

Resolución del problema de conjunto dominante de influencia positiva mínima en redes sociales mediante metaheurísticas

XVI Congreso Nacional sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados (MAEB).

Iván Penedo (ivan.penedo@urjc.es)

Isaac Lozano-Osorio (isaac.lozano@urjc.es)

Jesús Sánchez-Oro (jesus.sanchezoro@urjc.es)

Óscar Cordon (ocordon@decsai.ugr.es)



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



Índice

1 Introducción

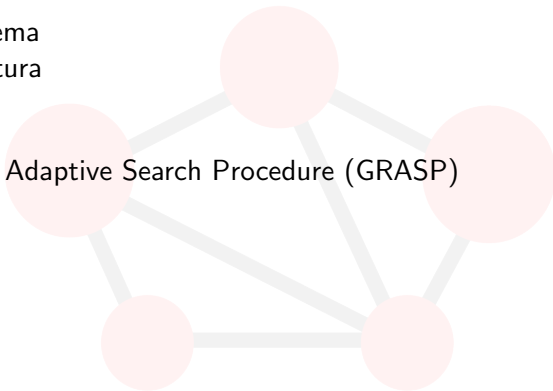
- Definición del problema
- Revisión de la literatura

2 Propuesta

- Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)
- Reglas de reducción
- Constructivo
- Mejora

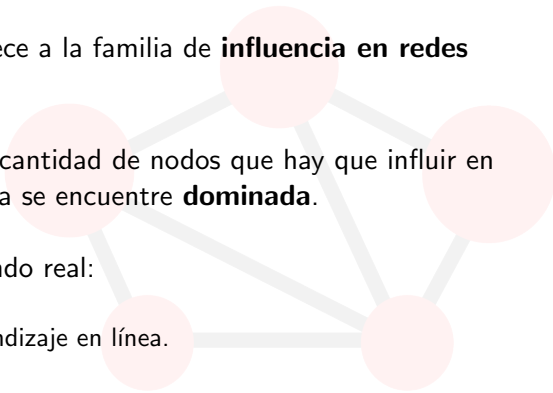
3 Resultados

4 Conclusiones



Introducción

- El **problema** pertenece a la familia de **influencia en redes sociales**.
- Busca **minimizar** la cantidad de nodos que hay que influir en una red para que esta se encuentre **dominada**.
- Aplicaciones del mundo real:
 - Marketing Viral.
 - Software de aprendizaje en línea.

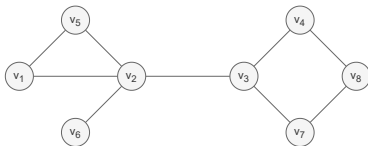


Introducción

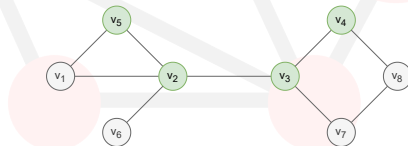
Definición formal del problema

Dada una red social representada mediante un grafo $G = (V, E)$, la solución sería un **conjunto de vértices** que, al influir sobre ellos, se consiga una red dominada al completo.

Para **dominar** un vértice v , **al menos la mitad de sus vértices** vecinos $N(v)$ deben estar contenidos en el conjunto solución S .



(a) Grafo con 7 nodos y 9 aristas.



(b) Solución S .

Introducción

Función objetivo

La solución consiste en obtener un subconjunto de vértices S que al influir sobre ellos se consiga dominar la red al completo con la cardinalidad **mínima**.

minimizar

$$\sum_{i=1}^{|V|} x_i$$

sujeto a

$$\sum_{v_j \in N(v_i)} x_j \geq \left\lceil \frac{|N(v_i)|}{2} \right\rceil \quad \forall i \in V \quad (1)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in V$$

Introducción

Revisión de la literatura

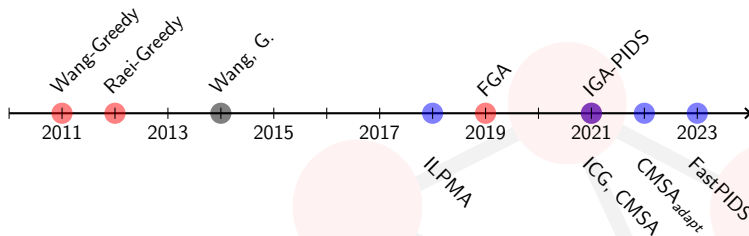


Figura 2: Cronograma del estado del arte.

Los estudios de revisión del estado del arte destacan estudios sobre algoritmos voraces y de heurísticas.

Los problemas de conjuntos dominantes de tamaño mínimo como el estudiado son problemas **NP-Hard**.

Propuesta

Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)

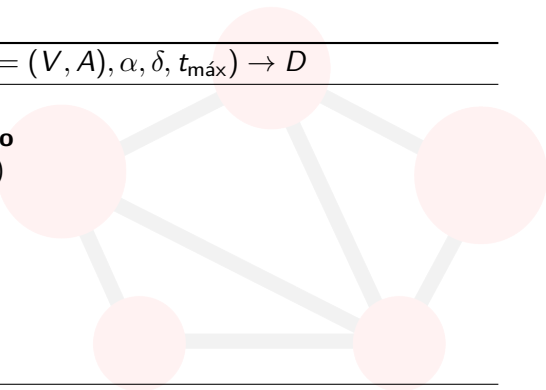
- Propuesta por **Feo et al.** en 1994.
- Técnica de optimización multi-arranque dividida en dos etapas:
 - ➊ Fase constructiva parametrizada que obtenga una solución inicial.
 - ➋ Procedimiento de mejora.
- Estas etapas se repiten hasta un criterio de parada y devolviendo la mejor solución obtenida.

Propuesta

Greedy Randomized Adaptive Search Procedure (GRASP)

Algoritmo 1 $GRASP (G = (V, A), \alpha, \delta, t_{\text{máx}}) \rightarrow D$

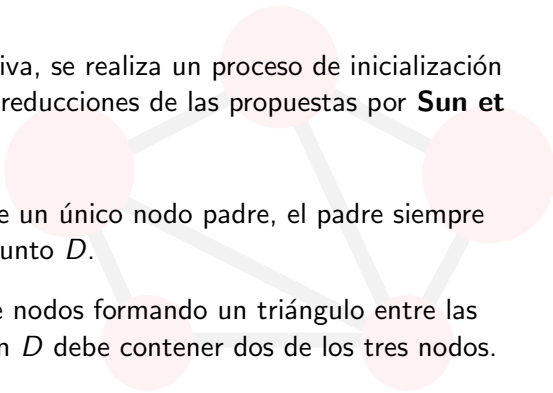
```
1:  $D_b \leftarrow V$ 
2: while  $tiempo \leq t_{\text{máx}}$  do
3:    $D \leftarrow Construir(G, \alpha)$ 
4:    $D \leftarrow Mejorar(D, \delta)$ 
5:   if  $|D| < |D_b|$  then
6:      $D_b \leftarrow D$ 
7:   end if
8: end while
9: return  $D_b$ 
```



Propuesta

Reducciones de vecindades

Previo a la fase constructiva, se realiza un proceso de inicialización donde se aplican algunas reducciones de las propuestas por **Sun et al.**

- 
- 1 Si un nodo hoja tiene un único nodo padre, el padre siempre debe estar en el conjunto D .
 - 2 En una estructura de nodos formando un triángulo entre las relaciones, la solución D debe contener dos de los tres nodos.

Propuesta

Constructivo voraz

- Añade vértices al conjunto solución utilizando el grado como **criterio voraz**.
- Proceso:
 - Se selecciona un vértice v siguiendo el **grado** para dominarlo.
 - Utilizando el mismo criterio sobre los **vecinos de** v , se añaden los vértices requeridos para dominar el vértice seleccionado.
 - El número de vértices requeridos para dominar el vértice v sería $\max(0, \lceil \frac{\deg(v)}{2} \rceil - |N \cap S|)$.
- Al final se realiza una eliminación de nodos redundantes para reducir la cardinalidad de la solución manteniendo su factibilidad.

Propuesta

Constructivo voraz aleatorizado

El parámetro α controla el balance entre el criterio voraz y la aleatorización durante el constructivo.



Siendo $\alpha = 0$ completamente voraz, $\alpha = 1$ completamente aleatorio y $\alpha = RND$ un valor dinámico en dicho rango.

Propuesta

Búsqueda local

Mejora la solución mediante un proceso en tres pasos para cada vértice del conjunto D :

- 1 Genera un agujero de tamaño δ en un vértice $v \in D$. En este proceso se eliminan del conjunto D aquellos nodos no fijados de la δ vecindad del vértice seleccionado.
- 2 Reconstruye la solución utilizando el constructivo previo con α completamente voraz.
- 3 Eliminación de nodos redundantes.

Se recupera la mejor solución obtenida en el proceso.

Propuesta

Búsqueda local

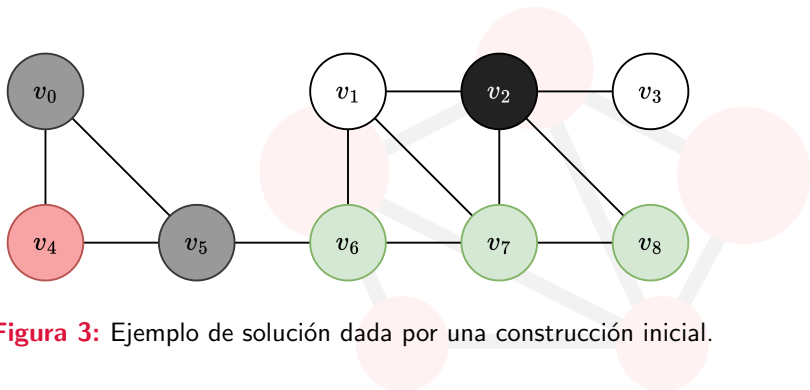


Figura 3: Ejemplo de solución dada por una construcción inicial.

Propuesta

Búsqueda local

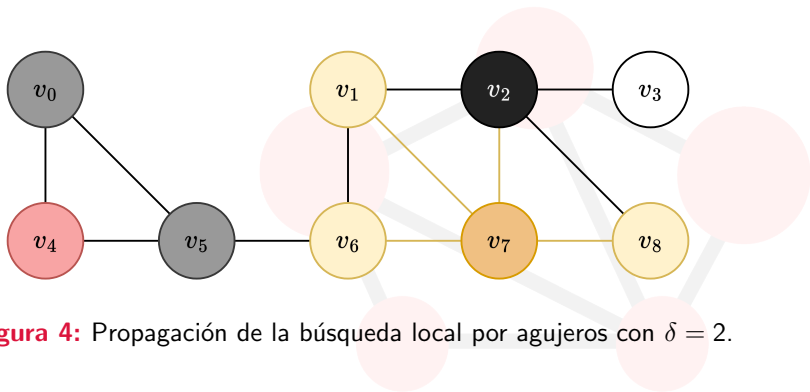


Figura 4: Propagación de la búsqueda local por agujeros con $\delta = 2$.

Propuesta

Búsqueda local

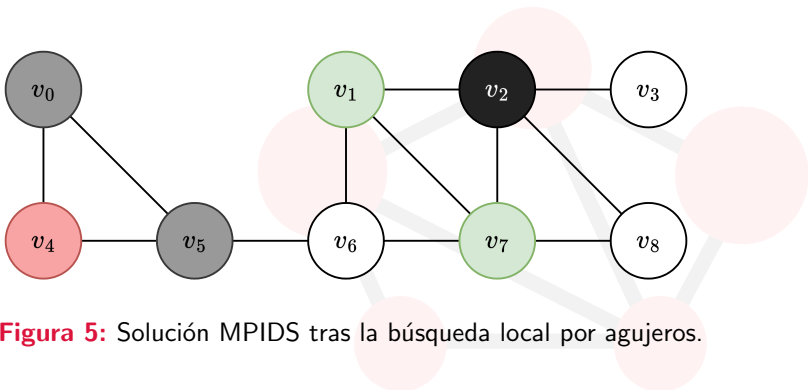


Figura 5: Solución MPIDS tras la búsqueda local por agujeros.

Resultados

Entorno

- Lenguaje de programación: **Java 21**.
- Características del servidor: Ubuntu Server 20.04 con **96GB** de RAM en **AMD EPYC 7282** usando un único núcleo.
- Métricas:
 - **Promedio**: media de la función objetivo.
 - **Tiempo (s)**: tiempo de ejecución en segundos.
 - **Desv. (%)**: desviación media de la mejor solución conocida.
 - **# Mejores**: veces que el algoritmo es capaz de alcanzar la mejor solución del experimento.
- Instancias:
 - Preliminares: de 34 a 59.216.211 **nodos**, y de 78 a 92.522.017 **aristas**.
 - Finales: de 34 a 59.216.211 **nodos**, y de 78 a 261.321.071 **aristas**.

Resultados

Configuración de la búsqueda local

δ	Promedio	Tiempo (s)	Desv. (%)	# Mejores
1	621659.84	2.87	4.25	3
2	565363.71	252.13	0.13	40
3	565325.10	675.54	0.54	13

Tabla 1: Comparativa de diferentes valores para el parámetro δ en la fase de agujereado.

Resultados

Configuración de la fase constructiva

α	Promedio	Tiempo (s)	Desv. (%)	# Mejores
<i>RND</i>	593147.63	3600.23	0.44	5
0.00	565363.71	252.13	1.30	6
0.25	615990.47	3600.16	0.51	12
0.50	593060.12	3600.17	0.35	15
0.75	579615.39	3600.22	0.25	14
1.00	643084.12	3600.26	0.63	24

Tabla 2: Comparativa de diferentes configuraciones del parámetro α en la fase de construcción.

Resultados

GRASP frente al estado del arte

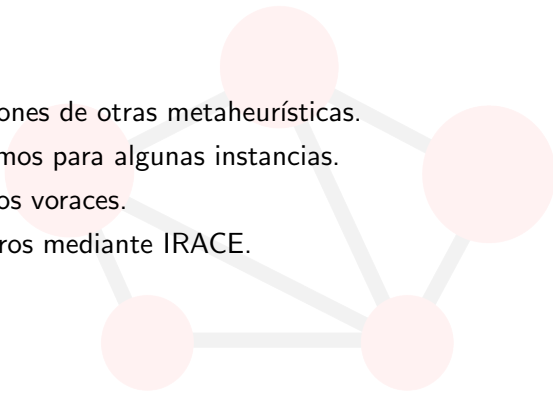
Algoritmo	Promedio	Tiempo (s)	Desv. (%)	# Mejores
FastPIDS	1023870.82	3600.00	0.00	195
GRASP	1069583.08	3629.33	5.54	4

Tabla 3: Comparativa la propuesta GRASP frente al estado del arte.

Conclusiones

Trabajos futuros

- Estudiar las aportaciones de otras metaheurísticas.
- Obtener valores óptimos para algunas instancias.
- Analizar otros criterios voraces.
- Estudiar los parámetros mediante IRACE.
- Optimizar el código.



Resolución del problema de conjunto dominante de influencia positiva mínima en redes sociales mediante metaheurísticas

XVI Congreso Nacional sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados (MAEB).

Iván Penedo (ivan.penedo@urjc.es)

Isaac Lozano-Osorio (isaac.lozano@urjc.es)

Jesús Sánchez-Oro (jesus.sanchezoro@urjc.es)

Óscar Cordon (ocordon@decsai.ugr.es)



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

