

## Reporte práctica 7

### Introduccion

#### Técnicas de cruce para permutaciones

En los sistemas biológicos, la cruce es un proceso complejo que ocurre entre parejas de cromosomas. Estos cromosomas se alinean, luego se fraccionan en ciertas partes y posteriormente intercambian fragmentos entre sí. En computación evolutiva se simula la cruce intercambiando segmentos de cadenas lineales de longitud fija (los cromosomas).

La representación de permutaciones se usa frecuentemente en problemas de optimización combinatoria, como el del viajero y consiste básicamente en usar cadenas de enteros para representar una permutación:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

A continuación se muestran las técnicas de cruce para permutaciones y que se programaron para esta práctica:

- Order Crossover
- Partially Mapped Crossover
- Position-Based Crossover
- Order-Based Crossover
- Cycle Crossover

#### Order Crossover

Esta técnica fue propuesta por Davis . El algoritmo es el siguiente (los padres son P1 y P2):

1. Seleccionar (aleatoriamente) una sub-cadena P1.
2. Producir un hijo copiando la sub-cadena en las posiciones correspondientes a P1. Las posiciones restantes se dejan en blanco.
3. Borrar los valores que ya se encuentren en la sub-cadena de P2. La secuencia resultante contiene los valores faltantes.
4. Colocar los valores en posiciones no conocidas del hijo de izquierda a derecha.
5. Para obtener el segundo hijo, se repiten los pasos del 1 al 4, pero tomando ahora la sub-cadena de P2.

Ejemplo de cruce Order Crossover.

P1 = 9 8 4 5 6 7 1 2 3 10  
P2 = 8 7 1 2 3 10 9 5 4 6

Sub-cadena elegida: 5 6 7 1 (de P1)

Primer hijo:

H1 = X X X 5 6 7 1 X X X

Borrar de P2 la sub-cadena tomada de P1:

P2' = 8 X X 2 3 10 9 4 X

Determinar los valores faltantes de H1 sustituyendo (de izquierda a derecha)  
los valores que aparecen en P2':

H1 = 8 2 3 5 6 7 1 10 9 4

Para obtener H2, el procedimiento es similar, aunque ahora la sub-cadena se  
tomará de P2 y la sustitución se hará a partir de P1'.

## Partially Mapped Crossover

Esta técnica fue propuesta por Goldberg y Lingle y tiene ciertas similitudes con OX. El algoritmo es el siguiente:

1. Elegir aleatoriamente dos puntos de cruce.
2. Intercambiar estos 2 segmentos en los hijos que se generan (como la cruce de 2 puntos convencional).
3. El resto de las cadenas que conforman los hijos se obtienen haciendo mapeos entre los 2 padres:
  - a) Si un valor no está contenido en el segmento intercambiado, permanece igual.
  - b) Si está contenido en el segmento intercambiado, entonces se sustituye por el valor que tenga dicho segmento en el otro padre.

Ejemplo de cruce Partially Mapped Crossover.

P1 = 9 8 4 | 5 6 7 | 1 3 2 10  
P2 = 8 7 1 | 2 3 10 | 9 5 4 6

Los hijos son:

H1 = X X X | 2 3 10 | X X X X  
H2 = X X X | 5 6 7 | X X X X

Para completar H1 y H2, copiamos primero los valores que no están en  
el segmento intercambiado:

H1 = 9 8 4 | 2 3 10 | 1 X X X  
H2 = 8 X 1 | 5 6 7 | 9 X 4 X

Ahora mapeamos los valores restantes:

H1 = 9 8 4 2 3 10 1 6 5 7  
H2 = 8 10 1 5 6 7 9 2 4 3

## Position-based Crossover

Esta técnica fue propuesta por Syswerda como una adaptación de la cruce uniforme para permutaciones. El algoritmo es el siguiente:

1. Seleccionar (al azar) un conjunto de posiciones de P1 (no necesariamente consecutivas).
2. Producir un hijo borrando de P1 todos los valores, excepto aquéllos que hayan sido seleccionados en el paso anterior.
3. Borrar los valores seleccionados de P2. La secuencia resultante de valores se usará para completar el hijo.
4. Colocar en el hijo los valores faltantes de izquierda a derecha, de acuerdo a la secuencia de P2.
5. Repetir los pasos del 1 al 4, pero tomando ahora la secuencia de P2.

Ejemplo de Position-based Crossover

**P1 = 9 8 4 5 6 7 1 2 3 10**  
**P2 = 8 7 1 2 3 10 9 5 4 6**

**Valores elegidos de P1: 8 6 2 10**

**Producir un hijo:**

**H1 = X 8 X X 6 X X 2 X 10**

**Borrar de P2 la secuencia usada para H1:**

**P2' = X 7 1 X 3 X 9 5 4 X**

**Sustituir de izquierda a derecha los valores que aparecen en P2':**

**H1 = 7 8 1 3 6 9 5 2 4 10**

**Para obtener H2, el procedimiento es similar, pero la secuencia se toma ahora de P2 y la sustitución se hace a partir de P1'.**

## Order-based Crossover

Esta técnica fue propuesta por Syswerda como una ligera variante de Position-based Crossover en la que se cambia el orden de los pasos del algoritmo.

En este caso, primero seleccionamos una serie de valores de P1. Luego, removemos de P2 esos valores. A continuación generamos un hijo a partir de P2'.

Finalmente, completamos el hijo con los valores de la secuencia obtenida de P1 (insertada de izquierda a derecha en el orden impuesto por P1).

## Ejemplo de Order-based Crossover

**P1 = 9 8 4 5 6 7 1 2 3 10**

**P2 = 8 7 1 2 3 10 9 5 4 6**

**Valores elegidos de P1: 8 6 2 10**

**Removamos de P2 estos valores:**

**P2' = X 7 1 X 3 X 9 5 4 X**

**Producir un hijo:**

**H1 = X 7 1 X 3 X 9 5 4 X**

**Insertamos ahora la secuencia elegida de P1:**

**H1 = 8 7 1 6 3 2 9 5 4 10**

## Cycle Crossover (CX)

Esta técnica fue propuesta por Oliver, Smith y Holland. Es similar a la Position-based Crossover, porque toma algunos valores de un padre y selecciona los restantes del otro. La principal diferencia es que los valores tomados del primer padre no se seleccionan al azar, sino de acuerdo a ciertas reglas específicas.

El algoritmo de Cycle Crossover es el siguiente:

1. Encontrar un ciclo que se define mediante las posiciones correspondientes de los valores entre los padres.
2. Copiar los valores de P1 que sean parte del ciclo.
3. Borrar de P2 los valores que estén en el ciclo.
4. Rellenar el hijo con los valores restantes de P2 (sustituyendo de izquierda a derecha).
5. Repetir los pasos del 1 al 4, usando ahora P2.

El elemento clave de esta técnica es saber cómo encontrar un ciclo.

## Ejemplo Cycle Crossover

P1= 8 11 3 5 6 4 2 12 1 9 7 10

P2= 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Posiciones:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Tomemos la posición 1 para iniciar el ciclo: Los elementos del ciclo serán entonces (1,8). Pero 1 y 8 también aparecen en las posiciones 9 y 8. Por lo tanto, el ciclo ahora incluye los elementos (1,8,12).

Ruiz Beltrán Jonatan Zuriel

Pero 12 aparece también en la posición 12. Por lo tanto, el ciclo ahora incluye los elementos (1,8,12,10). Pero 10 aparece también en la posición 10. Por lo tanto, el ciclo ahora incluye los elementos (1,8,12,10,9). Ya no hay nuevos elementos qué agregar, por lo que se concluye el ciclo.

Para generar al primer hijo, tomamos a P1, removiéndole los elementos que no sean parte del ciclo:

H1 = 8 X X X X X 12 1 9 X 10

Remover de P2 los valores del ciclo:

P2' = X 2 3 4 5 6 7 X X X 11 X

Rellenar H1 usando los valores restantes de P2'.

H1 = 8 2 3 4 5 6 7 12 1 9 11 10

## Capturas de pantalla

```
[zuriel@fatboy09-pc practica7]$ ./main
Ingrese el numero de individuos que desea: 10
Ingrese el numero de alelos que desea: 9
```

## Order Crossover

```
Técnicas de cruce:
1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Position Based Crossover
4. Orded Based Crossover
5. Cycle Crossover (CX)
6. Salir
Ingrese la opcion deseada: 1
```

| No. | Pobla Ini | Subcadena | Descendencia |
|-----|-----------|-----------|--------------|
| 1   | 473289165 | xx3289165 | 473289165    |
| 2   | 471329865 | xxxxx98xx | 473219865    |
| 3   | 751329684 | x51xxxxxx | 851734962    |
| 4   | 817354962 | xxxxx4962 | 751384962    |
| 5   | 362478519 | xxx47xxxx | 238479165    |
| 6   | 238914765 | x3891xxxx | 638912475    |
| 7   | 923486751 | xxx486751 | 293486751    |
| 8   | 516294837 | x1629xxxx | 316294875    |
| 9   | 723896514 | xxxxxx51x | 842379516    |
| 10  | 518423796 | 5184xxxxx | 518472396    |

```
Presione la tecla enter para continuar...
```

Ruiz Beltrán Jonatan Zuriel

## Partially Mapped Crossover

```
Tecnicas de cruza:
1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Position Based Crossover
4. Orded Based Crossover
5. Cycle Crossover (CX)
6. Salir
Ingrese la opcion deseada: 2
```

| No. | Pobla Ini | Puntos de Cruza | Descendencia |
|-----|-----------|-----------------|--------------|
| 1   | 473289165 | P1(3,6):P2(1,4) | 471328965    |
| 2   | 471329865 | P1(3,6):P2(1,4) | 473289165    |
| 3   | 751329684 | P1(1,7):P2(2,5) | 127354968    |
| 4   | 817354962 | P1(1,7):P2(2,5) | 751329684    |
| 5   | 362478519 | P1(1,4):P2(3,6) | 362914785    |
| 6   | 238914765 | P1(1,4):P2(3,6) | 362478915    |
| 7   | 923486751 | P1(2,3):P2(3,8) | 651294837    |
| 8   | 516294837 | P1(2,3):P2(3,8) | 513462987    |
| 9   | 723896514 | P1(2,3):P2(5,6) | 289653714    |
| 10  | 518423796 | P1(2,3):P2(5,6) | 513842796    |

```
Presione la tecla enter para continuar...
```

## Position Based Crossover

```
Tecnicas de cruza:
1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Position Based Crossover
4. Orded Based Crossover
5. Cycle Crossover (CX)
6. Salir
Ingrese la opcion deseada: 3
```

| No. | Pobla Ini | Descendencia           |
|-----|-----------|------------------------|
| 1   | 473289165 | 4xxx8xxxx => 471382965 |
| 2   | 471329865 | xxxx2x8xx => 473921865 |
| 3   | 751329684 | x5xx2xx8x => 157324986 |
| 4   | 817354962 | 81x354962 => 817354962 |
| 5   | 362478519 | 36x478519 => 362478519 |
| 6   | 238914765 | 23x9147x5 => 236914785 |
| 7   | 923486751 | xx3xxxx5x => 163294857 |
| 8   | 516294837 | xx6xx48xx => 926374851 |
| 9   | 723896514 | xx3x9xx1x => 583492716 |
| 10  | 518423796 | xxx4xx79x => 238465791 |

```
Presione la tecla enter para continuar...
```

Ruiz Beltrán Jonatan Zuriel

## Orded Based Crossover

Tecnicas de cruza:

1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Position Based Crossover
4. Orded Based Crossover
5. Cycle Crossover (CX)
6. Salir

Ingrese la opcion deseada: 4

| No. | Pobla Ini | Descendencia            |
|-----|-----------|-------------------------|
| 1   | 329467158 | x7xx4xx29 => 376145829  |
| 2   | 176843529 | 329xx7158 => 329647158  |
| 3   | 136958472 | x4x2x7xxx => 143267958  |
| 4   | 943217586 | 13xxx84x2 => 139758462  |
| 5   | 846923751 | xxx14xx9x => 862143795  |
| 6   | 852143697 | 8xxxxx7x1 => 852436791  |
| 7   | 285176493 | 2x6xxx714 => 286593714  |
| 8   | 256983714 | x8x1xxxxx => 285169374  |
| 9   | 685932714 | xxxxxxx9x7 => 685321947 |
| 10  | 834162957 | xxxxxxx71x => 834629715 |

Presione la tecla enter para continuar...

## Cycle crossover

Tecnicas de cruza:

1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Position Based Crossover
4. Orded Based Crossover
5. Cycle Crossover (CX)
6. Salir

Ingrese la opcion deseada: 5

| No. | Pobla Ini | Descendencia                          |
|-----|-----------|---------------------------------------|
| 1   | 473289165 | (9) => XXXXX9XXX => 471329865         |
| 2   | 471329865 | (8231) => XX132X8XX => 471329865      |
| 3   | 751329684 | (24968715) => 751X29684 => 751329684  |
| 4   | 817354962 | (42517869) => 817X54962 => 817354962  |
| 5   | 362478519 | (759482361) => 362478519 => 362478519 |
| 6   | 238914765 | (284957163) => 238914765 => 238914765 |
| 7   | 923486751 | (987124635) => 923486751 => 923486751 |
| 8   | 516294837 | (217895364) => 516294837 => 516294837 |
| 9   | 723896514 | (57) => 7XXXXX5XX => 718423596        |
| 10  | 518423796 | (57) => 5XXXXX7XX => 523896714        |

Presione la tecla enter para continuar...

## Conclusiones

En conclusión, el objetivo de esta práctica fue el implementar algunas técnicas de cruce para permutaciones entre los padres para generar hijos, los algoritmos implementados son sencillos y fácil de programar. Para implementar estos algoritmos en la práctica nuestras cadenas ahora son representadas por enteros para representar a una permutación. Un problema que ocurre cuando implementamos una de estas técnicas es que los hijos son invariablemente inválidos y para ello se debe de utilizar técnicas de "reparación".

## Referencias bibliograficas

- Coello, C. (2008). Introducción a la Computación Evolutiva (Notas de Curso). México, pp.151-157.