

Proceso de Análisis Jerárquico

Problemas multicriterio: implica la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros (Osorio-Gómez y Orejuela-Cabrera 2008).

A continuación se describe y resuelve un ejemplo hipotético.

Paso 1

Define el problema: ubicación de una planta tratamiento de agua.

Tenemos varias alternativas en donde podríamos establecer una planta tratadora de agua para una ciudad:

Punto A	Punto B	Punto C
Costo del terreno: 6 millones; requiere tramitar y obtener Cambio Uso de Suelo (CUS).	Costo del terreno: 5 millones; no requiere CUS.	Costo del terreno: 4 millones; requiere tramitar y obtener Cambio Uso de Suelo (CUS).
Distancia a la periferia de la ciudad: 4 km.	Distancia a la periferia de la ciudad: 1.5 km.	Distancia a la periferia de la ciudad: 6 km.
Bajo potencial de olores en la cercanía de la ciudad; poco probable se acerque la mancha urbana.	Alto potencial de olores en la cercanía de la ciudad; muy probable se acerque la mancha urbana.	Nulo potencial de olores en la cercanía de la ciudad; muy poco probable se acerque la mancha urbana.
El área urbana más cercana son viviendas de interés social con mucho terrenos baldíos y con poco potencial comercial. Alta densidad.	El área urbana más cercana son viviendas tipo residencial de clase media; potencial medio para desarrollo comercial. Densidad media.	El área urbana más cercana son viviendas tipo residencial de clase media y alta; potencial alto para desarrollo comercial. Baja densidad.
Inversión en acceso y servicios: 6 millones	Inversión en acceso y servicios: 2 millones	Inversión en acceso y servicios: 10 millones
Distancia a zona agrícola: 1 km.	Distancia a zona agrícola: 3 km.	Distancia a zona agrícola: 1 km.

Paso 2

Establecer criterios sobre los cuales se tomará la decisión.

Criterios	Descripción
1	Costo del terreno y necesidad de trámites
2	Distancia a la ciudad
3	Externalidades negativas: olores
4	Área urbana a afectar
5	Costos de acceso y servicios
6	Cercanía con el área agrícola

Paso 3

Análisis por pares, donde se comparan cada una de las alternativas frente a cada criterio, par por par.

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la practica se puede demostrar su dominio
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

*Los valores: 2,4,6 y 8; se usan para definir preferencias intermedias

Para este ejemplo, se deben de generar 6 matrices de comparación, una para cada criterio. El formato es el siguiente:

Criterio 1 : Costo del terreno y trámites			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	5	3
Punto B	1/5	1	1/3
Punto C	1/3	3	1

La diagonal principal lleva "1". Se empieza comparando el Punto A con el Punto B usando la escala que se muestra arriba, luego el Punto A con el Punto C, se lee desde filas a columnas.

Por ejemplo el Punto B y el Punto C, si se prefiere el Punto B es que se quiere evitar el CUS, de otra forma se elegiría el Punto C que es más barato.

Para cada par, solo se llena la matriz triangular superior o inferior, su otro valor correspondiente se llenan en base al axioma recíprocal:

"Si frente a un criterio, una alternativa A es "n" veces mejor que B, entonces B es 1/n veces mejor que A".

Criterio 2 : Distancia a la ciudad			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	3	5
Punto B	1/3	1	6
Punto C	1/5	1/6	1

El criterio 2 podría ser de entre más lejos, mejor. El criterio 3 obvio lo que se quiere es evitar que el viento transporte malos olores a la ciudad.

Criterio 3 : Externalidades negativas			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	5	1/6
Punto B	1/5	1	7
Punto C	6	1/7	1

Se lee de hileras a columnas, pero la escala está hecha para interpretar A prefiere B, cuando no sea el caso, se debe de buscar la comparación inversa en la matriz triangular inferior y llenar con el recíproco la celda en la matriz triangular superior.

Criterio 4 : Área urbana a afectar			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	1/4	1/6
Punto B	4	1	1/3
Punto C	6	3	1

Aquí en Punto A fue es más castigado, se dio preferencia al sitio residencial con plusvalía comercial; el criterio pudiese ser otro, por ejemplo la densidad de las viviendas que significa más población. Los criterios varían de analista a analista, pero siempre se debe de tener un panel de expertos para que asignen las preferencias lo más objetivamente posible.

Criterio 5 : Costos de acceso y servicios			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	1/6	4
Punto B	6	1	7
Punto C	1/4	1/7	1

Para el criterio 5, la idea es minimizar costos para acceso y servicios. Por último, el agua tratada será usada para riego agrícola, la cercanía con las tierras de cultivo es una ventaja, ya que se reducen los costos de construir canales y tubería de conducción.

Criterio 6 : Cercanía con el área agrícola			
Alternativas	Punto A	Punto B	Punto C
Punto A	1	7	1
Punto B	1/7	1	1/7
Punto C	7	1/7	1

Paso 4

Cada matriz se normaliza. Esto es cada elemento se divide por la sumatoria de los elementos de su columna. Después se obtiene el vector de prioridad del criterio sumando las filas de la matriz estandarizada. Para este procedimiento usamos **R Studio**:

```

1 - #####
2  ### CREAR UNA MATRIZ PARA CADA CRITERIO
3  Criterio1=c(1,5,3,1/5,1,1/3,1/3,3,1) ### VECTOR CON LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ
4  Criterio1=matrix(data = Criterio1, ### USO EL VECTOR CON EL COMANDO DE R "matrix()"
5                    nrow = 3, ## numero de lineas
6                    ncol = 3, ### numero de columnas
7                    byrow = TRUE ### llenado por lineas
8  )
9  Criterio1 #### verifico la matriz
10 ##### estandarizo
11 Criterio1Std=sweep(Criterio1, 2, colSums (Criterio1), "/")
12 Criterio1Std
13 # vector de prioridad del criterio
14 Criterio1_VP=rowSums(Criterio1Std)/3
15 names(Criterio1_VP)=c("Punto A", "Punto B", "Punto C")
16 ##### Vector de Prioridad
17 Criterio1_VP
18
19 ##### REPETIR PARA CADA UNA DE LAS OTROS 5 CRITERIOS
20

```

Paso 5

Se agrupan los vectores obtenidos en el "Paso 4". Las hileras representan los "Puntos" o lugares y las columnas los criterios.

```

125 #####
126 Criterios_All=cbind(Criterio1_VP,Criterio2_VP,Criterio3_VP,
127                   Criterio4_VP, Criterio5_VP, Criterio6_VP)
128 criterios=c("C1", "C2", "C3", "C4", "C5", "C6")
129 colnames(Criterios_All)=criterios
130 Criterios_All
131
131:1 # (Untitled)
R Script
Console ~/Google Drive/AlanFiles/PAPERS/SANMIGUEL/D3Nets/Bridging_Social/
> Criterios_All
      C1      C2      C3      C4      C5      C6
Punto A 0.6333457 0.59628019 0.3244168 0.08694791 0.19951237 0.48304094
Punto B 0.1061563 0.31913043 0.3492371 0.27371757 0.72485197 0.06900585
Punto C 0.2604980 0.08458937 0.3263460 0.63933452 0.07563567 0.44795322
> |

```

Paso 6

Se aplica el mismo procedimiento del “Paso 3” y el “Paso 4” pero ahora a los criterios. Supongamos que los criterios más importantes son el no afectar a la ciudad con externalidades negativas, no afectar áreas de plusvalía y estar cerca del área agrícola. Con esto vamos a crear el vector de prioridad de los criterios.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/5	1/6	1/6	2	1/4
C2	5	1	1	2	2	2
C3	6	1	1	2	6	1
C4	6	1/2	1/2	1	5	2
C5	1/2	1/5	1/6	1/5	1	1/3
C6	4	1/2	1	1/2	3	1

Abajo se muestra el código de R, en R Studio para seguir con el procedimiento.

```

133 ~ #####
134 #vector de prioridad de los criterios.
135 VPC=c(
136   1, 1/5, 1/6, 1/6, 2, 1/4,
137   5, 1, 1, 2, 2, 2,
138   6, 1, 1, 2, 6, 1,
139   6, 1/2, 1/2, 1, 5, 2,
140   1/2, 1/5, 1/6, 1/5, 1, 1/3,
141   4, 1/2, 1, 1/2, 3, 1
142 )
143 VPC=matrix(data = VPC, ### USO EL VECTOR CON EL COMANDO DE R "matrix()"
144           nrow = 6, ## numero de lineas
145           ncol = 6, ### numero de columnas
146           byrow = TRUE ### llenado por lineas
147 )
148 VPC #### verifico la matriz
149 #### estandarizo
150 VPCStd=sweep(VPC, 2, colSums (VPC), "/");VPCStd
151 VPCStd_V=rowSums(VPCStd)/3
152 names(VPCStd_V)=criterios
153 ##### Vector|
154 VPCStd_V

```

153:13 (Untitled) R Script

Console ~/Google Drive/AlanFiles/PAPERS/SANMIGUEL/D3Nets/Bridging_Social/

```

> VPCStd_V
      C1      C2      C3      C4      C5      C6
0.10613106 0.50905972 0.54341706 0.42719006 0.08729314 0.32690897
> |

```

Paso 7

Para obtener las preferencias finales se multiplican matricialmente: la matriz obtenida en el “Paso 5” y la que se obtuvo en el paso anterior (en ese orden).

```

156 ~ #####
157 class(Criterios_All)
158 dim(Criterios_All) # 3x6
159 class(VPCStd_V)
160 VPCStd_V=as.matrix(VPCStd_V) #### convertimos a matriz este objeto
161 dim(VPCStd_V) # 6x1
162 ### multiplicamos matricialmente
163 Criterios_All%*%VPCStd_V
164

```

164:1 (Untitled) R Script

Console ~/Google Drive/AlanFiles/PAPERS/SANMIGUEL/D3Nets/Bridging_Social/

```

> Criterios_All%*%VPCStd_V
      [,1]
Punto A 0.3797616
Punto B 0.2831335
Punto C 0.3371049
> |

```

Resultados

Alternativas	Prioridades
Punto A	38%
Punto B	28%
Punto C	34%
	100%

En este ejercicio se muestra que el Punto A es el que mejor satisface los criterios en base a las preferencias manifestadas. Los tres puntos no ofrecen mucha diferencia, lo que indica que se fue conservador y no existen posiciones extremas.

Este método es una opción para objetivamente capturar, sistematizar, analizar y presentar las preferencias en uno o más analistas de un proyecto, hacia un conjunto de criterios de selección.

Coeficiente de consistencia

```

167
168 ▾ #####
169 # Indicadores de consistencia para los criterios
170 # Matriz en cuestion
171 VPC
172 # Matriz estandarizada
173 rownames(VPCStd)=criterios; colnames(VPCStd)=criterios;VPCStd
174 #promedios
175 VPCStd_V
176 # multiplico la matriz estandarizada por el promedio
177 M1=as.matrix(VPC[1,]);Mp=t(as.matrix(VPCStd_V));(Mp**M1)/VPCStd_V[1]
178 M1=as.matrix(VPC[2,]);(Mp**M1)/VPCStd_V[2]
179 M1=as.matrix(VPC[3,]);(Mp**M1)/VPCStd_V[3]
180 M1=as.matrix(VPC[4,]);(Mp**M1)/VPCStd_V[4]
181 M1=as.matrix(VPC[5,]);(Mp**M1)/VPCStd_V[5]
182 M1=as.matrix(VPC[6,]);(Mp**M1)/VPCStd_V[6]
183 # manualmente copy and paste los valores en el vector de abajo
184 CI=(mean(c(5.898597,6.415586,6.246236,6.274721,6.038823,6.19394))-6)/5
185 CR=CI/1.24
186 # [1] 0.02870707
187 # CR de 0.10 o menos es considerado aceptable
188
189

```

Arriba en la línea 185 del código de R, el valor de 1.24 varía en función del orden de la matriz, esto es el número de líneas (columnas); en nuestro ejemplo teníamos 6.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0.00	0.00	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.46	1.49

Notes: *n* = order of matrix
Random inconsistency indices for *n* = 10 (Saaty, 1980)

Este coeficiente también se puede calcular para cada una de las matrices 3x3 individuales construidas para cada uno de los criterios.

Referencias

OSORIO GÓMEZ, JUAN CARLOS y OREJUELA CABRERA, JUAN PABLO. EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN. Scientia Et Technica, vol. XIV, núm. 39, septiembre, 2008, pp. 247-252 Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia