

5



Foto: Cees Bol

# MEJORAS DEL ALGORITMO

## PSO

## MEJORAS DEL ALGORITMO PSO ORIGINAL (I)



- ▶ **Velocidades excesivamente altas**
- ▶ Consecuencias:
  - ✓ Algunas partículas se salen de los límites del espacio de búsqueda.
  - ✓ El algoritmo no alcanza la convergencia hacia el óptimo.



## MEJORAS DEL ALGORITMO PSO ORIGINAL (II)



- ▶ Solución 1:
- ▶ Limitar la velocidad de cada partícula.

$$v_{max} = k(x_{max} - x_{min})/2$$

donde:

- ✓  $x_{min}$  y  $x_{max}$  son los límites inferior y superior del espacio de búsqueda.
- ✓  $k$  se fija entre 0.1 y 1



## MEJORAS DEL ALGORITMO PSO ORIGINAL (III)



### ► Solución 2:

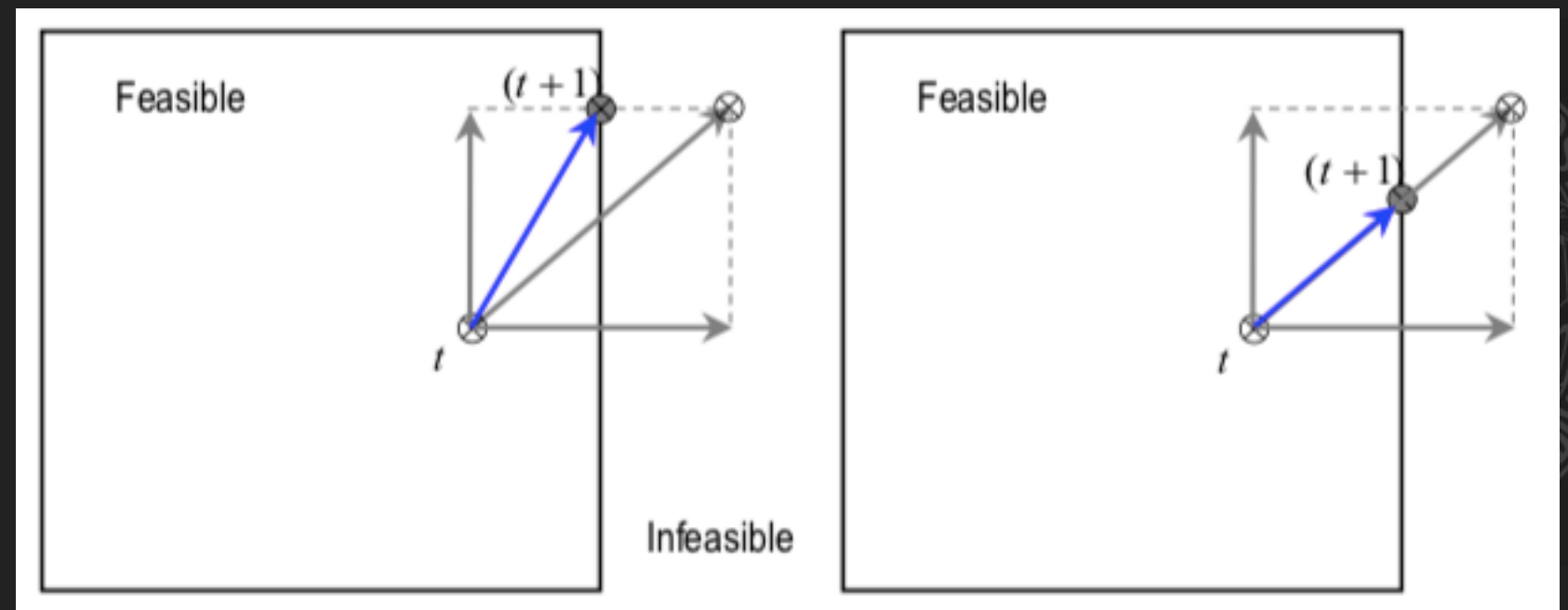
Si  $x_i > x_{\max}$  entonces

$$x_i = x_{\max}$$

Si  $x_i < x_{\min}$  entonces

$$x_i = x_{\min}$$

$$v_i = 0$$



```
particulas[i][d] = np.clip(particulas[i][d], limite_inf, limite_sup)
```

## MEJORAS DEL ALGORITMO PSO ORIGINAL (IV)



- ▶ Solución 3:
- ▶ **Coeficiente de inercia dinámico** lineal (o **inercia modulada**):

$$w(t) = w_{max} - \left( \frac{w_{max} - w_{min}}{t_{max}} \right) \cdot t$$

donde:

$w_{max}$  es el peso de inercia inicial (típicamente 0.9)

$w_{min}$  es el peso de inercia final (típicamente 0.4)

$t_{max}$  es el número máximo de iteraciones

$t$  es el número de iteración actual





## FACTOR DE CONSTRICCIÓN (I)



- Equilibrio entre búsquedas locales y globales (exploración y explotación).

$$\vec{v}_{id} = \chi (v_{id} + c_1 \epsilon_1 (p_{id} - x_{id}) + c_2 \epsilon_2 (p_{gd} - x_{id}))$$

$$\chi = \frac{2}{\left| 2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi} \right|}, \varphi = c_1 + c_2$$

## FACTOR DE CONSTRICCIÓN (II)



- ▶  $\varphi < 4 \Rightarrow$  el enjambre lentamente “gira en espiral” hacia y alrededor de la mejor solución encontrada en el espacio de búsqueda sin garantía de convergencia.
- ▶  $\varphi > 4 \Rightarrow$  la convergencia será rápida y garantizada.
- ▶  $\varphi = 4.1$  (para asegurar la convergencia)  $\Rightarrow \chi \approx 0.72984$  ( $c_1 = c_2 = 2.05$ ).



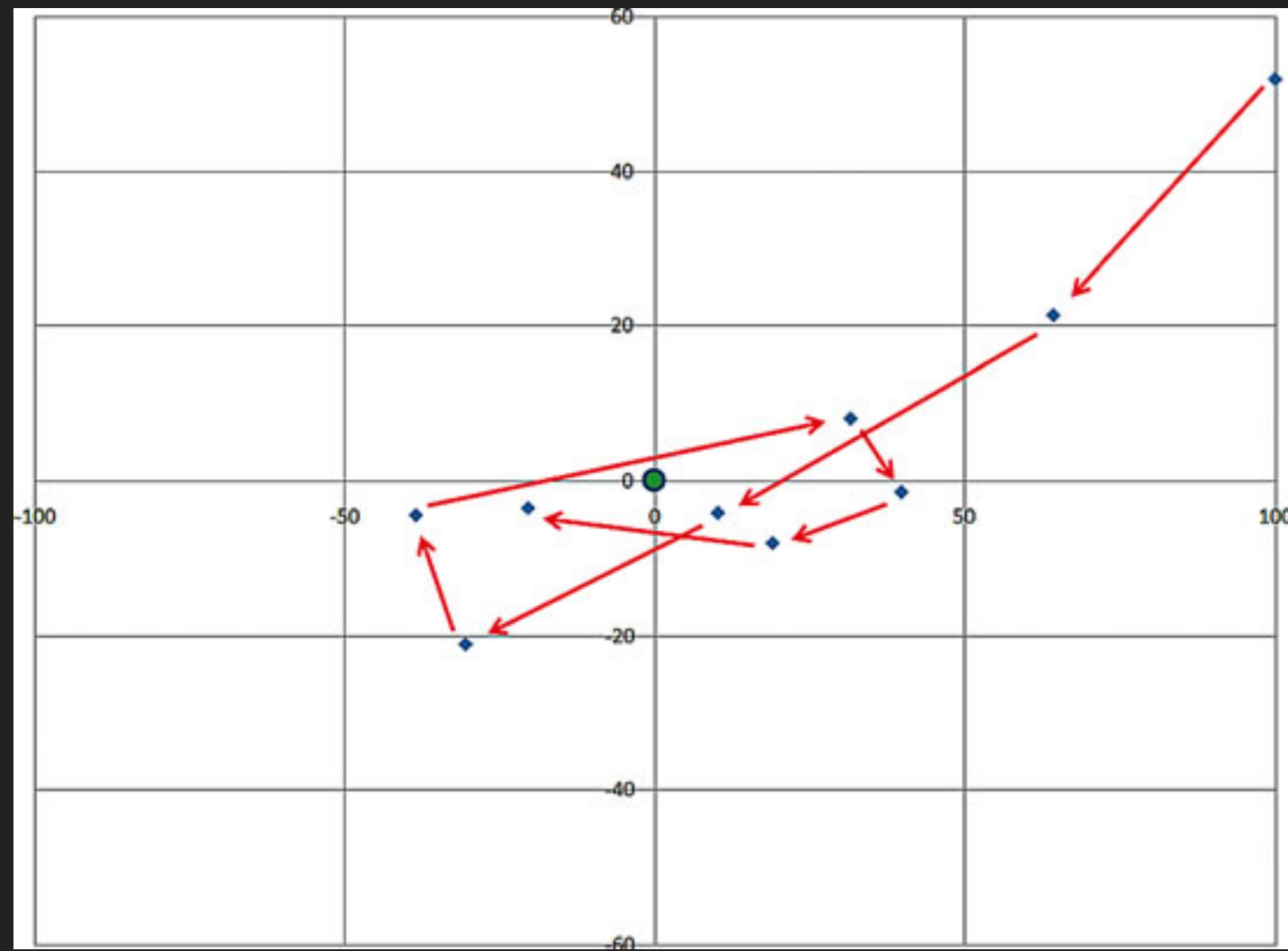
$$\vec{v}_{id} = \chi (v_{id} + c_1 \epsilon_1 (p_{id} - x_{id}) + c_2 \epsilon_2 (p_{gd} - x_{id}))$$

$$\chi = \frac{2}{\left| 2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi} \right|}, \varphi = c_1 + c_2$$

## FACTOR DE CONSTRICCIÓN (III)



►  $\varphi < 4$

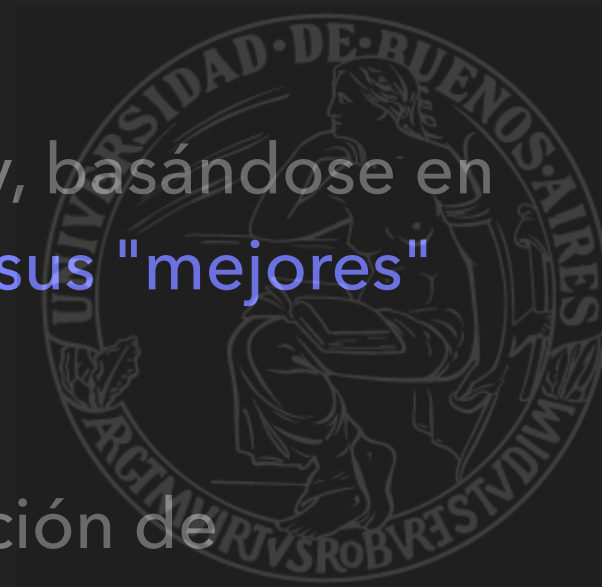




## VECINDADES



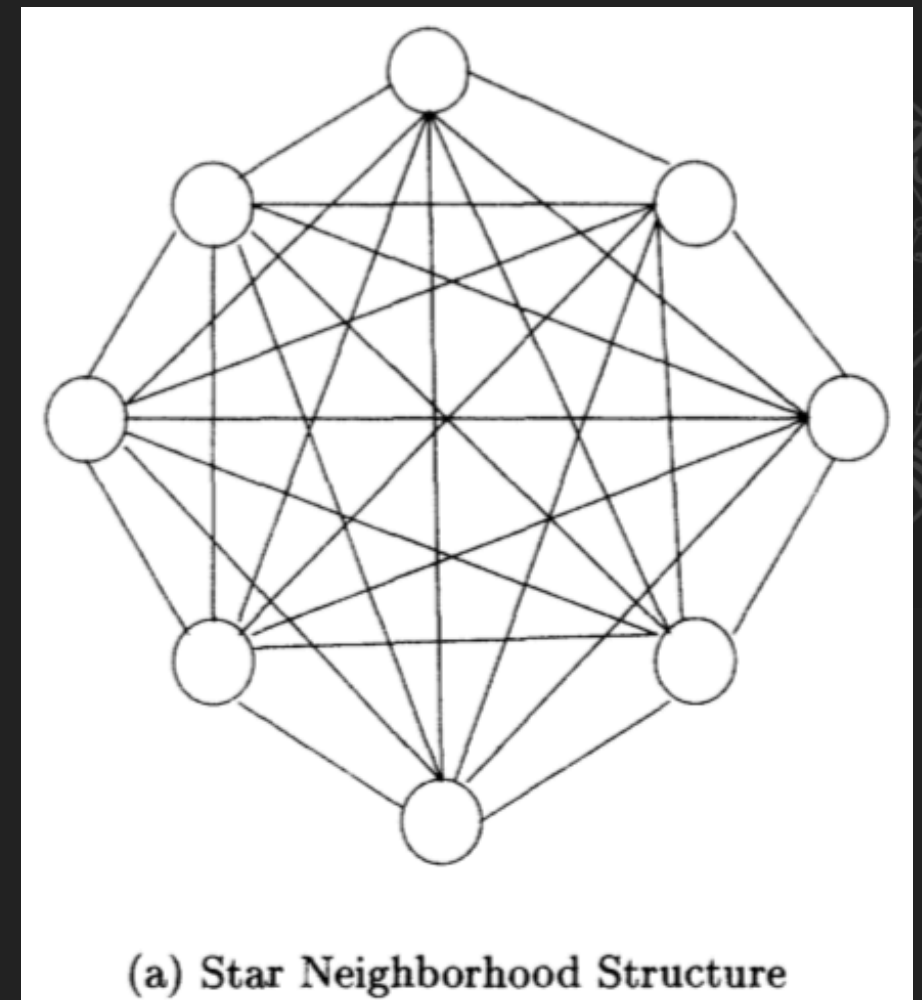
- ▶ El funcionamiento de PSO se basa en el principio de **vecindad** como estructura de red social de partículas.
- ▶ Las **partículas** dentro del enjambre **aprenden** unos de otros y, basándose en el conocimiento obtenido, se mueven **para parecerse más a sus "mejores" vecinos**.
- ▶ La estructura social de PSO se determina mediante la formación de **vecindades**.
- ▶ Las partículas dentro de un vecindario se comunican entre sí.
- ▶ Dependiendo de con quién o quienes se comuniquen las partículas se tendrán diferentes estructuras o **topologías**.



## TOPOLOGIAS (I)



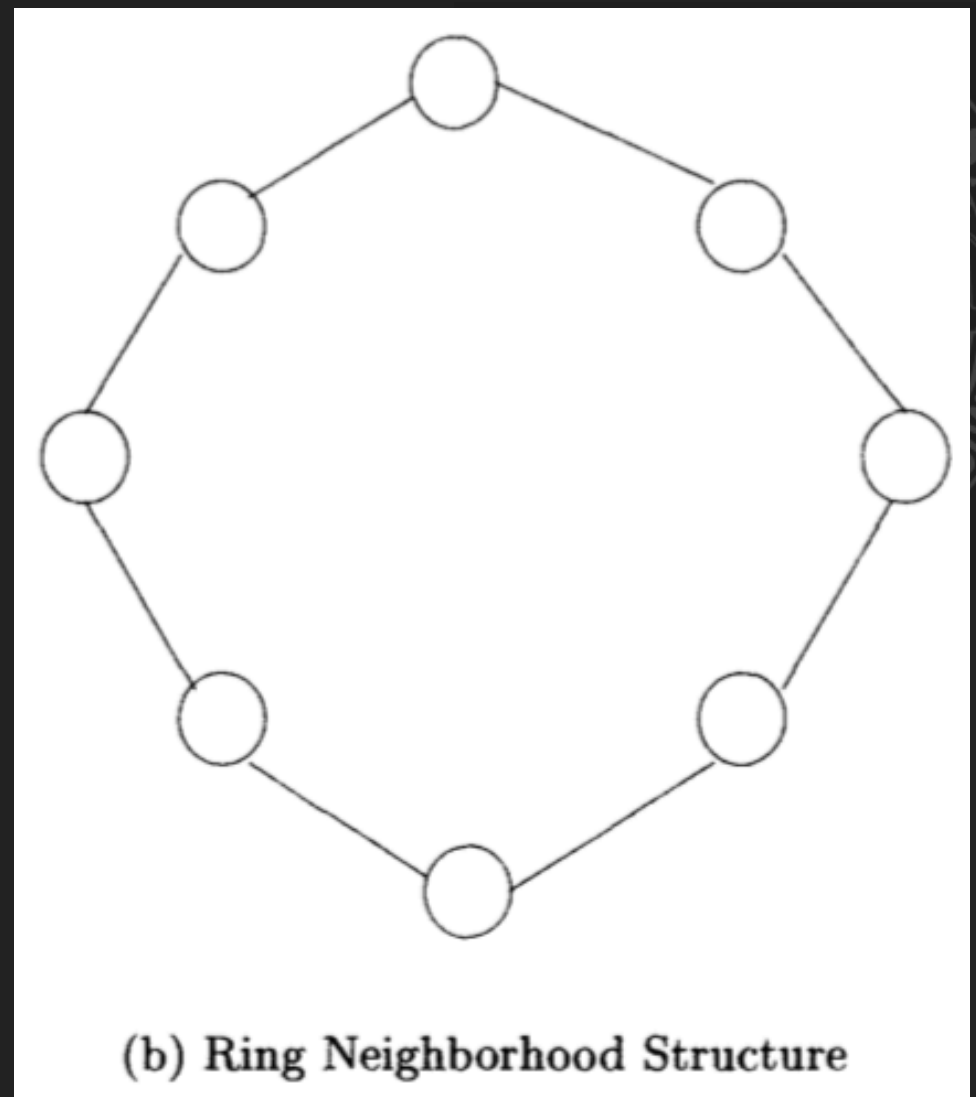
- ▶ Topología en **Estrella**
- ▶ Cada partícula puede comunicarse con cualquier otro individuo, formando una red social **completamente conectada**.
- ▶ Cada partícula es atraída **hacia la mejor partícula** (la mejor solución al problema) encontrada por cualquier miembro del enjambre completo.
- ▶ Cada partícula **imita** la mejor partícula en general.
- ▶ La estructura de vecindad en estrella se utilizó en la primera versión del algoritmo PSO, denominada **gbest**.



## TOPOLOGIAS (II)



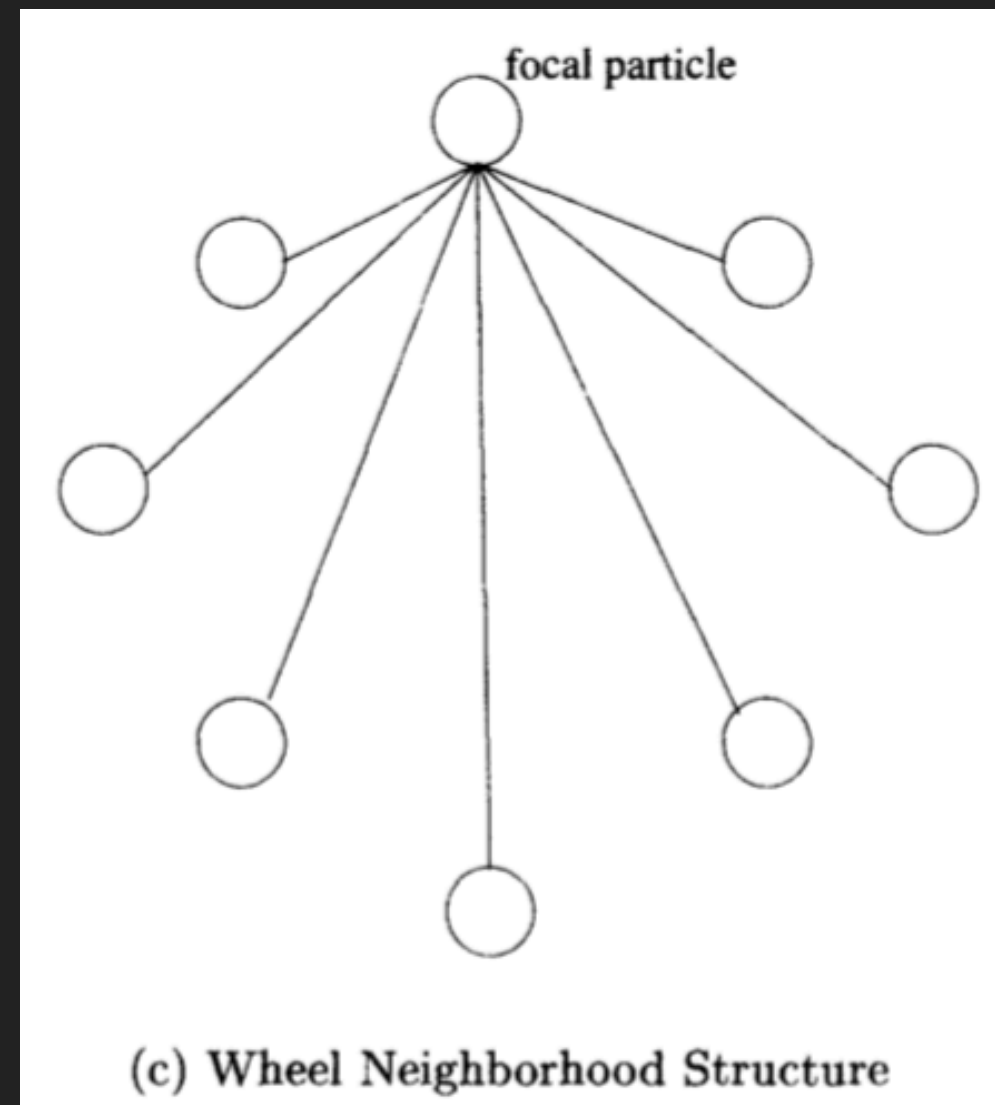
- ▶ Topología en **Anillo**
- ▶ En este caso cada partícula se comunica con sus  $n$  vecinos inmediatos. En el caso de  $n = 2$ , una partícula se comunica con sus vecinas inmediatamente adyacentes.
- ▶ Cada partícula intenta acercarse al mejor individuo de su vecindario.
- ▶ Esta versión del algoritmo PSO se conoce como **lbest**.
- ▶ La estructura de vecindad circular tiene la ventaja de que se atraviesa un área más grande del espacio de búsqueda pero la convergencia es más lenta (Eberhart et al. 1996, Kennedy 1999, Kennedy y Eberhart 1999).



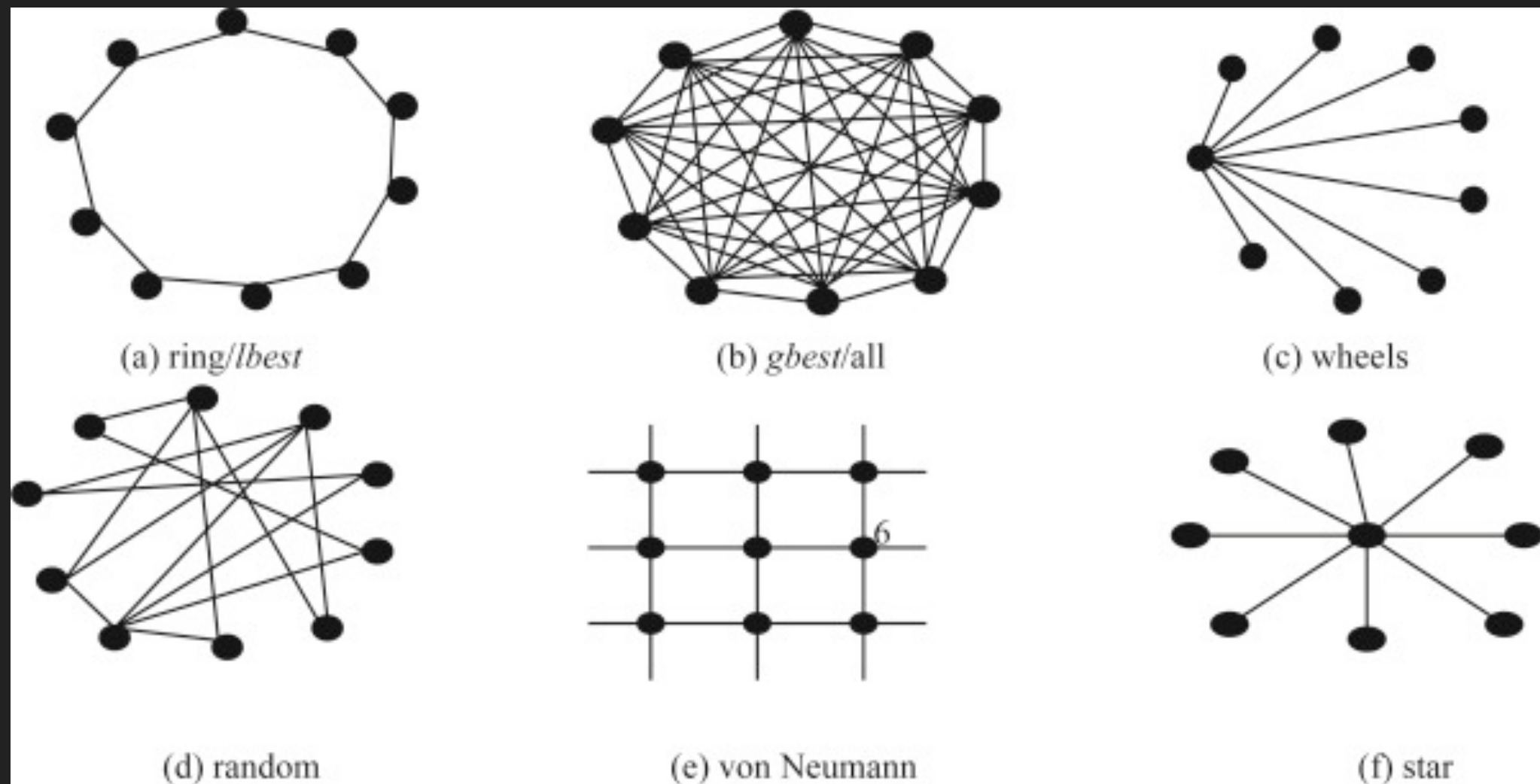
## TOPOLOGIAS (III)



- ▶ Topología de las **Ruedas**
- ▶ Sólo una partícula está conectada a todas las demás, lo que efectivamente aísla a los individuos entre sí.
- ▶ Sólo esta **partícula focal** ajusta su posición hacia la mejor partícula.
- ▶ Si el ajuste a la **partícula focal** da como resultado una **mejora** en el desempeño de ese individuo, la mejora se **comunica** a las otras partículas.



## TOPOLOGIAS (IV)



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEB



- ▶ J. Kennedy, R. Eberhart. (1995). Particle swarm optimization (in Neural Networks). Proceedings., IEEE International Conference on, vol. 4, pp. 1942 -1948 vol.4.
- ▶ Engelbrecht, A. P. (2007). Computational intelligence: an introduction. John Wiley & Sons.
- ▶ Clerc, M. (2010). Particle swarm optimization (Vol. 93). John Wiley & Sons.
- ▶ Shi, Y., & Eberhart, R. (1998). A Modified Particle Swarm Optimizer. Proceedings of the IEEE International Conference on Evolutionary Computation, 1998. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No.98TH8360), Anchorage, AK, USA, 1998, pp. 69-73. DOI: 10.1109/ICEC.1998.699146.
- ▶ Bratton, D., & Kennedy, J. (2007, April). Defining a standard for particle swarm optimization. In 2007 IEEE swarm intelligence symposium (pp. 120-127). IEEE.
- ▶ Parsopoulos, K. E., & Vrahatis, M. N. (2002). Particle swarm optimization method for constrained optimization problems. Intelligent technologies-theory and application: New trends in intelligent technologies, 76(1), 214-220.

