

A NATO-tagországok védelmi kiadásainak klaszteranalízis-alapú összehasonlító vizsgálata

Absztrakt

A napjainkban megfigyelhető védelempolitikai trendek egzakt elemzésének legkézenfekvőbb formája a különböző dimenzióban megjelenő, számszerűsített adatok magasabb szintű matematikai-statisztikai elemzése. A többdimenziós elemzés nemcsak lehetőséget biztosít a felszín alatt rejlő kapcsolatok egymáshoz tartozásának számszerűsítéséhez, de segít megérteni a hálózatok csomópontjainak hollétét és milyenségét is. Jelen tanulmányban a NATO által évente közzétett – esetünkben a 2020-as becsült adatokra (adattömbre) épülő – elemzésről olvashatunk. A tanulmányban bemutatott klaszteranalízis módszerével elemzett adatokból megismerhetjük, hogy a védelmi kiadások szerkezeti megoszlását vizsgálva mely országok és milyen tényezők alapján mutatnak egymással hasonlóságot.

Kulcsszavak: NATO, védelmi kiadások, többváltozós adatelemzés, klaszteranalízis, R programozási nyelv

A Comparative Study of the Defence Spending of NATO Member States Based on Cluster Analysis

The most obvious form of exact analysis of defence policy trends observed today in different dimensions is a higher-level mathematical-statistical analysis of quantified data appearing. Multidimensional analysis not only provides an opportunity to quantify the interconnectedness of subsurface connections, but also helps to understand the location and nature of network nodes. In the present study, we can read about the analysis published annually by NATO, in our case based on the 2020 estimates (data block). From the data analysed by the method of cluster analysis presented in the study, we can find out which countries, based on the structural distribution of defense expenditures, show correlation with each other.

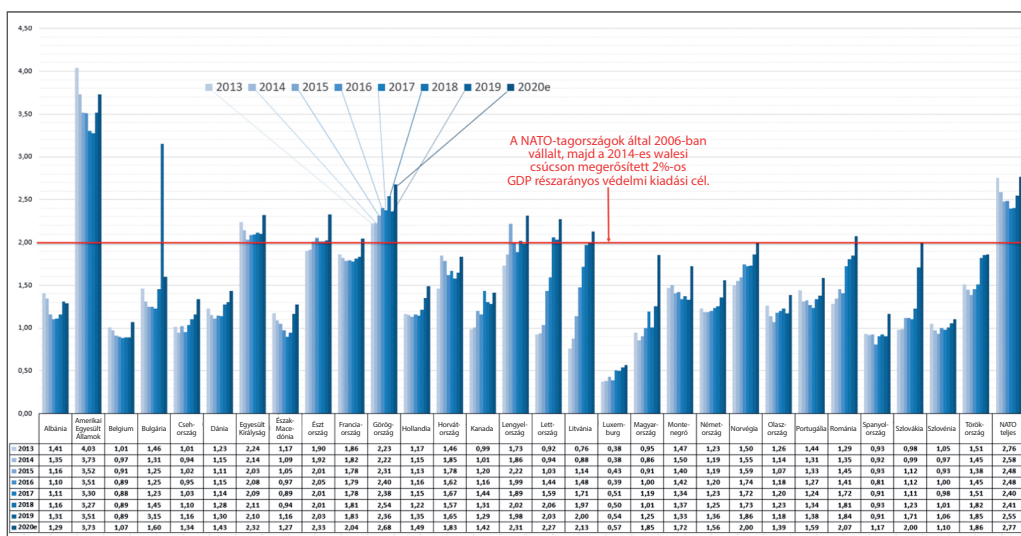
Keywords: NATO, defence expenditure, multivariate data analysis, cluster analysis, R programming language

Bevezetés

A biztonság megteremtésének kérdésköre az egyik legnagyobb gazdasági problémának, pontosabban kihívásnak tekinthető, amellyel egyidejűleg megállapítható, hogy egy gazdaság teljesítőképességének színvonala automatikusan determinálja az adott csoport, szervezet, nemzet vagy akár szövetség biztonsági lehetőségének határait. A modern korunkban megjelenő új haditechnikai eszközök, fegyverfajták és fenyegetések azonban

kényszerpályára terelik a szövetségeket, amelynek eredményeként egyre nagyobb szerepet kap az *unus pro omnibus, omnes pro uno* elvnek való megfelelés előtérbe helyezése.

Ezen kihívásra reagálva korunk egyik legjelentősebb katonai szervezete, az 1949. április 4-én Washingtonban, 12 tagország által alapított, 2020. március 26-ig mindösszesen 29 tagállamot számláló Észak-atlanti Szerződés Szervezete (North Atlantic Treaty Organization – NATO) egy újabb országgal bővítette tagállamainak számát. Észak-Macedónia NATO-tagdá válásával a „NATO- család” védelmi kiadásokra fordított költségvetése jóval egybillió (!) dollár fölött jár, a 2021. március 16-án közzétett, 2020-as becslült adatok alapján ez 1,107 billió USD¹ (2019-es tényadatok: 1,031 billió USD).² Az elmúlt időszakban a pozitív tendencia egyértelműen megfigyelhető, legyen akár szó a GDP-részesarányos védelmi kiadások emelkedési trendjéről (1. ábra) vagy akár az egyes országok által meghozott haderőfejlesztési intézkedésekről.



1. ábra: A NATO-tagországok védelmi kiadásainak alakulása a 2013 (világoskék) és 2020 (sötétkék)

közötti időszakban (GDP-részesarány; NATO 2013–2019 hivatalos tény és 2020-as becslült adatok)

Megjegyzés: az elemzésben a NATO 30 tagországa közül 29 szerepel, mivel Izland esetében értékelhető adatok nem állnak rendelkezésre.

Forrás: *Defence expenditures of NATO countries (2013–2020)* (2021): i. m. alapján a szerzők szerkesztése

¹ *Defence Expenditures of NATO Countries (2013–2020)*. 2021. március 16. PR/CP(2021)030. NATO Public Diplomacy Division.

² Észak-Macedónia 2019-ben megfigyelhető 146 millió USD értékével kiigazítva (a közzétett dokumentumban szereplő értéket csökkentve).

A GDP-részarányos védelmi kiadásokat bemutató 1. ábrán megfigyelhető adatok elemzése természetesen egy felületi elemzésnek, gyors információszerzésnek tekinthető, amelyet ettől függetlenül gyakran és elszerűen alkalmaznak nyilatkozatok megtételekor, összehasonlítások megadásakor. A pénzügyi és arányszámadatok összehasonlításával alapvetően nincs is probléma, de mint Kissinger³ írásaiban többször kiemeli: a hadtudományi, technikai és pénzügyi tényezők hatására gyakorolt hatása egymással összefüggő és megkérdőjelezhetetlen.⁴ Ugyanakkor ezen tényezők által alkotott adattömb elemzése már kihívást jelent a hozzá nem értők számára. A kínai Huaqing tábornok írásában hangsúlyozza, hogy nem elegendő csupán az adatok egymás utáni bevonása az adatelemzésbe, ügyelnünk kell az adatszerkezet kialakítására és megfelelő értelmezésére is.⁵ Jelenlegi adatszerkezetünk változói a nemzeti védelmi kiadások mennyiségi és annak GDP-részarányos mértékén túlmenően:

1. az egy főre jutó védelmi kiadási összegek;
2. a haderők létszáma;
3. a védelmi kiadások kategorikus eloszlása, így különösen:
 - a) a főbb eszközök,⁶ valamint az azokhoz tartozó $K+F(+I)$ ⁷ -kiadásai;
 - b) a személyi jellegű kifizetések;⁸
 - c) az infrastrukturális kiadások;
 - d) valamint a fentiekbe nem tartozó, egyéb (főként működési és karbantartási) kiadások.

A megszokott kétdimenziós adatstruktúrától eltérően felvázolt adatmennyiség által alkotott többdimenziós adattömb elemzésbe történő bevonása, annak adatvizualizációja és a következtetések levonása minőségében képes jelentős előrelépést eredményezni a várható eredmények vonatkozásában. Ezen eredmények „emészthető formában” történő felszínre hozatalát érintően lesz segítségünkre az R programozási nyelv,⁹ amelynek segítségével betekintést nyerünk a többdimenziós klaszterelemzés említett területet érintő gyakorlati megközelítésébe. Jelen tanulmányban betekintést nyújtunk a felvázolt adatmodell alkotóelemeinek sokszínűségébe: megfigyelhetjük a kiugró értékek kezelését,

³ Henry Kissinger (1923–), amerikai Nobel-békedíjas diplomata és politikus, az Amerikai Egyesült Államok korábbi nemzetbiztonsági tanácsadója, majd külügyminisztere.

⁴ Henry A. Kissinger: Strategy and Organization. *Foreign Affairs*, 1957. április. 379–394.

⁵ Liu Huaqing: *Modernizing For Local Defense Modernization In Historical Perspective*. (É. n.)

⁶ Főbb fegyverrendszerek (és azok beszerzései).

⁷ $K+F(+I)$: Kutatás + Fejlesztés (+ Innováció)

⁸ A személyi jellegű kifizetések egyes országok esetében magukban foglalják a nyugállományúak nyugdíjait, a teljes és volt személyzet, valamint családjaik szociális ellátásait is. (Bővebben lásd: www.sipri.org/databases/milex/definitions)

⁹ Az R programozási nyelv két új-zélandi egyetemi oktató, Ross Ihaka és Robert Gentleman által, neveik kezdőbetűi után (Ross és Robert) elnevezett, 1993-ban megalkotott, a Bell laboratórium által 1976-ban fejlesztett S nyelv alapjain nyugvó, elsődlegesen matematikai és statisztikai elemzésekre használt magas szintű programozási nyelv. *The R Project for Statistical Computing*. (É. n.)

majd a standardizálási folyamat végrehajtását követő klaszterkialakítási lépéseket, majd a kialakításra kerülő csoportok domináns változó jellemzőit ismerhetjük meg.

Az adatsokaság elemzése

Már komolyabb elemzés nélkül is látható, hogy az adatok sokszínűsége miatt nagyon nehéz az összevetés: a 2020. évi becsült adatok vonatkozásában például Montenegró 84 millió USD védelmi kiadását az Amerikai Egyesült Államok közel 800 milliárd USD értékű kiadásával, esetleg a szuperhatalom megfelelő adatait Lettország 7 ezer fős haderejével vagy Luxemburg 0,57%-os GDP-részarányos védelmi kiadásával lehetetlen összehasonlítani. Ahhoz, hogy a felsorolt adatokat „egy kalapba” telessük, és azokról megbízható, valós képet alkothassunk, „közös nevezőre” kell őket hoznunk. Erre a célra szolgál a későbbiekben bemutatott eljárásrend, amely keretében a klaszteranalízis eszközeivel a kiugró értékektől megtisztított, standardizált értékeket elemezzük, majd értékeljük.

A kiválasztott tényezők bevonási szükségessége megalapozottnak tekinthető. Megalapozottságuk egyrészt az államok gazdasági teljesítőképességének megbízható kritériumát jelentő bruttó hazai össztermék (GDP), másrészt a GDP-ből számított kiadások egzakt, számszerűsített mutatóinak tulajdonítható. Szükséges azonban megjegyeznünk, hogy jelen elemzésünk is tartalmazhat előre, számszerűen nem azonosítható hibákat, amelyek például az alábbi tényezőkből adódhatnak:¹⁰

- a GDP nem képes híven tükrözni azon rendelkezésre álló erőforrások összességét, amelyekre alapozva a védelem biztosításának erőit és eszközeit létre lehet hozni;
- a nemzeti teljesítőképességek a különböző országok esetén eltérhetnek, amelyek okai az eltérő politikai intézkedések lehetnek;
- a termelőerők széttelepítésével kapcsolatos, valamint a földrajzi adottságokkal összefüggő tényezőket nem vonták be;
- az egyes államok alapvető teljesítőképessége vélhetően nem minden esetben azonosan arányos a potenciális katonai lehetőségekkel (a gazdaságilag kevésbé fejlett országok nehezebben tudnak meghatározott részt termékeikből a védelem biztosítása érdekében elkülöníteni).

Jelen írásban célunk arra rámutatni, hogy a számszerűsített adatokkal milyen elemzési lehetőségek állnak rendelkezésünkre az adattömbök kezelésére és hasznos információk kinyerésére. A klaszteranalízis csupán egy lehetséges formája ezen eszközöknek, azonban az alkalmazásával kinyerhető információ kellően alátámasztja és igazolja az eljárási metódusok szükségességét.

¹⁰ Roland N. McKean – Charles J. Hitch: *The Economics of Defence in the Nuclear Age*. Santa Monica, The RAND Corporation, 1960. 84–85.

Klaszteranalízis

Minél bonyolultabb egy adatszerkezet, annál nagyobb kihívás annak elemzése. Ugyanakkor: a kétdimenziós elemzéseken túlmutatóan olyan összefüggésekre figyelhetünk fel, amelyek az egzakt módszerek alkalmazása nélkül csupán sejthetők – és nehezen bizonyíthatók – lennének.

Az előző fejezetben felvázolt adatstruktúra elemzésének általunk választott módszere a természettudományok területén jól ismert, dimenziócsökkentő eljárásaként aposztrofált klaszteranalízis. A klaszteranalízis alkalmazásával lehetőségünk nyílik az adattömb lépésről lépésre történő megközelítésére, majd a homogén csoportokba sorolt adatok osztályozására, jellemzőik kialakítására. Az így kialakított adatscsoportok és jellemzőik lehetőséget adnak az adatok szétválasztására kisebb csoportokra, és igény szerint azok további elemzésére iterációs eljárással. Jelen tanulmányban egy lépcsős elemzést mutatunk be.

Elemzési adatok meghatározása, célok megfogalmazása

Alapsokaságunk halmaza a NATO-t 2020-ban alkotó 30 tagország I. fejezetben felvázolt mutatói, amelyeket egységes eljárásrend, a NATO által alkalmazott adatgyűjtési metodika alapján állítottunk össze. Ennek alkalmazásával jelentősen csökkenthető a hibák lehetősége – szemben azzal, ha egyénileg, különböző honlapokról gyűjtünk heterogén adatokat. Adataink származási homogenitását elsődlegesen a NATO hivatalos honlapján 2021. március 16-án közzétett *Defence expenditures of NATO countries (2013–2020)* elnevezésű, PR/CP(2021)030 számmal ellátott dokumentum¹¹ biztosítja. A becsült adatok választásának indoklása:

1. a védelmi kiadások mértékét és megoszlását bemutató dokumentum megjelenési idejét (2021. március 16.) alkalmasnak tartjuk a becsült adatokban előforduló hibahatár elfogadható szignifikanciaszint alatt tartására;
2. a korábbi adatok nem egyértelmű garanciák arra vonatkozóan, hogy az adat nem fog változni az idő múlásával (vö. a nemzeti valutákban megadott 2014. évi védelmi kiadási mértékeket Horvátországot érintően [egyik sem becsült adat]:
 - a) 2016. január 28-as publikációs adat alapján:¹² 4,625 milliárd HRK
 - b) 2019. november 29-ei publikációs adat alapján: 6,113 milliárd HRK);
3. meglátásunk szerint a legfrissebb adatokra épített elemzések következtetései nem összehasonlíthatók az 5 vagy 10 évvel ezelőtti adatokra épített megállapításokkal.

¹¹ *Defence expenditures of NATO countries (2013–2020)* (2021): i. m.

¹² *Defence Expenditures of NATO Countries (2008–2015)*. 2016. január 28. PR/CP(2016)011. NATO Public Diplomacy Division.

A dokumentumot áttekintve megállapítható, hogy Izland esetében nem állnak rendelkezésre értékelhető adatok, így a 30 helyett csak 29 NATO-tagország képezi a vizsgálat alapját, valamint Románia vonatkozásában a 8 faktort érintően 1 faktor [Haderő létszáma (ezer fő)]; 1. táblázatban: (e) oszlop] esetében nem rendelkezünk adattal. Az elemzésbe bevont nyers adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az elemzésbe bevont függő és független változók halmaza

NATO-tagország neve	Védelmi kiadások (millió USD)	Védelmi kiadások (GDP%)	Védelmi kiadások lakosságra vetítve (USD/fő)	Haderő létszáma (ezer fő)	Védelmi kiadások részaránya (% főbb eszközök, K+F+I)	Védelmi kiadások részaránya (% személyi jell.)	Védelmi kiadások részaránya (% infrastr.)	Védelmi kiadások részaránya (% egyéb)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
Albánia	182	1,29	54,9	6,7	14,50	59,65	2,93	22,92
Belgium	5 436	1,07	423,7	25,2	10,36	62,61	1,60	25,44
Bulgária	1 077	1,60	127,2	25,6	19,20	55,96	6,87	17,97
Csehország	3 226	1,34	249,1	26,8	17,00	50,30	7,80	24,90
Dánia	4 969	1,43	796,8	18,1	22,35	45,39	2,44	29,83
Egyesült Királyság	61 847	2,32	952,5	156,2	23,00	33,95	1,70	41,34
Észak-Macedónia	154	1,27	65,6	6,1	11,41	62,65	2,70	23,24
Észtország	703	2,33	456,8	6,6	25,36	34,33	7,93	32,38
Franciaország	52 814	2,04	715,7	208,0	26,50	44,20	2,87	26,43
Görögország	5027	2,68	458,9	107,6	12,06	75,63	1,26	11,05
Hollandia	13 146	1,49	680,5	40,0	26,10	48,45	3,28	22,17
Horvátország	1033	1,83	228,9	15,2	10,27	71,71	1,65	16,37
Izland	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kanada	22 867	1,42	591,4	71,0	17,36	47,39	3,73	31,51
Lengyelország	13 527	2,31	330,9	120,0	29,04	45,44	4,90	20,63
Lettország	759	2,27	349,8	7,0	26,03	36,95	7,93	29,08
Litvánia	1 176	2,13	359,6	16,3	26,19	44,44	4,87	24,50
Luxemburg	407	0,57	555,4	0,9	52,53	29,99	4,82	12,66
Magyarország	2 827	1,85	262,8	22,7	34,73	36,50	3,07	25,70
Montenegró	84	1,72	113,2	1,9	20,76	65,28	1,67	12,29
Németország	58 999	1,56	635,4	186,9	16,87	42,04	3,68	37,41
Norvégia	7 231	2,00	1492,0	20,8	28,44	34,84	5,93	30,79
Olaszország	26 114	1,39	400,7	175,5	24,59	62,15	1,65	11,61
Portugália	3 648	1,59	312,6	28,7	16,60	65,41	0,19	17,80
Románia	5 073	2,07	222,1	NA	23,08	53,09	4,91	18,92
Spanyolország	14 783	1,17	287,3	122,5	23,25	52,45	1,21	23,09
Szlovákia	2 053	2,00	339,3	12,9	31,84	42,34	5,21	20,60
Szlovénia	576	1,10	243,0	7,0	4,56	66,53	1,84	27,06
Törökország	12 930	1,86	220,2	437,2	34,20	50,40	2,20	13,20
USA	784 952	3,73	2168,0	1346,0	29,25	37,38	1,33	32,04

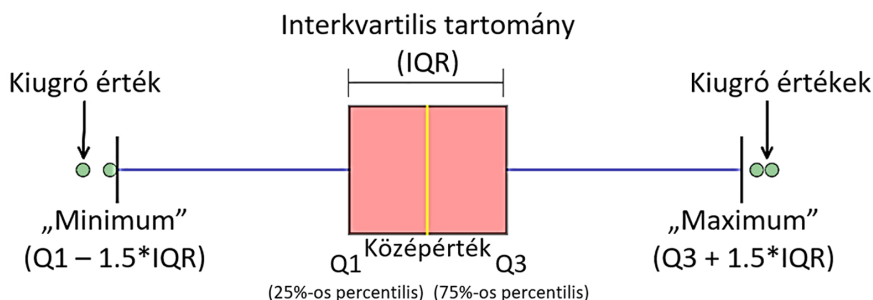
Forrás: Defence expenditures of NATO countries (2013–2020) (2021): i. m. alapján a szerzők szerkesztése

Tekintettel arra, hogy a vizsgálatba bevont tagországok közül csupán egy országot érintően, egyetlen hiányzó adatról beszélhetünk, amely a historikus adatok és az elérhető

információk alapján könnyen pótolható, a hiányzó adat pótlása mellett döntöttünk. Az adatpótlással elértük, hogy a 29 tagország elemzésbe bevont adatai teljes körűnek tekinthetők. Románia esetében a hiányzó adatot 64,5-ben határoztuk meg.¹³

Kiugró értékek kezelése

A következő lépés az adattisztítás, az adatok többségétől nagyfokú eltérést mutató kiugró értékek, vagyis az úgynevezett outlierok kezelése. Statisztikailag:



2. ábra: Outlierek szemléltetése boxplotdiagrammal

Forrás: Michael Galarnyk: Understanding boxplots. *Towards Data Science*, 2018. szeptember 17.

Minden olyan adat, amely jelentősen ($<Q1 - 1,5 \cdot IQR$ / $Q3 + 1,5 \cdot IQR$) eltér az adathalmaz többi elemének átlagától, statisztikailag outliernek tekintendő, és egyes esetekben kezelésük szükséges. Adatbázisunkat tekintve (Izland értékeit eltávolítva és Románia esetében a becsült értéket behelyettesítve) kiugró értékeknek („\$out”) az alábbi adatok tekinthetők:

– Védelmi kiadások (millió USD):

\$stats	[1] 83 1033 4968 13 527 26 114
\$n	[1] 29
\$conf	[1] 1302,277 8633,723
\$out	[1] 784 952 61 846 52 814 58 998

¹³ Románia esetében a hiányzó haderő létszáma (ezer fő) adatpótlást érintően a historikus adatok a következők: 2013: 66,2; 2014: 65,1; 2015: 64,5; 2016: 63,4; 2017: 64,0; 2018: 64,0; 2019: 64,5. Az adatok forrása: *Defence expenditures of NATO countries (2013–2020)* (2021): i. m.

- Védelmi kiadások (GDP%):

\$stats	[1]	0,5685383	1,3867747	1,7229795	2,0742517	2,6786177
\$n	[1]	29				
\$conf	[1]	1,521275	1,924684			
\$out	[1]	3,72708				

- Védelmi kiadások lakosságra vetítve (USD/fő):

\$stats	[1]	54 243 349 591 952
\$n	[1]	29
\$conf	[1]	246,8973 451,1027
\$out	[1]	2167 1491

- Haderő létszáma (ezer fő):

\$stats	[1]	0,919 12,850 25,581 120,000 208,000
\$n	[1]	29
\$conf	[1]	-5,856664 57,018664
\$out	[1]	1345,983 437,244

- Védelmi kiadások részaránya (% , főbb eszközök, K+F[+I], %, infrastr. és %, egyéb):
nemleges.

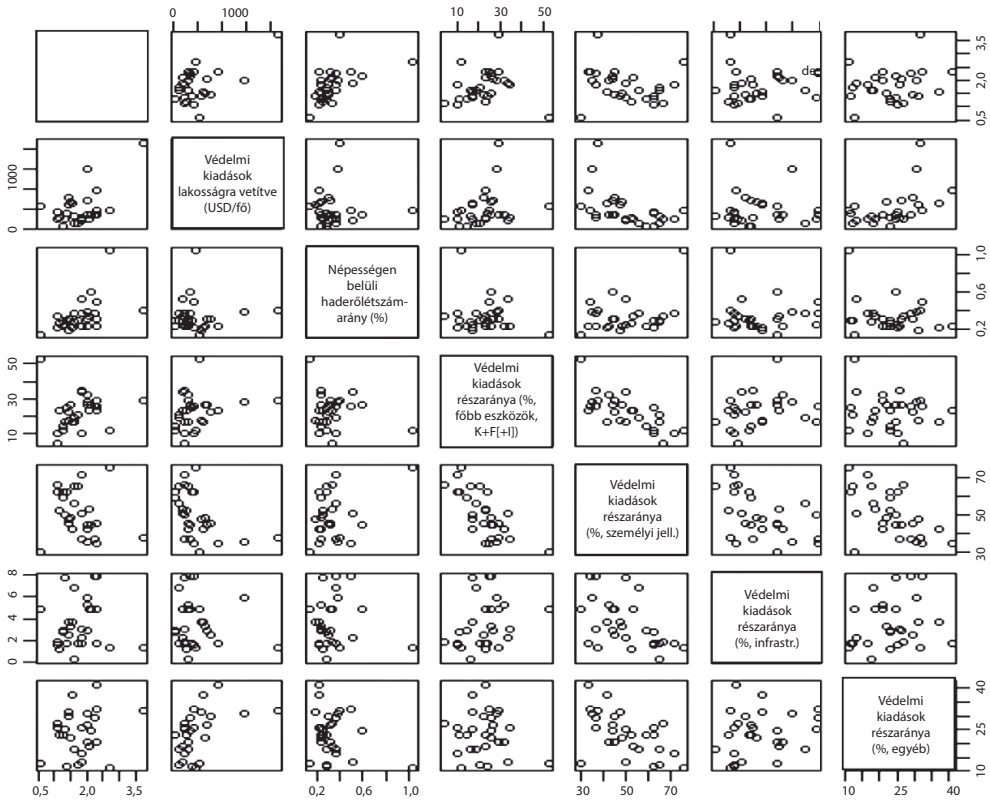
Látható, hogy az elemzésbe bevont 29 tagország esetében mindösszesen 9 kiugró értéket figyelhetünk meg. Tekintettel azonban arra, hogy az elemzésből nem célunk kizárni egyetlen országot sem, így olyan megoldást szükséges alkalmazni, amely megfelelő szinten biztosítja az adatok összehasonlíthatóságát, valamint „tompítja” a kiugró értékek adatbázisra gyakorolt torzító hatását.

A kezelés érdekében az eredeti, nyers adatbázison az alábbi módosításokat hajtjuk végre:

1. a védelmi kiadások (millió USD) függő változót kivesszük az elemzésből. Ennek visszatükröződését a védelmi kiadások lakosságra vetítve (USD/fő) fogja képviselni;
2. a haderő létszámát arányosítjuk az adott ország 2020. évi teljes lakosságához.¹⁴

A módosítások eredményeképp a 29 vizsgált elemet tartalmazó adathalmaz 1 független és 7 függő változó általi összetételre módosul. A plotdiagram a következőképpen alakul:

¹⁴ A teljes lakosság adatainak forrása: *World Population Review. Total Population by Country 2021*.



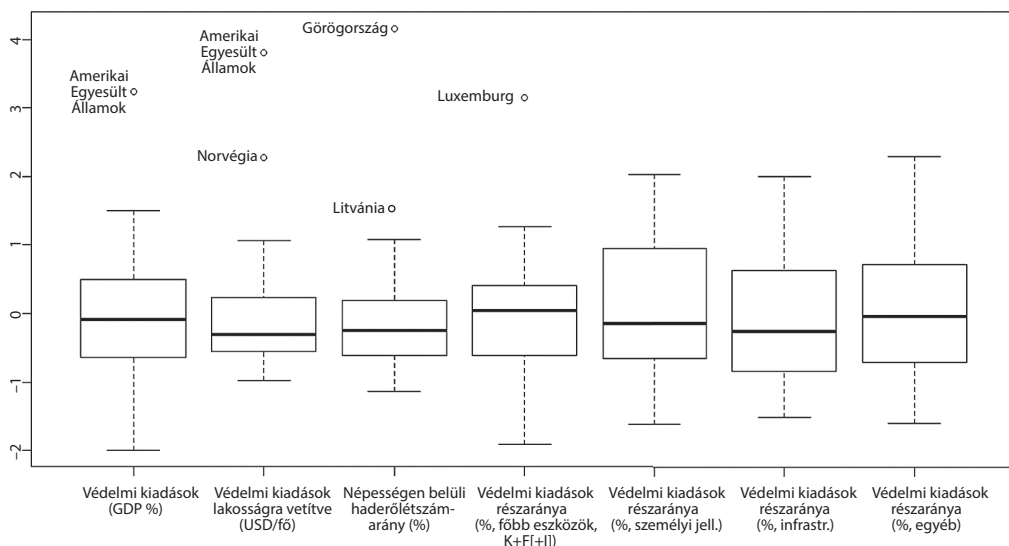
3. ábra: A módosított adatbázis plotdiagramja

Forrás: a szerzők szerkesztése az R programnyelv használatával (package *graphics* version 3.6.2.)

Skálátranszformáció és távolságmeghatározás (az összehasonlíthatóság biztosítása)

A korábbi részekben ismertetett, eltérő skálán mozgó és egyes esetekben extrém kiugró értékeknek köszönhetően az eloszlások átlaga és szórása nagyfokú eltérést mutat. A homogenitás biztosításához az eltérő dimenziók közös nevezőre hozását lineáris transzformáció végrehajtásával, az úgynevezett standardizálással biztosítjuk, amellyel az eloszlás megtartása mellett hangoljuk össze a meglévő elemeink függő változónkénti skáláit.¹⁵ A normalizálási eljárás végrehajtásával a keletkező, elemezni kívánt táblánk boxplotjai a következőképpen alakulnak:

¹⁵ Az eljárás során az átlagot kivonjuk az egyes értékekből, és a különbséget elosztjuk a szórással.



4. ábra: A normalizált adatbázis boxplotjai

Forrás: a szerzők szerkesztése az R programnyelv használatával (Package *graphics* version 3.6.2.)

Az adatokat áttekintve megállapítható, hogy az adatbázisunk készen áll a klaszterelemzés alkalmazására. Vannak ugyan kiugró értékek, de azok nem adatelírásból származnak, és megszüntetésük adatvesztéssel (sor[ok] vagy oszlop[ok] eltávolításával, így az elemzésbe bevont függő vagy független változók mennyiségének csökkenésével) járna. Láthatjuk továbbá, hogy a kiugró értékek sem konkrétan egy tagországhoz köthetők, így bízunk benne, hogy sikerült kezelnünk az Amerikai Egyesült Államok jelen lévő és kimutatható dominanciáját. Ez azért is fontos, mert mint a cikk elején említettük, az elemzés elsődleges célja a szerkezetvizsgálatra alapozott elemzés végrehajtása.¹⁶ Az adattisztítás és normalizálás eredményeképp összehasonlítható adatokat kaptunk, egyik adat sem dominálja a másikat, a kiugró értékek elfogadhatók. A továbblépéshez tekintsük át, hogy az egyes változók egymással milyen szoros kapcsolatban állnak, mennyire korrelálnak¹⁷ (ez alapvetően determinálja a távolságmódszer kiválasztását)!

¹⁶ Az outlierek kezelésének lehetőségéről lásd bővebben: Karen Grace-Martin: Outliers: To Drop or Not to Drop. *The Analysis Factor*, é. n.

¹⁷ A 2. táblázatban szereplő értékek (x) magyarázata:

$x = 0$

nincs lineáris kapcsolat

$|x| = [0, 0,2]$

gyenge korreláció, szinte elhanyagolható kapcsolat

$|x| = [0,2, 0,4]$

biztosnak tekinthető, de gyenge kapcsolat

$|x| = [0,4, 0,7]$

közepes erősségű, jelentős kapcsolat

$|x| = [0,7, 0,9]$

magas korreláció, erős kapcsolat

$|x| = [0,9, 1]$

kiemelkedően magas korreláció, erős függő kapcsolat

2. táblázat: A függő változók korrelációs mátrixa

	Védelmi kiadások (GDP%)	Védelmi kiadások lakosságra vetítve (USD/fő)	Népességben belüli haderőlétszám-arány (%)	Védelmi kiadások részaránya (%; főbb eszközök, K+F[+I])	Védelmi kiadások részaránya (%; személyi jell.)	Védelmi kiadások részaránya (%; infrastr.)	Védelmi kiadások részaránya (%; egyéb)
Védelmi kiadások (GDP%)	1,00000000	0,55031313	0,52905241	0,1050564	-0,2297864	0,04775927	0,2278618
Védelmi kiadások lakosságra vetítve (USD/fő)	0,55031313	1,00000000	0,03994795	0,2638874	-0,4908278	-0,08974340	0,4928791
Népességben belüli haderőlétszám-arány (%)	0,52905241	0,03994795	1,00000000	-0,1578180	0,2892652	-0,03030875	-0,2640443
Védelmi kiadások részaránya (%; főbb eszközök, K+F[+I])	0,10505640	0,26388737	-0,15781799	1,00000000	-0,7354688	0,28475796	-0,1198765
Védelmi kiadások részaránya (%; személyi jell.)	-0,22978638	-0,49082777	0,28926520	-0,7354688	1,00000000	-0,51357295	-0,5644598
Védelmi kiadások részaránya (%; infrastr.)	0,04775927	-0,08974340	-0,03030875	0,2847580	-0,5135729	1,00000000	0,1944627
Védelmi kiadások részaránya (%; egyéb)	0,22786182	0,49287908	-0,26404430	-0,1198765	-0,5644598	0,19446266	1,00000000

Forrás: a szerzők szerkesztése az R programnyelv használatával (Package *stats* version 3.6.2.)

A táblázatból látható, hogy az elemzett függő változók között maximum közepes erősségű, jelentős kapcsolattal rendelkező változópárok (például: -0,74) figyelhetők meg. A 2. táblázatban szereplő adatok nagy része azonban elmarad az ezen erősségű függőségi kapcsolattól (jellemzően biztosnak tekinthető, gyenge kapcsolatok figyelhetők meg), így a metrika használatát érintően a további fejezetek és számítások alapját az euklideszi távolságmérték¹⁸ képezi.

Klasztermódszer kiválasztása, klaszterszám meghatározása

Az elemzés során lehetőség van különböző algoritmusra épített klaszterezési csoport kombinációinak alkalmazására. Esetünkben ezen lehetőséget kihasználva a hierarchikus teljes láncmódszerrel előállított klaszterezést alkalmazzuk.¹⁹

Az alulról felfelé építő módszerek alkalmazásával a függő változókat egytől-egyig különböző klaszterként határozzuk meg, majd a kiválasztott eljárási metodikának megfelelően (egymáshoz mért távolságuk alapján)²⁰ összevonjuk az egyes klasztereket.

¹⁸ Euklideszi metrika: két pont távolsága a két pontot összekötő szakasz hossza.

Koordináta geometriában (a és b pontok távolsága): $d(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2}$

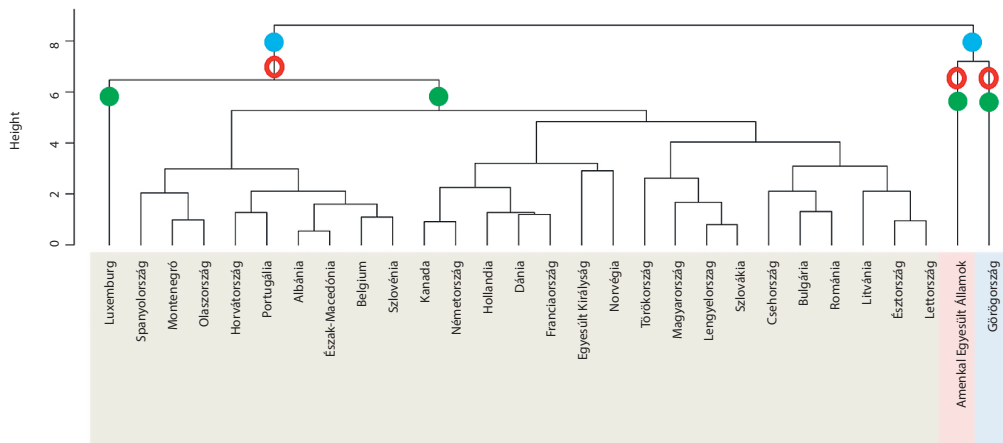
¹⁹ A kiválasztott (hierarchikus klaszterezési) módszer alapvető tulajdonsága, hogy (szemben a nem hierarchikus eljárásokkal) nem követeli meg előfeltételként a klaszterszámok előzetes ismeretét.

²⁰ Távolság meghatározása (euklideszi metrika alapján):

Teljes láncmódszer esetén: két klaszter távolsága = klasztereken belüli két legtávolabbi pont távolsága.

Átlagos láncmódszer esetén: két klaszter távolsága = a megfigyelési egységek páronkénti távolságának átlaga.

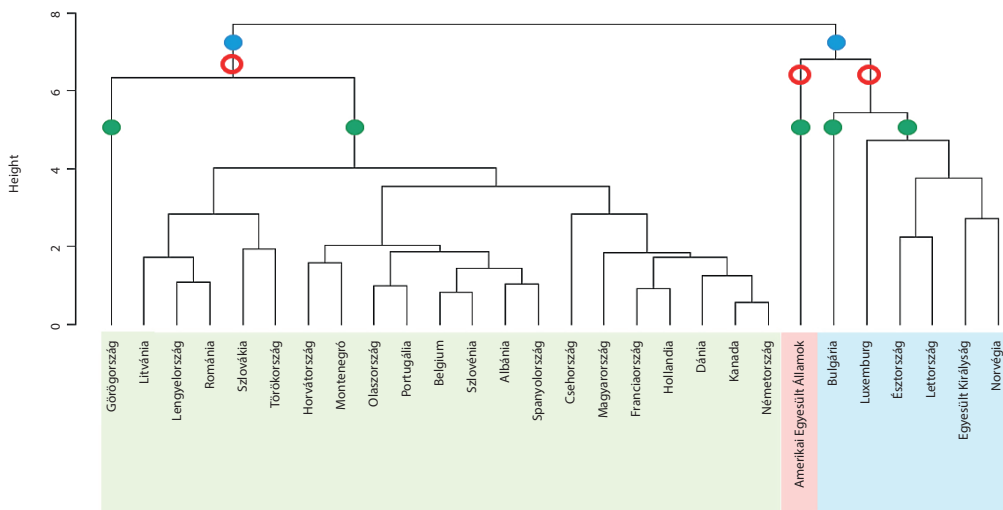
Az összevonási folyamatokat ábrázoló dendrogram esetünkben az alkalmazott módszer vonatkozásában a következőképpen alakul:



5. ábra: Teljes láncmódszerrel készített dendrogram (2020-as becsült adatok alapján)

Forrás: a szerzők szerkesztése az R programnyelv használatával (Package *stats* version 3.6.2.)

A 2020-as becsült adatok alapján előállított dendrogram után érdemes egy pillantást vetnünk az alábbi, 2019-es becsült adatok alapján teljes láncmódszerrel készített fadia-gramra:



6. ábra: Teljes láncmódszerrel készített dendrogram (2019-es becsült adatok alapján)

Forrás: A szerzők saját szerkesztése az R programnyelv használatával (Package *stats* version 3.6.2.)

Az 5. és 6. ábrák összehasonlításából számos következtetés vonható le, mint például:

- az Amerikai Egyesült Államok domináns szerepe mind a 2019-es, mind pedig a 2020-as adatokat érintően kiemelkedő;
- a 2019-es becslült adatok alapján erős kérdőjelekkel meginduló bulgáriai adatok (például védelmi kiadások GDP-százalékos részaránya) 2020-ra a 2019-ben mért adatokhoz képest jelentős visszarendeződést mutatnak (2019: 3,25%; 2020: 1,60%), amelynek eredményként Bulgária a 2020-as adatok vonatkozásában leginkább Romániával sorolható egy klaszterbe (korábban, 2019-ben: Egyesült Királyság, Észtország, Lettország, Luxemburg és Norvégia volt a „csoporttárs”);
- Görögország adatainak „különc” viselkedése a 2020-as adatokban is megfigyelhető, amely a 2019-es adatokhoz képest tovább erősödött;
- a szövetséghez 2020-ban új tagként csatlakozott Észak-Macedónia a vizsgált adatok vonatkozásában Albániához áll legközelebb.

Klaszterek értelmezése

A végrehajtott elemzéssel a hierarchikus, alulról építő, teljes láncmódszerrel előállított klaszterezési eljárás során az elemzésbe bevont 29 NATO-tagországot az elemzés alapját képező hét változó²¹ alapján három különálló klaszterbe sorolhatjuk, amelyek az alábbiak:

1. klaszter:

Eleme (1 tagállam): Amerikai Egyesült Államok.

Jellemzői: Az egyelemű klaszter létrehozásának indoka a GDP százalékában mért védelmi kiadások, valamint az ez által determinált, lakosságra vetített védelmi kiadási összeg domináns szerepe, amelyet még a normalizálási eljárás alkalmazásával sem sikerült ellensúlyozni. A klaszter kialakításának elsődleges szempontjaként az algoritmus:

- a védelmi kiadások GDP-százalékos kiugró részarányát (értéke: 3,73 % [784,95 milliárd USD]; 2. helyezett: Görögország, 2,68 % [5 milliárd USD]);
- az egy főre jutó védelmi kiadási összeg kiemelkedő értékét (2,168 USD/fő; 2. helyezett: Norvégia 1,492 USD/fő értékkel [2019-es adatok: 2,072 USD/fő; 2. helyezett: Norvégia 1,384 USD/fő értékkel]); valamint
- az infrastrukturális védelmi kiadási részarány alacsony értékét (1,33%-os értékkel) azonosította.

²¹ Védelmi kiadások: (1) GDP%; (2) lakosságra vetítve (USD/fő); (3) népességen belüli haderőlétszám-arány (%); (4–7) Védelmi kiadások részaránya (%): (4) főbb eszközök kiadásai (K+F [+I]) – (5) személyi jellegű kiadások – (6) infrastrukturális kiadások – (7) egyéb kiadások.

2. klaszter

Elemei (1 tagállam): Görögország.

Jellemzői: A 2., szintén egyelemű klaszter legfőbb magyarázó jellemzőjeként a GDP részarányában mért, az Amerikai Egyesült Államok 3,73%-os értéke után legmagasabb, 2,68% értékű védelmi kiadási főösszeg, a népességen belüli 1,0% értékű haderőlétszám (népesség: ~10,5 millió fő; haderő létszáma: ~108 ezer fő), valamint az ezekkel összefüggésbe hozható 75,63%-os személyi jellegű védelmi kiadási részarány kiemelkedő szerepe, továbbá az egyéb védelmi kiadási részarány alacsony értéke (11,05%) azonosítható.

3. klaszter

Elemei (27 tagállam): Albánia, Belgium, Bulgária, Csehország, Dánia, Egyesült Királyság, Észak-Macedónia, Észtország, Franciaország, Hollandia, Horvátország, Kanada, Lengyelország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Magyarország, Montenegró, Németország, Norvégia, Olaszország, Portugália, Románia, Spanyolország, Szlovákia, Szlovénia, Törökország.

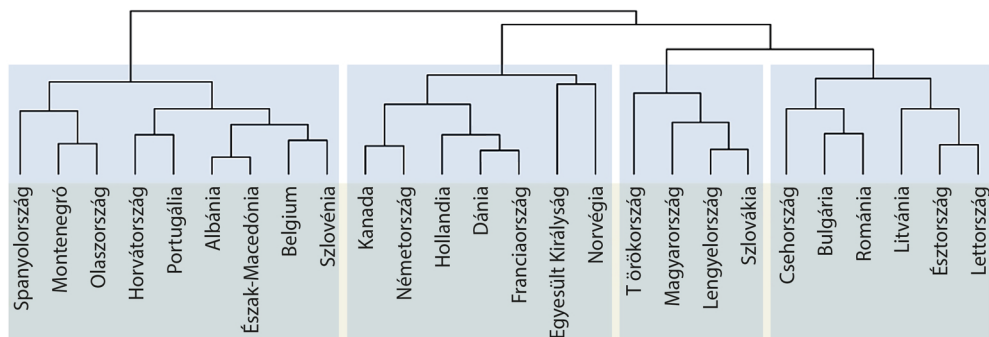
Jellemzői: A csoport kialakításának szempontja a korábbi két klaszter domináns szerepe kezelésének hatása. Érdekes azonban egy kicsit a belső szerkezetet megvizsgálnunk. Látható, hogy Luxemburg a népességen belüli sereghajtónak tekinthető 0,1%-os mértékű, az ezer fős létszámot alulról megközelítő haderőlétszámának, valamint 0,57%-os GDP-részarányú védelmikiadás-értékének köszönhetően az utolsó lépésként vonták be az amúgy szépen, belső szerkezetileg 4 különálló klaszterre elkülöníthető csoportba.

A klasztert elemezve megállapítható, hogy a Kanada (591,4 USD/fő), Németország (635,4 USD/fő), Hollandia (680,5 USD/fő), Franciaország (715,7 USD/fő), Dánia (796,8 USD/fő), Egyesült Királyság (952,5 USD/fő) és Norvégia (1492,0 USD/fő) által képezett klaszter elsődleges determináló szempontja a védelmi kiadások lakosságra vetített értéke (országnevek után zárójelben). Szembetűnő ugyanakkor, hogy a klaszterkialakítás alapját a GFP²² honlapján 2021 tavaszán 15. helyet elfoglaló Németország (2019-ben 13. hely) és 23. helyet elfoglaló Kanada (2019-ben 24. hely) GDP-részarányú védelmi kiadásainak közelsége indukálta. Ugyanezen csoportosítási metodika alapján látható, hogy:

- Lengyelország, Magyarország, Szlovákia és Törökország esetén a Szlovákia (20,60%) és Lengyelország (20,63%) között fennálló egyéb védelmi kiadási részaránynak köszönhető;
- Albániát, Belgiumot, Észak-Macedóniát, Horvátországot, Montenegrót, Olaszországot, Portugáliát, Spanyolorságot és Szlovákiát tömörítő csoport összevonási kezdőfaktora az Albániát (1,29%) és Észak-Macedóniát (1,27%) érintő GDP-részarányú védelmi kiadások egymáshoz mért közelsége indukálta; míg

²² NATO Member States Military Ranking (2022). *Global Fire Power*, 2022. Hivatkozott adatok: 2021. március 3-ai állapot szerint.

- Bulgária, Csehország, Észtország, Lettország, Litvánia és Románia esetében az Észtország (25,36%) és Lettország (26,03%) esetében megfigyelhető főbb esz-
közöket érintő K+F+(I) védelmi kiadások egymáshoz közelsége azonosítható.



7. ábra: A 3. klaszter szerkezeti eloszlása

Forrás: a szerzők szerkesztése

Összefoglalás

A 30 NATO-tagország közül a 2020-as becslést adatok alapján a 2006-ban vállalt, majd a 2014-es walesi csúcson megerősített 2%-os GDP-részesítéses védelmi kiadási mértéknek az akkori 3 tagország²³ közül immár 11 tagország képes eleget tenni (2019-ben ez a szám 9 tagországra volt tehető), így a vállalt kötelezettséget:

Országnev	2019-ben:
	%
Amerikai Egyesült Államok	3,42
Bulgária	3,25
Görögország	2,28
Egyesült Királyság	2,14
Észtország	2,14
Románia	2,04
Litvánia	2,03
Lettország	2,01
Lengyelország	2,00

Országnev	2020-ban:
	%
Amerikai Egyesült Államok	3,73
Görögország	2,68
Észtország	2,33
Egyesült Királyság	2,32
Lengyelország	2,31
Lettország	2,27
Litvánia	2,13
Románia	2,07
Franciaország	2,04
Norvégia	2,00
Szlovákia	2,00

mértékben teljesíti.²⁴

²³ Defence Expenditures of NATO Countries (2013–2020) (2021): i. m. 3.; Defence Expenditure of NATO Countries (2013–2019). 2019. november 29. PR/CP(2019)123. NATO Public Diplomacy Division. 3.

²⁴ Defence Expenditures of NATO Countries (2013–2020) (2021): i. m. 3.; Defence Expenditure of NATO Countries (2013–2019) (2019): i. m. 3.

Megállapítható, hogy a 2014-ben három szövetségi tagország (Amerikai Egyesült Államok, Görögország és az Egyesült Királyság) által teljesített 2%-os GDP-részarányú védelmi kiadási mérték elérése az elmúlt időszakban emelkedő tendenciát mutat, amelynek kézzelfogható eredménye a 2019–2020-as adatok összevetéséből is egyértelműen kitűnik. Ennek következtében tudomásul kell vennünk, hogy a megszokott és alkalmazott kétdimenziós elemzési módszereink²⁵ nem nyújtanak megfelelő eszköztárat az elemzések kielégítő végrehajtásához.²⁶

A hivatkozott, NATO által hivatalosan is publikált dokumentumokból kitűnik, hogy az elemzések a mai napig kiemelt figyelmet fordítanak a tagországok GDP-részarányos védelmi kiadásainak, továbbá a védelmi kiadásokon belüli főbb eszközök, valamint az azokhoz tartozó K+F(+I)-kiadásainak összehasonlító elemzésére. Ezen elemzés önmagában azért is fenntartással kezelendő, mert figyelmen kívül hagyja például (esetünkben) Görögország népességen belüli haderőlétszáma tekintetében megfigyelhető erőfeszítéseket, amelynek 1,0%-os mértékétől már a második helyen álló 0,6%-os értékkel rendelkező Litvánia is jelentősen elmarad.

Az elemzésben bemutatott, az általánosan megszokott egy-, valamint kétfaktoros adatelemzést további dimenziókkal bővítettük. Az összesen 7 függő változóval rendelkező adathalmaz elemeit egymáshoz való *közelségük* alapján egy-egy 1 elemű, valamint egy (szintén tovább bontható, lásd 7. ábra) 27 elemű klaszterbe sorolhattuk. Megállapítottuk, hogy az egyfaktoros elemzések gyakran vezetnek felszínes és olykor téves következtetések levonásához (a védelmi kiadásokat nem elegendő csupán a GDP-részarányhoz viszonyítottan vagy egzakt védelmi kiadási mértékre alapozottan elemezni), valamint rávilágítottunk az Amerikai Egyesült Államok NATO-n belüli dominanciájára. Láthattuk, hogy a védelmi kiadások területén megfigyelhető úgynevezett „hagymaszerkezet”²⁷ vizsgálata számtalan további lehetőséget tartogat az elemzők számára a felszín alatti összefüggések feltárását illetően.

Ahogy Hitch és McKean írja:

„Kétségtelen, hogy az ipar teljesítőképességéről – mint a katonai erő legfontosabb eleméről – valott nézeteink komoly károkat okozhatnak a katonai tervezőmunkában. Mindez azonban nem egészen jelenti azt, hogy a nemzeti politika céljainak elérésében a gazdasági hatalom tényezőjének jelentősége a jövőben kevésbé fog fontos szerepet játszani, mint a múltban. A katonai erő a gazdasági teljesítőképességre támaszkodik, a külpolitika pedig mindkét tényezőre. A gazdasági hatalom, ha azt időben az ország nemzetbiztonsága érdekében alkalmazza, a katonai

²⁵ A hivatkozott NATO-dokumentumok a kétfaktoros elemzés alapján történő csoportosításokat alapvetően a NATO-irányelvekben megfogalmazott 2%-os (GDP-részarány), valamint 20%-os K+F(+I)-irányszám mértékekhez igazítják.

²⁶ Már csak azért sem, mert míg Bulgária 2018-ban 961 millió USD védelmi kiadással rendelkezett (GDP-részarány: 1,48%), addig 2019-ben ez az érték 2,179 millió USD (GDP-részarány: 3,25%) összeget tett ki, amely 2020-ra jelentős csökkenéssel 1,077 millió USD összegre mérséklődött.

²⁷ A hadtudománnyal összefüggésben bevezetett jelzővel kapcsolatban lásd bővebben: Szenes Zoltán: Akadémiai viták a hadtudomány struktúrájáról. *Hadtudomány*, (2013), 3–4. 64.

erő megtestesítőjévé válik. A gazdasági teljesítőképesség időben való alkalmazása érdekében a problémák megoldásának új módszeréhez kell folyamodnunk [...].”²⁸

És ezen új módszereket, meglátásunk szerint, nemcsak a problémák megoldása területén, hanem a támogatói, elemzői területet érintően is alkalmaznunk kell. A kellően egzakt adatokra épített, többdimenziós elemzések válaszok lehetnek a megfogalmazandó kérdésekre.

A hivatkozott szakértők felvetését figyelembe véve, a felvázolt eljárást érintően további, érdeklődésre számot tartó elemzésnek tartjuk egy mind mennyiségi, mind pedig minőségi tényezőkkel kibővített adattömb idősíkot érintően dinamikus alapokra helyezett vizsgálatát, amelyben a NATO-tagországok mellett az elemzési lehetőségek szélesítése érdekében további országok (nemcsak védelmi kiadási, de haditechnikai, politikai, társadalmi, gazdasági, katonai stb.) adatait rögzítjük.

Felhasznált irodalom

- Defence Expenditures of NATO Countries (2008–2015)*. 2016. január 28. PR/CP(2016)011. NATO Public Diplomacy Division. Online: www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2016_01/20160129_160128-pr-2016-11-eng.pdf
- Defence Expenditure of NATO Countries (2013–2019)*. 2019. november 29. PR/CP(2019)123. NATO Public Diplomacy Division. Online: www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2019_11/20191129_pr-2019-123-en.pdf
- Defence Expenditures of NATO Countries (2013–2020)*. 2021. március 16. PR/CP(2021)030. NATO Public Diplomacy Division. Online: www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2021/3/pdf/210316-pr-2020-30-en.pdf
- Galarnyk, Michael: Understanding boxplots. *Towards Data Science*, 2018. szeptember 17. Online: <https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51>
- Grace-Martin, Karen: Outliers: To Drop or Not to Drop. *The Analysis Factor*, é. n. Online: www.theanalysisfactor.com/outliers-to-drop-or-not-to-drop/
- Kissinger, Henry A.: Strategy and Organization. *Foreign Affairs*, 1957. április. 379–394. Online: [www.foreignaffairs.com/articles/united-states/1957-04-01/strategy-and-organization](http://foreignaffairs.com/articles/united-states/1957-04-01/strategy-and-organization)
- Liu, Huaqing: *Modernizing For Local Defense Modernization In Historical Perspective*. (É. n.) Online: <https://fas.org/nuke/guide/china/doctrine/chinview/chinapt3.html>
- McKean, Roland N. – Charles J. Hitch: *The Economics of Defence in the Nuclear Age*. Santa Monica, The RAND Corporation, 1960.
- NATO Member States Military Ranking (2022). *Global Fire Power*, 2022. Online: www.globalfirepower.com/countries-listing-nato-members.php
- Szenes Zoltán: Akadémiai viták a hadtudomány struktúrájáról. *Hadtudomány*, (2013), 3–4. Online: http://mhht.eu/hadtudomany/2013/3_4/Hadtudomany_2013_3-4_6.pdf
- The R Project for Statistical Computing*. (É. n.) Online: www.R-project.org/

²⁸ McKean–Hitch (1960): i. m. 16.

Welcome into the NATO family, North Macedonia! Op-ed article by NATO Secretary General Jens Stoltenberg, 2020. március 30. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/opinions_174616.htm

World Population Review. Total Population by Country 2021. Online: <http://worldpopulationreview.com/countries/>