

### דף השלמה לאופרטורים גנטיים על תמורות

להלן מספר אלגוריתמים מקובלים לטיפול בגנים המיוצגים באמצעות תמורות (פרמוטציות) ייצוג זה יעיל לסוג רחב של בעיות אופטימיזציה עם ערכים בדידים כגון:

בעית n המלכות (NQueens)  
בעית הסוכן הנוסע (TSP)  
בעית ניתוב רכבים (VR)  
בעיות אריזה ותזמון וכד'

### אופרטורי מוטציה:

#### 1. מוטצית העתקה - displacement mutation

Example: (1 2 **3 4 5** 6 7 8 9)  
(3 4 5) selected and inserted after 7  
new tour: (1 2 6 7 **3 4 5** 8 9)

#### 2. מוטצית החלפה - exchange (swap) mutation

Example: (1 2 **3** 4 **5** 6 7 8 9)  
3rd and 5th selected randomly  
new tour becomes (1 2 **5** 4 **3** 6 7 8 9)

#### 3. מוטצית הכנסה - insertion mutation

Example: (1 2 3 **4** 5 6 7 8 9)  
4 is selected randomly and placed after 7  
new tour becomes (1 2 3 5 6 7 **4** 8 9)

1. מוטצית היפוך פשוטה - simple inversion mutation  
Example: (1 2 3 | 4 5 6 7 | 8 9)

new tour becomes (1 2 3 7 6 5 4 8 9)

2. מוטצית היפוך - inversion mutation  
Example: (1 2 3 4 5 6 7 8 9)

(3 4 5) selected and inserted after 7

new tour becomes (1 2 6 7 5 4 3 8 9)

3. מוטצית עירבול - scramble mutation  
Example: (1 2 3 4 5 6 7 8 9)

(4 5 6 7) selected

new tour may become

(1 2 3 5 6 7 4 8 9)

שיטות השיחלוף המוצגות להלן הינן:

- PMX .1
- OX .2
- CX .3
- ER .4

שיטת שיחלוף מס' 1: PMX – Partially Matched crossover

Pick an arbitrary position in two parent permutations:



8	2	4	3	7	5	1	0	9	6
4	1	7	6	2	8	3	9	5	0

That choice means to interchange 5 with 8 in both parents.

5	2	4	3	7	8	1	0	9	6
4	1	7	6	2	5	3	9	8	0

Perform this operation several times, creating children with characteristics of both parents.

## שיטת שיחלוף מס' 2: OX – Ordered crossover

Pick about half of the elements of the first parent, (here, we choose 2, 4, 5, 1, and 6) and copy them to the child, preserving the positions.

Choose the remaining values (0, 3, 7, 8, and 9) from the second parent, and copy them to the child, preserving the order.

8	2	4	3	7	5	1	0	9	6
4	1	7	6	2	8	3	9	5	0

7	2	4	8	3	5	1	9	0	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

This preserves the some orderings of elements in both parents and position of some in the first parent.

### שיטת שיחלוף מס' 3: CX – Cycle crossover

שיטת שיחלוף הבנויה על העתקת מעגלים – מתחילים ממעגל המגדר ע"י Allele הראשון בגן הראשון – לאחר העתקתו עוברים למעגל המגדר ע"י Allele הבא בתור בגן השני וחוזר חלילה (בדוגמא 3 מעגלים: Allele המגדירים הם 4 מהגן הראשון, 2 מהגן השני ו-7 מהגן הראשון)

This crossover preserves the position and value of everything.  
Follow the reasoning: if the first position of  $C_1$  is 4, then the first position of  $C_2$  must be 3.  
Then the 3 in  $C_1$  must agree with  $P_1$ , so the 6 in  $C_2$  must agree with  $P_2$ .  
And so on.

4	1	7	6	2	8	3	9	5	0
3	9	0	1	2	4	6	8	7	5

The consequences of the 4 in the first position of  $C_1$  is:

4	1		6		8	3	9		
3	9		1		4	6	8		

Both parents have 2 in the same position, so that is fixed.



The 7–3 pair can be interchanged, with consequences for 5.

4	1	7	6	2	8	3	9	5	0
3	9	0	1	2	4	6	8	7	5



The consequences of the 4 in the first position of  $C_1$  is:

4	1	0	6	2	8	3	9	7	5
3	9	7	1	2	4	6	8	5	0

This looks a lot like uniform crossover—but only certain swaps are allowed.

## שיטת שיחלוף מס' 4: ER - Edge recombination crossover

<http://www.cs.colostate.edu/~genitor/1991/handbook.pdf>

שיטת שיחלוף עפ"י קשתות: תוך העדפת שימור הקשתות של ההורים

לדוגמה:  $V \times M = K$

מתחילים שרירותית מקדקד 2

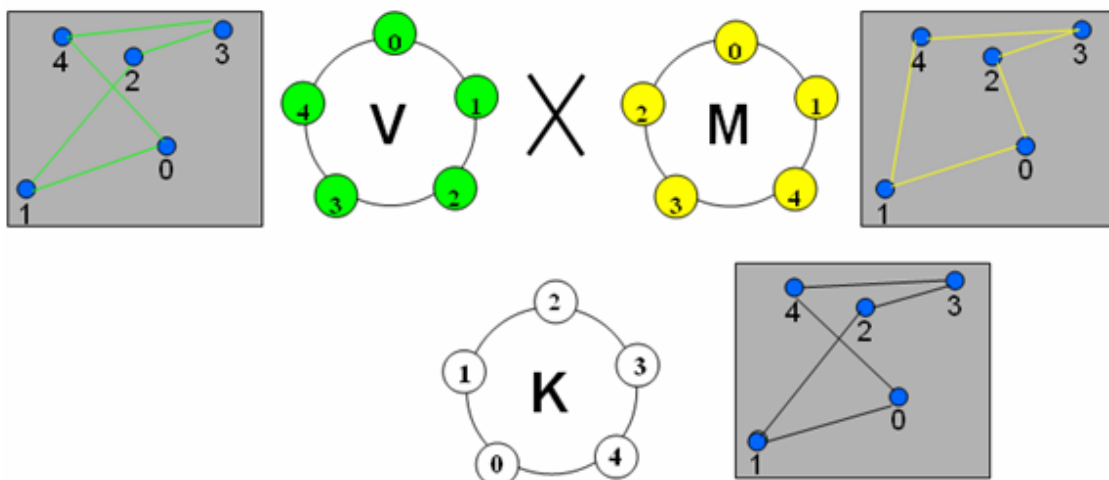
2 מחבר בשני הגרפים ל-3 לכן 2-3 נלקחת

3 מחבר בשני הגרפים ל-4 לכן 3-4 נלקחת

4 אין צלע משותפת – לכן 4-0 (מ) הצלע אל הקדקד בעל הדרגה הנמוכה יותר נלקחת

0 מחבר בשני הגרפים ל-1 לכן 0-1 נלקחת

1 אין צלע משותפת – לכן 1-2 (מ) הצלע אל הקדקד בעל הדרגה הנמוכה יותר נלקחת



## **TSP Tour as a Permutation Representation**

In the Traveling Salesman Problem (TSP), the goal is to find the shortest possible route that visits each city exactly once and returns to the starting city.

### Permutation Representation

A TSP solution is most naturally represented as a permutation of city indices.

### Definition:

If there are  $n$  cities labeled  $0, 1, \dots, n-1$ , then a permutation like:

$[2, 0, 3, 1]$

...means the salesman:

1. Starts at city 2
2. Goes to city 0
3. Then to city 3
4. Then to city 1

Returns to city 2 (implicitly – to complete the tour)

## Why Permutation?

Because:

Each city must appear exactly once (no repetition)

The order determines the path

The last city is implicitly connected to the first to form a cycle

Example: 5-City TSP

Suppose cities are: [0, 1, 2, 3, 4]

A candidate solution might be:

[3, 1, 4, 2, 0]

This means:

$3 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 0 \rightarrow 3$  (back to start)

Distance Computation (Cost Function)

**To evaluate the fitness (total tour length):**

```
def compute_tour_length(coords, tour):
    total = 0.0
    for i in range(len(tour)):
        a = coords[tour[i]]
        b = coords[tour[(i + 1) % len(tour)]] # wrap around to
start
        total += distance(a, b)
    return total
```

