



GRUPO ESPAÑOL DE DECISIÓN MULTICRITERIO

# XII REUNIÓN GRUPO ESPAÑOL DE DECISIÓN MULTICRITERIO



Departamento de  
Economía y  
Ciencias Sociales



Ana García-Bernabeu, Fernando Mayor-Vitoria, David Pla-Santamaría, Francisco Salas-Molina

**Innovación en la UE: Un indicador  
sintético según las preferencias de  
los agentes de la innovación**

# Index

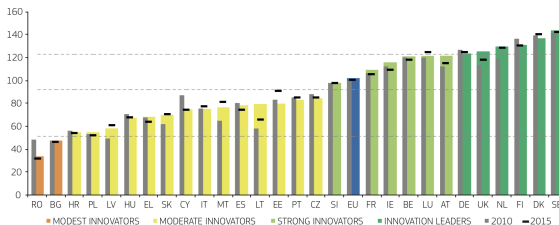
- 1 Introducción
  - Innovación en la UE
  - Motivación y objetivos
- 2 Metodología
  - Criterios y subcriterios del EIS
  - TOPSIS
- 3 Resultados y discusión
  - Cálculo de pesos
  - TOPSIS
  - Comparación de resultados
- 4 Conclusiones y Bibliografía

# Index of contents

- 1 Introducción
  - Innovación en la UE
  - Motivación y objetivos
- 2 Metodología
  - Criterios y subcriterios del EIS
  - TOPSIS
- 3 Resultados y discusión
  - Cálculo de pesos
  - TOPSIS
  - Comparación de resultados
- 4 Conclusiones y Bibliografía

# La innovación como motor de crecimiento

- La innovación ocupa un lugar destacado en la estrategia de crecimiento de la mayoría de países occidentales para mejorar la competitividad e impulsar la creación de empleo.
- Medir la innovación es una cuestión de interés creciente para organismos internacionales, gobiernos y la comunidad científica.
- En la UE se utiliza el *European Innovation Scoreboard* (EIS) que permite en función de la puntuación obtenida por cada país y de su situación respecto a la media europea agrupar los países en cuatro categorías.



# Motivación

- Existe un amplio **debate sobre qué criterios o variables** se han de utilizar para medir la innovación, así como qué **metodología** se ha de utilizar para agregar los distintos indicadores en un único indicador sintético (Holgerson and Kekezi, 2018).
- El EIS (Hollanders and Es-Sadki, 2017) es un indicador sintético que se obtiene calculando el promedio de 27 indicadores agrupados en cuatro grandes bloques y en el propio informe de la UE se reconoce la **necesidad de mejorar la metodología del EIS** sobre todo en cuanto a los pesos que se utilizan para la agregación de los indicadores (Grupp and Schubert, 2010).
- Ningun de los métodos propuestos, se basa en **preferencias subjetivas** (Kaasa, 2009).
- El modelo de la **Triple Hélice** establece que los principales agentes de la innovación son: Universidades, Industria y Gobiernos.
- Dado el **caracter multidimensional** de la innovación, los métodos multicriterio son una herramienta de gran utilidad para construir indicadores sintéticos.

# Objetivos

## Construir un indicador sintético para medir la innovación a partir de la información de los agentes de la Triple Hélice

- I Proponer un modelo multicriterio de dos fases **AHP-TOPSIS** para clasificar a los países teniendo en cuenta las preferencias de los agentes de la innovación.
- II Aplicar a un **caso práctico** basado en la información del EIS 2017.
- III **Comparar los resultados** con los obtenidos por el método del EIS 2017.

# Index of contents

- 1 Introducción
  - Innovación en la UE
  - Motivación y objetivos
- 2 Metodología
  - Criterios y subcriterios del EIS
  - TOPSIS
- 3 Resultados y discusión
  - Cálculo de pesos
  - TOPSIS
  - Comparación de resultados
- 4 Conclusiones y Bibliografía

# Etapas del modelo

- 1 Cálculo de pesos con AHP
- 2 Información del EIS
- 3 Indicador sintético de Innovación con TOPSIS

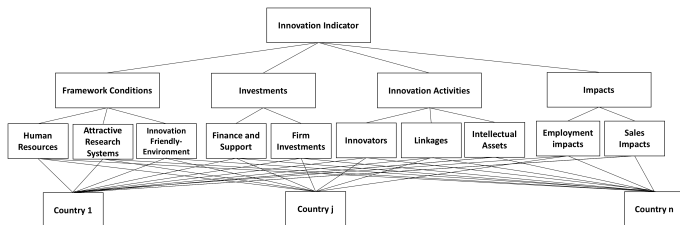


# Modelo AHP para los criterios y subcriterios del EIS

Criteria	Sub-criteria	
FRAMEWORK CONDITIONS	Human resources	1.1.1 New doctorate graduates 1.1.2 Population completed tertiary education 1.1.3 Lifelong learning
	Attractive research systems	1.2.1 International scientific co-publications 1.2.2 Scientific publications among top 10% most cited 1.2.3 Foreign doctorate students
	Innovation-friendly environment	1.3.1 Broadband penetration 1.3.2 Opportunity-driven entrepreneurship
	Finance and support	2.1.1 R&D expenditure in the public sector 2.1.2 Venture capital investments
	Firm investments	2.2.1 R&D expenditure in the business sector 2.2.2 Non-R&D innovation expenditure 2.2.3 Enterprises providing ICT training
	Innovators	3.1.1 SMEs with product or process innovations 3.1.2 SMEs with marketing or organisational innovations 3.1.3 SMEs innovating in-house
INNOVATION ACTIVITIES	Linkages	3.2.1 Innovative SMEs collaborating with others 3.2.2 Public-private co-publications 3.2.3 Private co-funding of public R&D expenditures
	Intellectual assets	3.3.1 PCT patent applications 3.3.2 Trademark applications 3.3.3 Design applications
IMPACTS	Employment impacts	4.1.1 Employment in knowledge-intensive activities 4.1.2 Employment fast-growing firms innovative sectors 4.2.1 Medium & high tech product exports
	Economic effects	4.2.2 Knowledge-intensive services exports 4.2.3 Sales of new-to-market and new-to-firm innovations

## European Innovation Scoreboard - AHP

La metodología para construir el EIS se basa en obtener el promedio de los 27 indicadores agrupados en cuatro grandes bloques: Condiciones Marco, Inversiones, Actividades Innovadoras e Impactos.  $w_i = 1/27$ .



## European Innovation Scoreboard - AHP

El método AHP (Analytical Hierarchy Process, Saaty, (1977)) permite obtener una jerarquización de alternativas en base a preferencias subjetivas del decisor.

# Encuesta AHP

	FC : Framework Conditions		I: Investement	
From your point of view, which criterion is more important to measure the innovation in a country?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
In which degree?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 3	<input checked="" type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 9
	LINK: Linkages		IA: Intellectual Assets	
From your point of view, when evaluating the Innovation Activities which sub-criteria is more important?	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
In which degree?	<input type="checkbox"/> 1	<input checked="" type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 9



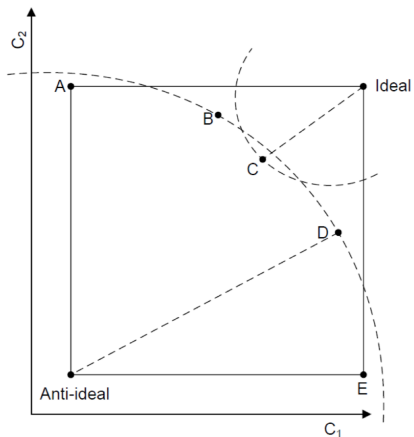
1. From your point of view which criterion is much important to measure innovation in a country? \*

FRAMEWORK CONDITIONS		INVESTMENT AND FINANCE	
Criteria	Sub-criteria	Criteria	Sub-criteria
Human resources	New doctorate graduates Population completed tertiary education Lifelong learning	Finance and support	R&D expenditure in the public sector Venture capital investments
Attractive research systems	International scientific co-publications Scientific publications among top 10% most cited Foreign doctorate students	Firm investments	R&D expenditure in the business sector Non-R&D innovation expenditure Enterprises providing ICT training
Innovation-friendly environment	Broadband penetration Opportunity-driven entrepreneurship		

- Framework conditions: Human resources, Attractive research systems, as well as Innovation-friendly environment
- Investments: Finance and support and Firm investments

in which level? \*

**TOPSIS:** Technique for order preference by similarity to an ideal solution, Hwang and Yoon (1981)



## Paso 1. Matriz de decisión normalizada

**Paso 1.** Para un conjunto de alternativas y criterios, obtener la matriz de decisión normalizada ( $n \times m$ ) con los valores  $r_{ij}$ :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

## Paso 2: Matriz de decisión normalizada ponderada

**Paso 2.** Calcular la matriz de decisión normalizada ponderada, en la que el valor  $v_{ij}$  es:

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (2)$$

donde  $w_j \in [0, 1]$  son los pesos obtenidos con el método AHP para cada indicador  $j$  de forma que  $\sum w_j = 1$ .

## Paso 3. Ideal positivo e Ideal negativo

**Paso 3.** Calcular los valores del ideal positivo y del ideal negativo:

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} = \{(\max_j v_{ij} \mid j \in J'), (\min_j v_{ij} \mid j \in J'')\} \quad (3)$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min_j v_{ij} \mid j \in J'), (\max_j v_{ij} \mid j \in J'')\} \quad (4)$$

donde  $J'$  representa un indicador que implica un beneficio y  $J''$  se asocia a indicadores que suponen un coste.



## Paso 4: Separación de los ideales

**Paso 4.** Obtener la medidas de separación a los ideales utilizando la distancia Euclidea.

La separación de cada alternativa al ideal positivo se obtiene como:

$$D_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

La separación de cada alternativa al ideal negativo se obtiene como:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

## Paso 5. Indicador sintético de innovación y ranking

**Paso 5.** Obtener el indicador sintético de innovación  $ISI_j$  para cada país como:

$$ISI_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^* + D_i^+}, i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

## Paso 6. Ranking

**Paso 6.** Ordenar los países de acuerdo con su proximidad relativa al ideal en orden descendiente.

# Index of contents

- 1 Introducción
  - Innovación en la UE
  - Motivación y objetivos
- 2 Metodología
  - Criterios y subcriterios del EIS
  - TOPSIS
- 3 Resultados y discusión
  - Cálculo de pesos
  - TOPSIS
  - Comparación de resultados
- 4 Conclusiones y Bibliografía

## EIS-2017 database

- a Pesos AHP para los agentes de la triple Hélice
- b Etapas de TOPSIS
- c Comparación de resultados

# Pesos AHP para los agentes de la triple Hélice

Criteria	Subcriteria	Industry	University	Government
Framework Conditions	Human resources	0.056	0.088	0.045
	Attractive research systems	0.079	0.099	0.069
	Innovation-friendly environment	0.065	0.075	0.075
Investments	Finance and support	0.128	0.097	0.076
	Firm investments	0.154	0.084	0.152
Innovation	Innovators	0.140	0.127	0.131
	Linkages	0.110	0.123	0.101
	Intellectual assets	0.093	0.114	0.093
Impact	Employment impacts	0.087	0.098	0.125
	Economic effects	0.088	0.095	0.133

# Etapas TOPSIS en Matlab

## MCDM Innovation

Topsis Methodology

### Contents

- Data and Weights
- Normalized Matrix
- Weighted Normalized Matrix
- Distance to the positive ideal
- Distance to the negative ideal
- Relative Proximity
- Ranking
- Top, Middle and Worst Countries

### Data and Weights

```
clc; clearvars; close all;

paisos_criteris;

X = xlsread('data_EIS_2017.xlsx');
[n,m] = size(X);

w = 1/m*ones(1,m);
```

### Normalized Matrix

```
r = X./sqrt(sum(X.^2));
```

### Weighted Normalized Matrix

```
V = r*diag(w);
```

### Distance to the positive ideal

```
Amax = max(V);

dif = V - ones(n,m)*diag(Amax);
di_mas = sqrt(sum(dif'.^2));
```

### Distance to the negative ideal

```
Amin = min(V);

dif = V - ones(n,m)*diag(Amin);
di_menos = sqrt(sum(dif'.^2));
```

# Posición en el ranking para cada agente de la innovación

	EIS	Industry	University	Government	I	U	G
AT	8	7	9	7	1	-1	1
BE	7	6	7	8	1	0	-1
BG	27	27	27	27	0	0	0
CY	16	18	16	19	-2	0	-3
CZ	18	17	18	15	1	0	3
DE	6	4	6	3	2	0	3
DK	2	2	2	2	0	0	0
EE	15	13	15	16	2	0	-1
EL	21	21	19	21	0	2	0
ES	19	25	24	23	-6	-5	-4
FI	3	3	3	4	0	0	-1
FR	10	10	11	11	0	-1	-1
HR	25	22	25	26	3	0	-1
HU	23	20	23	17	3	0	6
IE	11	11	10	10	0	1	1
IT	20	24	21	22	-4	-1	-2
LT	14	12	13	13	2	1	1
LU	4	9	5	9	-5	-1	-5
LV	24	19	20	24	5	4	0
MT	12	15	12	12	-3	0	0
NL	5	5	4	5	0	1	0
PL	26	26	26	25	0	0	1
PT	17	16	17	18	1	0	-1
RO	28	28	28	28	0	0	0
SE	1	1	1	1	0	0	0
SI	13	14	14	14	-1	-1	-1
SK	22	23	22	20	-1	0	2
UK	9	8	8	6	1	1	3



# Index of contents

- 1 Introducción
  - Innovación en la UE
  - Motivación y objetivos
- 2 Metodología
  - Criterios y subcriterios del EIS
  - TOPSIS
- 3 Resultados y discusión
  - Cálculo de pesos
  - TOPSIS
  - Comparación de resultados
- 4 Conclusiones y Bibliografía

# Conclusiones

- Existe un claro consenso sobre la importancia de **la innovación como motor de crecimiento económico**.
- Existen **diferentes metodologías** para medir la innovación.
- El carácter **multidimensional de la innovación** permite que los métodos **multicriterio** proporcionen soluciones mejoradas a los actuales indicadores como el EIS.
- Se propone incorporar **preferencias** de los agentes de la Triple Hélice de la innovación **universidad, industria y gobiernos** para obtener el peso de los criterios.
- El método **TOPSIS** permite encontrar una solución compromiso con menor distancia al ideal y con mayor distancia al anti-ideal.
- El método propuesto **complementa la clasificación del EIS** añadiendo la perspectiva de los agentes de la innovación.

## Futuras líneas de trabajo

- Ampliar la muestra de encuestas AHP.
- Utilizar otros métodos para el cálculo de pesos.
- Comparar los resultados con otro método.

## References

- Carayannis EG, Goletsis Y, Grigoroudis E (2018) Composite innovation metrics: MCDA and the Quadruple Innovation Helix framework. *Technological Forecasting and Social Change* 131:4, 17
- Dutta S, Lanvin B, Wunsch-Vincen, S (Eds) (2017) *The Global Innovation Index 2017*. Geneva: WIPO.
- Edquist C, Zabala-Iturriagoitia JM (2015) The Innovation Union Scoreboard is flawed: The case of Sweden? not being the innovation leader of the EU. *Papers in Innovation Studies* 2015/16
- Foray D, Hollanders H (2015) An assessment of the Innovation Union Scoreboard as a tool to analyse national innovation capacities: The case of Switzerland. *Research Evaluation* 24(2): 213-228.

## References

- Grupp H, Schubert T (2010) Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance. *Research Policy* 39(1):67–78.
- Makkonen T, van der Have RP (2013) Benchmarking regional innovative performance: Composite measures and direct innovation counts. *Scientometrics* 94(1):247–262.
- Hwang C.L. and Yoon K.S. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer, New York.
- Saaty, T.L. (1980). *Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.

# GRACIAS POR LA ATENCIÓN



GRUPO ESPAÑOL DE DECISIÓN MULTICRITERIO

## XII REUNIÓN GRUPO ESPAÑOL DE DECISIÓN MULTICRITERIO



Departamento de Economía y Ciencias Sociales

