

# Guía docente y material basado en el enfoque AICLE para la asignatura Sistemas Inteligentes

Elisa Guerrero Vázquez\*, María de la Paz Guerrero Lebrero\*, Guillermo Bárcena González\*, Andrés Yáñez Escolano\*

\*Departamento de Ingeniería Informática, Escuela Superior de Ingeniería

[elisa.guerrero@uca.es](mailto:elisa.guerrero@uca.es)

## RESUMEN:

La asignatura Sistemas Inteligentes contempla el desarrollo de competencias idiomáticas dentro del Plan de Enseñanza Bilingüe de la Escuela Superior de Ingeniería, utilizando como lengua vehicular el inglés. Este centro promueve el enfoque de Aprendizaje Integrado de Contenidos y Lenguas Extranjeras, AICLE. Sin lugar a dudas AICLE constituye un desafío docente para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje, ya que al introducir una segunda lengua, que en la mayoría de los casos no suele ser lengua nativa ni de los docentes ni de los estudiantes, se hace indispensable, no sólo la adopción de técnicas de aprendizaje activo, sino el desarrollo de materiales docentes específicos (glosarios, rúbricas, transparencias, guiones de prácticas, etc.) adecuados para tal fin. La mera traducción de contenidos no es AICLE, la adaptación docente a este enfoque requiere de un gran esfuerzo, tanto lingüístico como metodológico. Esta asignatura ya cuenta con algunas actividades AICLE, pero se desarrollan a lo largo del curso de forma distribuida.

En este proyecto se ha evaluado, mejorado y ampliado el material existente, con objeto de formar unidades didácticas completas bajo el enfoque AICLE, haciendo uso además, de las herramientas disponibles en el Campus Virtual para la generación de cuestionarios, consultas, etc.

**PALABRAS CLAVE:** AICLE, material docente, educación superior, Sistemas Inteligentes, aprendizaje activo, aprendizaje colaborativo, rúbricas

## INTRODUCCIÓN

La asignatura Sistemas Inteligentes (SI), de la Tecnología específica de Computación del Grado en Ingeniería Informática (GII), consta de 6 créditos ECTS, lo cual equivale a 60 horas de docencia. Estas horas presenciales están divididas en teoría, donde se tratan los principios básicos de las técnicas computacionales que se estudian; seminarios, de aplicación más o menos directa de los conceptos vistos en teoría, y las prácticas de laboratorio, donde se implementan en un lenguaje de programación las técnicas estudiadas y se realizan estudios en mayor profundidad sobre el rendimiento y adecuación de las estrategias codificadas a los problemas planteados.

El sistema de evaluación contempla dos modalidades, evaluación continua o evaluación final, que consiste en realizar un examen final en las convocatorias oficiales. La evaluación continua consta de tres tipos de actividades, obligatorias todas ellas: entrega de los ejercicios propuestos en clase, realización de exámenes parciales de cada bloque temático y presentación oral al resto de la clase de uno o varios problemas propuestos a lo largo del curso.

El bloque temático seleccionado en este proyecto se denomina Metaheurísticas basadas en poblaciones, a través de los contenidos que cubre se pretende profundizar en la aplicación de estrategias o metaheurísticas basadas en poblaciones para la resolución de problemas de búsqueda y optimización.

Mientras que desde la perspectiva AICLE (1) se consideran los resultados del aprendizaje de idiomas que permita desarrollar habilidades receptivas y productivas necesarias para acceder, procesar y evaluar críticamente la información en el campo de estudio, compartir información e identificar,

analizar y resolver problemas en entornos multiprofesionales del campo.

El desafío para nuestra docencia basada en AICLE es encontrar metodologías de aprendizaje que motiven a los alumnos a usar el segundo idioma mientras hacen frente a un contenido técnico de cierta dificultad, prestando atención a los aspectos estructurales de la L2 solo cuando sea necesario.

## PROPUESTA DE ACTIVIDADES BAJO EL ENFOQUE AICLE

En las clases de teoría, junto con la tradicional clase magistral, usando transparencias como material de apoyo, se pretende utilizar técnicas donde el alumno participe de forma activa en el proceso de asimilación de los contenidos, al mismo tiempo que conoce y maneja el vocabulario técnico en ambas lenguas. Para ello se ha realizado un trabajo de búsqueda, análisis y selección de textos y vídeos relacionados con los contenidos, para diseñar actividades de comprensión auditiva y oral, tests de respuesta corta, cuestionarios, etc que se usarán en las clases introductorias a cada tema.

Con estos recursos no se busca tanto la profundidad en los contenidos, como la activación de los conocimientos previos, la revisión de los aspectos generales de un tema concreto, y el uso del vocabulario específico, para garantizar la comprensión de las explicaciones y la realización con éxito de las actividades posteriores.

En general, se pretende incentivar el trabajo en grupo, donde el alumno sea capaz de organizar y gestionar la información en la L2, al mismo tiempo que interactúa con otros compañeros y entre sí tratan de desenvolverse, cada cual con su propio nivel idiomático, sin que esto deba suponer

una gran limitación para la consecución de los objetivos finales de las tareas propuestas.

Así, en los seminarios y las prácticas de laboratorio se usarán metodologías de aprendizaje cooperativo y basado en tareas, actividades de corta duración como la resolución de ejercicios en grupo (2, 3) donde cada cual debe hacerse cargo de una parte concreta del proceso, la profundización en contenidos de mayor complejidad usando la técnica del puzle (4) o la implementación y corrección de programas incompletos o erróneos.

Para finalizar el bloque temático completo, se propone una actividad de mayor duración. Se trata de resolver un problema real y preparar una presentación del trabajo desarrollado, utilizando material audiovisual y combinando ambas lenguas, L1 y L2, sólo en el caso de que no se sientan seguros utilizando únicamente la L2. Este tipo de actividades tiene como objetivo, desde el punto de vista AICLE, integrar el lenguaje en el contenido, y es una forma de desarrollar habilidades orales y de escritura de distinta complejidad: organización de la información, descripción, síntesis, etc. (5).

### RECURSOS Y MATERIAL DOCENTE

La Figura 1 muestra un esquema general de la secuencia de actividades que se ha establecido (de forma general y flexible) para cada tema, esta figura en particular muestra ejemplos de actividades concretas para el tema Algoritmos Genéticos. Primero la profesora realiza una introducción general a las metaheurísticas basadas en poblaciones y continúa con varias actividades participativas para revisar la terminología y principios básicos, con objeto de que los alumnos puedan comprender mejor el vídeo y responder diferentes preguntas al respecto (ver Anexo1.pdf).

Una vez conocidos los conceptos principales, están preparados para asimilar contenidos más profundos y abordar la resolución de problemas utilizando este tipo de estrategias evolutivas. Para este propósito a lo largo de varios seminarios (ver Anexo2.pdf) los alumnos deben profundizar en el funcionamiento de los distintos operadores genéticos y realizar su diseño preliminar antes de abordar su implementación en un lenguaje de programación (ver Anexo3.pdf). Deben hacer entrega de esta tarea, junto con un informe describiendo los métodos empleados, los resultados alcanzados. Las conclusiones del trabajo las presenta cada cada miembro del equipo por separado, y tendrán un peso específico en la evaluación de la tarea.

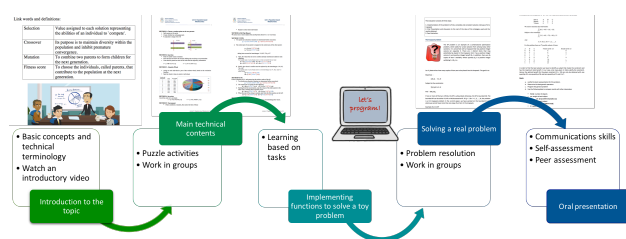


Figura 1. Esquema principal seguido para el desarrollo de uno de los temas del bloque temático.

### ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

El proceso de evaluación continua se ha establecido en varios niveles, desde la configuración de recursos para una autoevaluación, pasando por la evaluación entre compañeros, hasta la supervisión completa de la propia profesora. Será necesario el desarrollo de rúbricas (6, 7) y herramientas de evaluación para cada etapa del proceso.

La autoevaluación ayuda a reflexionar individualmente sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje realizado, y en algunos casos podría sustituir a otras formas de evaluación. En nuestra asignatura se ha aplicado para que el alumno pueda obtener indicios sobre su evolución en el conocimiento y dominio de la lengua L2. Al principio de cada tema, y antes de cualquier otra explicación, los alumnos completan un cuestionario sobre el vocabulario técnico y expresiones más significativas que se utilizarán en las siguientes sesiones. Al finalizar el bloque temático los alumnos vuelven a completar este test y comparan los resultados con el inicial.

La coevaluación se ha utilizado en el trabajo final del bloque temático, donde los estudiantes deben entregar el código final del trabajo realizado, una memoria técnica describiendo las soluciones aportadas al problema y los resultados encontrados, y por último, deben exponer oralmente un resumen de todo el trabajo en 15-20 minutos. Las rúbricas elaboradas para este fin (ver Anexo4.pdf) permiten, por una parte clarificar lo que se espera del trabajo, lo cual constituye una guía para su realización paso a paso. Por otra parte permiten valorar el resultado final, constituyendo un recurso esencial para evaluar a otros compañeros (7,8).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los últimos años el número de alumnos matriculados en esta asignatura se encuentra entre 20 y 22 alumnos, optando la mayoría de ellos por una evaluación continua.

La tabla 1 muestra las tasas de éxito y rendimiento de los cursos 2017-18 y 2018-19. En ambos casos son muy altas, alrededor del 100%, lo cual indica que la intensificación de estrategias AICLE en un bloque temático completo no ha supuesto una disminución de la comprensión y asimilación de los contenidos.

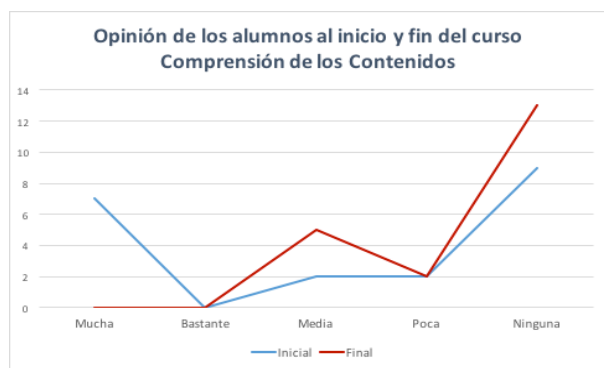
En particular, la tasa de rendimiento es del 100% cuando se trata de alumnos que optaron por la evaluación continua (20 y 21 en cada curso). En el curso 2017-18 de los 2 alumnos que optaron por la evaluación final, uno de ellos no superó la asignatura, de ahí que la tasa de éxito fuera del 95%. Este mismo alumno es el que la ha aprobado en 2018-19 optando de nuevo por la evaluación final.

Tabla 1. Tasa de éxito y de rendimiento en los cursos 2017-18 y 2018-19

Tasa de Éxito		Tasa de Rendimiento	
Curso 2017/18	Curso 2018/19	Curso 2017/18	Curso 2018/19
100%	100%	95%	100%

La figura 2 compara la opinión (al comienzo y al final del curso) de los alumnos sobre la dificultad para asimilar los contenidos, en general en la encuesta final se aprecia un descenso notable en la opinión de que el uso de la L2 conlleva

una mayor dificultad en la comprensión de los contenidos. De los 20 encuestados (sobre 22 matriculados), los alumnos con menor nivel en la L2 fueron los que expresaron más claramente al comienzo del curso su reticencia a las actividades AICLE (figura 2). Sin embargo, a lo largo del curso, y tras la realización de las tareas propuestas, se observó una mayor aceptación. Así de las 7 opiniones iniciales de *mucha dificultad* en la comprensión de los contenidos se pasó en la encuesta final a 0 casos, aumentó la opinión de *dificultad media* de 2 a 5 y aumentó la concepción de que no había *dificultad ninguna* de 9 a 13 opiniones.



**Figura 2.** Comparativa de la opinión de los alumnos en cuanto a la dificultad en la comprensión de los contenidos antes y después

La tabla 2 muestra la opinión de los alumnos con respecto al empleo de estrategias AICLE. En algún caso aislado (1/20) el cambio de metodología no fue bien acogido porque implicaba una participación más activa durante las sesiones presenciales usando la L2. Sin embargo, en la mayoría de los casos (16/20) mostraron su satisfacción por comprobar que eran capaces de comprender los contenidos de la asignatura, mejorar su vocabulario técnico de forma fácil y comunicarse con el resto de compañeros y con la profesora de forma fluida.

**Tabla 2.** Opinión de los alumnos sobre la introducción de los elementos de innovación

Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura				
Nada	Poco	Medio	Bastante	Completamente
0/20	1/20	3/20	4/20	12/20

## CONCLUSIONES

En general los resultados son positivos, el rendimiento de los alumnos se ha mantenido y su satisfacción con respecto a la metodología empleada también es muy positiva. Estos resultados podrían deberse en gran parte, a que se ha dedicado especial atención a que el proceso de introducción de la L2 fuera progresivo a lo largo de un tema, y a reducir las reticencias iniciales de los estudiantes permitiendo cierta flexibilidad en el aula a la hora de usar esta lengua de forma oral, principalmente.

Sin embargo, también se constata que los estudiantes realizan todas las tareas obligatorias para su evaluación, mientras que las tareas voluntarias, de ampliación de conocimientos, de autoevaluación, etc. tienen una acogida

más desigual, es una cuestión que queda por resolver o mejorar en los próximos años.

En cuanto al material generado, cabe destacar que ha sido revisado por el equipo docente. En las encuestas de satisfacción también se prevé incluir más elementos de opinión para obtener mayor feedback del alumnado.

Entre estas revisiones cabe destacar las rúbricas de evaluación. Si bien constituyen una guía esencial para realizar los trabajos y para la coevaluación, también se ha constatado que para que sea efectiva sería necesario que los estudiantes tengan muy claro los criterios establecidos, y que hayan tenido una retroalimentación de la evaluación de su propio trabajo por parte de la docente, antes de estar en situación de poder evaluar el trabajo de los demás. Tal y como está organizado el curso esta retroalimentación debería realizarse tras las entregas de las prácticas de cada tema, hasta ahora no se había prestado atención a este hecho.

En la actualidad seguimos trabajando para completar toda la asignatura bajo el enfoque AICLE, se pretende crear un curso OCW. A día de hoy no hemos encontrado muchas referencias prácticas, ni cursos similares de educación superior bajo el enfoque AICLE, y esperamos que esta propuesta pueda ser útil tanto a docentes y estudiantes como a profesionales de cualquier lugar del mundo.

## REFERENCIAS

- Coyle, D. CLIL – a pedagogical approach. In N. Van Deusen-Scholl, & N. Hornberger, *Encyclopedia of Language and Education*, 2008, 2nd edition Springer, pp. 97-111.
- Guerrero E., Hurtado N., Romero E. *A first CLIL Experience in Computer Sciences Subjects.: Integrating Content and Language in Higher Education*, ICHLE 2015. Brussels, Belgium.
- Hurtado-Rodríguez N., Guerrero-Vázquez E., Romero-Alfaro E., Rubio-Cuenca F. *Towards bilingual teaching in higher education*. 8th International Conference on Education and New Learning Technologies, 2016, *EDULEARN proceedings*, 5148-5154.
- The jigsaw classroom. <https://www.jigsaw.org> <https://www.jigsaw.org/>. Último acceso 17 de septiembre de 2019.
- Berton, G. *Tasks, learning activities and oral production skills in CLIL classrooms*. CLIL e l'apprendimento delle lingue Le sfide del nuovo ambiente di apprendimento, 2008.
- Free tool to help teachers create quality rubrics. <http://rubistar.4teachers.org/index.php>. Último acceso 4 septiembre 2019.
- Walvoord B. E. & Anderson V.J. *Effective Grading: A Tool for Learning and Assessment*. John Wiley & Sons, 2010, San Francisco.

## ANEXOS

- Sol-201800112856-tra \_Anexo 1.pdf Transparencias
- Sol-201800112856-tra \_Anexo 2.pdf Seminarios
- Sol-201800112856-tra \_Anexo 3.pdf Prácticas
- Sol-201800112856-tra \_Anexo 4.pdf Rúbricas

# Intelligent Systems



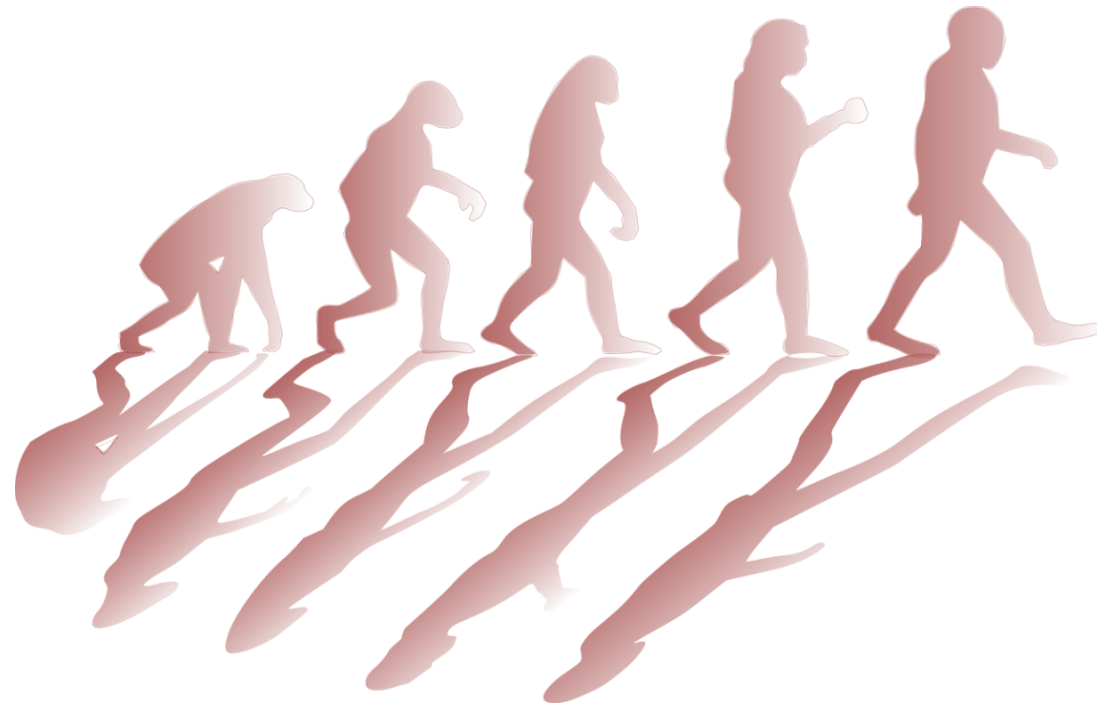
## Lecture 3 Population-based Metaheuristics

**Dra. Elisa Guerrero Vázquez**  
Computer Sciences Department  
University of Cadiz

# Population-based Metaheuristics

- Metaheuristic: iterative master process that guides and modifies the operations of subordinate heuristics to efficiently produce high-quality solutions.
- But ... There is not guarantee of finding the optimal solution
- Unlike trajectory-based metaheuristics that rely on a single solution as the basis for future exploration, population-based strategies maintain a set of candidate solutions in each iteration.
- Most popular approaches:
  - Genetic Algorithms (GAs, Holland 70's)
  - Particle Swarm Optimization (PSOs, Kennedy, Eberhart and Shi, 90's)
  - Ant Colony optimization (ACO, Dorigo 1992, Hoos and Stützle 1996, Dorigo and Gambardela 1997)

# Genetic Algorithms

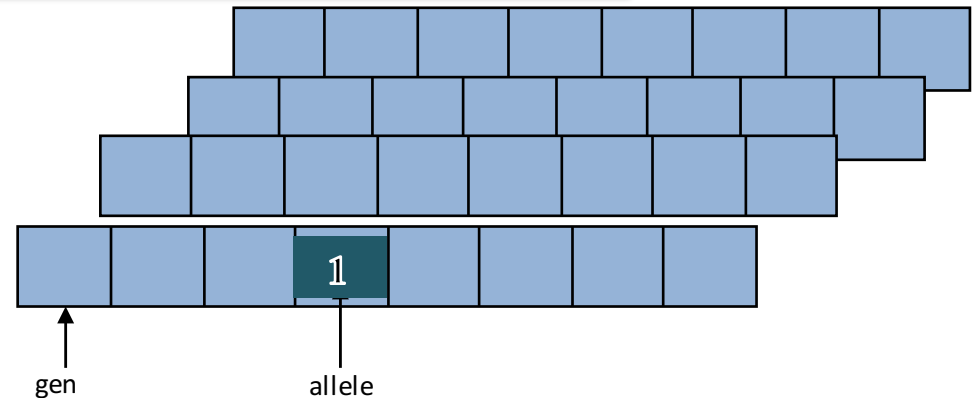


# 1. Basic terminology

**Population:** set of individuals

**Generation:** population in a certain iteration

**Individual:** candidate solution (chromosome, string)



**Gen:** each chromosome is divided into genes: parameter (variable) that describes the individual

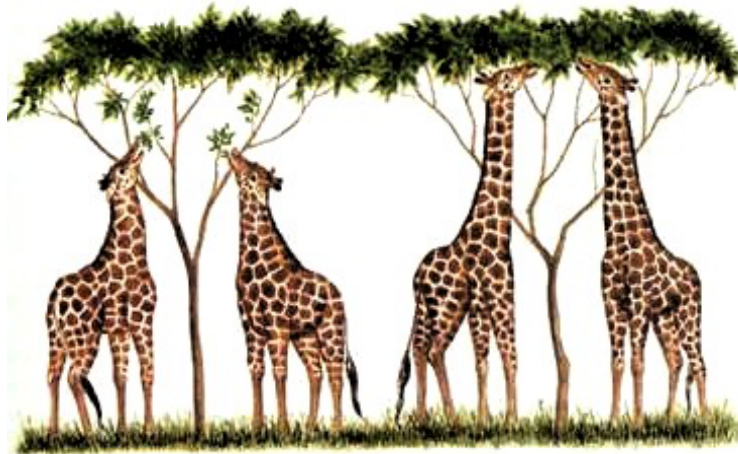
**Allele:** It is the value a gene takes for a particular chromosome

## 2. Introduction

*Inspired by Charles Darwin's theory of natural evolution*

Individuals in a population compete for limited resources:

- This competition yields to the selection of those individuals better adapted to the environment.
- Genes from the selected individuals propagate throughout the population so that two good parents will sometimes produce offspring that can be better than them.
- New individuals also compete (even with their parents) for survival



<http://naturalesceuja16.blogspot.com/2017/01/la-seleccion-natural-como-funciona-la.html>

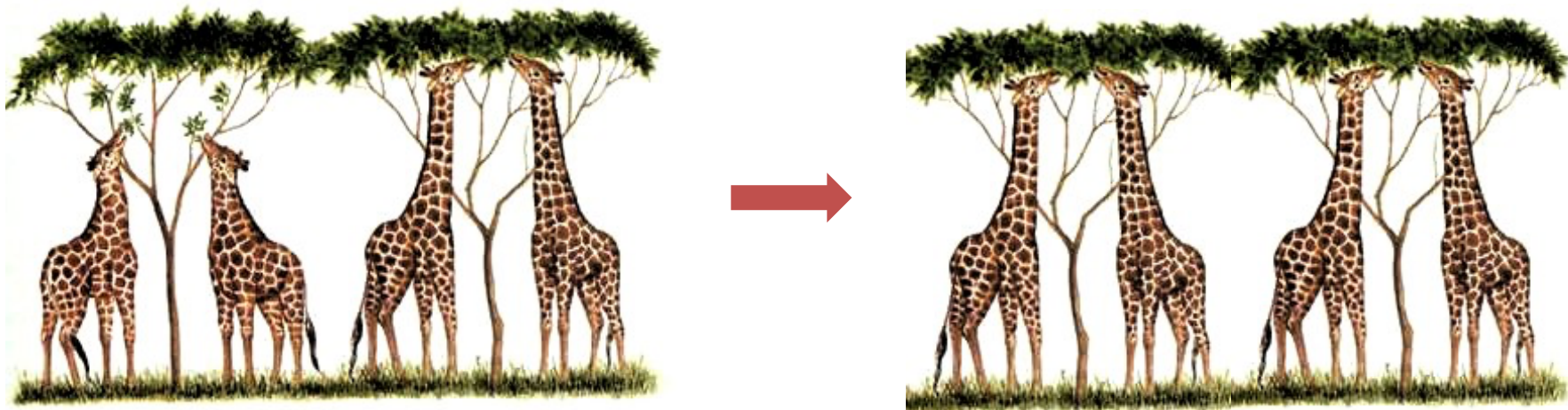


## 2. Introduction

*Inspired by Charles Darwin's theory of natural evolution*

Individuals in a population compete for limited resources:

- Thus each successive generation will become more suited to their environment.
- Throughout time, the process of natural selection will allow a better adaptation of the entire population to the environment.



<http://naturalesceuja16.blogspot.com/2017/01/la-seleccion-natural-como-funciona-la.html>

# 3. Chromosome Representation

## ■ Binary

- E.g. SAT Problem

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
0	1	1	1	0

## ■ Integer

- E.g. N-Queens problem: each gen represents a queen and each allele the row

Q1	Q2	Q3	Q4
4	3	1	2

## ■ Floating point

- E.g. Function optimization

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
0.34	1.25	11.8	5.67	0.98

## 4. Terminology review

### Link terms and definitions:

**Generation**

1. Candidate solution (chromosome, string)

**Fitness function**

2. Each chromosome is divided into parameters (variable) that describe the individual.

**Population**

3. Evaluation function that is used to determine the fitness of each chromosome. It is problem specific and user defined.

**Gen**

4. Set of individuals

**Individual**

5. Population in a certain iteration

## 4. Terminology review

### Individual

1. Candidate solution (chromosome, string)

### Gen

2. Each chromosome is divided into parameters (variable) that describe the individual.

### Fitness function

3. Evaluation function that is used to determine the fitness of each chromosome. It is problem specific and user defined.

### Population

4. Set of individuals

### Generation

5. Population in a certain iteration

## 5. Overall process

- The overall process consists of iterating a certain number of times, maintaining a population of potential solutions, in each iteration:
  - The fittest individuals are selected in order to produce a new generation
  - Some of the offspring suffer from alterations due to mutation, crossover, etc.
  - As the execution progresses, the overall fitness of the population improves until reaching a stopping criterion

## 5. Overall process

**Generate** initial population

**Evaluate** current population

While <non-stop conditions> do

- **Select** parents
- **Cross** parents to give offsprings
- **Mutate** offsprings
- **Generate new generation**

End-while

## 6.1 Selection

To choose the parents that will be combined:

- The key idea is to give preference to better individuals, allowing them to pass on their genes to the next generation.
- Individuals with higher fitness should have more chance to be selected
- Some individuals will be selected more than once, while others will die without leaving any descent.

## 6.1 Selection

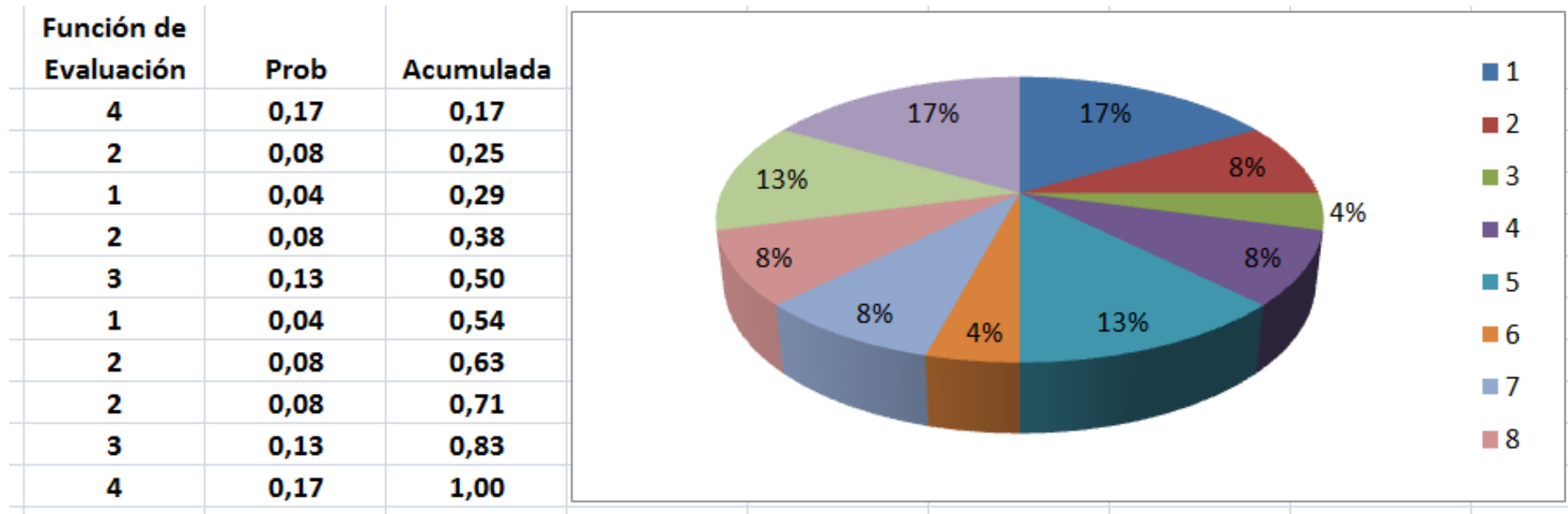
To know which individuals will be recombined:

- **Proportional Selection (Roulette-wheel):** The individual's probability of being chosen depends on its fitness value with respect to the average fitness of the population.
- **Ranking Selection:** individuals with better fitness values are selected. The better fitness the more offspring.
- **Tournament,** Pick  $k$  members at random, then select the best of these subset. Repeat the process  $n$  times, where  $n$  is the population size.



# Roulette Wheel Selection

- Assign to each individual a part of the roulette wheel, based on the evaluation function
- Spin the wheel n times to select n individuals



# Roulette Wheel Selection

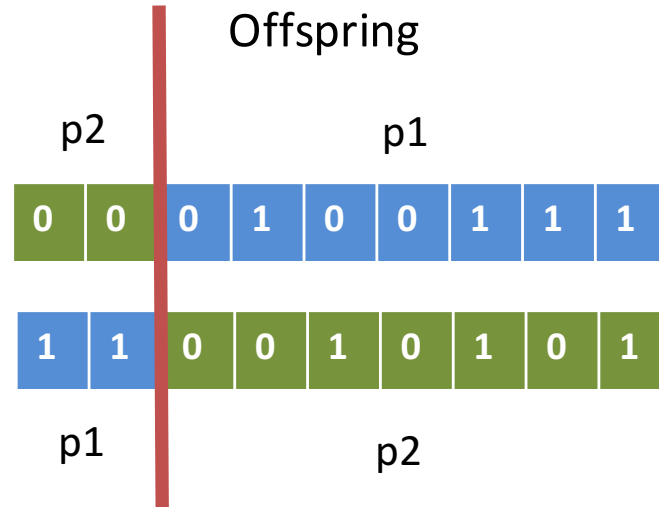
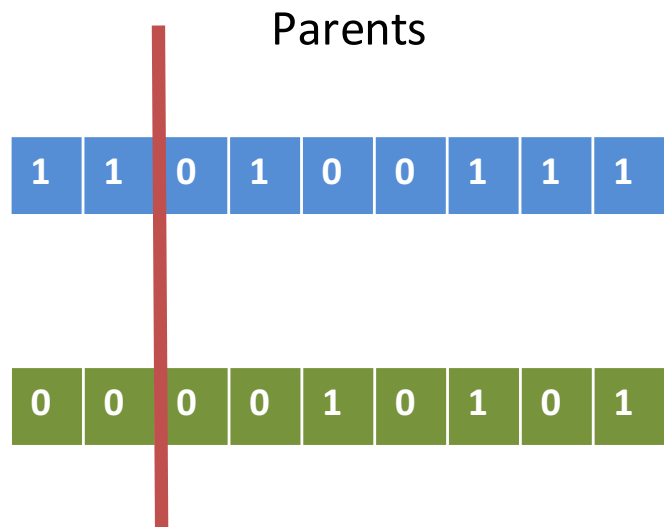
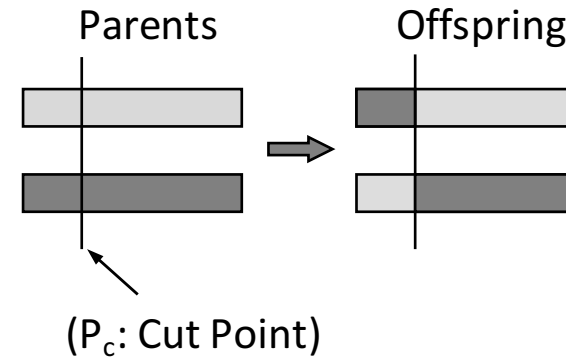
- **Roulette Construction:** generate a vector  $R$  containing the cumulative probability distribution for each individual. In this way, the individuals are mapped to contiguous segments of a line, such that each individual's segment is equal in size to its fitness.
- **Probabilities generation:** A set  $P$  of  $N$  random numbers is generated, representing the probability of choosing an individual.
- **Selection:** The individual whose segment includes the random number is selected. The process is repeated for each element of  $P$

## 6.2 Crossover

- Two individuals are chosen from the population using the selection operator.
- The two new offspring created from this mating are put into the next generation of the population.
- By recombining portions of good individuals, this process is likely to create even better individuals.
- Depending on the representation there exist different methods:
  - k-point crossover
  - Uniform crossover
  - PMX
  - OX
  - Etc.

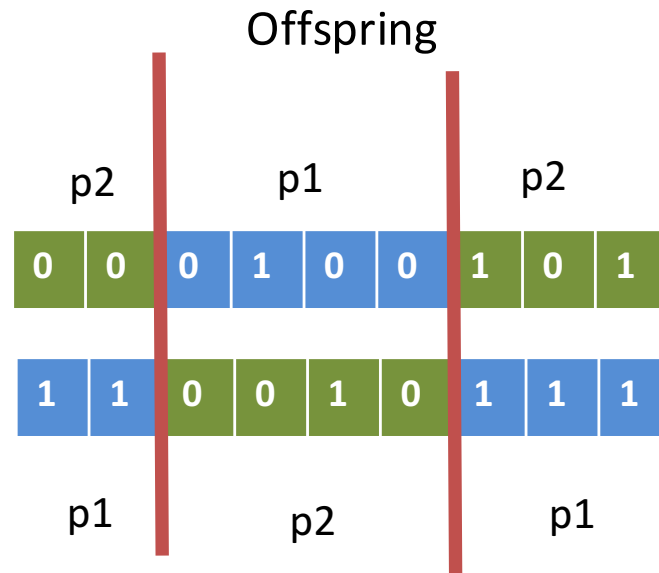
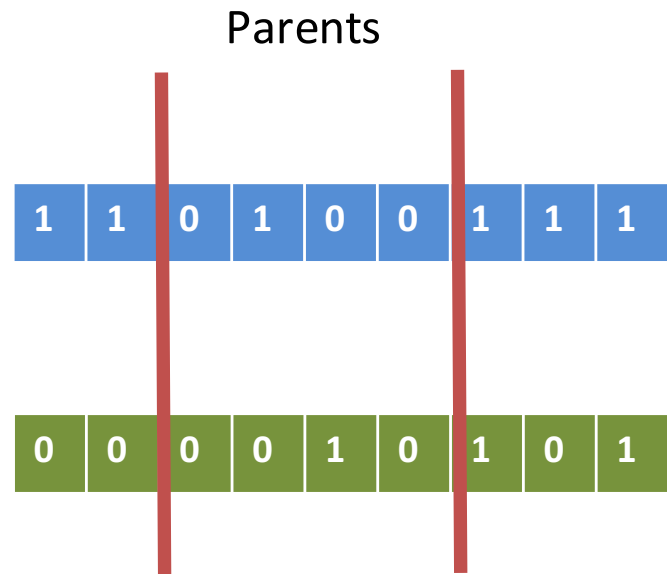
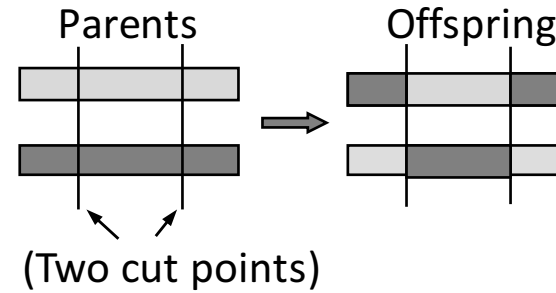
# 1-point crossover

- Choose a random point on the two parents,  $P_c$ 
  - Split parents at this point
  - Create children by exchanging tails



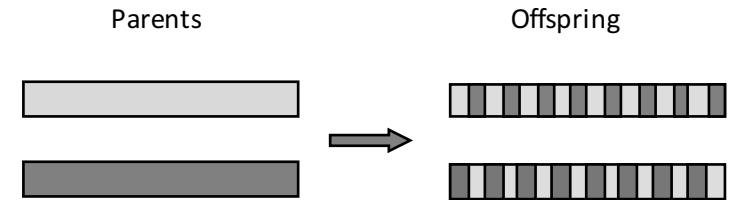
# 2-points crossover

## ■ Crossover based on two points



# Uniform crossover

- **Uniform crossover:** A random binary mask indicates what genes take from each parent



Crossover mask    1 1 2 1 2 2 1 2

Parent 1    1 1 1 0 0 0 0 1    Parent 2    1 0 1 1 1 0 0 0

Offspring 1    1 1 1 0 1 0 0 0

## Partially Matched Crossover (PMX)

■ Tries to preserve order and position.

1. Two points are selected at random (or determined before execution)

$$p_1 = (1\ 2\ 3\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 8\ 9) \quad p_2 = (4\ 5\ 2\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | 9\ 3)$$

2. The central part of one parent is mapped to the central area of the other parent, keeping the interchanges: 1/4, 8/5, 7/6, y 6/7

$$o_1 = (x\ x\ x\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | x\ x) \quad o_2 = (x\ x\ x\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | x\ x)$$

3. Then, the values that are not in conflict (already inserted) are added to each offspring:

*For example value 1 in p1 already exists in s1, then we look for the next value*

$$o1 = (x\ 2\ 3\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | x\ 9) \quad o2 = (x\ x\ 2\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 9\ 3)$$

4. Finally, the values in conflict must be replaced by the interchanges: 1/4, 8/5, 7/6, y 6/7. *For example value 1 in p1 already exists in s1, the interchange was 1/4, thus, value 4 is added instead*

$$o1 = (4\ 2\ 3\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | 5\ 9) \quad o2 = (1\ 8\ 2\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 9\ 3)$$

## PMX crossover: some considerations

For example: [ 1 | 2 3 | 4]

[2 | 3 1 | 4]

First offspring would be [x|3 1| 4] interchanges: 3/1 2/3

Trying to assign to gen x the value 1 from parent 1, yields to a conflict:

[1|3 1| 4]

and the interchange 3/1, yields to another conflict: [3|3 1| 4],

thus next interchange must be considered 2/3 [2|3 1| 4]



# Order Crossover

■ From a substring of p1, and preserving the relative order of the p2:

1. Two points are selected at random (or determined before execution)

$$p1 = (1\ 2\ 3\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 8\ 9) \quad p2 = (4\ 5\ 2\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | 9\ 3)$$

2. The central part is copied into the offspring:

$$o1 = (x\ x\ x\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | x\ x) \quad o2 = (x\ x\ x\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | x\ x)$$

3. Starting from the second point, copy the values of the other parent in the same order, omitting those repeated values.

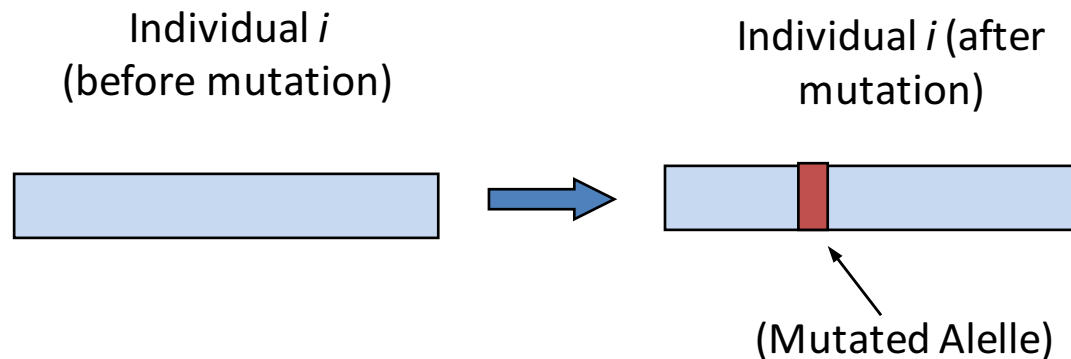
$$o1 = (x\ x\ x\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 9\ 3) \quad o2 = (x\ x\ x\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | 9\ 2)$$

4. When the end of the string is reached, start from the first position on the left:

$$o1 = (2\ 1\ 8\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 9\ 3) \quad o2 = (3\ 4\ 5\ | 1\ 8\ 7\ 6\ | 9\ 2)$$

## 6.3 Mutation

- Alter each gene independently with a probability  $P_m$ 
  - $P_m$  is called the mutation rate
- Typically between  $1/\text{pop\_size}$  and  $1/\text{chromosome\_length}$
- It is a way to promote diversity and to avoid local optima



# Mutation operators

- **Bit Flip:** We select one or more random bits and flip them (from 0 to 1 or viceversa)
- **Inversion:** Invert the order of a sub-chain

$$v = (1\ 9\ 8\ | \ 7\ 6\ 5\ 4\ | \ 3\ 2) \longrightarrow v' = (1\ 9\ 8\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 3\ 2)$$

- **Swap:** interchange the values of two genes selected randomly
- **Insertion:**
  1. Pick two allele values at random
  2. Place the first to follow the second, shifting the rest along to accommodate

$$v = (1\ 9\ 8\ 7\ 6\ 5\ \underline{4\ 3}\ 2) \longrightarrow v' = (1\ 9\ 7\ 6\ 5\ 4\ 8\ 3\ 2)$$

## 7. Replacement

- The replacement strategy defines how individual solutions are selected for survival into every new generation, and plays an important role in achieving balance between exploration and exploitation of the algorithm.
- Populations must have fixed size.
  - **Generational:** replaces all the population with the new offspring.
  - **ELITIST:** better individuals always survive and are present in next generation
  - **Steady-State:** selects two parents and create 1-2 offspring which will replace the 1-2 worst individuals in the current population even if the offspring are worse. SSGAs are overlapping systems, because parent and offspring compete for survival.

## 8. Stopping criteria

- Reach a maximum number of generations,
- Reach a certain fitness value that it is considered good enough
- The population fitness has reached a plateau
- Reach a certain amount of time

**Genetic Algorithms**

Link words and definitions:

Selection	Value assigned to each solution representing the abilities of an individual to 'compete'.
Crossover	Its purpose is to maintain diversity within the population and inhibit premature convergence.
Mutation	To combine two parents to form children for the next generation.
Fitness score	To choose the individuals, called parents, that contribute to the population at the next generation.



True or False?

- A genetic Algorithm is an optimization tactic to look for the best solution
- It avoids local optima and searches for global fitness
- Genetic algorithms are search optimization techniques based on Darwin's principle of natural selection

During the listening:

- It is looking for a \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ solution rated against fitness criteria, so it avoids \_\_\_\_\_ and searches for global fitness
- Selection duplicates structures with \_\_\_\_\_ fitnesses and deletes structures with \_\_\_\_\_ fitnesses
- Mutation creates new structures that are similar to \_\_\_\_\_ YIELD NEW \_\_\_\_\_ structures
- The GA begins with the population of \_\_\_\_\_ RANDOMLY \_\_\_\_\_ generated structures where each structure \_\_\_\_\_ a solution to the task
- It proceeds to \_\_\_\_\_ generations; during each generation the GA \_\_\_\_\_ the structures in its current population by performing \_\_\_\_\_ followed by \_\_\_\_\_ followed by \_\_\_\_\_

## GENETIC OPERATORS

In this exercise we study three genetic operators: **Selection, Crossover and Mutation**:

1. Read de basics of each operator
2. Classify each method into one of the 3 operators

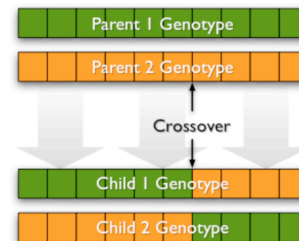
### SELECTION OPERATOR

Decide which individuals will breed a new generation.

- The key idea is to give preference to better individuals, allowing them to pass on their genes to the next generation.
- The goodness of each individual depends on its fitness.
- Some individuals will be selected more than once, while others will die without leaving any descent.

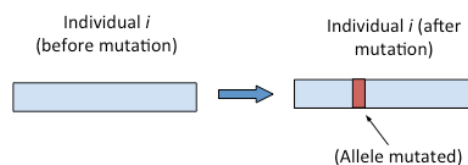
### CROSSOVER OPERATOR

- Two individuals are chosen from the population using the selection operator.
- The two new offspring created from this mating are put into the next generation of the population.
- By recombining portions of good individuals, this process is likely to create even better individuals.



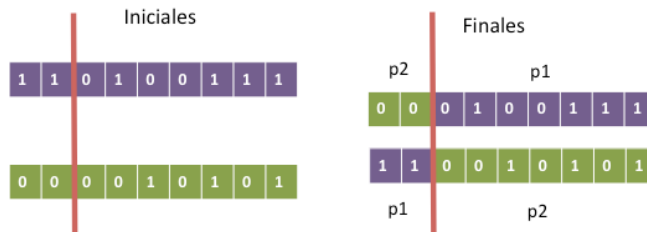
### MUTATION OPERATOR

- Alter each gene independently with a probability  $p_m$
- $p_m$  is called the mutation rate  
Typically between  $1/\text{pop\_size}$  and  $1/\text{chromosome\_length}$



### METHOD 1: Choose a random point on the two parents

- Split parents at this point
- Create children by exchanging tails
- $P_c$  typically in range (0.6, 0.9)



### METHOD 2: Insertion

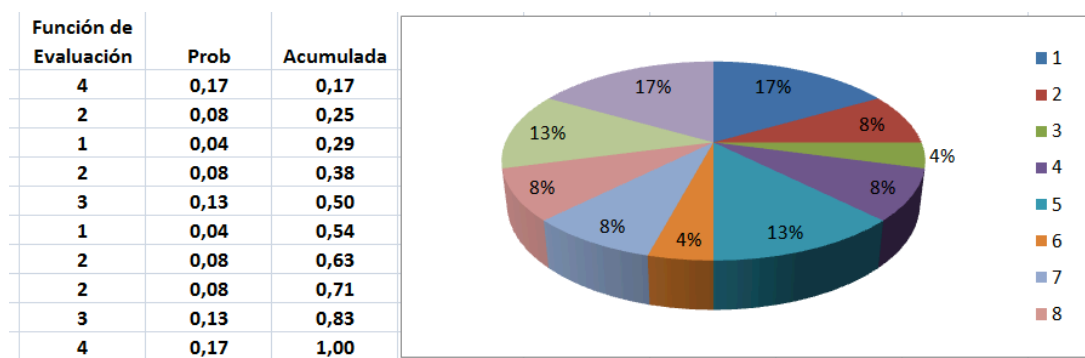
- Pick two allele values at random
- Place the first to follow the second, shifting the rest along to accommodate
- Note that this preserves most of the order and the adjacency information

$$v = (1\ 9\ 8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2)$$

$$v' = (1\ 9\ 7\ 6\ 5\ 8\ 4\ 3\ 2)$$

### METHOD 3 – Roulette Wheel

- Assign to each individual a part of the roulette wheel, based on the evaluation function
- Spin the wheel  $n$  times to select  $n$  individuals



### METHOD 4: Inversion

Invert the order of a sub-chain

$$v = (1\ 9\ 8\ | 7\ 6\ 5\ 4\ | 3\ 2)$$

$$v' = (1\ 9\ 8\ | 4\ 5\ 6\ 7\ | 3\ 2)$$

### METHOD 5: Tournament

- Pick  $k$  members at random, then select the best of these



- Repeat to select more individuals

### METHOD 6: Bit Flip (Binary)

We select one or more random bits and flip them (from 0 to 1 or viceversa)

### METHOD 7: PMX

1. Two points are selected at random (or determined before execution)

$$p_1 = (1\ 2\ 3\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 8\ 9) \quad p_2 = (4\ 5\ 2\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 3)$$

2. The central part of one parent is mapped to the central area of the other parent:

$$s_1 = (x\ x\ x\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ x\ x) \\ s_2 = (x\ x\ x\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ x\ x)$$

taking into account the interchanges: 1/4, 8/5, 7/6, y 6/7

2. Then, the values that are not in conflict (already inserted) are added to each offspring:

*For example value 1 in p1 already exists in s1, then we look for the next value*

$$p_1 = (1\ 2\ 3\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 8\ 9) \quad s_1 = (x\ 2\ 3\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ x\ 9) \\ p_2 = (4\ 5\ 2\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 3) \quad s_2 = (x\ x\ 2\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3)$$

3. Finally, the values in conflict must be replaced by the interchanges: 1/4, 8/5, 7/6, y 6/7

*For example value 1 in p1 already exists in s1, the interchange was 1/4, thus, value 4 is added instead*

$$s_1 = (4\ 2\ 3\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 5\ 9) \\ s_2 = (1\ 8\ 2\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3)$$

### METHOD 8: OX

From a substring of p1, and preserving the relative order of the p2:

1. Two points are selected at random (or determined before execution)

$$p_1 = (1\ 2\ 3\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 8\ 9) \quad p_2 = (4\ 5\ 2\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 3)$$

2. The central part is copied into the offspring:

$$s_1 = (x\ x\ x\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ x\ x) \quad s_2 = (x\ x\ x\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ x\ x)$$

3. Starting from the second point, copy the values of the other parent in the same order, omitting those repeated values.

$$s_1 = (x\ x\ x\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3) \quad s_2 = (x\ x\ x\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 2)$$

4. When the end of the string is reached, start from the first position on the left:

$$s_1 = (2\ 1\ 8\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3) \quad s_2 = (3\ 4\ 5\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 2)$$

### METHOD 9: Swap

We select two positions on the chromosome at random, and interchange the values. (This is common in permutation-based encodings).

## EXERCISES

Use the following random numbers:

8	2	1	3	6	2	3	8	4	5	7	0.5129	0.3693	0.4460	0.3933	0.1194	
6	1	3	8	4	7	3	6	4	4	2	0.9404	0.3204	0.4032	0.4605	0.0336	
6	5	3	1	5	1	5	6	1	5	8	0.5083	0.8044	0.6344	0.4156	0.6579	
1	8	7	7	4	6	2	4	2	7	2	0.8024		0.3504	0.1922	0.5281	0.0111
											0.8624	0.2720	0.0018	0.8621	0.0950	
											0.4714	0.5729	0.2331	0.1582	0.9280	
											0.6290	0.1438				

- Given the following individuals belonging to the 4-Queens problem, where the fifth column corresponds to the evaluation function, apply all the selection operators studied above:

```

2 1 3 4 4
1 3 2 4 4
3 4 1 2 2
3 2 4 1 5
4 2 3 1 4
2 3 4 1 2
4 3 1 2 4
1 4 2 3 5

```

- Apply the crossover methods according to the representation of the individuals. Crossover points are 3 and 7:

A)

```

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

```

B)

```

0011100011
1111010101

```

- Apply mutation operators when possible, according to the representation. PMut=0.2

A)

```
00011100011
```

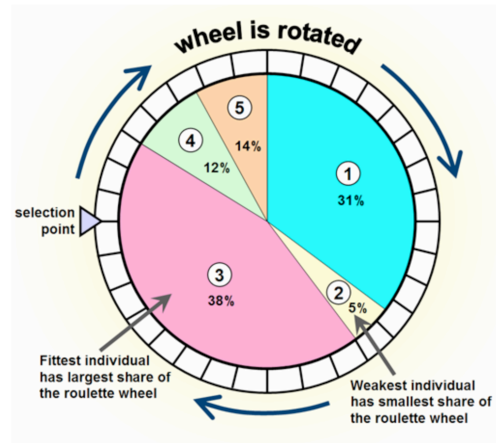
B)

```
6 10 7 8 5 1 2 4 9 3
```



### Roulette Wheel Selection

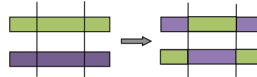
The basic part of the selection process is to stochastically select from one generation to create the basis of the next generation. The requirement is that the fittest individuals have a greater chance of survival than weaker ones. This replicates nature in that fitter individuals will tend to have a better probability of survival and will go forward to form the mating pool for the next generation. Weaker individuals are not without a chance. In nature such individuals may have genetic coding that may prove useful to future generations.



1. **Roulette Construction:** generate a vector R containing the cumulative probability distribution for each individual. In this way, the individuals are mapped to contiguous segments of a line, such that each individual's segment is equal in size to its fitness.
2. **Probabilities generation:** A set P of N random numbers is generated, representing the probability of choosing an individual.
3. **Selection:** The individual whose segment includes the random number is selected. The process is repeated for each element of P

## PMX or Partially Match Crossover

PMX produces the offsprings by selecting a subsequence or swath of genetic material from one parent and the rest of the alleles keep the order and position from the other parent.



**Crossover points:** Select i.e. 25% at the beginning and at the end of the sequence

$$p_1 = (1\ 2\ 3\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 8\ 9) \quad p_2 = (4\ 5\ 2\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ 9\ 3)$$

1. Exchange the segment between both crossover points

$$s_1 = (x\ x\ x\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ x\ x) \quad s_2 = (x\ x\ x\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ x\ x)$$

taking into account the replacement pairs: 1/4, 8/5, 7/6, y 6/7

2. Looking in the same segment positions in parent 1, copy each value that hasn't already been copied to the child 1. (The same with parent 2 and child 2)

$$s_1 = (x\ 2\ 3\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ x\ 9) \quad s_2 = (x\ x\ 2\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3)$$

3. With the values that have been already copied, look for the replacement pairs in order to use its exchange.

For example 1/4, instead of copying 1 this value is replaced by 4 and 8/5:

$$s_1 = (\underline{4}\ 2\ 3\ | \ 1\ 8\ 7\ 6\ | \ \underline{5}\ 9) \quad s_2 = (\underline{1}\ 8\ 2\ | \ 4\ 5\ 6\ 7\ | \ 9\ 3)$$

1/4
8/5
1/4 8/5



## CROSSOVER OPERATORS

1. Study the code you have in order to determine what crossover method is, and what instructions you need to complete the strategy.
2. Find out which other classmates have the same or similar methods as you.
3. Discuss in groups the instructions that are needed to finish the implementation.
4. Integrate the method in your AG and check that everything is running properly and that you find a solution for problems of 30 Queens or more.



#### N-QUEENS & AGs

1. From this AG skeleton, order the steps of the AG and find out the remaining functions (uppercase). ONLY SPEAKING IN ENGLISH  
Write the stopping criteria.

```
NQueens= 4 ;      %%Number of Queens
NPopulation= 12;  %%Number of individuals
MAX_itera=3000;
Pcross=0.9;
Pmut=0.1;
%% Initial Population

Pob=GeneratePopulation(NQueens,NPopulation);
FitPob=EvalPopulation(Pob);

while %%<ADD Stopping conditions>
    MATCHINGUP
    MUTATION
    REPLACEMENT
    SELECTION
    CROSSOVER
end
```

The evaluation consists of three steps:

1. Implementation of the problem to find a complete and consistent solution. (Groups of 2 to 3 people)
2. Oral Presentation and discussion to the rest of the class of the strategies used and the results obtained.
3. Peer Evaluation.

**The knapsack problem**



The KP problem is an example of a combinatorial optimization problem, which seeks for a best solution from among many other solutions. It is concerned with a knapsack that has positive integer volume (or capacity)  $V$ . There are  $n$  distinct items that may potentially be placed in the knapsack. Item  $i$  has a positive integer volume  $V_i$  and positive integer benefit  $B_i$ . In addition, there are  $Q_i$  copies of item  $i$  available, where quantity  $Q_i$  is a positive integer satisfying  $1 \leq Q_i \leq \infty$ .

Let  $X_i$  determines how many copies of item  $i$  are to be placed into the knapsack. The goal is to:

Maximize :

$$\sum B_i X_i \quad i=1..N$$

Subject to the constraints:

$$\sum V_i X_i \leq V \quad i=1..N$$

And  $0 \leq X_i \leq Q_i$ .

If one or more of the  $Q_i$  is infinite, the KP is unbounded; otherwise, the KP is bounded [3]. The bounded KP can be either 0-1 KP or Multiconstraint KP. If  $Q_i = 1$  for  $i = 1, 2, \dots, N$ , the problem is a 0-1 knapsack problem. In the current paper, we have worked on the bounded 0-1 KP, where we cannot have more than one copy of an item in the knapsack.

Example of a 0-1 KP

Suppose we have a knapsack that has a capacity of 13 cubic inches and several items of different sizes and different benefits. We want to include in the knapsack only these items that will have the greatest total benefit within the constraint of the knapsack's capacity. There are

three potential items (labeled 'A,' 'B,' 'C'). Their volumes and benefits are as follows:

Item #	A	B	C
Benefit	4	3	5
Volume	6	7	8

We seek to maximize the total benefit:

$$\sum_{i=1}^3 B_i X_i = 4X_1 + 3X_2 + 5X_3$$

Subject to the constraints:

$$\sum_{i=1}^3 V_i X_i = 6X_1 + 7X_2 + 8X_3 \leq 13$$

And

$$X_i \in \{0,1\}, \text{ for } i= 1, 2, \dots, n.$$

For this problem there are  $2^3$  possible subsets of items:

A	B	C	Volume of the set	Benefit of the set
0	0	0	0	0
0	0	1	8	5
0	1	0	7	3
0	1	1	15	-
1	0	0	6	4
1	0	1	14	-
1	1	0	13	7
1	1	1	21	-

In order to find the best solution we have to identify a subset that meets the constraint and has the maximum total benefit. In our case, only rows given in italics satisfy the constraint. Hence, the optimal benefit for the given constraint ( $V = 13$ ) can only be obtained with one quantity of A, one quantity of B, and zero quantity of C, and it is 7.

**Goals:**

- a. Justify the best representation for this problem.
- b. Determine the best genetic operators.
- c. Program the general problem
- d. Use the following data to compare results with other classmates:

- **N=12:** number of objects
- **w<sub>i</sub>:** weight of each object  
 $[ 3 \ 10 \ 12 \ 2 \ 4 \ 9 \ 5 \ 8 \ 12 \ 18 \ 1 \ 11 ]$
- **b<sub>i</sub>:** benefit of each object  
 $[ 10 \ 5 \ 7 \ 6 \ 9 \ 2 \ 4 \ 8 \ 9 \ 8 \ 3 \ 10 ]$
- **C:** capacity: **27**

**FINAL ASSIGNMENT**  
**RUBRIC**

EVALUATOR GROUP:

EVALUATED GROUP:

General (25%)	Unsatisfactory (from 0 to 4,9)	Acceptable (from 5 to 7,5)	Excellent (from 7,6 to 10)
Information is well-organised and is presented in a logical sequence.			
Material included is accurate and relevant to the overall message/purpose.			
Good oral skills (including good language skills and pronunciation) are used.			
Length of presentation is within the assigned time limits, not too short not too long.			
The total time of the presentation is well distributed among the members of the group, reflecting that all of them has a similar grade of implication in the final work.			
<b>Contents (25%)</b>			
Speakers show knowledge domain and explain contents accurately			
Appropriate amount of material is prepared.			
Points made reflect well their relative importance, highlighting the main contributions and results			
The proposed solutions and results achieved are correct, accurate and fix the problem requirements.			
Goals of the work have been accomplished			
<b>IMPLEMENTATION (50%)</b>			
The code is clear, readable, correct, there are no execution errors and it is sufficiently commented. The implementation is very efficient.			
<b>COMMENTS</b>			

**FINAL ASSIGNMENT**  
**RUBRIC**

**INDIVIDUAL SCORES**

Write the name of each member of the group and assign a score about its presentation. Write at least a comment about each member of the group

<b>Name:</b>	<b>Score:</b>	
<b>COMMENTS:</b>		
<b>Name:</b>	<b>Score:</b>	
<b>COMMENTS:</b>		
<b>Name:</b>	<b>Score:</b>	
<b>COMMENTS:</b>		