

**Marek Walesiak**

**Grażyna Dehnel**

**Ocena realizacji celu SDG 7 w roku 2022  
w krajach UE z wykorzystaniem  
metody hybrydowej łączącej skalowanie  
wielowymiarowe z porządkowaniem liniowym**



- 1. Cel referatu**
- 2. Wskaźniki i poziomy docelowe dla SDG 7 w UE**
- 3. Charakterystyka podejścia badawczego**
- 4. Procedura metody hybrydowej**
- 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym**
- 6. Wyniki**
- 7. Wnioski końcowe**

# 1. Cel referatu

---

- 1. Ocena realizacji celu zrównoważonego rozwoju SDG 7 „Zapewnić wszystkim dostęp do źródeł stabilnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii po przystępnej cenie” przez poszczególne kraje UE w roku 2022**
- 2. Wyznaczenie dystansu poszczególnych krajów UE w stosunku do celu wyznaczonego na rok 2030**

## 2. Wskaźniki i poziomy docelowe dla SDG 7 w UE

**Tabela 1.** Wskaźniki i poziomy docelowe zastosowane dla celu SDG 7 dla krajów UE

Headline indicators	Code in the UN global list	Variable type	Symbol used in study	Unit	EU-level targets for 2030	
					Value	Notes
Primary energy consumption	NA	D	–	mtoe	1023	(!)
			y1	2005 = 100	68.30	
Final energy consumption	NA	D	–	mtoe	787	(!)
			y2	2005 = 100	75.58	
Final energy consumption in households per capita	NA	D	y3	kgoe	319.8	(!!)
Energy productivity	7.3.1 (s)	S	y4	Euro per kgoe	10.44	(!!)
Share of renewable energy in gross final energy consumption	7.2.1 (i)	S	y5	%	40	(!)
Energy import dependency	NA	D	y6	%	24.58	(!!)
Share of population unable to keep home adequately warm	7.1.1 (a)	D	y7	%	1.88	(!!)

(i) – identical, (s) – similar, (a) – alternative indicator

S – stimulants (where higher values are more preferred), D – destimulants (where lower values are more preferred)

(!) – poziom ustalony przez Komisję Europejską

(!!) – poziom osiągnięty w 2015 roku przez 10% najlepszych krajów UE-27

### 3. Charakterystyka podejścia badawczego

- **Do oceny realizacji celu zrównoważonego rozwoju SDG 7 zastosowano podejście agregatowe uwzględniające docelowe wartości dla sformułowanych wskaźników z korektą danych**
- **Uwzględnienie docelowych wartości wskaźników pozwala na ukazanie dystansu poszczególnych krajów UE w odniesieniu do celów określonych dla roku 2030**
- **Przeprowadza się korektę danych – wartości korzystniejsze dla krajowych wskaźników monitoringu zastępuje się ich wartościami docelowymi określonymi dla całej Unii Europejskiej**

## 4. Procedura metody hybrydowej (1)

1. Wybrać zjawisko złożone, które nie podlega pomiarowi bezpośredniemu (Ocena realizacji celu zrównoważonego rozwoju SDG 7).
2. Ustalić zbiór obiektów oraz zbiór zmiennych merytorycznie związanych z badanym zjawiskiem złożonym. Do zbioru obiektów dodaje się 3 obiekty: docelowy ( $T$ ), wzorzec ( $P$ ), antywzorzec ( $AP$ ).

Zestawia się obserwacje na  $m$  zmiennych dla  $n + 3$  badanych obiektów w jedną macierz danych:

$$[y_{ij}]_{(n+3) \times m} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nm} \\ y_{T1} & y_{T2} & \cdots & y_{Tm} \\ y_{P1} & y_{P2} & \cdots & y_{Pm} \\ y_{AP1} & y_{AP2} & \cdots & y_{APm} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

gdzie:  $i = 1, \dots, n$  – numer obiektu ( $n = 28$ : Unia Europejska oraz 27 państw UE)

$n + 1 = T$  – obiekt docelowy

$n + 2 = P$  – wzorzec,  $n + 3 = AP$  – antywzorzec

$j = 1, \dots, m$  – numer zmiennej ( $m = 7$ : zmienne opisujące cel SDG 7)

## 4. Procedura metody hybrydowej (2)

3. Obserwacje na poszczególnych zmiennych zostają zastąpione przez wartości docelowe, jeśli zachodzą warunki (dla  $i = 1, \dots, n$ ):

$$x_{ij} = \begin{cases} y_{Tj} & \text{dla } y_{ij} > y_{Tj} \\ y_{ij} & \text{dla } y_{ij} \leq y_{Tj} \end{cases}, \text{ dla stymulant} \quad (2)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} y_{Tj} & \text{dla } y_{ij} < y_{Tj} \\ y_{ij} & \text{dla } y_{ij} \geq y_{Tj} \end{cases}, \text{ dla destymulant} \quad (3)$$

$y_{Tj}$  – docelowe wartości zmiennych SDG 7 w roku 2030.

4. Przeprowadzić normalizację wartości zmiennych oraz zestawić dane w postaci znormalizowanej macierzy danych:

$$\mathbf{Z} = [z_{ij}]_{(n+3) \times m} \quad (4)$$

Normalizację zmiennych metrycznych przeprowadzono z wykorzystaniem funkcji **data.Normalization** pakietu **clusterSim**.

5. Wybrać miarę odległości dla **danych metrycznych** (miejska, Euklidesa, kwadrat Euklidesa, GDM1), obliczyć odległości i zestawić w macierz odległości  $\delta = [\delta_{ik}(\mathbf{Z})]_{(n+3) \times (n+3)}$  ( $i, k = 1, \dots, n, n + 1, n + 2, n + 3$ ).

## 4. Procedura metody hybrydowej (3)

6. Przeprowadzić skalowanie wielowymiarowe (MDS):

$$f: \delta_{ik}(\mathbf{Z}) \rightarrow d_{ik}(\mathbf{V}) \text{ dla wszystkich par } (i, k)$$

gdzie  $f$  oznacza odwzorowanie odległości z przestrzeni  $m$ -wymiarowej  $\delta_{ik}(\mathbf{Z})$  w odpowiadające odległości  $d_{ik}(\mathbf{V})$  w przestrzeni dwuwymiarowej.

7. Ostatecznie w wyniku zastosowania skalowania wielowymiarowego otrzymuje się macierz danych w przestrzeni dwuwymiarowej  $\mathbf{V} = [v_{ij}]_{(n+3) \times 2}$ . W zależności od położenia wzorca i antywzorca wymagany jest obrót układu współrzędnych o kąt  $\varphi$  zgodnie ze wzorem:

$$[v'_{ij}]_{(n+3) \times 2} = [v_{ij}]_{(n+3) \times 2} \times D \quad (5)$$

gdzie:  $[v'_{ij}]_{(n+3) \times 2}$  – macierz danych w dwuwymiarowej przestrzeni skalowania po obrocie układu współrzędnych o kąt  $\varphi$ ,

$$D = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \text{ – macierz obrotu.}$$

Obrót ten nie zmienia rozmieszczenia obiektów względem siebie. Pozwala na umieszczenie osi zbioru, łączącej antywzorzec i wzorzec, wzdłuż głównej przekątnej, co daje korzystniejszą wizualizację wyników.



## 4. Procedura metody hybrydowej (4)

8. Przedstawić graficznie oraz zinterpretować wyniki w przestrzeni dwuwymiarowej (wyniki skalowania wielowymiarowego).

Na rysunku w przestrzeni dwuwymiarowej:

- łączy się linią prostą punkty oznaczające antywzorzec i wzorzec w tzw. oś zbioru
- wyznacza się od punktu wzorca izokwanty rozwoju (krzywe jednakowego rozwoju). Obiekty znajdujące się pomiędzy izokwantami prezentują zbliżony poziom rozwoju. Ten sam poziom rozwoju mogą osiągnąć obiekty znajdujące się w różnych punktach na tej samej izokwancie rozwoju (z uwagi na inną konfigurację wartości zmiennych).

9. Uporządkować obiekty na podstawie wartości miary agregatowej  $d_i$  bazującej na odległości Euklidesa od obiektu wzorca (Hellwig, 1981):

$$d_i = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^2 (v_{ij} - v_{+j})^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^2 (v_{+j} - v_{-j})^2}} \quad (6)$$

$v_{ij}$  –  $j$ -ta współrzędna dla  $i$ -tego obiektu w dwuwymiarowej przestrzeni MDS,

$v_{+j}$  ( $v_{-j}$ ) –  $j$ -ta współrzędna dla obiektu wzorca (antywzorca) w dwuwymiarowej przestrzeni MDS.

Wartości miary agregatowej  $d_i$  należą do przedziału  $[0; 1]$ . Im wyższa jest wartość  $d_i$ , tym wyższa jest ocena realizacji celu zrównoważonego rozwoju SDG 7 badanych obiektów. Porządkuje się obiekty badania według malejących wartości miary agregatowej  $d_i$ .

## 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym (1)

The authors of the monograph (Borg, Groenen, Mair „Applied Multidimensional Scaling and Unfolding” 2018, chapter 7) pointed out the typical mistakes made by users of MDS.

A frequent mistake on the part of users of MDS results is to evaluate Stress mechanically (rejecting an MDS solution because its Stress seems “too high”). In their opinion (Borg, Groenen, Mair 2018, pp. 85-86) “**The Stress value is, however, merely a technical index, a target criterion for an optimization algorithm. An MDS solution can be robust and replicable, even if its Stress value is high**” and “**Stress is a *summative* index for *all* proximities. It does not inform the user how well a *particular* proximity value is represented in the given MDS space (...) The least one can do is to take a look at the Stress-per-point values**”.

Considering that we should take into account:

- **stress per point values** (Borg, Mair 2017) and
- **Shepard diagram** (Mair, Borg, Rusch 2016; De Leeuw, Mair 2015)

## 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym (2)

Jeśli rozkład błędów związanych z rozmieszczeniem poszczególnych obiektów w przestrzeni skalowania (**Stress-per-point values**) znacznie odbiega od rozkładu jednostajnego (np. dla kilku obiektów suma błędów przekracza 40%, relatywnie duży błąd związany jest z jednym obiektem, wzorcem lub antywzorcem), to otrzymujemy sytuację nieprawidłowego rozmieszczenia obiektów na płaszczyźnie:

- obiekty, które powinny znaleźć się bliżej wzorca znajdują się bliżej antywzorca,
- niektóre obiekty mogą znajdować się powyżej wzorca lub poniżej antywzorca,
- otrzymany ranking obiektów na podstawie wyników skalowania wielowymiarowego w przestrzeni dwuwymiarowej jest wypaczony i nie odpowiada rzeczywistej sytuacji.

## 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym (3)

To solve the problem of choosing the optimal MDS procedure two criteria were applied in mdsOpt package (Walesiak, Dudek 2023):

- Kruskal's *Stress-1* (standardized residual sum of squares) fit measure

$$Stress-1_p = \sqrt{\sum_{i < k} [d_{ik}(\mathbf{V}) - \hat{d}_{ik}]^2 / \sum_{i < k} d_{ik}^2(\mathbf{V})}, \quad (7)$$

where:  $p$  – MDS procedure number,  $\hat{d}_{ik} = f(\delta_{ik})$  by defining  $f$  in different ways (ratio, interval, polynomial MDS).

- the Hirschman-Herfindahl *HHI* index (Herfindahl 1950; Hirschman 1964), calculated based on Stress per point values (*spp*):

$$HHI_p = \sum_{i=1}^n spp_{pi}^2, \quad (8)$$

where:  $i = 1, \dots, n$  – object number,  $p$  – MDS procedure number.

The  $HHI_p$  index takes values in the interval  $\left[\frac{10,000}{n}; 10,000\right]$ . The value  $\frac{10,000}{n}$  means that the distribution of errors for individual objects is uniform. The optimal situation for an MDS procedure is the minimum value of the  $HHI_p$  index.

## 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym (4)

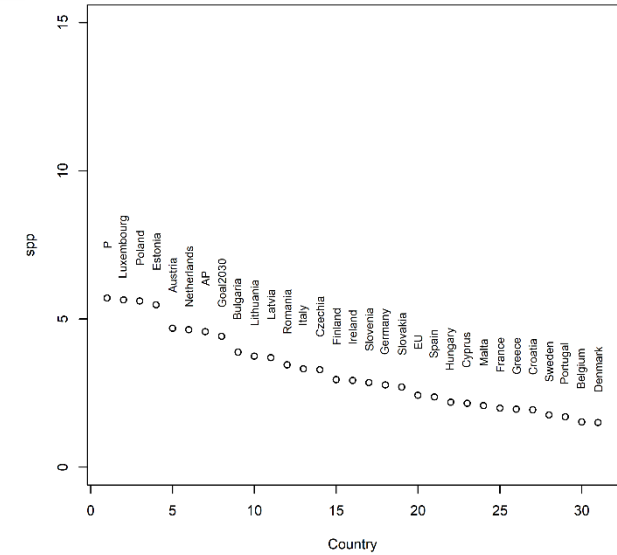
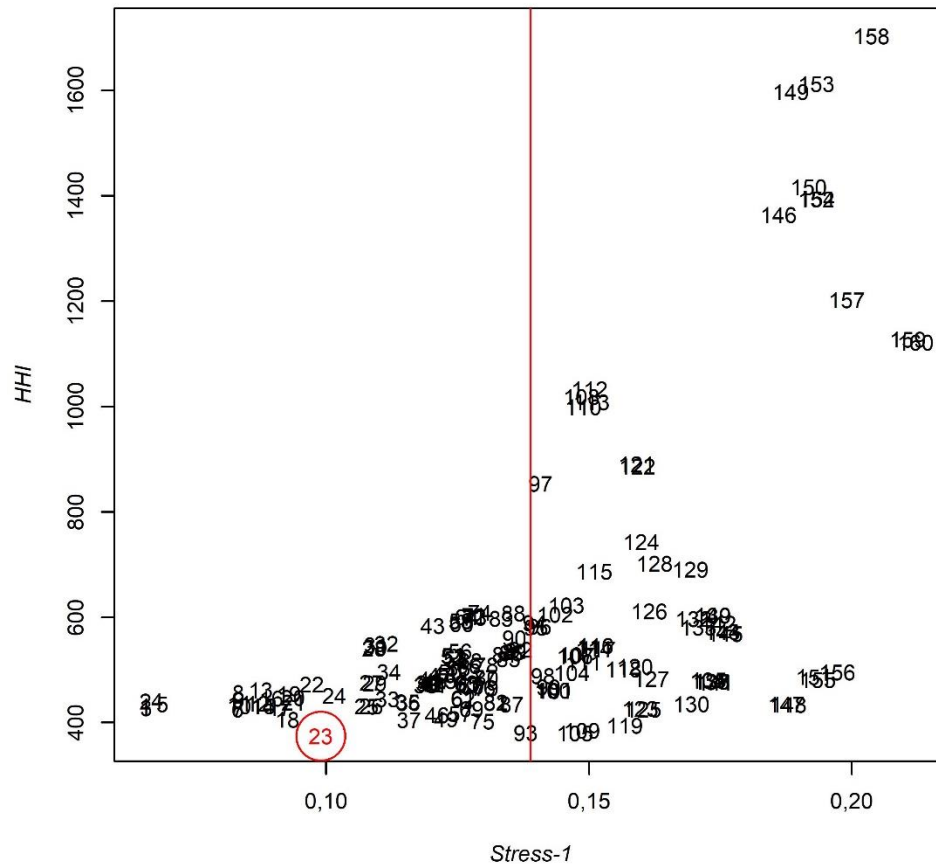
---

Zastosowano rozwiązanie pozwalające na wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego, ze względu na zastosowane:

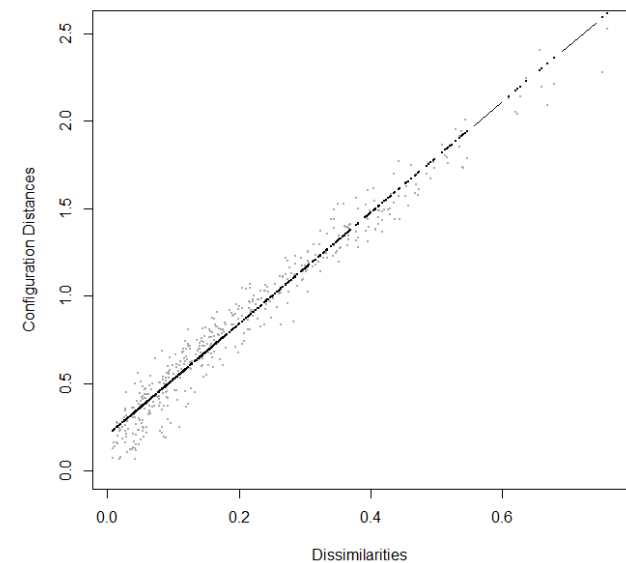
- metody normalizacji wartości zmiennych: 10 metod normalizacji
- miary odległości: euclidean, manhattan, seuclidean, GDM1
- modele skalowania (ratio, interval, mspline 2nd and 3rd degree)

zgodnie z procedurą dostępną w pakiecie mdsOpt (Walesiak, Dudek 2023) programu R.

# 5. Wybór optymalnej procedury skalowania wielowymiarowego w porządkowaniu liniowym (5)

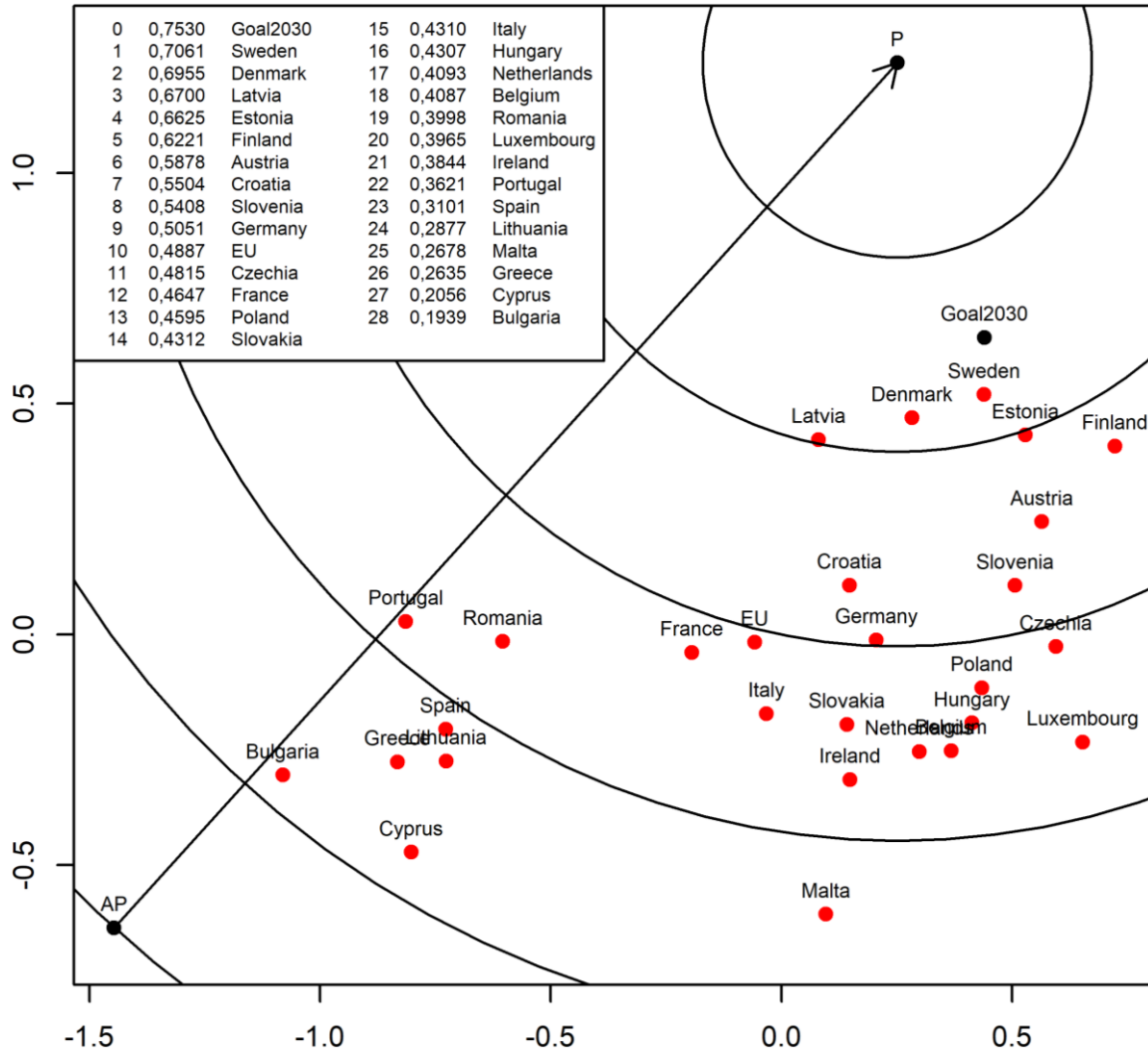


Shepard Diagram



**Fig. 1.** The values of *Stress-1* fit measure and *HHI* index for  $p=160$  MDS procedures (10 normalization methods, 4 distance measures, 4 MDS models) – with best solution **23** marked by red circle (n9a normalization method, GDM1 distance and interval MDS model)

# 6. Wyniki (1)



**Fig. 2.** The results of MDS (procedure 23 – n9a normalization method, GDM1 distance and interval MDS model)

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{med_j}$$

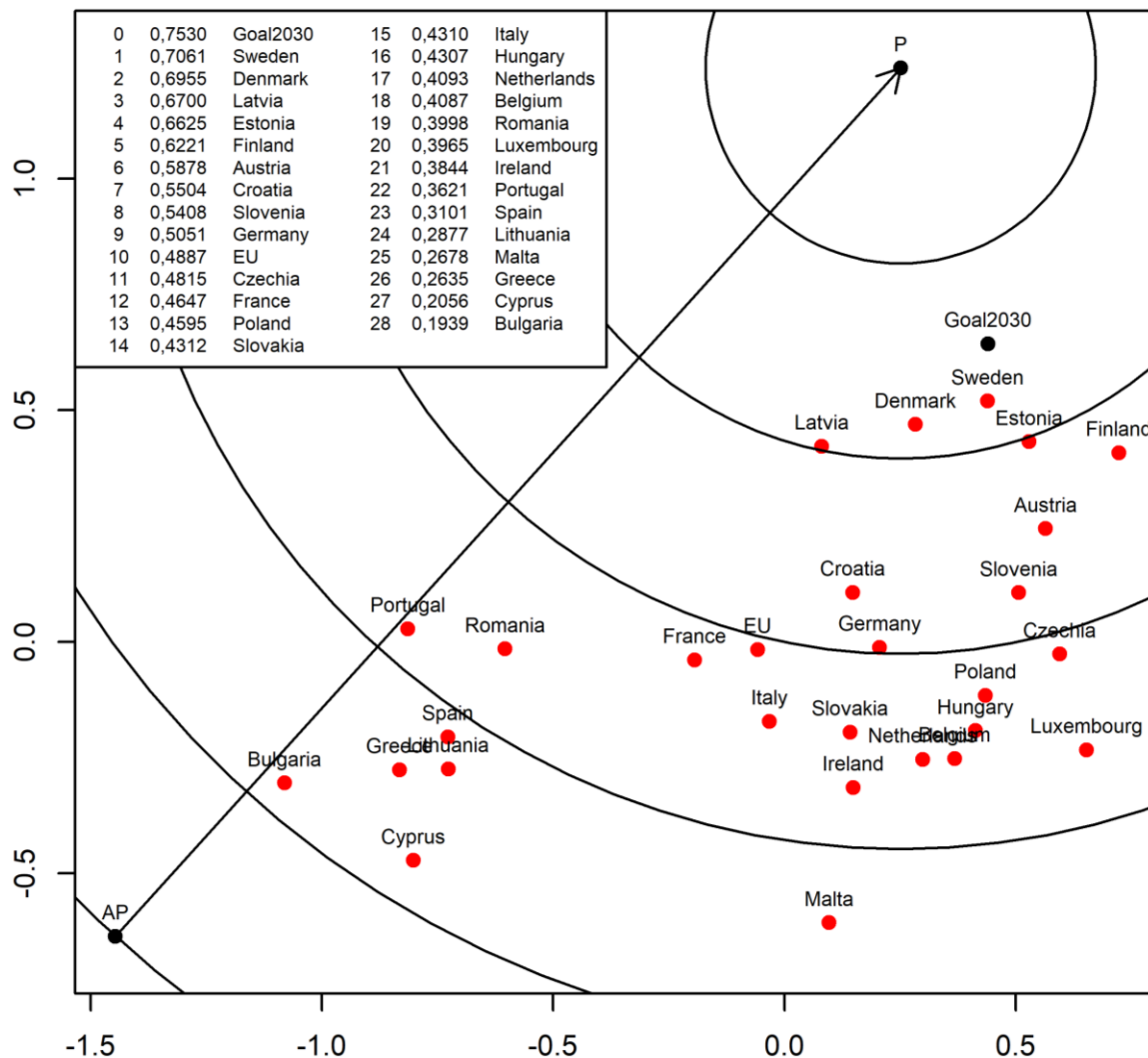
$$HHI = 374,47$$

$$HHI \text{ (rozkład jednostajny)} = 322,58$$

$$STRESS-1 = 0,098955$$

# 6. Wyniki (1)

## Kraje, które osiągnęły wartości celu SDG7



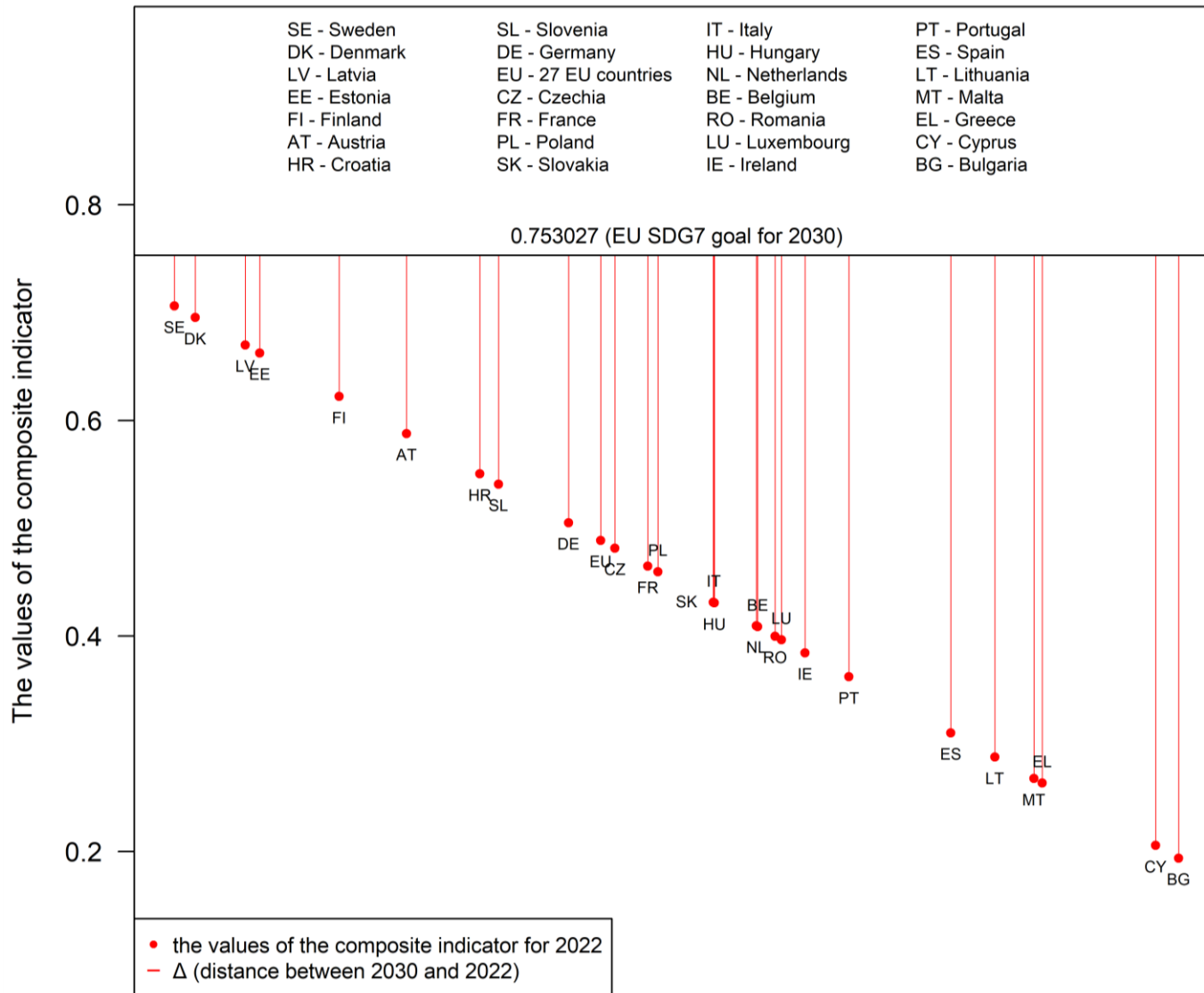
<b>Szwecja</b>	x5 - udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (66%) x6 - zależność od importu energii (27%) x7 - udział ludności, która nie jest w stanie zapewnić właściwego ogrzewania domu (2,1%)
<b>Dania</b>	x4 - wydajność energii x5 - udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (42%)
<b>Łotwa</b>	x5 - udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (43%)
<b>Estonia</b>	x6 - zależność od importu energii (6,15%)
<b>Finlandia</b>	x5 - udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii brutto (48%) x7 - udział ludności, która nie jest w stanie zapewnić odpowiedniego ogrzewania domu (1,4%)
<b>Austria</b>	x4 - wydajność energii x7 - udział ludności, która nie jest w stanie zapewnić odpowiedniego ogrzewania domu (2,7%)
<b>Słowenia</b>	x7 - udział ludności, która nie jest w stanie zapewnić odpowiedniego ogrzewania domu (2,6%)
<b>Niemcy, Włochy, Irlandia, Luksemburg</b>	x4 - wydajność energii
<b>Hiszpania, Malta, Portugalia</b>	x3 - końcowe zużycie energii w gosp. dom. na mieszkańca
<b>Grecja</b>	x1 - pierwotne zużycie energii x2 - końcowe zużycie energii

EU-level targets	Indicator						
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
2030	68,30	75,58	319,8	10,44	40%	24,58%	1,88%



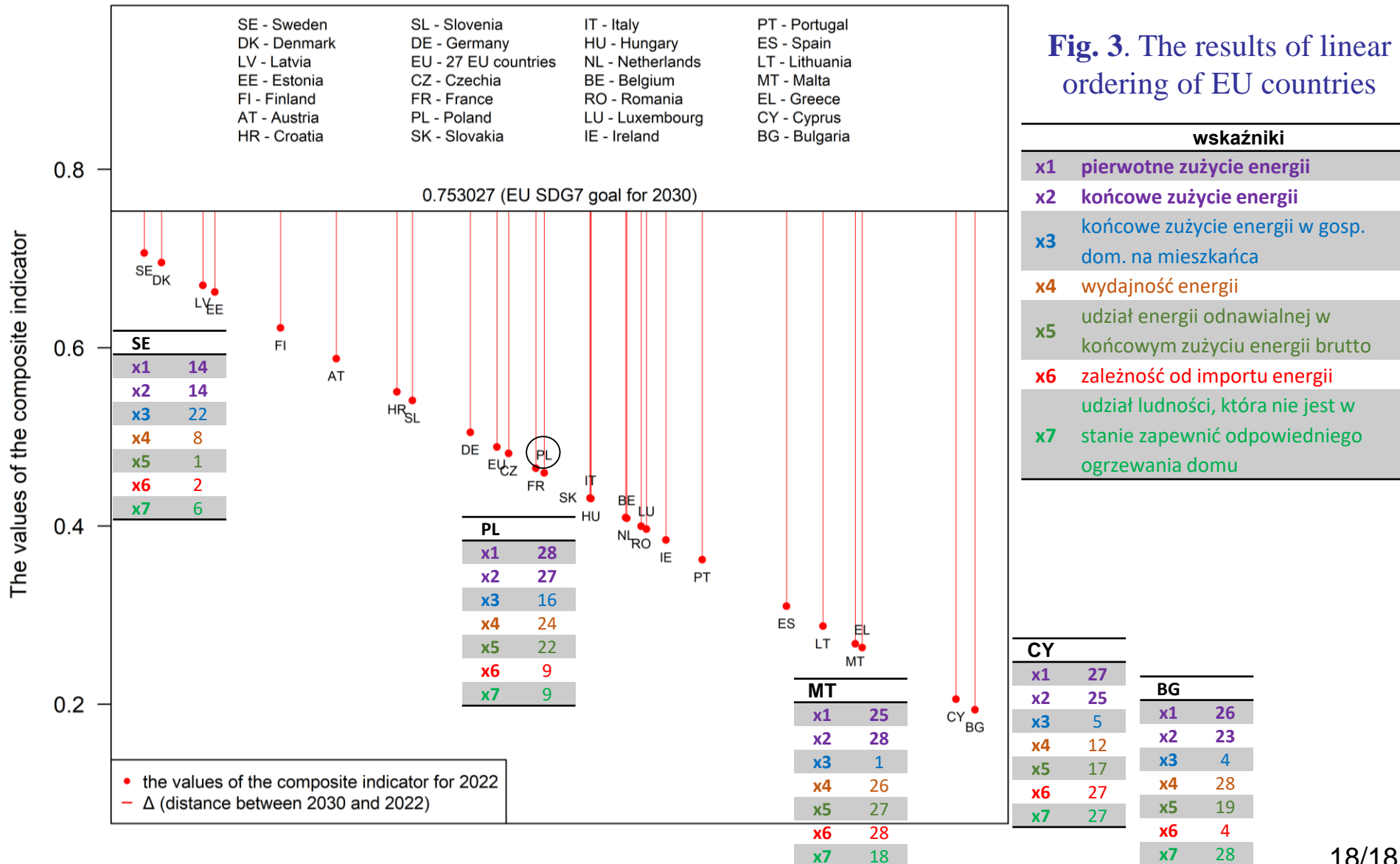
# 6. Wyniki (2)

**Fig. 3.** The results of linear ordering of EU countries



# 6. Wyniki (2)

**Fig. 3. The results of linear ordering of EU countries**



## 7. Wnioski końcowe

- W referacie dokonano oceny realizacji celu zrównoważonego rozwoju SDG 7 „Zapewnić wszystkim dostęp do źródeł stabilnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii po przystępnej cenie” przez poszczególne kraje UE w roku 2022
- Wyznaczono dystans poszczególnych krajów UE w stosunku do celu wyznaczonego na rok 2030
- Zastosowanie skalowania wielowymiarowego pozwala na wizualizację wyników porządkowania liniowego obiektów w przestrzeni dwuwymiarowej
- Wizualizację wzbogaca się o izokwanty rozwoju (krzywe jednakowego rozwoju) oraz ścieżkę rozwoju (tj. najkrótszą drogę łączącą wzorzec i antywzorzec rozwoju)
- Przedstawiona metodyka wykorzystana do oceny stopnia realizacji celu SDG 7 może być także zastosowana w ocenie implementacji pozostałych SDG Agendy 2030
- Oprogramowaniem wspomagającym zastosowanie metody hybrydowej jest pakiet mdsOpt w środowisku R autorstwa M. Walesiaka i A. Dudka

Dziękujemy za  
uwagę