

HALANDÓSÁGI KÜLÖNBSEGEK ÉS HASONLÓSÁGOK AZ EURÓPAI UNIÓBAN¹

ARATÓ MIKLÓS – MARTINEK LÁSZLÓ

Eötvös Loránd Tudományegyetem

A cikket Kovács Erzsébetnek ajánljuk, aki, reméljük, még sok szakdolgozatot fog vezetni ebben a témában is.

Egy ország halandósági adataiból információkat nyerhetünk annak általános fejlettségéről, egészségügyi rendszeréről, kultúrájáról és sok más egyéb jellemzőjéről. A tanulmányban az Európai Unió jelenlegi 27 tagállamának 2008 és 2021 közötti halandósági viszonyait hasonlítjuk össze. A korábban használt távolság mérőszámok mellett újakat is javasunk. Végül összehasonlítjuk az országok járványkezelési teljesítményét a Covid első 2 évében.

Kulcsszavak: többlethalandóság; várható élettartam; mortalitási trendek; Covid19; súlyozott négyzetes eltérés; klaszterezés. *JEL kódok:* J11; C13

1 Bevezetés

A halandósági valószínűségek becslése, elemzése és előrejelzése a statisztika, demográfia és biztosításmatematika egy fontos részterülete. Már a korai vizsgálatok során is bebizonyosodott, hogy a különböző populációk halandósága jelentősen eltérhet egymástól. Többek között szignifikánsan különbözik a nemek, országok, és azokon belül az egyes régiók, továbbá a biztosítottak és nem biztosítottak halandósága. Halandósági vizsgálatok során az egyik lehetőség egy adott populáció önálló, elkülönített vizsgálata, de az utóbbi években egyre gyakoribb, amikor több populációnak az együttes mortalitását vizsgálják. Itt példaként említjük a [4, 6, 8] cikkeket. A [4] cikket külön is érdemes kiemelni, mert talán ezzel a cikkel kezdődött el a neurális hálók rendszeres felhasználása halandósági előrejelzéseknél.

Vizsgálatunk célja az Európai Unió jelenlegi 27 tagállama halandóságának és halandósági változásainak rövid, de szisztematikus összehasonlítása, elemzése. Mivel az összes tagállamot bevontuk az elemzésbe, a szükséges adatok korlátozott elérhetősége miatt csak a 2008 és 2021 közötti időszakot tudtuk figyelembe venni a számítások során. Tehát a területi teljesség miatt be kellett érniük egy aránylag rövid időszak tanulmányozásával.

¹Beérkezett 2024. február 27. DOI: <https://doi.org/10.15170/SZIGMA.55.1233>. E-mail: arato@math.elte.hu.

Elemzésünk első részében a 2008 és 2019 közötti időszakot vettük alapul, mivel először a tagállamokat a normál körülmények között akartuk összehasonlítani, kiküszöbölve a Covid-hatást. Az országok halandóságát egy-egy mérőszámmal jellemeztük. A mérőszámokat egy-egy évre (2008 és 2019), a 2008 és 2019 közötti változásra és a 2008 és 2019 közötti évekre együttesen alkalmaztuk. A mérőszámok között természetesen szerepelt a születéskor várható élettartam, de meghatároztuk a halálozási többletet az EU27 átlagos halandóságához képest, továbbá definiáltunk egy halandósági eltérést az EU27 átlaghoz képest, ahol az EU27 korösszetételét használtuk fel.

Azt gondoljuk, hogy mielőtt bonyolult modelleket építenénk fel multipopulációs adatok alkalmazására, mindenképpen érdemes megvizsgálni, hogy a különböző populációk halandósága milyen kapcsolatban áll egymással. Kovács Erzsébet és szerzőtársai a [13] tanulmányban magyarországi megyék halandóságát hasonlították össze. Bevezettek egy távolság mérőszámot, és ennek alapján klaszterezték a megyéket. A [14] cikkben a szerzők európai országok klaszterezését végezték el hasonló módon, de másik távolságot használva.

Jelenlegi munkánkban az előbb említett cikkekhez hasonlóan először szintén az [1]-ben javasolt QDEV eltérés mérőszámból indulunk ki. Figyelembe véve, hogy ez a mérőszám egy rögzített halandósági tábla távolságait adja meg más halandósági tábláktól, az általunk alkalmazott módszernél a távolságot normáltuk az országok méretével.

Mind az előrejelzéseknél, mind az összehasonlításoknál a legfontosabbnak a halálesetek számát tartjuk. Ezért az egyik új mérőszámunknál azt határoztuk meg, hogy egy adott országban várhatóan hány haláleset következne be a másik ország halandóságát alkalmazva, és ugyanezt fordítva is kiszámoltuk. A távolságok felhasználásával 2-dimenziós skálázást végeztünk.

A következő fejezetben is az országokat hasonlítjuk össze, de itt az évek közti változásokat vizsgáljuk. Kiszámoljuk az évek közti halandósági arányokat, és utána ezen arányok korrelációját. A korreláció segítségével határozzuk meg a távolságokat, és az eredményeket szintén 2-dimenziós skálázással szemléltetjük.

Miután összehasonlítottuk az országokat a 2008 és 2019 közötti időszakra, áttérünk a 2020 és 2021-es évekre. Számos tanulmány jelent meg a Covid okozta többlethalandóságról, melyek közül itt most csak a [11, 5, 2] cikkeket említjük meg. Miután mi több ország *teljesítményét* akartuk egységes alapon összehasonlítani a többlethalandóság tekintetében, ezért nem gondoltuk célszerűnek a Lee–Carter modellhez hasonló előrejelzési módszerek használatát. Ennek legfőbb oka az, hogy a 2008–2019 közötti időszak hossza nyilvánvalóan nem elég egy olyan összetett modell paramétereinek megbízható becsléséhez, mint a Lee–Carter modell. Másrészt az ilyen típusú modelleket finomhangolni szükséges, aminek megvalósítása 27 országra igen nehézkes lenne, akár hosszabb megfigyeléssorozat esetén is. Természetesen egy adott ország – például Magyarország – esetére egy ilyen különálló elemzés igen hasznos lehet (lásd pl. [11]-et). A 2019-es évet sem szerettük volna egyedüli alapnak venni, ezért a 2017–2019-es évek átlagos halandóságából számolt várható halálesetszámot

hasonlítottuk össze a 2020 és 2021-ben bekövetkezett halálesetek számával. A [7] cikk munkánkhoz hasonlóan szintén Eurostat adatokat használt fel az európai országok 2020. évi többlethalálózásának összehasonlítására, de a várható halandóságot másképp határozta meg.

2 Felhasznált adatok

Az országok néphalandóságának vizsgálatakor a leggyakoribb adatforrás a Human Mortality Database (<https://mortality.org>), ahol az adatok egységes szerkezetben, gondosan kezelve találhatóak meg. Ugyanakkor számos uniós ország adata hiányzik az adatbázisból, és sok esetben az utolsó megfigyelési év 2019 vagy 2020. Ennek következtében szükségessé vált az Eurostat adatainak felhasználása.

Egyrészt a jelenlegi 27 tagállamra csak 2008-tól állnak rendelkezésre majdnem teljes adatok. Másrészt 2022-re csak szórványosan voltak adatok a cikk írásának idejében (2024. február). Így a cikkben vizsgált adatokat a 2008–2021-es időszakra korlátoztuk, és a következő adatbázisokat használtuk fel.

- Születéskor várható élettartam nemenként 2008 és 2022 között.² A 2022. évi adatoknak csak egy része van meg. Az adatokat 2023. december 21-én frissítették utoljára.
- Népszámszám nemenként és koronként január 1-én 2008 és 2022 között.³ A korok 0 és 99 év közöttiek, illetve legalább 100 évesek. A 2024. januári letöltésnél az adatok 2023. szeptember 28-ai állapotot mutattak.
- Születésszám nemenként 2008 és 2021 között.⁴ A 2024. januári letöltésnél az adatok 2023. szeptember 25-ei állapotot mutattak.
- Halálesetszám nemenként és koronként 2008 és 2021 között.⁵ A korok 0 és 99 év közöttiek, illetve legalább 100 évesek. A népszámszámokhoz képest azonban a korok 1 évvel el vannak csúsztatva, azaz a 0 évesek az adott évben születtek. Az adatokat 2023. december 12-én frissítették utoljára.

Az adatbetöltésnél talákoztunk néhány hiányossággal. A népszámszám-nál nem volt meg a koréves bontás az alábbi országokra és évekre.

- Németország: 2008–2010, 95–99 évesek
- Horvátország: 2012–2013, 85–99 évesek
- Luxemburg: 2008, 95–99 évesek
- Magyarország: 2008–2013, 85–99 évesek

²https://doi.org/10.2908/demo_mlexpec

³https://doi.org/10.2908/demo_pjan

⁴https://doi.org/10.2908/demo_fasec

⁵https://doi.org/10.2908/demo_mager

A hiányzó adatokat a Human Mortality Database arányainak megfelelően pótoltuk. Hasonlóan korrigáltuk Írország 2008–2012 közötti halálozási adatait.

Az előbbiekből látható, hogy a kor szerinti bontások születési év szerinti, és nem betöltött év szerinti, továbbá nem kockázati tartamokkal számolunk, hanem január 1-jei népességszámokkal. Ahol lehetőségünk volt, ott a Human Mortality Database kockázati tartamos adataival is elvégeztük a számításokat, és azt tapasztaltuk, hogy az Eurostat adatai szerinti megközelítés nem okozott jelentős eltéréseket.

3 Halandóságok, halandósági változások mérőszámai

Ebben a fejezetben először bemutatjuk az általunk használt fogalmakat és jelöléseket, és utána meghatározzuk a szintén általunk legfontosabbnak tartott egydimenziós mérőszámokat.

Azt mondjuk, hogy megfigyeltük a k -adik ország halálozási adatait a j -edik évben, ha rendelkezésünkre állnak a nemenkénti, korcsoportonkénti (korévenkénti) lét- és halálozási számok:

- $D_{a,k,j,i}$ a k -adik országban, a j -edik évben és az i -edik korosztályban meghalt a neműek száma,
- $T_{a,k,j,i}$ a k -adik országban, a j -edik évben és az i -edik korosztály a neműinek létszáma (kockázati tartama),
- $a = f$ a nők esetében, és $a = m$ a férfiaknál.

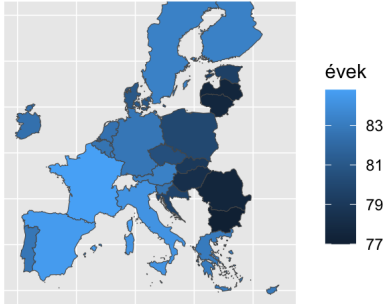
Halandósági táblán egy $\{0 \leq q_i \leq 1, i \in I\}$ számsorozatot értünk, ahol I a korcsoportok halmazát jelöli. Esetünkben $I = \{0; 1; \dots; 100\}$. Egy halandósági táblát tapasztalatinak nevezünk, ha egy adott populáció és tartam halálozási számaait osztjuk a létszámokkal.

A születéskor várható élettartam talán még mindig a legjobb egydimenziós jellemzője egy halandósági táblának, ezért először ennek változásait nézzük meg az Európai Unióban. Az áttekinthetőség érdekében az 1.1 és 1.2 táblázatban csak a kezdő évet (2008) és az utolsó 4 évet (2019–2022) mutatjuk be.

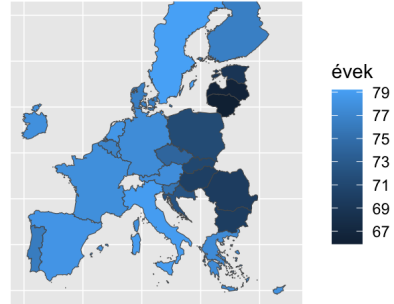
Feltűnő, hogy 2019-ben a nőknél csak Bulgária, Románia és Magyarország esetében kisebb a várható élettartam 80 évnél. Jelentős változás a férfiaknál, hogy míg 2008-ban egyetlen ország sem érte el a várható 80 évet, 2019-ben ez már 8 ország esetében is teljesült. Ezt követően a Covid alatt szinte minden országban csökkent a várható élettartam 2019-ről 2020-ra.

Az országok közötti különbségek jól szemléltethetők térkép segítségével, ahogy a későbbi ábrák mutatják. Ezek elkészítését segítette a [10] internetes publikáció. A 3.1 ábrán láthatjuk, hogy 2019-re is megmaradt a nyugati és keleti tagállamok közötti különbség, bár több ország jelentősen fejlődött.

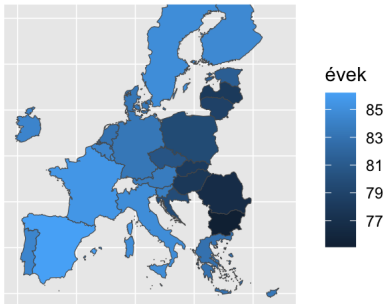
Nők várható élettartama 2008-ban



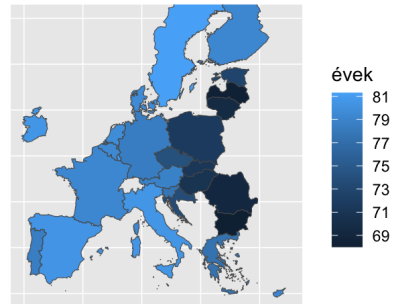
Férfiak várható élettartama 2008-ban



Nők várható élettartama 2019-ben

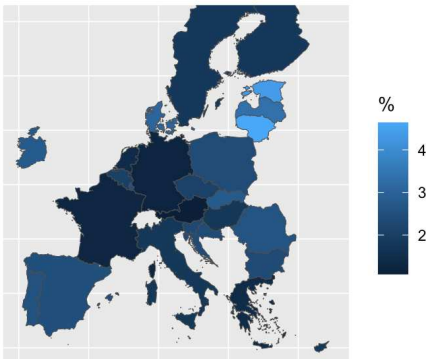


Férfiak várható élettartama 2019-ben

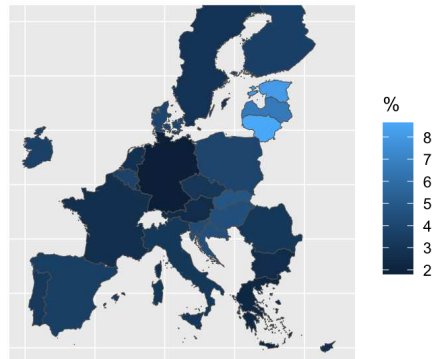


3.1 ábra. Várható élettartamok 2008-ban és 2019-ben, országonként és nemeként

Nők várható élettartamának növekedése 2008 és 2019 között



Férfiak várható élettartamának növekedése 2008 és 2019 között



3.2 ábra. A várható élettartam százalékban mért növekedése 2008–2019 között, nemek bontásban

A 2008 és 2019 közötti százalékos javulást az 1.3 táblázatban és a 3.2 ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a férfiaknál sokkal jelentősebb volt a javulás. Mindkét nem esetén kiemelkedő a balti államok javulása. Magyarország a nőknél csak a 21., a férfiaknál viszont 6. a javulási sorrendben.

Mindig felmerülhet az a kérdés, hogy egy országban mennyivel többen haltak meg a vártnál. A k -adik ország j -edik évi halálozási többletének/hiányának a $\{q_f\}, \{q_m\}$ halandósági táblákhoz képest nevezzük a következő mennyiséget.

$$\sum_a \sum_i D_{a,k,j,i} - \sum_a \sum_i T_{a,k,j,i} \cdot q_{x,i},$$

ahol

$$\sum_a \sum_i T_{a,k,j,i} \cdot q_{x,i},$$

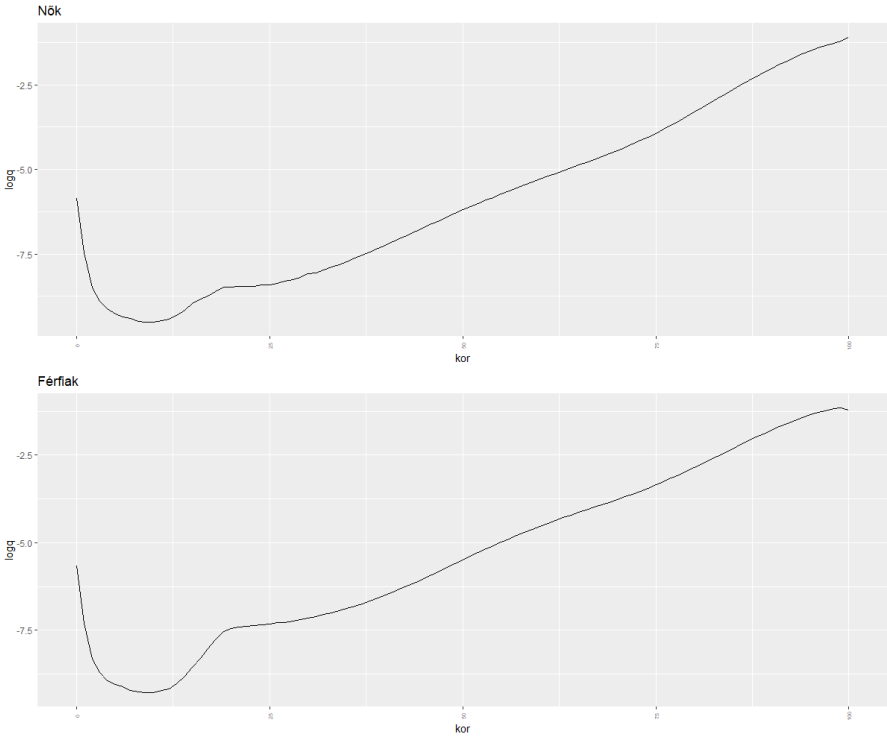
a $\{q_f\}, \{q_m\}$ halandósági táblák szerint várt halálozási szám. Természetesen ezt a többletet/hiányt hasonló módon meghatározhatjuk nemenként, korcsoportonként is. Egy időszak relatív halálozási többletének a $\{q_f\}, \{q_m\}$ halandósági táblákhoz képest nevezzük a következő hányadost

$$\frac{\text{Az időszak halálozási száma} - \text{az időszak összesített várt halálozási száma}}{\text{Az időszak összesített várt halálozási száma}}$$

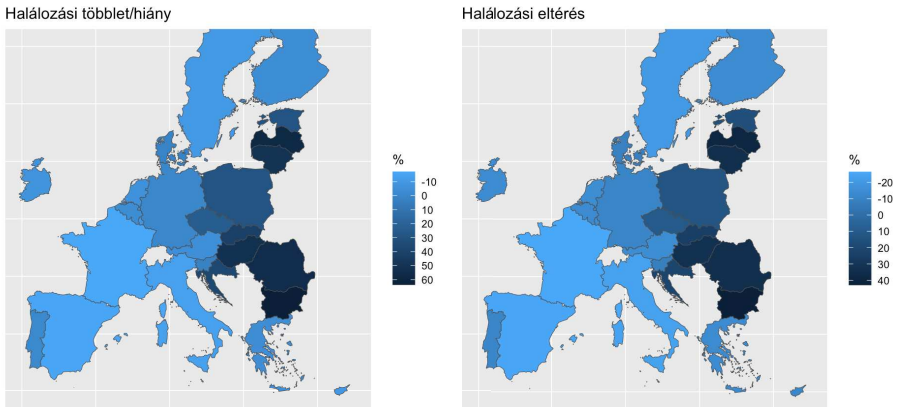
Az előbbi definíciót követve meghatároztuk országonként a 2008–2019-es évek relatív halálozási többletét/hiányát ezen évek EU27 átlagához képest. Ezt úgy értjük, hogy a relatív többletet az EU27 egységes férfi és női halandósági táblájához képest határoztuk meg. Fontos hangsúlyozni, hogy figyelembe vettük minden évre a kor- és nem szerinti megbontást. Az egységes halandósági táblákat a következő képlettel számoltuk ki.

$$q_{a,i} = \frac{\sum_{k=1}^{27} \sum_{j=2008}^{2019} D_{a,k,j,i}}{\sum_{k=1}^{27} \sum_{j=2008}^{2019} T_{a,k,j,i}}, \quad i = 0, 1, \dots, 100.$$

Az így kapott értékek logaritmusait ábrázoltuk a 3.3 ábrán. Köszönhetően a nagyszámú megfigyelésnek, az ábra nagyon szabályos képet mutat, még az idős korok esetében is. Az eredmények az 1.4 táblázatban és a 3.4 ábrán láthatóak. Az eredmények egyértelműek, és megfelelnek várakozásainknak. A volt keleti tömb országai mind rosszabb teljesítményt mutattak, mint a többi ország. A legkisebb elmaradása Szlovéniának volt. Magyarországnál csak 3 ország teljesített rosszabbul: Románia, Lettország és Bulgária. A 3 legjobb ország legalább részben mediterrán: Franciaország, Spanyolország és Olaszország. Az északiak közül Svédország a legjobb.



3.3 ábra. Az EU27 országai halandósági valószínűségeinek logaritmusai 2008–2019 alapján



3.4 ábra. Relatív halálzási többlet/hiány, és eltérés 2008 és 2019 között az EU27 átlaghoz képest, százalékban

A többletet vagy hiányt egy adott halandósági táblához képest számoltuk ki, és az adott ország saját népességmegoszlását használtuk fel.

Azonban fordítva is számolhatunk. Alapnak nem egy halandósági táblát veszünk, hanem egy népességmegoszlást. Erre a népességmegoszlásra alkal-

mazzuk az országok halandósági rátáit. Ezt a következő módon valósítottuk meg. Először meghatároztuk az országok tapasztalati halandósági tábláit a 2008–2019-es évekre:

$$q_{a,k,j,i} = \frac{D_{a,k,j,i}}{T_{a,k,j,i}}, \quad k = 1, \dots, 27, \quad a = f, m, \quad j = 2008, \dots, 2019, \\ i = 0, 1, \dots, 100.$$

A következő lépésben felírjuk az EU27 egyesített népességmegoszlását a 2008–2019-es években:

$$T_{a,i} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{j=2008}^{2019} T_{a,k,j,i}, \quad a = f, m, \quad i = 0, 1, \dots, 100.$$

Ezután minden országra meghatározzuk a saját tapasztalati halandósági tábláinak és az egyesített népességmegoszlásnak megfelelő halálesszámot:

$$D_k = \sum_a \sum_{j=2008}^{2019} \sum_{i=0}^{100} T_{a,i} \cdot q_{a,k,j,i}.$$

Végül a k -adik ország relatív halálozási eltérése az EU átlagtól a 2008–2019-es években:

$$\frac{D_k}{\sum_{l=1}^{27} D_l / 27} - 1.$$

Az eredményeket szintén az 1.4 táblázatban és a 3.4 ábrán mutatjuk be. A relatív halálozási eltérések hasonló országsorrendet eredményeztek, mint amikor a relatív halálozási többleteket számoltuk. Azonban volt néhány változás. Például a többlet/hiány sorrend szerint Ciprus a 7. legjobb volt, míg Belgium a 13. Az eltérésnél viszont megfordult a sorrend, Belgium és Ciprus a 12., illetve a 13. helyet foglalta el. Ez azért volt, mert Ciprus inkább a 75 alatti korosztályokban mutatott jobb értékeket, mint Belgium, és azok a létszámok relatíve nagyobbak voltak. Megcserélődött Magyarország és Litvánia sorrendje is.

4 Halandósági táblák összehasonlítása

Két populáció, vagy egy populáció különböző időszakú halandóságának összehasonlítása több célt is szolgálhat. Például egy kisebb méretű vagy kevesebb tapasztalattal rendelkező biztosító egy nagyobb populáció halandósági tábláját akarja használni díjkalkulációjában, mert azt biztonságosabbnak gondolja. Vagy két megye különböző halandóságából esetleg következtetni lehet az egészségügyi ellátás elmaradására az egyik megyében. Egy másik alkalmazási lehetőséget láthatunk [1]-ben, ahol a legközelebbi tábla megtalálása segített a halandósági táblák előrejelzésében. Itt [12]-t követve a $\{q_i\}_i$ halandósági tábla súlyozott négyzetes eltérését ($QDEV$) határozták meg más

$\{q_{y,i}\}_i$ tábláktól:

$$QDEV(q, q_y) = \sum_i \frac{T_i(q_i - q_{y,i})^2}{q_{y,i}},$$

ahol T_i a $\{q_i\}_i$ tábla i -edik korcsoportjának (általában korévének) kockázati tartama vagy létszáma. Itt fontos megjegyezni, hogy egy alaptábláról van szó, a T_i értékek egységesek minden összehasonlításnál.

[13]-ban megyék halandóságait hasonlították össze a $QDEV$ távolság módosításával úgy, hogy azt szimmetrikussá tették a következő módon.

$$QDEV_{mod}(q_x, q_y) = \sum_i \frac{\min(T_{x,i}, T_{y,i})(q_{x,i} - q_{y,i})^2}{(q_{x,i} + q_{y,i})/2},$$

ahol $T_{x,i}, T_{y,i}$ a $\{q_x\}_i$ illetve $\{q_y\}_i$ tábla i -edik korcsoportjának kockázati tartama vagy létszáma. Ezen új távolság segítségével végezték el a klaszterezést. [14]-ben országok halandóságait klaszterezték a nem szimmetrikus $QDEV$ mérőszámmal. Ezek a cikkek érdekes eredményeket adtak, de véleményünk szerint a populáció mérete túl fontos szerepet játszik az alkalmazott mérőszámokban. Például, ha Németország és Franciaország halandósága pont úgy különbözne egymástól, mint Litvániáé és Lettországé, akkor az előbbi két ország távolsága sokszorosa lenne az utóbbiakénak. Ezért a következő mérőszámot javasoljuk.

$$QDEV_1(q_x, q_y) = \frac{1}{\sum_i \min(T_{x,i}, T_{y,i})} \sum_i \frac{\min(T_{x,i}, T_{y,i})(q_{x,i} - q_{y,i})^2}{(q_{x,i} + q_{y,i})/2}.$$

Egy másik lehetőség a szimmetrizálásra és normálásra a következő lehet.

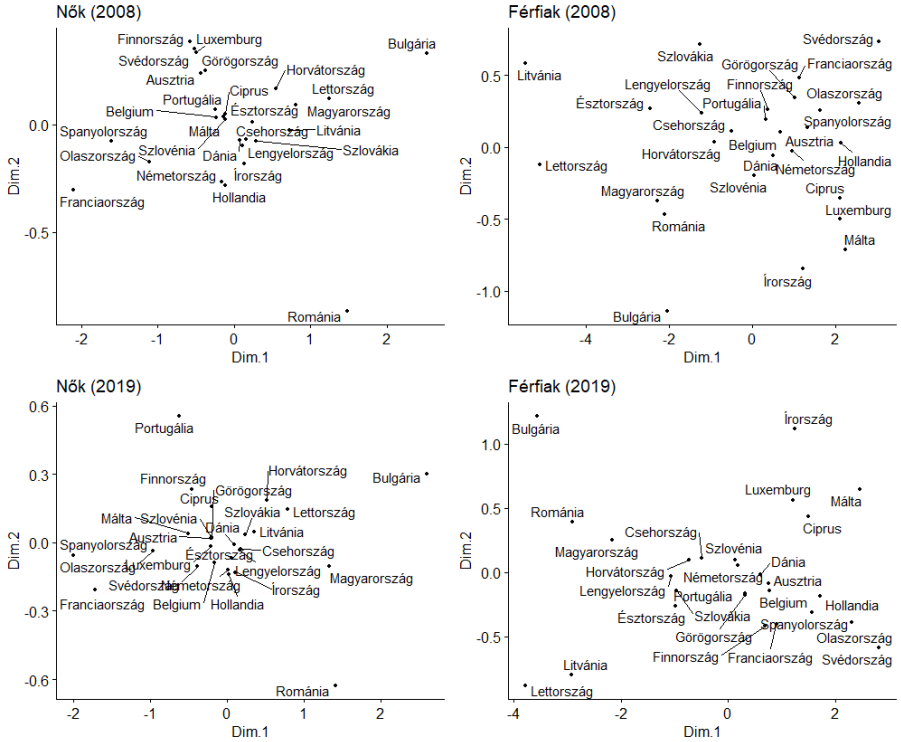
$$QDEV_2(q_x, q_y) = \max \left(\frac{1}{\sum_i T_{x,i}} \sum_i \frac{T_{x,i}(q_{x,i} - q_{y,i})^2}{q_{y,i}}, \frac{1}{\sum_i T_{y,i}} \sum_i \frac{T_{y,i}(q_{x,i} - q_{y,i})^2}{q_{x,i}} \right).$$

Ezen túlmenően azt próbáljuk mérni, hogy mennyivel többen vagy kevesebben haltak volna meg az országban, ha egy másik ország halandósága teljesülne. Képlettel megfogalmazva ez az alábbi mérőszámot adja.

$$MS(q_x, q_y) = \max \left(\frac{\sum_i D_{y,i}}{\sum_i q_{x,i} T_{y,i}}, \frac{\sum_i D_{x,i}}{\sum_i q_{y,i} T_{x,i}} \right) - 1,$$

ahol $D_{x,i} = q_{x,i} T_{x,i}$, $D_{y,i} = q_{y,i} T_{y,i}$ a $\{q_x\}_i$ illetve $\{q_y\}_i$ tábla i -edik korcsoportjának haláleseteinek száma.

Jelen cikkben a három távolság közül a $QDEV_1$ -et fogjuk használni. Meghatároztuk a 2008. és 2019. év távolságmátrixait mind a nőkre, mind a férfiakra. Ezekkel a távolságmátrixokkal nemcsak a klaszterezést indítottuk el, hanem többdimenziós skálázást is végeztünk, az országokat a síkon helyeztük el. Fontos emlékeztetni arra, hogy a többdimenziós skálázásnál a cél az, hogy a kapott pontok távolsága minél kevésbé térjen el az eredeti távolságoktól. Ezért a kapott pontfigurációk elforgathatók és eltolhatók.



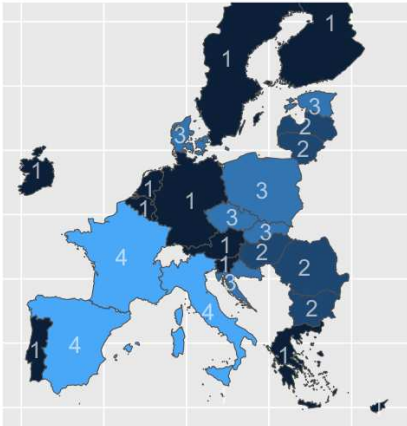
4.1 ábra. 2-dimenziós skálázás a $QDEV_1$ távolság szerint

A 4.1 ábra kapcsán tett megfigyelések a következők:

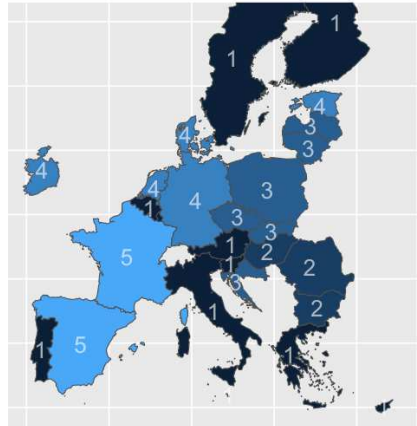
- Bulgária mind 2008-ban, mind 2019-ben mindkét nemnél teljesen elkülönül a többi országtól. A nőknél ugyanez igaz Romániára is.
- A volt *szocialista* országok 2008-as elkülöníthetősége csak részben maradt meg 2019-re.
- A földrajzi közelség nem feltétlenül van összhangban a halandósági távolságokkal. Megfigyelhető például Svédország közelsége a mediterrán országok halandóságához.
- Magyarország nincs közel szomszédaihoz, egyedül a férfiak esetében Romániához.

A hasonlóságokat, különbségeket [13]-hoz hasonlóan be lehet mutatni klaszterezéssel is. A K-medián módszer eredményeit az 1.5 táblázatban és a 4.2 ábrán láthatjuk.

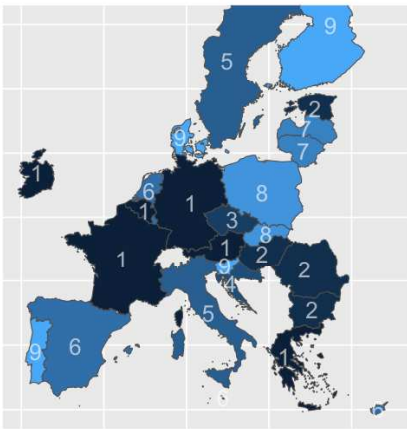
nők, 2008



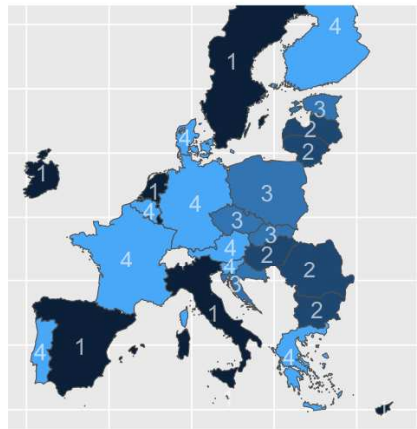
nők, 2019



férfiak, 2008



férfiak, 2019



4.2 ábra. Országok klaszterezése K-medián módszer és a $QDEV_1$ távolság szerint, nemenkénti bontásban, a 2008. és 2019. években

5 Évek közti változások

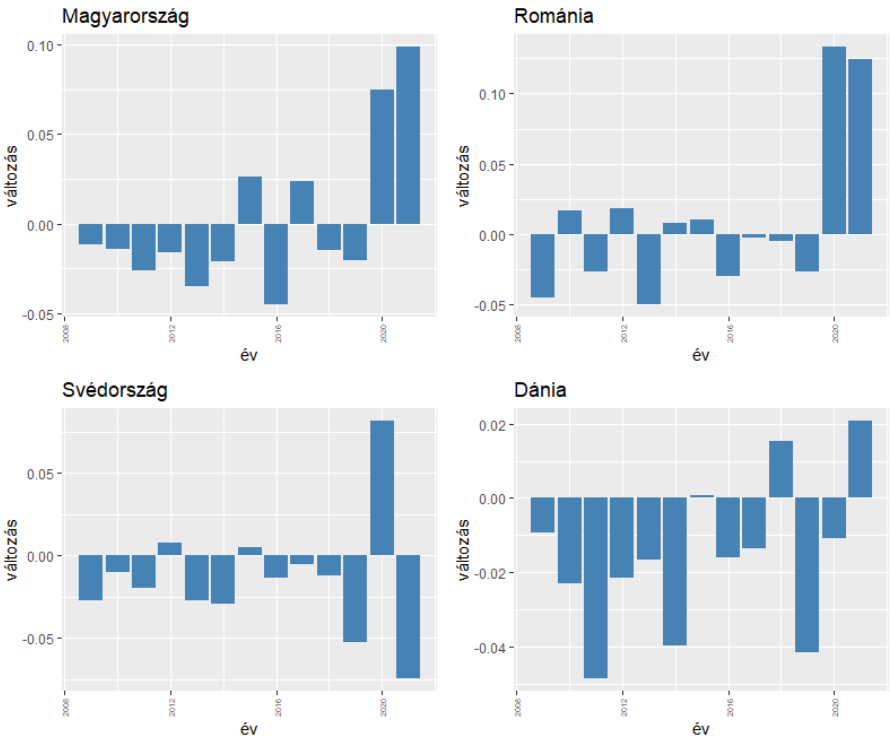
A Covid okozta többlethalálozás vizsgálatainál mindig felmerült, hogy mennyire volt ez rendkívüli többlet. Ezért is gondoljuk fontosnak az egymást követő évek közti változások mérését, bár pont a Covid okozta többlethalálozást, ahogy ezt a következő fejezetben láthatjuk, nem így számoljuk ki. A $(j - 1)$ -edik évről a j -edik évre történő változást a következő módon határozzuk meg.

$$valt_j = \frac{\sum_i (D_{f,j,i} + D_{m,j,i})}{\sum_i (q_{f,j-1,i} T_{f,j,i} + q_{m,j-1,i} T_{m,j,i})} - 1,$$

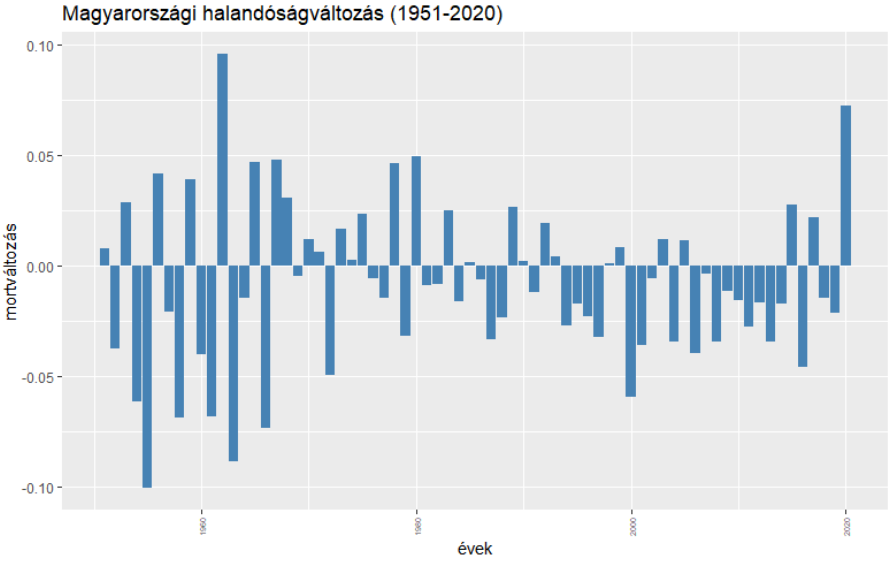
ahol

- $D_{f,j,i}$ a j -edik évben az i -edik korosztályban meghalt nők száma, $D_{m,j,i}$ ugyanez a férfiakra,
- $T_{f,j,i}$ a j -edik évben az i -edik női korosztály létszáma (kockázati tarta-
tama), $T_{m,j,i}$ ugyanez a férfiakra,
- $q_{f,j,i} = \frac{D_{f,j,i}}{T_{f,j,i}}$ a j -edik évben az i -edik női korosztály nyers halandósági
rátája, $q_{m,j,i}$ ugyanez a férfiakra.

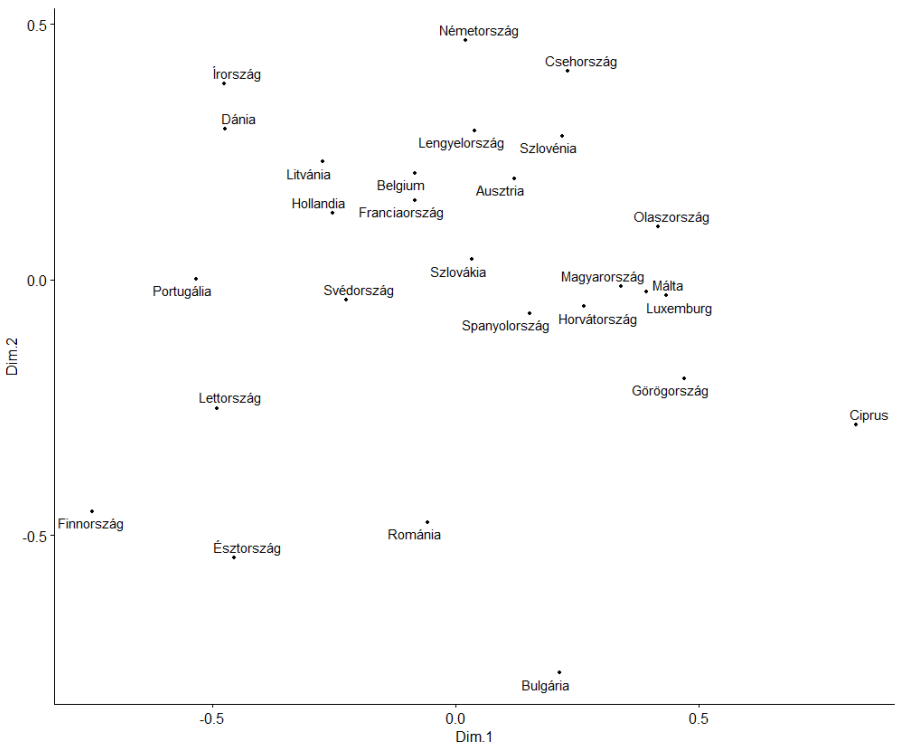
Az 5.1 ábrán láthatjuk 4 ország éves változásait. Megfigyelhetjük, hogy 2020 előtt is előfordultak számottevő változások, de 2020 és 2021 növekedései erőteljesebbek voltak. A vizsgált időszakunk persze nem túl hosszú, a Human Mortality Database adatait használva több országra érdekesebb ábrákat kaphatunk. Ezt láthatjuk például az 5.2 ábrán, ahol Magyarország változásait ábráztuk 1951-től. Ezen látható, hogy 1962-ben még 2020-nál is nagyobb halandósági növekedés volt.



5.1 ábra. A halandóság változása 4 országban 2008-2021 között



5.2 ábra. A halandóság változása Magyarországon



5.3 ábra. A halandóság változásának összefüggései 2009 és 2019 között

Megpróbálkoztunk az országok változásai közti összefüggések becslésével. A Covid előtti időszakot vizsgáltuk, így viszont csak 11 éves idősoraink maradtak. Itt sem akartunk országokat kihagyni, ezért maradtunk ennél az időszaknál. Hasonlósági mérőszámnak a korrelációt választottuk és távolságnak az (1-korrelációt). Az 5.3 ábrán a várakozásoknak megfelelően Bulgária mindenkitől messze van, míg Belgium és Franciaország, vagy a Finnország, Lettország és Észtország hármassal közel vannak egymáshoz. Ezzel szemben nem várt eredmény, hogy Litvánia és Lettország, valamint Svédország és Finnország messze kerültek egymástól. Megjegyezzük, hogy Franciaország és Belgium, illetve Ausztria és Szlovénia között a korreláció meghaladja a 90%-ot.

6 A Covid19-járvány hatása

Számtalan kutatás igyekezett feltárni a Covid-járvány hatását a néphalándóságra. Többek között próbálták számszerűsíteni a különböző országok kormányzati intézkedéseinek következményeit. Ez részleteiben rendkívül nehéz feladat, hiszen már pusztán a Covid közvetlen okaként bekövetkezett halálokat sem tudjuk pontosan megszámolni, a területenként eltérő módszertanok és statisztikai adatképzések minősége miatt. [5] egy kísérletet tesz az influenzából és Covidból eredő halálesetek becslésére dán adatokon, külön modellt alkotva e célból. Leggyakrabban azonban a teljes többlethalálozást próbálják számszerűsíteni. [2] egy ilyen átfogó tanulmány, azonban teljesen mellőzi a szokásos aktuáriusi számításokat. A 2020. évi magyar többlethalálozást [11] vizsgálja. Itt a 2020. évi várható halálesetszámot Lee–Carter modellel becsülik meg.

A [3] cikk 5 európai országra és azok régióira becsülte meg a 2020. évi többlethalálozást. Az előrejelzés alapjául a heti, kor- és területcsoportonkénti 2015 és 2019 közötti halálozási és népességi adatok szolgáltak. A [7] tanulmány az Eurostat adatait felhasználva az EU27 országaira számolt többlethalálozást és egyéb mérőszámokat. A várható halálozás meghatározásánál szintén a 2015–2019 évek adatait vették figyelembe, de csak a heti halálozást. A [9] összefoglaló cikk számos olyan publikációt hasonlít össze, melyekben a Covid miatti többlethalálozást becsülték meg.

Jelen fejezetben megvizsgáljuk, hogy a Covid-járvány első két évében mennyire voltak a megfigyelt halandóságok az alatt vagy a fölött az érték fölött, amelyet a 2017–2019-es három év alapján várhatnánk, ld. 1.6 táblázat. A táblázatban található, százalékban kifejezett értékeket a következőképpen definiáljuk egy rögzített k országra, j évre és a nemre:

$$exmort_{a,k,j} = \frac{D_{a,k,j} - MD_{a,k,j}}{MD_{a,k,j}}.$$

Az előbbi jelölésekhez hasonlóan legyen $D_{a,k,j}$ a j -edik évben, k -adik országban megfigyelt teljes halálozás az $a = \text{férfi/nő/összes}$ nemre vonatkozóan, és az elvárt halálozási szám $MD_{a,k,j} = \sum_i T'_{a,k,j,i} \cdot q_{a,k,i}$, ahol $T'_{a,k,j,i}$ a j -edik

évben január 1-jén a k -adik országban az a nem i éveseknek száma, valamint

$$q_{a,k,i} = \frac{\sum_{z=2017}^{2019} D_{a,k,z,i}}{\sum_{z=2017}^{2019} T'_{a,k,z,i}}$$

a hároméves intervallum alapján várt i éves életkorra vonatkozó halandósági becslés. Valójában *exmort* nem más, mint a relatív halálozási többlet/hiány az ország 2017–2019 alapján meghatározott halandósági táblájához képest.

Vegyük észre, hogy a nők és férfiak közötti halálozási többlet különbsége helyenként jelentős. A teljes EU-ra vetítve a járvány mindkét vizsgált évben 2 százalékponttal meghaladta a férfi többlet a nőit, és szinte kivétel nélkül minden országra egyenként is elmondható a nagyobb férfi többlethalandóság. Csehország például 2021-ben rendkívül rossz évet könyvelhetett el, ahol a női többlet 15.2% volt, míg a férfi 22.9%. Előfordultak azonban negatív többletek is: Svédországban a 2021-es évben a többlethalandóság a teljes lakosságra vetítve -3.7% volt, azaz a tényleges mortalitás kisebb volt, mint az a járvány előtti halandóság alapján várható lett volna. Ily módon Svédország a 2021-ben legjobban teljesítő országok közé lépett elő. Ezzel szemben Bulgária 2020-ban és különösen 2021-ben drámaian nagy többlethalandóságot szenvedett el.

Végül a 6.1 táblázatban összehasonlítjuk 3 országra az általunk meghatározott relatív halálozási többletet a [3] és [7] cikkekben meghatározott relatív halálozási többlettel. A táblázat nagyon nagy eltéréseket mutat. Ennek egyik oka, hogy a várható halálesszám 2020. évi előrejelzésénél mi nem számoltunk javulással 2017–2019-hez képest. Ez azonban legfeljebb 1-2 százalékot jelenthet. Az a sejtésünk, hogy a másik két cikk túlságosan kis csoportokra akart előrejelezni (heti bontás, régiók), és ez bizonytalanságot okozhat. Másrészt a cikkek korábbiak, és ezért halálesszámaik sem voltak pontosak.

Ország	[3]	[7]	saját eredmény
Görögország	9.3	5.8	2.3
Olaszország	17.3	22.4	12.0
Spanyolország	16.6	22.4	11.7

6.1 táblázat. Relatív halálozási többlet 2020-ban, százalékban, különböző források szerint

7 Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a lektorok bírálataiért és javaslataiért. A relatív halálozási eltérés meghatározását az egyik lektor megjegyzése inspirálta. Korándi Márta észrevételei alapján több helyen pontosítottuk a megfogalmazásokat, amit ezúton is köszönünk. A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott ELTE TKP2021-NKTA-62 sz. támogatói okirat alapján valósult meg.

Irodalom

1. Miklós Arató, Dávid Bozsó, Péter Elek, and András Zempléni (2009). Forecasting and simulating mortality tables. *Mathematical and Computer Modelling*, 49(3), 805–813,
2. Victoria Knutson, Serge Aleshin-Guendel, Ariel Karlinsky, William Msemburi, and Jon Wakefield (2023). Estimating global and country-specific excess mortality during the Covid-19 pandemic. *The Annals of Applied Statistics*, 17(2), 1353–1374,
3. Garyfallos Konstantinoudis, Michela Cameletti, Virgilio Gómez-Rubio, Inmaculada León Gómez, Monica Pirani, Gianluca Baio, Amparo Larrauri, Julien Riou, Matthias Egger, Paolo Vineis, et al. (2022). Regional excess mortality during the 2020 Covid-19 pandemic in five European countries. *Nature communications*, 13(1), 482,
4. Pintao Lyu, Anja M. B. De Waegenare, and Bertrand Melenberg (2021). A multi-population approach to forecasting all-cause mortality using cause-of-death mortality data. *North American Actuarial Journal*, 25(S1), S421–S456, January 2021.
5. Jens Nielsen, Naja Hulvej Rod, Lasse S Vestergaard, and Theis Lange (2021). Estimates of mortality attributable to Covid-19: a statistical model for monitoring Covid-19 and seasonal influenza, Denmark, spring 2020. *Eurosurveillance*, 26(8).
6. Francesca Perla, Ronald Richman, Salvatore Scognamiglio, and Mario V Wüthrich (2021). Time-series forecasting of mortality rates using deep learning. *Scandinavian Actuarial Journal*, 2021(7), 572–598.
7. Antoni Rangachev, Georgi K Marinov, and Mladen Mladenov (2022). The demographic and geographic impact of the Covid pandemic in Bulgaria and Eastern Europe in 2020. *Scientific Reports*, 12(1), 6333.
8. Han Lin Shang, Steven Haberman, and Ruofan Xu (2022). Multi-population modelling and forecasting life-table death counts. *Insurance: Mathematics and Economics*, 106, 239–253.
9. Weijing Shang, Yaping Wang, Jie Yuan, Zirui Guo, Jue Liu, and Min Liu (2022). Global excess mortality during Covid-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *Vaccines*, 10(10), 1702,
10. Athanassios Stavrakoudis (2022). Using Eurostat with R.
11. C. G. Tóth (2021). Többlethalandóság a koronavírus-járvány miatt Magyarországon 2020-ban. *KORFA*, 2, 2–5.
12. J. E. Walsh (1953). Some probability results for mortality rates based on insurance data. *Journal of the Institute of Actuaries (1886–1994)*, 79(2), 213–220.
13. Kolos Ágoston, Dávid Burka, Erzsébet Kovács, Ágnes Vaskövi, and Péter Vékás (2019). Klaszterelemzési eljárások halandósági adatokra. *Statisztikai Szemle*, 97, 629–655.
14. Kolos Ágoston and Ágnes Vaskövi (2020). Clustering EU countries based on death probabilities. In: Mike Steglich, Christian Mueller, Gaby Neumann, Mathias Walther (eds.), *ECMS 2020 Proceedings*, European Council for Modeling and Simulation.

Függelék

Ország	2008	2019	2020	2021	2022
<i>EU27</i>	82.4	84.0	83.2	82.9	83.4
Ausztria	83.3	84.2	83.6	83.7	83.5
Belgium	82.6	84.3	83.0	84.3	83.9
Bulgária	77.0	78.8	77.5	75.1	78.1
Ciprus	82.9	84.4	84.4	83.4	83.6
Csehország	80.5	82.2	81.3	80.5	82.0
Dánia	81.0	83.5	83.6	83.3	83.2
Észtország	79.5	83.0	83.0	81.4	82.4
Finnország	83.3	84.8	84.8	84.6	83.8
Franciaország	84.8	85.9	85.3	85.5	85.2
Görögország	83.0	84.2	83.9	82.9	83.3
Hollandia	82.5	83.7	83.1	83.0	83.2
Horvátország	79.7	81.6	80.9	79.8	80.8
Írország	82.4	84.7	84.4	84.3	NA
Lengyelország	80.0	81.9	80.7	79.6	81.3
Lettország	77.5	80.1	80.0	78.0	79.6
Litvánia	77.6	81.2	80.1	78.8	80.3
Luxemburg	83.1	85.2	84.5	84.8	85.3
Magyarország	78.3	79.7	79.0	77.8	79.5
Málta	82.3	84.6	84.5	84.3	84.8
Németország	82.7	83.7	83.5	83.3	NA
Olaszország	84.2	85.7	84.5	84.9	85.0
Portugália	82.7	84.8	84.1	84.4	84.5
Románia	77.5	79.5	78.3	76.6	79.3
Spanyolország	84.6	86.7	85.2	86.2	85.9
Svédország	83.3	84.8	84.2	84.9	84.8
Szlovákia	79.0	81.2	80.4	78.2	80.6
Szlovénia	82.6	84.5	83.4	83.8	84.1

1.1 táblázat. Nők születéskor várható élettartama

Ország	2008	2019	2020	2021	2022
<i>EU27</i>	76.1	78.5	77.5	77.2	78.0
Ausztria	77.7	79.7	78.9	78.8	78.8
Belgium	76.9	79.8	78.5	79.4	79.6
Bulgária	69.8	71.6	70.0	68.0	70.8
Ciprus	78.2	80.3	80.4	79.2	79.9
Csehország	74.1	76.4	75.2	74.1	76.2
Dánia	76.5	79.5	79.7	79.6	79.5
Észtország	68.9	74.5	74.4	72.7	73.7
Finnország	76.5	79.3	79.2	79.3	78.7
Franciaország	77.8	79.9	79.2	79.3	79.4
Görögország	77.5	79.2	78.8	77.4	78.1
Hollandia	78.4	80.6	79.7	79.7	80.3
Horvátország	72.3	75.5	74.7	73.6	74.6
Írország	77.9	80.8	80.8	80.5	NA
Lengyelország	71.3	74.1	72.5	71.6	73.5
Lettország	66.5	70.9	70.6	68.2	69.8
Litvánia	65.9	71.6	70.1	69.5	71.5
Luxemburg	78.1	80.2	79.9	80.5	80.9
Magyarország	70.0	73.1	72.3	70.7	72.7
Málta	77.1	81.2	80.3	80.8	80.7
Németország	77.6	79.0	78.7	78.4	NA
Olaszország	78.9	81.4	80.0	80.5	80.9
Portugália	76.2	78.7	78.0	78.5	78.8
Románia	69.7	71.9	70.4	69.2	71.5
Spanyolország	78.3	81.1	79.6	80.4	80.4
Svédország	79.2	81.5	80.6	81.3	81.5
Szlovákia	70.9	74.3	73.5	71.2	73.7
Szlovénia	75.5	78.7	77.8	77.7	78.6

1.2 táblázat. Férfiak születéskor várható élettartama

Ország	Nők (%)	Férfiak (%)	Nők (év)	Férfiak (év)
<i>EU27</i>	1.9	3.2	1.6	2.4
Litvánia	4.6	8.6	3.6	5.7
Észtország	4.4	8.1	3.5	5.6
Lettország	3.4	6.6	2.6	4.4
Dánia	3.1	3.9	2.5	3.0
Málta	2.8	5.3	2.3	4.1
Írország	2.8	3.7	2.3	2.9
Szlovákia	2.8	4.8	2.2	3.4
Románia	2.6	3.2	2.0	2.2
Portugália	2.5	3.3	2.1	2.5
Luxemburg	2.5	2.7	2.1	2.1
Spanyolország	2.5	3.6	2.1	2.8
Horvátország	2.4	4.4	1.9	3.2
Lengyelország	2.4	3.9	1.9	2.8
Bulgária	2.3	2.6	1.8	1.8
Szlovénia	2.3	4.2	1.9	3.2
Csehország	2.1	3.1	1.7	2.3
Belgium	2.1	3.8	1.7	2.9
Ciprus	1.8	2.7	1.5	2.1
Finnország	1.8	3.7	1.5	2.8
Svédország	1.8	2.9	1.5	2.3
Magyarország	1.8	4.4	1.4	3.1
Olaszország	1.8	3.2	1.5	2.5
Hollandia	1.5	2.8	1.2	2.2
Görögország	1.4	2.2	1.2	1.7
Franciaország	1.3	2.7	1.1	2.1
Németország	1.2	1.8	1.0	1.4
Ausztria	1.1	2.6	0.9	2.0

1.3 táblázat. Születéskor várható élettartam javulása 2008 és 2019 között, százalékban és évben

Ország	Többlet/hiány	Eltérés
Franciaország	-17.1	-26.4
Spanyolország	-16.8	-26.1
Olaszország	-13.9	-23.9
Svédország	-10.5	-20.6
Málta	-9.3	-16.5
Luxemburg	-9.2	-14.8
Ciprus	-9.1	-12.4
Írország	-6.9	-14.7
Hollandia	-6.2	-15.1
Ausztria	-5.0	-15.0
Finnország	-4.6	-14.5
Görögország	-4.5	-13.9
Belgium	-3.7	-13.9
Portugália	-1.4	-11.4
Németország	-0.5	-11.0
Dánia	1.6	-8.6
Szlovénia	2.4	-8.0
Csehország	24.0	10.6
Észtország	29.3	15.8
Lengyelország	29.3	13.2
Horvátország	36.5	20.8
Szlovákia	41.1	24.0
Litvánia	51.0	34.0
Magyarország	52.0	32.6
Románia	54.3	33.9
Lettország	57.8	38.9
Bulgária	63.7	42.9

1.4 táblázat. Relatív halálozási többlet/hiány és eltérés az EU27 átlaghoz képest 2008 és 2019 között összesen, százalékban

Ország	Nők (2008)	Nők (2019)	Férfiak (2008)	Férfiak (2019)
Belgium	1	1	1	4
Bulgária	2	2	2	2
Csehország	3	3	3	3
Dánia	3	4	9	4
Németország	1	4	1	4
Észtország	3	4	2	3
Írország	1	4	1	1
Görögország	1	1	1	4
Spanyolország	4	5	6	1
Franciaország	4	5	1	4
Horvátország	3	3	4	3
Olaszország	4	1	5	1
Ciprus	1	1	6	1
Lettország	2	3	7	2
Litvánia	2	3	7	2
Luxemburg	1	1	6	1
Magyarország	2	2	2	2
Málta	1	1	6	1
Hollandia	1	4	6	1
Ausztria	1	1	1	4
Lengyelország	3	3	8	3
Portugália	1	1	9	4
Románia	2	2	2	2
Szlovénia	1	1	9	4
Szlovákia	3	3	8	3
Finnország	1	1	9	4
Svédország	1	1	5	1

1.5 táblázat. Országok klaszterezése K-medián módszer és a $QDEV_1$ távolság szerint

Ország	F é r f i		N ő		Ö s s z e s e n	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>EU27</i>	7.5	8.6	5.8	6.5	6.8	7.8
Ausztria	6.4	5.8	4.7	3.4	5.7	4.9
Belgium	10.7	0.1	11.6	-4.0	11.4	-1.8
Bulgária	15.9	36.8	9.6	33.0	12.9	34.9
Ciprus	-1.8	8.0	-1.6	6.6	-1.5	7.6
Csehország	11.5	22.9	9.1	15.2	10.5	19.3
Dánia	-3.2	-1.9	-3.5	-0.9	-3.2	-1.2
Észtország	-2.7	12.8	-3.0	11.4	-2.6	12.6
Finnország	-2.2	-0.9	-2.2	-0.8	-2.0	-0.5
Franciaország	5.9	3.8	4.1	1.3	5.2	2.7
Görögország	2.2	12.1	2.4	9.9	2.3	10.9
Hollandia	7.1	6.5	4.4	4.2	6.0	5.6
Horvátország	5.4	15.7	4.2	13.0	5.0	14.6
Írország	-3.1	-0.3	-3.0	-2.1	-2.9	-0.9
Lengyelország	13.9	21.6	10.3	20.4	12.3	21.2
Lettország	-0.9	18.3	-0.1	18.6	-0.3	18.8
Litvánia	10.0	17.4	5.8	17.6	8.1	17.9
Luxemburg	2.7	-3.1	0.4	-3.0	1.8	-2.8
Magyarország	5.3	17.7	5.6	14.1	5.6	16.1
Málta	4.3	-0.8	2.0	5.1	3.5	2.4
Németország	0.9	3.3	-0.2	1.5	0.5	2.7
Olaszország	12.9	5.8	10.7	4.8	12.0	5.5
Portugália	5.3	5.8	5.9	4.3	5.7	5.2
Románia	14.0	25.8	8.2	24.0	11.2	24.9
Spanyolország	11.6	2.3	11.6	-0.4	11.7	1.1
Svédország	5.1	-2.7	2.6	-5.0	4.0	-3.7
Szlovákia	5.2	28.6	4.3	27.1	5.0	28.2
Szlovénia	8.9	7.0	12.6	3.9	11.1	6.0

1.6 táblázat. Többlethalalozás %-ban meghatározva a 2020–2021 évekre, nemek és országok szerint bontva. A várható halálesetszám a 2017-2019-es hároméves időszakban megfigyelt halálozások és a 2020-as, illetve 2021-es kitettség alapján készült.

MORTALITY DIFFERENCES AND SIMILARITIES IN THE EUROPEAN UNION

Analysis of a country's mortality data provides insights into its overall development, healthcare system, culture, and various other characteristics. This study compares the mortalities of the current 27 member states of the European Union between 2008 and 2021. In addition to the distance metrics used in earlier studies, we propose new ones. Finally, we compare the countries' performance in handling the pandemic during the first two years of COVID-19.