

Evaluation of static code analysis methods and application in teaching programming

University of Macedonia, Graduate Program, Department of Applied
Informatics – June 2021

Alexandros Tsichouridis

Supervisors

Stylianos Xinogalos

Apostolos Ampatzoglou

Contents



Topic



Literature Review



Proposed Tool



Evaluation



Results



Discussion and Conclusions



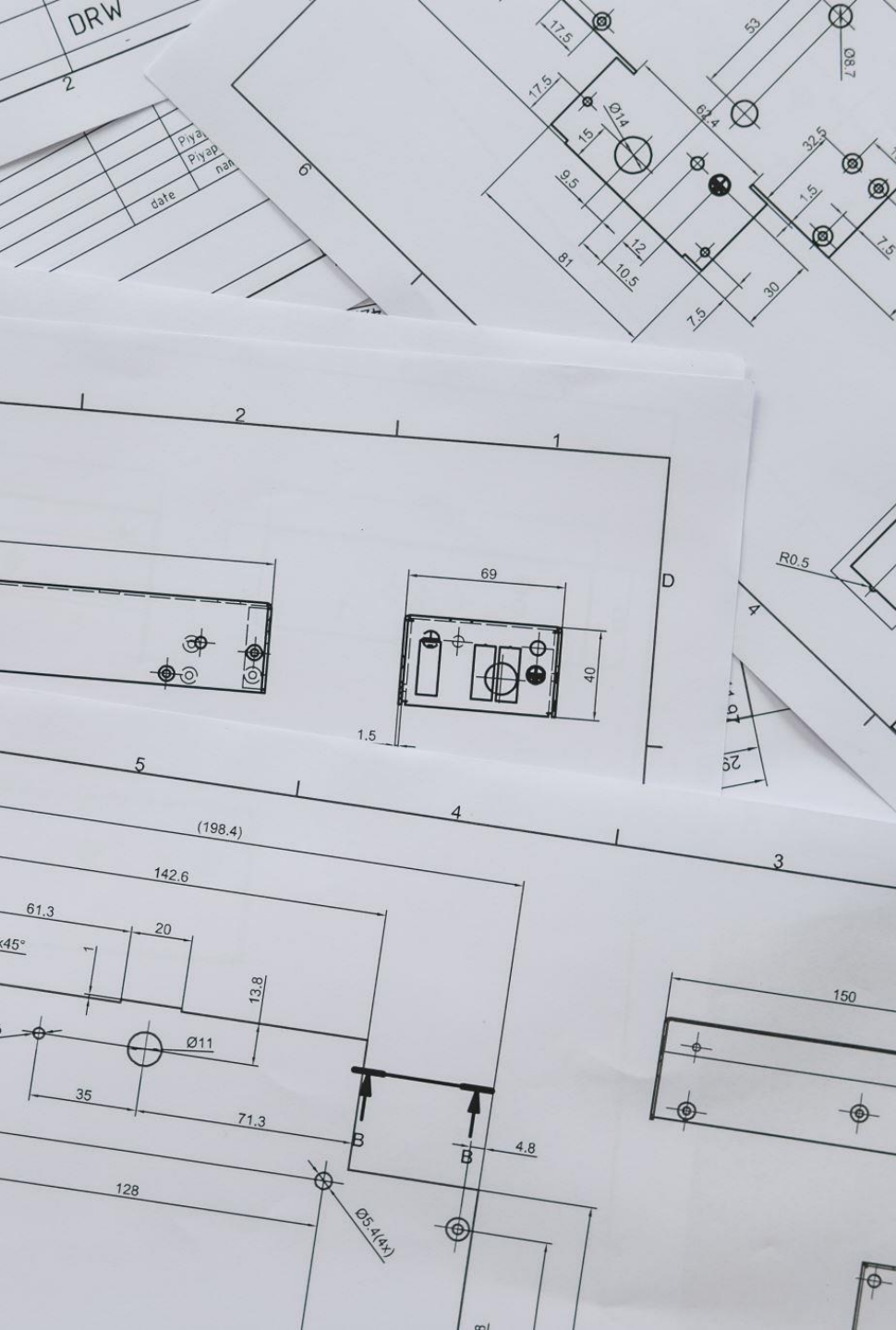
Topic

- Identify programming learning difficulties
- Search tools that assist programming learning / Teaching
- Develop and propose an educational tool
 - Improve code quality
 - Static analysis



Literature Review

- Programming learning difficulties
 - Design a program to solve a specific problem
 - Understanding of specific concepts (Algorithms, Design Patterns, Data Structures)
- 26 tools / solutions
 - Tools used by students to learn a specific concept
 - Tools used by instructors to improve teaching



Tool Requirements

- Used by the student
- Improve code quality
- IDE Integration (Eclipse plugin)
- Instant feedback

IDE Learn

Eclipse Plugin

- Eclipse Platform
- JSON, Jackson
- Java Parser

Static Analysis

OO Domain Model

Specific Requirements

Live exercise completion status feedback

IDE Learn – Main Screen

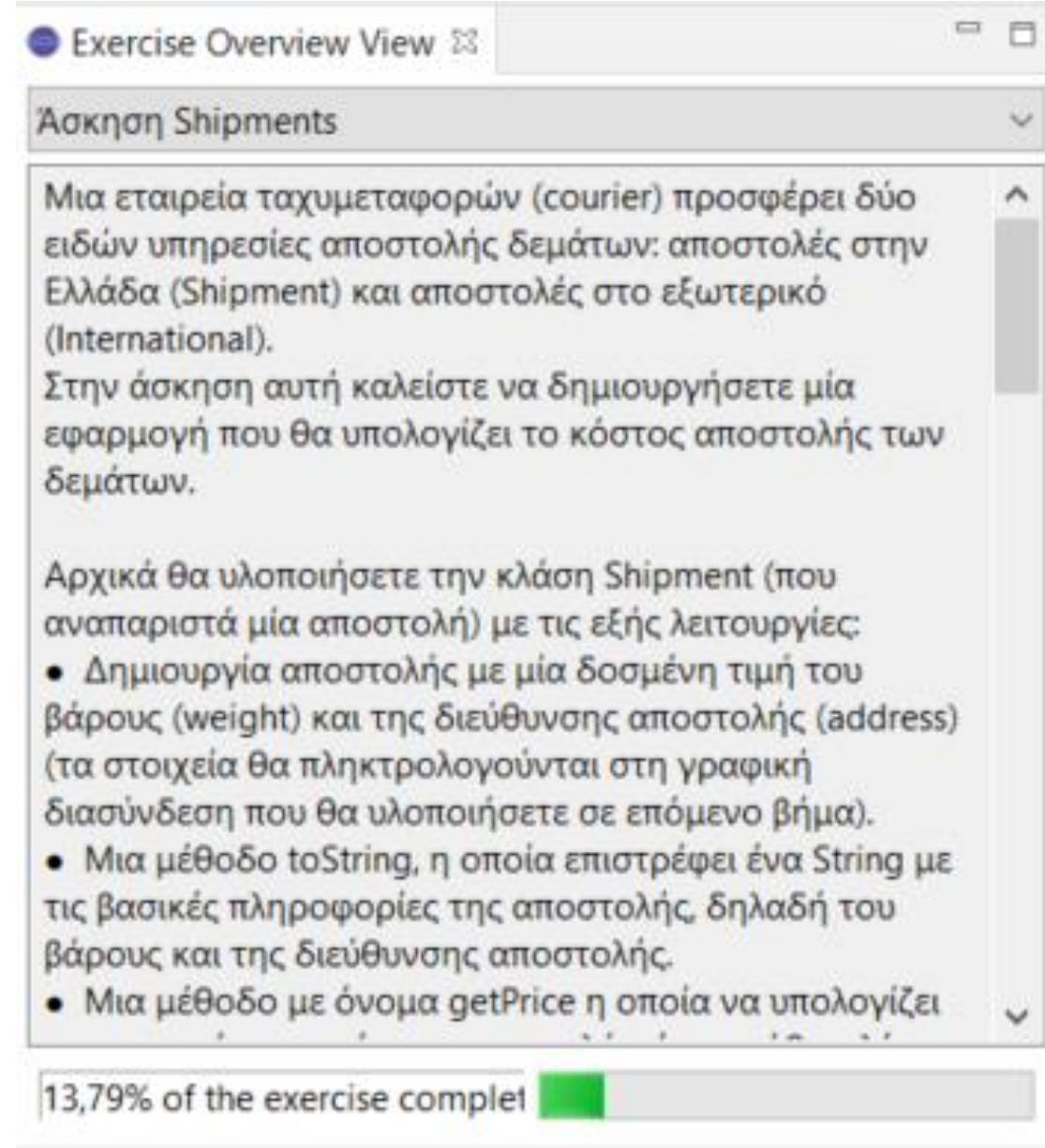
The screenshot displays the Eclipse IDE interface with the following components:

- Project Explorer:** Shows the project structure with 'ShipmentsMsc' selected.
- Exercise Overview View:** Contains the exercise description for 'Άσκηση Shipments'. It describes a courier company and lists tasks for creating a 'Shipment' class and an 'International' class.
- Exercise Task Status View:** A table showing the progress of various tasks. The table has two columns: 'Status' and 'Description'.

Status	Description
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Shipment"
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "double" με όνομα "weight".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "address".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String).
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει μια δημόσια μέθοδο με όνομα "getPrice", ορίσματα () η οποία να επιστρέφει double.
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "International"
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επεκτείνει την κλάση "Shipment".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "country".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String, String).
✗	Στον κατασκευαστή της κλάσης "International" με ορίσματα (double, String, String) πρέπει να καλείται ο κατασκευαστής της υπερκλάσης με ορίσ...
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Στην μέθοδο "double getPrice()" της κλάσης "International" πρέπει να καλείται η μέθοδος "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Branch"

At the bottom of the Exercise Overview View, a progress bar indicates that 13,79% of the exercise is complete.

IDE Learn – Exercise Overview View



The screenshot shows a window titled "Exercise Overview View" with a tab for "Άσκηση Shipments". The content area contains the following text:

Μια εταιρεία ταχυμεταφορών (courier) προσφέρει δύο ειδών υπηρεσίες αποστολής δεμάτων: αποστολές στην Ελλάδα (Shipment) και αποστολές στο εξωτερικό (International).

Στην άσκηση αυτή καλείστε να δημιουργήσετε μία εφαρμογή που θα υπολογίζει το κόστος αποστολής των δεμάτων.

Αρχικά θα υλοποιήσετε την κλάση Shipment (που αναπαριστά μία αποστολή) με τις εξής λειτουργίες:

- Δημιουργία αποστολής με μία δοσμένη τιμή του βάρους (weight) και της διεύθυνσης αποστολής (address) (τα στοιχεία θα πληκτρολογούνται στη γραφική διασύνδεση που θα υλοποιήσετε σε επόμενο βήμα).
- Μια μέθοδο toString, η οποία επιστρέφει ένα String με τις βασικές πληροφορίες της αποστολής, δηλαδή του βάρους και της διεύθυνσης αποστολής.
- Μια μέθοδο με όνομα getPrice η οποία να υπολογίζει

At the bottom, a progress bar shows "13,79% of the exercise complete" with a green bar indicating the progress.

IDE Learn – Exercise Task Status View

Exercise Task Status View Problems	
Status	Description
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Shipment"
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "double" με όνομα "weight".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "address".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String).
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει μια δημόσια μέθοδο με όνομα "getPrice", ορίσματα () η οποία να επιστρέφει double.
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "International"
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επεκτείνει την κλάση "Shipment".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "country".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String, String).
✗	Στον κατασκευαστή της κλάσης "International" με ορίσματα (double, String, String) πρέπει να καλείται ο κατασκευαστής της υπερκλάσης με ορίσ...
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Στην μέθοδο "double getPrice()" της κλάσης "International" πρέπει να καλείται η μέθοδος "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Branch"

IDE Learn – Solve Exercise Example 1

The screenshot displays the Eclipse IDE interface for the 'eclipse-workspace-2021-06' workspace. The 'Project Explorer' on the left shows the 'ShipmentsMsc' project. The 'Exercise Overview View' at the bottom left provides a summary of the 'Άσκηση Shipments' exercise, including its purpose and requirements. The 'Exercise Task Status View' at the bottom right lists 15 tasks with their current status (all marked as failed with a red 'x') and descriptions of the required code changes.

Exercise Overview View

Άσκηση Shipments

Μια εταιρεία ταχυμεταφορών (courier) προσφέρει δύο ειδών υπηρεσίες αποστολής δεμάτων: αποστολές στην Ελλάδα (Shipment) και αποστολές στο εξωτερικό (International).

Στην άσκηση αυτή καλείστε να δημιουργήσετε μία εφαρμογή που θα υπολογίζει το κόστος αποστολής των δεμάτων.

Αρχικά θα υλοποιήσετε την κλάση Shipment (που αναπαριστά μία αποστολή) με τις εξής λειτουργίες:

- Δημιουργία αποστολής με μία δοσμένη τιμή του βάρους (weight) και της διεύθυνσης αποστολής (address) (τα στοιχεία θα πληκτρολογούνται στη γραφική διασύνδεση που θα υλοποιήσετε σε επόμενο βήμα).
- Μια μέθοδο toString, η οποία επιστρέφει ένα String με τις βασικές πληροφορίες της αποστολής, δηλαδή του βάρους και της διεύθυνσης αποστολής.
- Μια μέθοδο με όνομα getPrice η οποία να υπολογίζει

13,79% of the exercise complete

Exercise Task Status View

Status	Description
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Shipment"
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "double" με όνομα "weight".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "address".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String).
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει μια δημόσια μέθοδο με όνομα "getPrice", ορίσματα () η οποία να επιστρέφει double.
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "International"
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επεκτείνει την κλάση "Shipment".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "country".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String, String).
✗	Στον κατασκευαστή της κλάσης "International" με ορίσματα (double, String, String) πρέπει να καλείται ο κατασκευαστής της υπερκλάσης με ορί...
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Στην μέθοδο "double getPrice()" της κλάσης "International" πρέπει να καλείται η μέθοδος "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Branch"

IDE Learn – Solve Exercise Example 2

The screenshot shows the Eclipse IDE interface with the following components:

- Project Explorer:** Shows the project structure with 'ShipmentsMsc' containing 'src' and 'Shipment.java'.
- Shipment.java:** Contains the following code:

```
1  
2 public class Shipment {  
3  
4 }  
5
```
- History:** Shows the revision history for 'Shipment.java' with two entries: '27/6/21, 7:14 μ.μ.' and '27/6/21, 7:14 μ.μ.'.
- Exercise Overview View:** Displays the exercise description in Greek, mentioning a courier company and the need to create a 'Shipment' class and an 'International' class.
- Exercise Task Status View:** A table showing the status of various tasks related to the exercise.

Status	Description
✓	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Shipment"
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "double" με όνομα "weight".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "address".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String).
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει μια δημόσια μέθοδο με όνομα "getPrice", ορίσματα () η οποία να επιστρέφει double.
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "International"
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επεκτείνει την κλάση "Shipment".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "country".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String, String).
✗	Στον κατασκευαστή της κλάσης "International" με ορίσματα (double, String, String) πρέπει να καλείται ο κατασκευαστής της υπερκλάσης με ορίσματα (double, String).
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Στην μέθοδο "double getPrice()" της κλάσης "International" πρέπει να καλείται η μέθοδος "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Branch"

17,24% of the exercise complete

IDE Learn – Solve Exercise Example 3

The screenshot displays the Eclipse IDE interface with the following components:

- Project Explorer:** Shows the project structure with 'ShipmentsMsc' containing 'src' and 'Shipment.java'.
- Shipment.java:** Contains the following code:

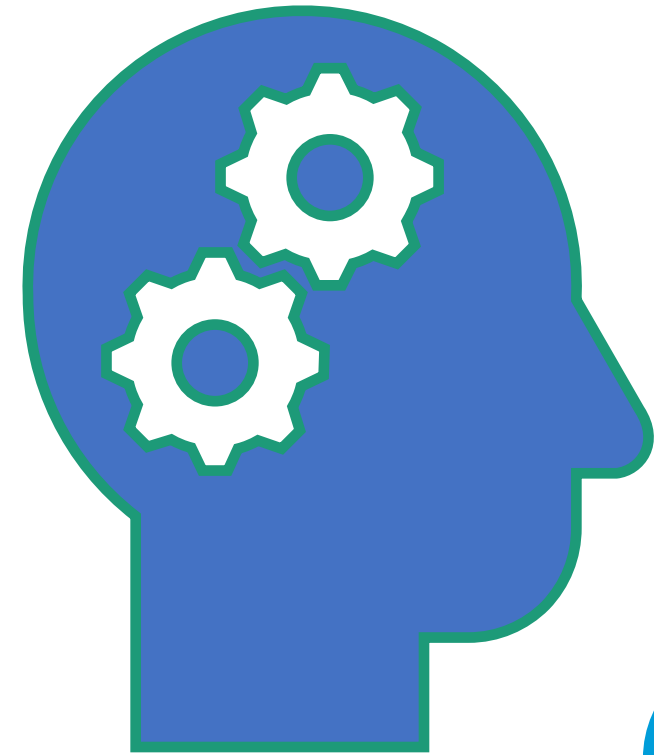
```
1 public class Shipment {  
2  
3     private double weight;  
4     private String address;  
5  
6  
7  
8     public Shipment(double weight, String address) {  
9         this.weight = weight;  
10        this.address = address;  
11    }  
12  
13    @Override  
14    public String toString() {  
15        return "Shipment [weight=" + weight + ", address=" + address + "];"  
16    }  
17  
18 }  
19
```
- Exercise Overview View:** Displays the exercise description in Greek, mentioning a courier company and the task of creating a 'Shipment' class.
- Exercise Task Status View:** A table showing the progress of various tasks. The first four tasks are completed (green checkmarks), while the remaining eight are not (red X marks).

Status	Description
✓	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Shipment"
✓	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "double" με όνομα "weight".
✓	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "address".
✓	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String).
✓	Η κλάση "Shipment" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "Shipment" πρέπει να περιέχει μια δημόσια μέθοδο με όνομα "getPrice", ορίσματα () η οποία να επιστρέφει double.
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "International"
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επεκτείνει την κλάση "Shipment".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει ένα ιδιωτικό πεδίο τύπου "String" με όνομα "country".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να περιέχει έναν δημόσιο κατασκευαστή με ορίσματα (double, String, String).
✗	Στον κατασκευαστή της κλάσης "International" με ορίσματα (double, String, String) πρέπει να καλείται ο κατασκευαστής της υπερκλάσης με ορί...
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "toString".
✗	Η κλάση "International" πρέπει να επικαλύπτει την μέθοδο "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Στην μέθοδο "double getPrice()" της κλάσης "International" πρέπει να καλείται η μέθοδος "double getPrice()" της υπερκλάσης "Shipment".
✗	Πρέπει να υπάρχει μια κλάση με όνομα "Branch"

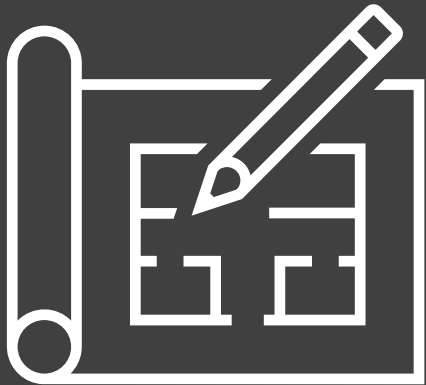
31,03% of the exercise complete

IDE Learn

“Leads the student to a solution with a well-defined OO domain model, based on their knowledge the moment of the exercise assignation.”



IDE Learn Exercise Creation Tool



Based on web
technologies

NodeJS
Angular
Electron



Easy to use



Aligned with the plugin features



JSON for Exercise format



Empirical Study

180 Students

Mandatory Assignment using the tool

Questionnaire

- Demographics
- Usability (System Usability Scale)
- Educational Support

Results

Positive Results about Usability and Educational Support

Recommendations for Usage

- Good for novices
- Weekly practice exercises

Negative

- Lack of functional tests
- Bugs

The tool helped students with lower performance mostly in the completeness of the exercise and less in the correctness and compilation.



Discussion and Conclusions

- Positive reviews about the tool
- The tool helped low performance students but not as much as expected.
- Further improvements and more features
- The tool effectiveness needs further investigation in an OOP course.



Thank You for your
attention