9,3	12,1
1501	SGH Warsaw School of Economics	16,9	32,3	13,2	17,7
1501	University of Silesia in Katowice	19,4	26,9	12,3	12
1501	University of Warmia and Mazury in Olsztyn	16,8	21,4	12,2	17,7
1501	Wroclaw University of Science and Technology	17,9	27,3	16	20,3

2. táblázat: a rangsorban szereplő egyetemek teljesítménye az egyes szempontok szerint és eredeti helyezésük a

THE rangsorban. Forrás: timeshighereducation.com, saját szerkesztés