

Programação Modular - TP 1

Gabriel Bastos - 2016058204

1 Passeio do cavalo

No trabalho prático, recebemos a tarefa de implementar um algoritmo para calcular o passeio do cavalo. O passeio do cavalo é um caminho que o cavalo percorre, cobrindo todo o tabuleiro de xadrez, partindo de uma casa inicial definida. O passeio só é válido se o cavalo percorrer todas as casas do tabuleiro.

2 Algoritmo

De acordo com a descrição do algoritmo a ser utilizado, implementei o código com a técnica de *backtracking*. Este explora todas as rotas, e retrocede caso um caminho sem saída seja alcançado antes de se completar o passeio. Ao completar o tabuleiro, o algoritmo chega em seu fim. Caso nenhum passeio completo seja encontrado, indica-se a impossibilidade deste.

3 Análise experimental

4 Módulos

4.1 Board

4.1.1 Coord

Representa uma coordenada no espaço \mathbb{Z}^2 , utilizada para o posicionamento no tabuleiro.

Interface

```
public class Coord {
    public final int x, y; // Axis coordinates.

    public static final Coord origin; // The origin coordinate, i.e. (0, 0).

    public Coord(int x, int y); // Basic constructor.

    public static Coord random(Bounds b); // Create a random coord within the bounds.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.board;

import java.util.Random;

/**
 * A bidimensional immutable coordinate.
 */
public class Coord {
    public final int x, y;

    /**
     * The origin coordinate, i.e. (0, 0).
     */
    public static final Coord origin = new Coord(0, 0);

    public Coord(int x, int y) {
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    /**
     * Construct a random Coord, within the given bounds, if any.
     * @param b the bounds within the Coord will be randomized, possibly null
     */
    public static Coord random(Bounds b) {
        if (b == null) {
            Random r = new Random();

            return new Coord(r.nextInt(), r.nextInt());
        }

        return new Coord(
            b.lower.x + (int) (Math.random() * (b.upper.x - b.lower.x)),
            b.lower.y + (int) (Math.random() * (b.upper.y - b.lower.y))
        );
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, cumprindo apenas o papel de representar coordenadas.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com os módulos padrão *Math* e *Random*, e também com o módulo *Bounds*.

4.1.2 Bounds

Representa os limites de um subespaço de \mathbb{Z}^2 , delimitando o tabuleiro e o movimento das peças.

Interface

```
public class Bounds {
    public final Coord lower, upper; // The upper and lower bounds.
    public Bounds(Coord lower, Coord upper); // Basic constructor.
    public boolean contains(Coord c); // Checks wether the bounds contains the coordinate.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.board;

/**
 * Immutable bidimensional boundaries.
 */
public class Bounds {
    public final Coord lower, upper;

    /**
     * Construct a Bounds object from the given lower and upper coordinates.
     * Lower's coordinates must be equal or lower than upper's.
     * @param lower the lower coordinate, mustn't be null
     * @param upper the upper coordinate, mustn't be null
     */
    public Bounds(Coord lower, Coord upper) {
        if (lower == null || upper == null)
            throw new IllegalArgumentException("lower/upper mustn't be null");

        if (upper.x < lower.x || upper.y < lower.y)
            throw new IllegalArgumentException(
                "lower's coordinates must be equal or lower than upper's"
            );

        this.lower = lower;
        this.upper = upper;
    }

    /**
     * Checks wether the bounds contains the given coordinate.
     * @param c the coordinate to check, possibly null
     */
    public boolean contains(Coord c) {
        if (c == null)
            return false;

        return this.lower.x <= c.x && c.x <= this.upper.x
            && this.lower.y <= c.y && c.y <= this.upper.y;
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, cumprindo apenas o papel de representar, criar e manipular limites.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com o módulo *Coord*.

4.1.3 Board

Representa o tabuleiro de xadrez, com seus limites e os valores de cada casa. As peças não pertencem ao tabuleiro.

Interface

```
public class Board {
    public final int width;        // The width of the board.
    public final int size;         // The size of the board. Equivalent to `width * width`.
    public final Bounds bounds;    // The boundaries of the board.

    public Board(int width); // Construct a Board of the given width.

    public int getTile(Coord c);    // get the piece's position.
    public void setTile(Coord c, int value); // set the piece's position.
    public void resetTile(Coord c); // Reset the value of a given tile (set to 0).

    // Calculate the possible steps for the given piece within the board:
    public Iterable<Coord> steps(final IPiece p);

    public void print(PrintStream p); // Print the board to the given PrintStream.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.board;

import java.io.PrintStream;

import dcc.gahag.chess.piece.IPiece;
import dcc.gahag.chess.util.FilterIterator;
import dcc.gahag.chess.util.TransformIterator;

/**
 * A chess board with mutable tiles and immutable size.
 * It's tiles are represented by integers, possibly indicating the movement number.
 * The tiles' default value is 0.
 */
public class Board {
    protected int[][] tiles;

    /**
     * The width of the board.
     */
    public final int width;
    /**
     * The size of the board. Equivalent to `width * width`.
     */
    public final int size;
```

```

/**
 * The boundaries of the board.
 */
public final Bounds bounds;

/**
 * Construct a Board of the given width.
 * @param width the width of the board, must be a positive number
 */
public Board(int width) {
    if (width < 1)
        throw new IllegalArgumentException();

    this.bounds = new Bounds(
        Coord.origin,
        new Coord(width - 1, width - 1)
    );
    this.tiles = new int[width][width];

    this.width = width;
    this.size = width * width;
}

/**
 * Get the value of a given tile.
 * @param c the Coord of the tile, must be within the board's bounds and mustn't be null
 */
public int getTile(Coord c) {
    if (c == null)
        throw new IllegalArgumentException("Coord mustn't be null");

    if (!this.bounds.contains(c))
        throw new IllegalArgumentException("Coord out of bounds");

    return this.tiles[c.x][c.y];
}

/**
 * Set the value of a given tile.
 * @param c the Coord of the tile, must be within the board's bounds and mustn't be null
 * @param value the value to be set
 */
public void setTile(Coord c, int value) {
    if (c == null)
        throw new IllegalArgumentException("Coord mustn't be null");

    if (!this.bounds.contains(c))
        throw new IllegalArgumentException("Coord out of bounds");

    this.tiles[c.x][c.y] = value;
}

/**
 * Reset the value of a given tile (i.e., set the tile's value to 0).
 * @param c the Coord of the tile, must be within the board's bounds and mustn't be null
 * @param value the value to be set
 */
public void resetTile(Coord c) {
    this.setTile(c, 0);
}

```

```

/**
 * Calculate the possible steps for the given piece within the board.
 * The values are calculated from the piece's movement, current position at the moment
 * of the function call, and the board's boundaries.
 * @param p the piece, mustn't be null
 */
public Iterable<Coord> steps(final IPiece p) {
    if (p == null)
        throw new IllegalArgumentException("IPiece mustn't be null");

    // Keep the piece's current position, for if it changes the iterator won't change.
    final Coord c = p.getPosition();

    return () -> new FilterIterator<Coord>(
        new TransformIterator<Coord, Coord>(
            p.movement().iterator(),
            (Coord m) -> new Coord(c.x + m.x, c.y + m.y)
        ),
        (Coord m) -> this.bounds.contains(m)
    );
}

/**
 * Print the board's representation to the given PrintStream.
 * @param p the PrintStream to be used, mustn't be null
 */
public void print(PrintStream p) {
    if (p == null)
        throw new IllegalArgumentException("PrintStream mustn't be null");

    for (int i = 0; i < tiles.length; i++) {
        for (int j = 0; j < tiles.length; j++)
            p.format("%2d ", this.tiles[j][i]);

        p.println();
    }
}
}

```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, cumprindo apenas o papel de representar, criar e manipular o tabuleiro.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com o módulo padrão *PrintStream*, e também com os módulos *Coord*, *Bounds*, *IPiece*, *FilterIterator* e *TransformIterator*.

4.2 Piece

4.2.1 IPiece

A interface para as peças do tabuleiro, utilizada para posicionamento e movimentação, além da base para o algoritmo do passeio. Esta interface permite a implementação para o passeio do cavalo, bem como para de qualquer outra peça.

Interface

```
public interface IPiece {
    Coord getPosition();           // get the piece's position.
    void setPosition(Coord c);    // set the piece's position.

    Iterable<Coord> movement();   // get the piece's movement mechanics.

    // The tour algorithm:
    default boolean tour(final Board board);
    default boolean tour(final Board board, final Box<Long> moves);
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.piece;

import java.util.function.IntPredicate;

import dcc.gahag.chess.board.Board;
import dcc.gahag.chess.board.Coord;
import dcc.gahag.chess.util.Box;

/**
 * The basic interface of a chess piece.
 */
public interface IPiece {
    /**
     * The piece's current position.
     */
    Coord getPosition();
    /**
     * Set the piece's current position.
     */
    void setPosition(Coord c);

    /**
     * The movement mechanic of the piece.
     * An iterator of coordinates that indicates the possible movements of the piece from the
     * origin.
     */
    Iterable<Coord> movement();

    /**
     * The tour algorithm.
     * The default implementation is a simple call to the overload with a null moves counter.
     * @param board the board to tour, mustn't be null
     */
    default boolean tour(final Board board) {
        return this.tour(board, null);
    }
}
```

```

/**
 * The tour algorithm.
 * The default implementation is a backtracking brute-force algorithm, that suits all
 * the possible pieces.
 * @param board the board to tour, mustn't be null
 * @param moves a output counter for the number of movements calculated, possibly null
 */
default boolean tour(final Board board, final Box<Long> moves) {
    if (board == null)
        throw new IllegalArgumentException("board mustn't be null");

    final IPiece piece = this;

    IntPredicate tour = new IntPredicate() {
        public boolean test(int move) {
            if (move == board.size + 1) // The board is complete.
                return true;

            if (moves != null)
                moves.value++;

            for (Coord s : board.steps(piece))
                if (board.getTile(s) == 0) { // unvisited tile.
                    // Save the initial position, in case a backtrack is needed:
                    Coord c = piece.getPosition();

                    piece.setPosition(s);
                    board.setTile(s, move);

                    if (this.test(move + 1))
                        return true;

                    // backtrack:
                    piece.setPosition(c);
                    board.resetTile(s);
                }

            return false;
        }
    };

    board.setTile(this.getPosition(), 1); // Start the tour in the current position.

    if (moves != null)
        moves.value = 1L;

    return tour.test(2); // Attempt the tour from the start.
}
}

```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, cumprindo apenas o papel de representar, criar e manipular peças, além de implementar o algoritmo mais adequado para o passeio da peça.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com o módulo padrão *IntPredicate*, e também com os módulos *Coord*, *Board* e *Box*.

4.2.2 Knight

Esta classe representa a peça do cavalo, incluindo sua mecânica de movimentos.

Interface

A classe implementa a interface **IPiece**. Além desta, possui a seguinte interface:

```
public class Knight implements IPiece {
    public Knight(Coord c); // Constructs a knight in the given coordinate.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.piece;

import java.util.List;
import dcc.gahag.chess.board.Coord;

/**
 * The knight piece.
 */
public class Knight implements IPiece {
    protected Coord _position;

    public Coord getPosition() {
        return this._position;
    }
    public void setPosition(Coord c) {
        this._position = c;
    }

    protected final Iterable<Coord> _movement = List.of(
        new Coord(2, 1),
        new Coord(1, 2),
        new Coord(-1, 2),
        new Coord(-2, 1),
        new Coord(-2, -1),
        new Coord(-1, -2),
        new Coord(1, -2),
        new Coord(2, -1)
    );

    public Iterable<Coord> movement() {
        return this._movement;
    }

    /**
     * Constructs a knight in the given coordinate.
     * @param c the coordinate for the knight to be placed, possibly null
     */
    public Knight(Coord c) {
        this.setPosition(c);
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, cumprindo apenas o papel de representar e manipular o cavalo.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com o módulo padrão *List*, e também com os módulos *Coord* e *IPiece*.

4.3 Main

O módulo principal. Implementa o ponto de entrada para a execução do passeio.

Interface

Este módulo apenas fornece a função `main`.

```
public final class Main {
    public static void main(String args[]);
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess;

import dcc.gahag.chess.board.Board;
import dcc.gahag.chess.board.Coord;
import dcc.gahag.chess.piece.Knight;
import dcc.gahag.chess.util.Box;
import dcc.gahag.chess.util.Threading;

public final class Main {
    public static void main(String args[]) {
        Board board = new Board(8);
        Knight knight = new Knight(Coord.random(board.bounds));
        Box<Long> moves = new Box<Long>();

        Coord position = knight.getPosition();
        System.out.printf("Initial position: (%d, %d)%n", position.x, position.y);

        if (knight.tour(board, moves))
            board.print(System.out);
        else
            System.err.println("Solution does not exist");

        System.out.println();

        System.out.printf("Total moves: %d.%n", moves.value);

        System.out.printf("User time: %.3f seconds.%n", Threading.userTime());
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional ao implementar apenas a função principal do programa, delegando as tarefas específicas para os outros módulos.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com os módulos padrão *System.out* e *System.err*, e também com os módulos *Coord*, *Board*, *Knight*, *Box* e *Threading*.

4.4 Util

4.4.1 Box

Provê a técnica de *boxing* para valores de referência. Útil para passagem de parâmetro permitindo a mutabilidade.

Interface

```
public class Box<T> {
    public T value; // The boxed value.

    public Box(); // Construct a box, with a null value.
    public Box(T value); // Construct a box with the given value.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.util;

/**
 * A mutable boxed reference type.
 * This type allows mutation of values passed by parameter.
 */
public class Box<T> {
    public T value;

    /**
     * Construct a box, with a null value.
     */
    public Box() {
        this.value = null;
    }

    /**
     * Construct a box with the given value.
     */
    public Box(T value) {
        this.value = value;
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, sendo genérico e implementando apenas a funcionalidade de *boxing*.

Acoplamento

O módulo não possui acoplamento com nenhum outro módulo.

4.4.2 Threading

Utilidades relacionadas à *threads*.

Interface

```
public final class Threading {
    public static double userTime(); // Gets the current thread's user time in seconds.
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.util;

import java.lang.management.ManagementFactory;

/**
 * Static class for threading utils.
 */
public final class Threading {
    private Threading() { }

    /**
     * Gets the current thread's user time in seconds.
     */
    public static double userTime() {
        return ManagementFactory.getThreadMXBean().getCurrentThreadUserTime() / 1000000000.0;
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, implementando apenas funcionalidades estáticas relativas à *threads*.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com o módulo padrão *Managementfactory*.

4.4.3 FilterIterator

Um iterador para filtrar os elementos de outro iterador.

Interface

A classe implementa a interface *Iterator<T>*, não permitindo a chamada do método *remove*. Além desta, possui a seguinte interface:

```
public class FilterIterator<T> implements Iterator<T> {
    // Construct a FilterIterator from an iterator and a predicate:
    public FilterIterator(final Iterator<? extends T> it, final Predicate<? super T> p);
}
```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.util;

import java.util.Iterator;
import java.util.NoSuchElementException;
import java.util.function.Predicate;

/**
 * An iterator to filter the values of other iterator.
 * Event if the specified iterator supports removing, the FilterIterator doesn't.
 */
public class FilterIterator<T> implements Iterator<T> {
    protected final Iterator<? extends T> it;
    protected final Predicate<? super T> predicate;

    protected T _next;
    protected boolean _nextSet = false;
```

```

/**
 * Construct a FilterIterator from an iterator and a predicate.
 * @param it the iterator to be filtered, mustn't be null
 * @param f the predicate, possibly null
 */
public FilterIterator(final Iterator<? extends T> it, final Predicate<? super T> p) {
    if (it == null)
        throw new IllegalArgumentException("Iterator mustn't be null");

    this.it = it;
    this.predicate = p;
}

public boolean hasNext() {
    return this._nextSet || this.setNext();
}

public T next() {
    if (!this._nextSet && !this.setNext())
        throw new NoSuchElementException();

    this._nextSet = false;
    return this._next;
}

protected boolean setNext() {
    while (this.it.hasNext()) {
        final T n = this.it.next();

        if (this.predicate != null && this.predicate.test(n)) {
            this._next = n;
            this._nextSet = true;
            return true;
        }
    }

    return false;
}
}

```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, sendo genérico e implementando apenas a funcionalidade de filtrar outro iterador.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com os módulos padrão *Predicate* e *Iterator*.

4.4.4 TransformIterator

Um iterador para transformar os elementos de outro iterador.

Interface

A classe implementa a interface *Iterator<T>*, delegando o método `remove` para o iterador dado. Além desta, possui a seguinte interface:

```

public class TransformIterator<T, U> implements Iterator<U> {
    // Construct a TransformIterator from an iterator and a transform function:
    public TransformIterator(Iterator<? extends T> it, Function<? super T, ? extends U> f);
}

```

Implementação

```
package dcc.gahag.chess.util;

import java.util.Iterator;
import java.util.function.Function;

/**
 * An iterator to transform the values of other iterator.
 */
public class TransformIterator<T, U> implements Iterator<U> {
    protected final Iterator<? extends T> it;
    protected final Function<? super T, ? extends U> f;

    /**
     * Construct a TransformIterator from an iterator and a transform function.
     * @param it the iterator to be transformed, mustn't be null
     * @param f the transformer function, mustn't be null
     */
    public TransformIterator(Iterator<? extends T> it, Function<? super T, ? extends U> f) {
        if (it == null)
            throw new IllegalArgumentException("Iterator mustn't be null");

        if (f == null)
            throw new IllegalArgumentException("Function mustn't be null");

        this.it = it;
        this.f = f;
    }

    public boolean hasNext() {
        return this.it.hasNext();
    }

    public U next() {
        return this.f.apply(this.it.next());
    }

    public void remove() {
        this.it.remove();
    }
}
```

Coesão

O módulo apresenta coesão funcional, sendo genérico e implementando apenas a funcionalidade de transformar os valores de outro iterador.

Acoplamento

O módulo apresenta acoplamento de dados com os módulos padrão *Function* e *Iterator*.

5 Pesquisa

5.1 Coesão

Coesão é a relação entre os elementos e operações de um módulo. Seguem os tipos de coesão, do pior até o melhor, sendo a melhor a coesão funcional. [1]

5.1.1 Coincidental

Na coesão coincidental, há pouca ou nenhuma relação construtiva entre os elementos de um módulo. Exemplo:

```
class Angu {
    public static int acharPadrão(String texto, String padrão) {
        // ...
    }
    public static int média(Vector números) {
        // ...
    }
    public static outputStream abreArquivo(string nomeArquivo) {
        // ...
    }
}

class Mexido extends Angu { // quer aproveitar código de Angu
    // ...
}
```

5.1.2 Lógica

Um módulo faz um conjunto de funções relacionadas, uma das quais é escolhida através de um parâmetro ao chamar o módulo. Semelhante ao **acoplamento de controle**.

```
public void do(int flag) {
    switch(flag) {
        case ON:
            // coisas para tratar de ON
            break;
        case OFF:
            // coisas para tratar de OFF
            break;
        case FECHAR:
            // coisas para tratar de FECHAR
            break;
        case COR:
            // coisas para tratar de COR
            break;
    }
}
```

5.1.3 Temporal

Elementos estão agrupados no mesmo módulo porque são processados no mesmo intervalo de tempo.

```
public void inicializaDados() {
    windowSize = "200,400";
    angu.localização = "/usr/local/lib/java";
}
```

Código 1: Método de inicialização que provê valores padrão não relacionados

```

[Spacing]
LineSpacing=150%
MatrixRowSpacing=150%
MatrixColSpacing=100%
SuperscriptHeight=45%
SubscriptDepth=25%
LimHeight=25%
NumerHeight=35%
DenomDepth=100%
FractBarOver=1pt
FenceOver=1pt
SpacingFactor=100%
MinGap=8%
PrimeHeight=45%

```

Código 2: Arquivo de configuração típico

5.1.4 Procedural

Associa elementos de acordo com seus relacionamentos procedurais ou algorítmicos. Um módulo procedural depende muito da aplicação sendo tratada. Junto com a aplicação, o módulo parece razoável, mas sem este contexto, o módulo é estranho e difícil de entender. Não é possível compreender o módulo sem entender o programa, e as condições que existem quando o módulo é chamado.

5.1.5 Comunicação

Todas as funcionalidades de um módulo operam no mesmo conjunto de dados e/ou produzem o mesmo tipo de dado de saída.

Não deveria ocorrer em sistemas OO que usam polimorfismo (classes diferentes para fazer tratamentos diferentes nos dados).

5.1.6 Sequencial

A saída de uma operação do módulo serve de entrada para a próxima operação do mesmo módulo. O problema é que, mesmo que o processamento se dê de forma sequencial, as operações em si não necessariamente apresentam funcionalidades diretamente relacionadas.

5.1.7 Funcional

A melhor das formas de coesão. Um módulo tem coesão funcional se suas operações possuem forte relação funcional, no que se refere à funcionamento e propósito.

5.2 Acoplamento

Acoplamento é a relação de dependência entre dois ou mais módulos. Seguem os tipos de acoplamento, do pior até o melhor, sendo o melhor o acoplamento de dados. [2]

5.2.1 Conteúdo

O módulo depende dos dados ou operações internas de outro módulo, violando o princípio de ocultação da informação.

Exemplos:

- O módulo faz um branch para um código interno de outro módulo.
- O Módulo refere-se à dados internos de outro módulo.

5.2.2 Comum

O módulo compartilha dados globais com outro módulo.

Exemplos:

- Os módulos compartilham variáveis globais.
- Os módulos compartilhando o mesmo banco de dados.
- Os módulos compartilham o mesmo arquivo em disco.

5.2.3 Controle

O módulo controla o fluxo de execução ou o propósito de outro módulo, como por exemplo através da passagem de uma flag que determina a operação a ser realizada. Semelhante à **coesão lógica**.

5.2.4 Carimbo

Os módulos compartilham uma estrutura de dados composta, mas utilizam apenas pequenas partes (possivelmente distintas) dela. Idealmente, os módulos deveriam ter acesso apenas aos dados necessários para a sua operação.

5.2.5 Dados

Os módulos interagem através do compartilhamento somente dos dados necessários.

Exemplos:

- Passar um inteiro para uma função que computa uma raiz quadrada.
- Passar uma string para uma função que imprime na saída padrão.

6 Referências

- [1] Dr. Jacques Philippe Sauvé. *Padrão para atribuir responsabilidades: Alta Coesão*.
URL: <http://www.dsc.ufcg.edu.br/~jacques/cursos/map/html/pat/altacoexao.htm>
(acesso em 28/09/2018).
- [2] Wikipedia. *Coupling (computer programming)*.
URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Coupling_\(computer_programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Coupling_(computer_programming))
(acesso em 28/09/2018).