

# Maestría y Doctorado en Ciencia de la Computación

Inteligencia Artificial

Programación Evolutiva

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas  
ehinojosa@unsa.edu.pe  
29 de Agosto del 2020



UNSA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

# Índice



Objetivos del Curso

Programación Evolutiva

Predicción con Máquina de Estado Finito

# Objetivos del Curso



- ▶ **Conocer, comprender e implementar algoritmos evolutivos para resolver problemas complejos.**
- ▶ Conocer, comprender e implementar algoritmos de inteligencia de enjambre para resolver problemas complejos.
- ▶ Conocer, comprender e implementar algoritmos inmunes artificiales para resolver problemas complejos.
- ▶ Conocer, comprender e implementar sistemas basados en lógica difusa para resolver problemas complejos.



- 

Figure: Lawrence Fogel

# Programación Evolutiva



- ▶ La aplicación inicial del PE fue simular un proceso evolutivo en una población de máquinas de estado finito con el fin de estudiar el desarrollo de un comportamiento inteligente y de resolución de problemas (por ejemplo, predicción).
- ▶ Por lo tanto, a diferencia de la EE, el enfoque inicial de la PE fue la adaptación del conjunto de comportamientos de un individuo en lugar de la evolución de un conjunto de variables de solución para un problema de optimización.

# Programación Evolutiva



- ▶ La PE se basa en la evolución natural, pero considerando que el proceso evolutivo no se centra en el nivel de los individuos, sino en el nivel de las especies enteras.
- ▶ En la PE cada individuo representa una especie, por lo tanto no existe intercambio genético a través de especies, por ello se omite el operador de cruzamiento.



# Algoritmo Programación Evolutiva

## Evolutionary Programming Algorithm

Select the representation for the structures which are being evolved;

Let  $t := 0$ ;

Randomly create an initial population of parent structures  $P(t)$ ;

Evaluate each member of the population;

**repeat**

    Apply a mutation operator to members of  $P(t)$  to create a set of child structures  $P'(t)$ ;

    Evaluate fitness of all members of  $P'(t)$ ;

    Apply selection process to obtain  $P(t+1)$  from  $P(t) \cup P'(t)$ ;

    Let  $t := t + 1$ ;

**until** *terminating condition*;

# Mutación



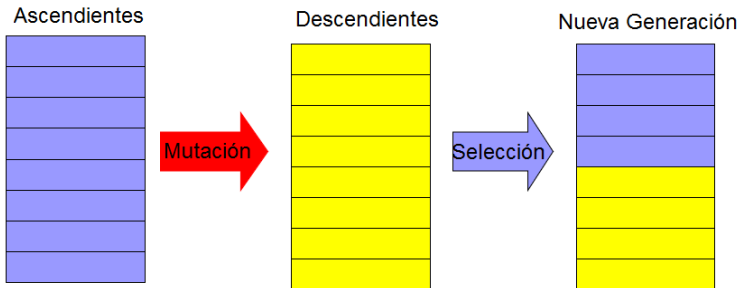
- ▶ La PE utiliza un proceso de mejora iterativo por el que se modifica una población de individuos ascendientes utilizando un operador de mutación adecuadamente definido, y se lleva a cabo un proceso de selección para ver qué estructuras sobreviven en la siguiente iteración del algoritmo.
- ▶ Un aspecto crítico en la aplicación de la PE a un problema es el diseño de un operador de mutación apropiado.





# Selección de la Nueva Población

- Una de las formas de selección de la nueva población para la siguiente generación en la PE es unir mejor mitad de la población ascendiente y la mejor mitad de la población descendiente.



# Optimización Numérica con PE



- ▶ A lo largo de los años ha surgido una corriente de literatura que aplica la PE a una amplia variedad de problemas, incluida la optimización numérica.
- ▶ El proceso es similar a las EE pero sin cruzamiento. La mutación está basada en la aplicación de una distribución normal estándar.
- ▶ No lo veremos en el curso.

# Maquinas de Estado Finito



- ▶ Un Autómata Finito (AF) o Máquina de Estado Finito (MEF) es un modelo computacional que realiza cálculos en forma automática sobre una entrada para producir una salida.
- ▶ Los Autómatas se clasifican en 2 tipos:
  - ▶ Autómata Finito Determinista.
  - ▶ Autómata Finito no Determinista.

# Máquina de Estado Finito



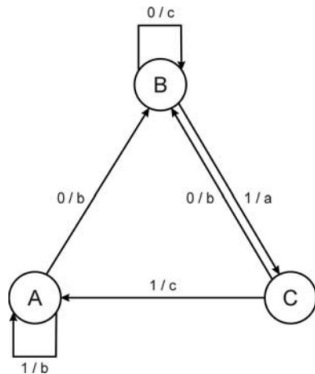
- ▶ Partes de una MEF:
  - ▶ Estados ( $S$ )
  - ▶ Entradas ( $I$ )
  - ▶ Salidas ( $O$ )
  - ▶ Función de Transición  $\delta : S \times I \rightarrow S \times O$
- ▶ Las MEF pueden ser usadas para la predicción, por ejemplo, predecir la siguiente entrada en una secuencia de símbolos.



# Máquina de Estado Finito

► Ejemplo de una MEF determinista:

- $S = \{A, B, C\}$
- $I = \{0, 1\}$
- $O = \{a, b, c\}$
- $\delta$  dada por el diagrama





# Máquina de Estado Finito para Predicción

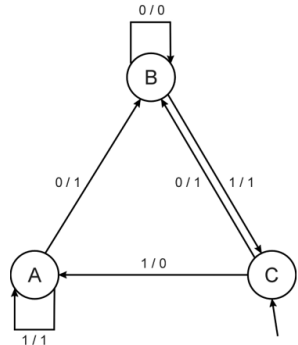
► Ejemplo de una MEF para predicción:

- $S = \{A, B, C\}$
- $I = \{0, 1\}$
- $O = \{0, 1\}$
- Tarea: predecir la siguiente entrada.
- Aptitud: % of  $in_{(i+1)} = out_i$

► Secuencia de Entrada: 0**1**1**1**0**1**

► Secuencia de Salida: **1**10**1**1**1**

► Aptitud:  $3/5 = 0.6$



$S = \{A, B, C\}$   $I = \{0, 1\}$   $O = \{0, 1\}$

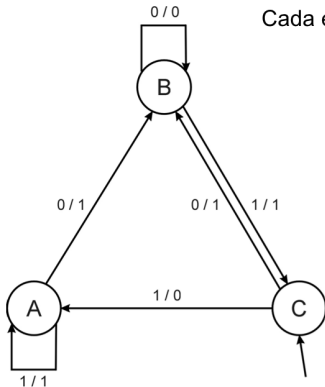
# PE - MEF - Codificación



- ▶ En el proceso de aprendizaje de una MEF mediante PE, debemos definir:
  - ▶ Una cantidad máxima de estados.
  - ▶ Una forma válida de representación de la MEF.
- ▶ A continuación se muestra un ejemplo de representación de una MEF de 4 estados como máximo para el ejemplo de predicción visto anteriormente. Donde cada el estado es representado por una cadena de 7 caracteres.



# PE - MEF - Codificación - Ejemplo



Cada estado puede ser representado por 7 caracteres

No.	Representación
0	0 no activo; 1 activo; 2 inicial
1	símbolo de entrada 1
2	símbolo de entrada 2
3	símbolo de salida 1
4	símbolo de salida 2
5	estado de salida 1
6	estado de salida 2

A	B	C	D
1 1 0 1 1 A B	1 0 1 0 1 B C	2 1 0 0 1 A B	0 0 0 0 0 D A



# PE - MEF - Mutación



- Podemos definir seis tipos de mutación la cuales pueden ocurrir en una MEF según las siguientes probabilidades:

Valor	Mutación
0.0 – 0.1	Desactivar un estado
0.1 – 0.3	Cambiar estado inicial
0.3 – 0.5	Cambiar símbolo de entrada
0.5 – 0.7	Cambiar un símbolo de salida
0.7 – 0.9	Cambiar un estado de salida
0.9 – 1.0	Activar un estado

# PE - MEF - Consideraciones



- ▶ Tanto en la generación de la población inicial como después del proceso de mutación, se pueden generar individuos no válidos, como transiciones que no sean posibles (pues un estado puede haber sido eliminado).
- ▶ Importante: Los individuos no válidos deben ser identificados y evitados durante el proceso de implementación.

# Ejemplo de Implementación de un algoritmo de PE para crear MEF predictivas



- Genere un MEF con máximo 5 estado para la predicción de la siguiente secuencia climatológica (0: Nublado; 1: Soleado):

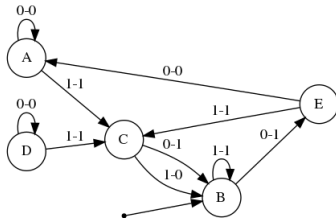
011011011011011



# Ejemplo de Implementación de un algoritmo de PE para crear MEF predictivas

- Genere un MEF con máximo 5 estado para la predicción de la siguiente secuencia climatológica (0: Nublado; 1: Soleado):

011011011011011



<http://www.webgraphviz.com/>

# ¡GRACIAS!



# Bibliografía



- [1] L. J. Fogel.  
Autonomous automata.  
*Industrial Research*, 4:14–19, 1962.