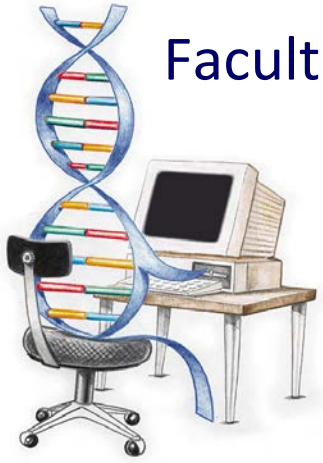
ALGORITMOS EVOLUTIVOS
Curso 2024

Implementación de AEs usando jMetal

Centro de Cálculo, Instituto de Computación
Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay



cecal

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Características de jMetal

- jMetal proviene de Java METaheuristic ALgorithms
- Es una biblioteca orientada a objetos para abordar problemas de optimización con metaheurísticas
  - No es solamente para la implementación de AE
- Provee soporte para problemas multi-objetivo

Referencias:

Durillo, J. J., & Nebro, A. J. (2011). jMetal: A Java framework for multi-objective optimization. Advances in Engineering Software, 42(10), 760-771.

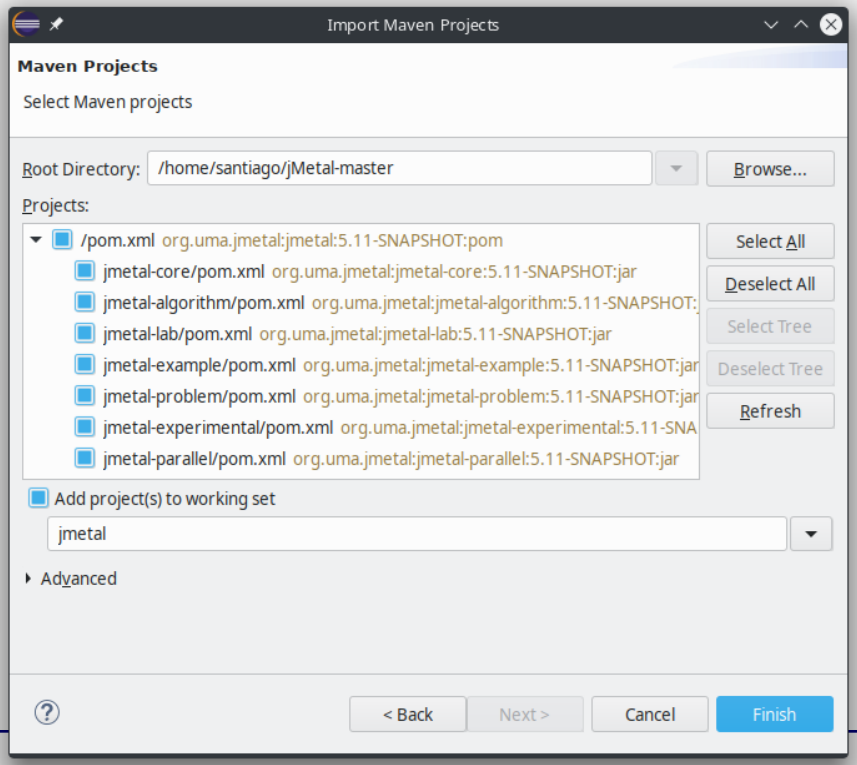
Nebro, A. J., Durillo, J. J., & Vergne, M. (2015). Redesigning the jMetal multi-objective optimization framework. In Proceedings of the companion publication of the 2015 annual conference on genetic and evolutionary computation (pp. 1093-1100).

Requerimientos

- Java 11 JDK (Java Development Kit) o mayor (https://jdk.java.net/16/)
- Maven es necesario para el manejo de dependencias (https://maven.apache.org/)
- Entorno de desarrollo (opcional pero *fuertemente* recomendado)
  - Eclipse (https://www.eclipse.org/)
  - *Otros*: NetBeans, IntelliJ IDEA, etc.

Instalación

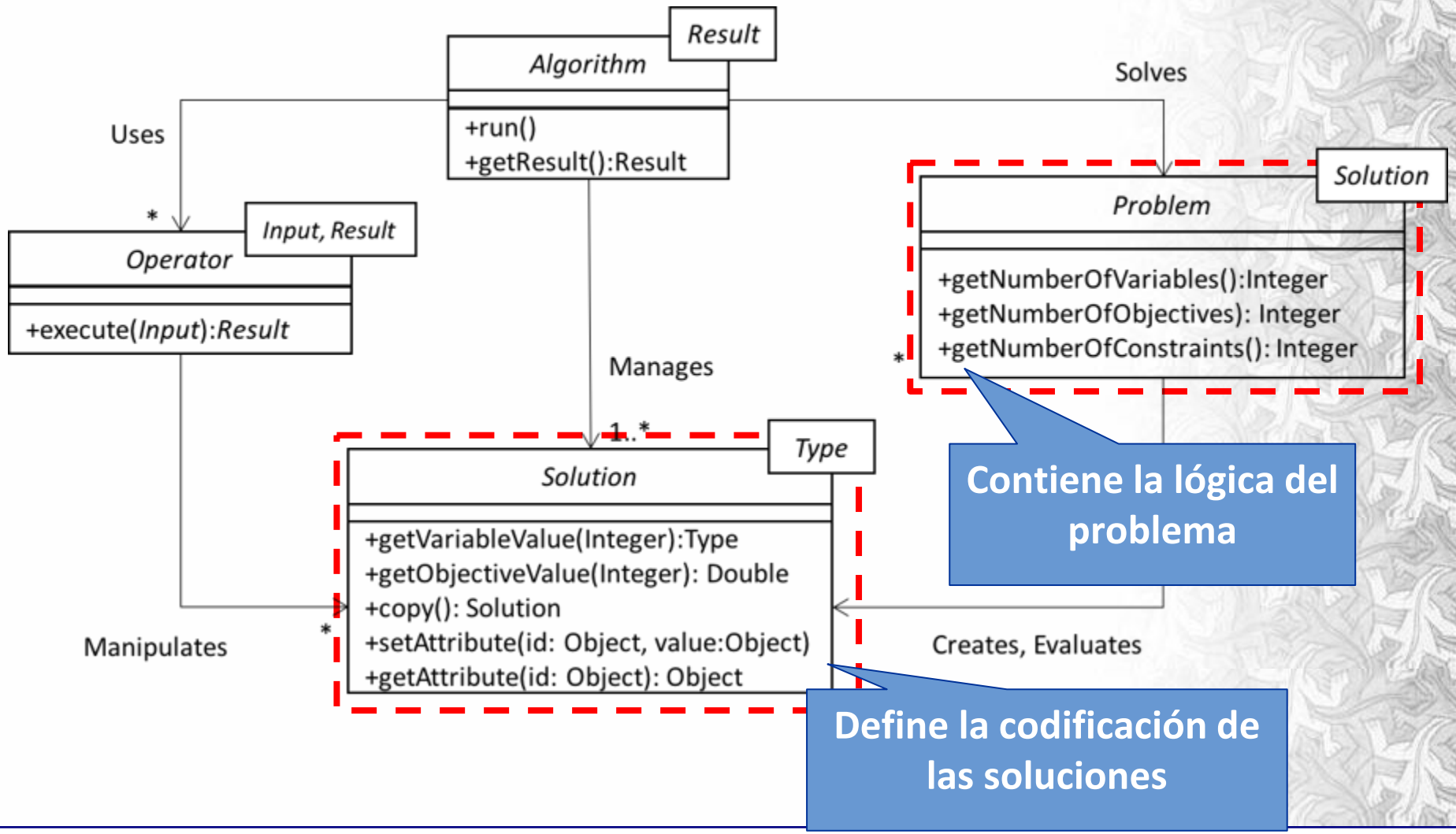
- Descargar y descomprimir la última versión (*estable*) de jMetal: https://github.com/jMetal/jMetal/archive/refs/tags/jmetal-5.10.zip
- Importar los proyectos a Eclipse con los siguientes pasos:
  File > Import... > Maven > Existing Maven Projects



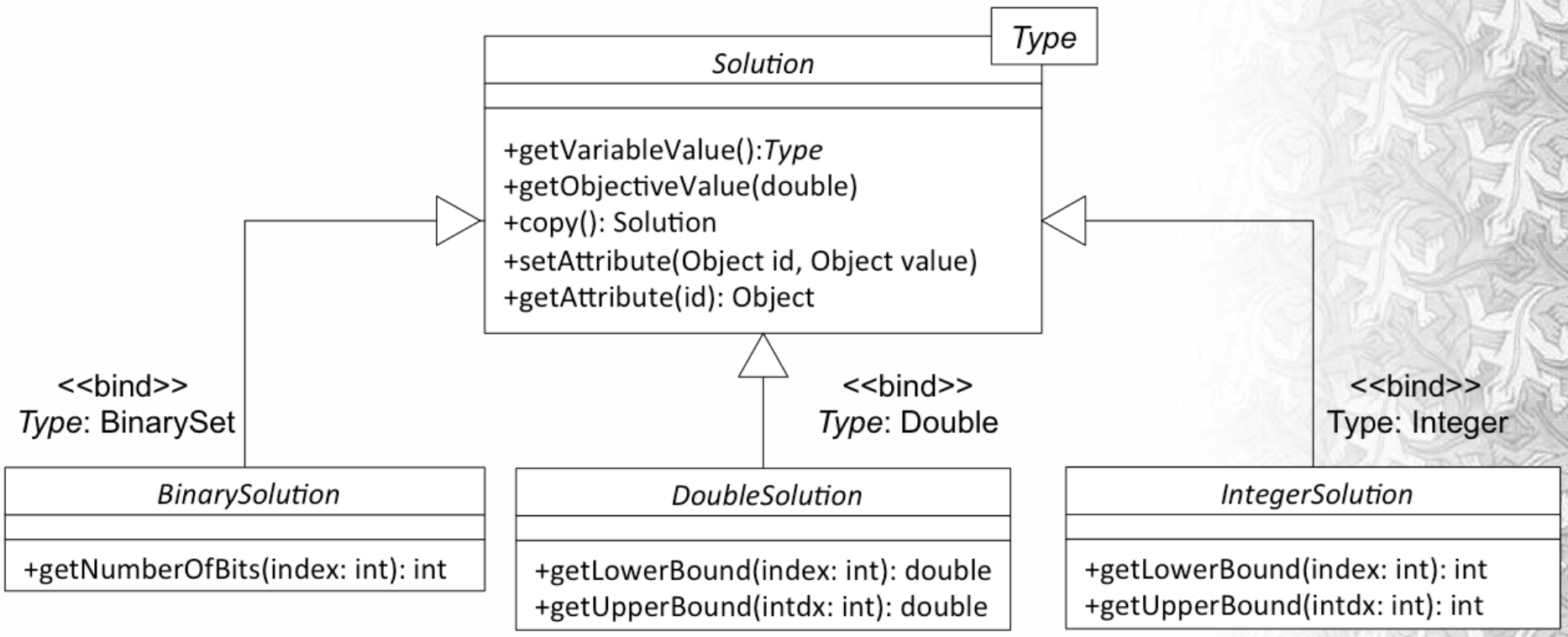
Sub proyectos de jMetal

- **`jmetal-core`**: Clases principales de jMetal
  - Interfaces y clases abstractas, operadores, codificación de soluciones, indicadores de calidad, etc.
- **`jmetal-algorithm`**: Algoritmos disponibles
  - GA (generacional y de estado estacionario), NSGA-II, etc.
- **`jmetal-problem`**: Problemas de ejemplo y de benchmark
  - OneMax, StringMatching, etc.
- **`jmetal-example`**: Ejemplos de resolución de problemas
- **`jmetal-lab`**: Permite el diseño de estudios para comparar metaheurísticas
- **`jmetal-experimental`** y **`jmetal-parallel`**

Arquitectura de jMetal



Arquitectura de jMetal



Otros: **`PermutationSolution`**, **`SequenceSolution`**, **`CompositeSolution`**.

Arquitectura de jMetal: operadores

Algunos operadores disponibles:

- **Selección**: mejor; torneo binario y N-ario; aleatoria, etc.
- **Cruzamiento**: de uno, dos y N puntos; uniforme; PMX; SBX; etc.
- **Mutación**: cambio de bit; intercambio; polinomial; aleatoria simple; uniforme; etc.

Los operadores de mutación y cruzamiento están condicionados por el tipo de Solution

Arquitectura de jMetal


```
public interface Problem<S> extends Serializable {
  /* Getters */
  int getNumberOfVariables();
  int getNumberOfObjectives();
  int getNumberOfConstraints();
  String getName();

  /* Methods */
  void evaluate(S solution);
  S createSolution();
}
```

Condicionado a la dirección de la optimización del algoritmo

Arquitectura de jMetal

Algunos modelos de problemas disponibles:

- **Binary problem**: `AbstractBinaryProblem`
- **Integer problem**: `AbstractIntegerProblem`
- **Double problem**: `AbstractDoubleProblem`
- **Permutation problem**: `AbstractIntegerPermutationProblem`

El objeto Problem es el indicado para contener la información de la instancia del problema a resolver

Arquitectura de jMetal

Algunos algoritmos disponibles:

- **Mono-objetivo**: *Genetic algorithm*, Particle swarm, Coral reef, Differential evolution, Evolution strategy.
- **Multi-objetivo**: NSGA-II, SPEA 2, ABYSS, IBEA, MOCell, MOCHC, MOEA/D, etc.

¡En general los algoritmos de jMetal resuelven problemas de minimización!

Problemas de ejemplo

- **OneMax**
  - *Representación*: vector de bits
  - *Objetivo*: *maximizar* la cantidad de 1's
- **NIntegerMin**
  - *Representación*: vector de enteros
  - *Objetivo*: *minimizar* la sumatoria de la diferencia absoluta de cada entero de la representación con un valor de referencia
- Otros ejemplos
  - TSP, StringMatching, etc.

Ejemplo: OneMax


```
public class OneMax extends AbstractBinaryProblem
{
  private int bits;

  public OneMax(Integer numberOfBits) {
      setNumberOfVariables(1);
      setNumberOfObjectives(1);
      setName("OneMax");
      bits = numberOfBits;
  }

  public BinarySolution createSolution() {
      return new DefaultBinarySolution(
     Arrays.asList(bits),
     getNumberOfObjectives());
  }
```

Ejemplo: OneMax


```
public BinarySolution evaluate(BinarySolution solution)
{
      int counterOnes = 0;
      BitSet bitset = solution.variables().get(0);

      for (int i = 0; i < bitset.length(); i++) {
    if (bitset.get(i)) {
     counterOnes++;
       }
      }

      // OneMax is a maximization problem:
   // multiply by -1 to minimize
      solution.objectives()[0] = -1.0 * counterOnes;
      return solution;
}
```

GenerationalGeneticAlgorithmBinaryEncodingRunner


```
BinaryProblem problem = new OneMax(512);

SinglePointCrossover crossover;
crossover = new SinglePointCrossover(0.9);

BitFlipMutation mutation;
mutation = new
  BitFlipMutation(1.0/problem.getBitsFromVariable(0));

BinaryTournamentSelection<BinarySolution> selection;
selection = new
  BinaryTournamentSelection<>();
```

Algoritmos evolutivos

GenerationalGeneticAlgorithmBinaryEncodingRunner

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

```
Algorithm<BinarySolution> algorithm =
  new GeneticAlgorithmBuilder<>(
    problem, crossover, mutation)
    .setPopulationSize(100)
    .setMaxEvaluations(25000)
    .setSelectionOperator(selection)
    .build();

AlgorithmRunner algorithmRunner = new
  AlgorithmRunner.Executor(algorithm).execute();

BinarySolution solution = algorithm.getResult();
```

GenerationalGeneticAlgorithmBinaryEncodingRunner


```
List<BinarySolution> population = new ArrayList<>(1);
population.add(solution);

new SolutionListOutput(population)
  .setVarFileOutputContext(new
    DefaultFileOutputContext("VAR.tsv"))
  .setFunFileOutputContext(new
    DefaultFileOutputContext("FUN.tsv"))
  .print();
```

Ejemplo: NIntegerMin


```
public class NIntegerMin extends AbstractIntegerProblem {
  private int valueN;

  public NIntegerMin(int numberOfVariables, int n,
    int lowerBound, int upperBound) {
      valueN = n ;
      setNumberOfVariables(numberOfVariables);
      setNumberOfObjectives(1);
      setName("NIntegerMin");
      List<Integer> lowerLimit =
     new ArrayList<>(getNumberOfVariables());
      List<Integer> upperLimit =
     new ArrayList<>(getNumberOfVariables());

      for (int i = 0; i < getNumberOfVariables(); i++) {
        lowerLimit.add(lowerBound);
        upperLimit.add(upperBound);
      }
```

Ejemplo: NIntegerMin


```
public IntegerSolution evaluate(
    IntegerSolution solution) {
  int approximationToN = 0;

  for (int i=0; i<solution.variables().size(); i++) {
    int value = solution.variables().get(i);
    approximationToN += Math.abs(valueN - value);
  }

  solution.objectives()[0] = approximationToN;
  return solution ;
}
```

Manejo de restricciones

- Manejo de restricciones dentro de la función **`evaluate`** en la clase **`Problem`**
- Algunas acciones que pueden tomarse son:
  - *Penalizar la solución*: modificar su campo **`objectives`**
  - *Corregir la solución*: modificar su campo **`variables`**
  - *"Descartar" la solución*: la solución debe ser reemplazada

Links

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY

Java

https://www.oracle.com/java/technologies/javase-jdk16-downloads.html

Eclipse

https://www.eclipse.org/

Maven

https://maven.apache.org/

jMetal

https://github.com/jMetal/jMetal/tree/jmetal-5.10