ΕΞΑΓΩΓΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΑΠΟ ΑΡΧΕΙΟ JSON

Θωμάς Σιώζος

Διπλωματική Εργασία

Επιβλέπων: Π. Βασιλειάδης

Ιωάννινα, Ιούνιος 2020

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & ENGINEERING
UNIVERSITY OF IOANNINA

Ευχαριστίες

Ευχαριστίες προς κάθε ενδιαφερόμενο (προαιρετικό κεφάλαιο).

Ημερομηνία

Συγγραφέας

Περίληψη στα ελληνικά

Με τον όγκο των δεδομένων στο internet να ανεβαίνει τρομακτικά και την ανάγκη πολλών συστημάτων να έχουν βάσεις δεδομένων, τα αρχεία json μπορούν να το προσφέρουν αυτό έχοντας ένα και μόνο αρχείο που περιέχει όλα τα δεδομένα που μπορεί να χρησιμοποιεί ένα σύστημα. Στην συγκεκριμένη εργασία κατασκευάστηκε ένα εργαλείο το οποίο παίρνει json αρχεία, τα επεξεργάζεται και εξάγει σε εικονική μορφή τις εκδόσεις που ακολουθούν τα json objects μέσα στο αρχείο. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν βιβλιοθήκες για την εξαγωγή των json objects από το αρχείο, αλγόριθμοι για την επεξεργασία και την σύγκριση τους. Στην συνέχεια, υλοποιήθηκε ένα γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει το αρχείο json που θέλει, να δει το αποτέλεσμα σε εικονική μορφή, να αποθηκεύσει το project και τέλος να ανεβάσει ένα project που ήδη υπάρχει. Τέλος, δημιουργήθηκαν δύο αρχεία html και javascript για την οπτικοποίηση των εκδόσεων του αρχείου.

Λέξεις Κλειδιά: json, Jackson, json objects.

Abstract

Summary in English (up to 200 words)

Keywords: <keyword 1>, <keyword 2>

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Το JavaScript Object Notation (JSON) είναι ένα αρχείο που ακολουθεί το πρωτόκολλο “open standard” (Είναι διαθέσιμο δημόσια) και είναι γραμμένο σε γλώσσα ανθρώπου. Τα JSON δημιουργήθηκαν στην ανάγκη για real-time server-to-browser πρωτόκολλο επικοινωνίας χωρίς να χρησιμοποιεί plugins όπως Flash ή Java applets στις αρχές του 2000. Ο Douglas Crockford ήταν ο πρώτος που καθόρισε και δημοσίευσε το JSON format. Τα JSON είναι ένα υποσύνολο της JavaScript και είναι σύνηθες το φαινόμενο να χρησιμοποιείται σε αυτήν και ας είναι language-independent data format. Επίσης, χρησιμοποιεί κανόνες που είναι παρόμοιοι με της γλώσσες κατηγορίας C περιέχοντας C, C++,C#, Java, JavaScript και πολλές άλλες. Ωστόσο, υπάρχει διαθέσιμος κώδικας από πολλές γλώσσες προγραμματισμού για parsing και generating. Τα JSON αρχεία αποθηκεύονται με την κατάληψη “.json”. Όσο για τους τύπους δεδομένων και την σύνταξη που χρησιμοποιεί έχουμε τους βασικούς τύπους δεδομένων:

- **Number**: Είναι ένας δεκαδικός αριθμός, αλλά δεν γίνεται να χρησιμοποιεί non-numbers και NaN.
- **String**: Μια πρόταση από μηδέν ή περισσότερους χαρακτήρες Unicode, έχοντας στην αρχή και στο τέλος διπλά εισαγωγικά (“”).
- **Boolean**: Μπορεί να πάρει τιμές true ή false.
- **Array**: Μια προκαθορισμένη λίστα με μηδέν ή περισσότερες τιμές που ο τύπος κάθε μία από αυτές μπορεί να ναι οτιδήποτε. Τους πίνακες τους γράφουμε με bracket στην αρχή και στο τέλος και κόμμα ανάμεσα σε κάθε στοιχείο.

- **Object**: Μια μη προκαθορισμένη συλλογή από name-value ζευγάρια όπου τα names ή αλλιώς και keys είναι strings. Τα objects γράφονται με curly brackets στην αρχή και στο τέλος, χρησιμοποιούμε κόμμα ανάμεσα από κάθε ζευγάρι name-value και ανάμεσα στο ζευγάρι άνω και κάτω τελεία (:).
- **null**: Μια κενή τιμή.

Το whitespace επιτρέπεται αλλά αγνοείται ανάμεσα ή τριγύρω από τα elements. Τέσσερεις συγκεκριμένοι χαρακτήρες θεωρούνται whitespace στα JSON που είναι οι: space, horizontal tab, line feed, carriage return. Ακολουθεί ένα παράδειγμα JSON που περιγράφει ένα άτομο.

```
{
        “firstName”: “John”,
        “lastName”: “Smith”,
        “isAlive”: true,
        “age”: 27,
        “adress”: {
                “streetAddress”: “21 2nd Street”,
                “city”: “New York”,
                “state”: “NY”,
                “postalCode”: “10021-3100”
        },
        “phoneNumbers”: [
                {
                        “type”: “home”,
                        “number”: “212 555-1234”
                },
                {
                        “type”: “office”,
                        “number”: “646 555-4567”
                },
                {
                        “type”: “mobile”,
                        “number”: “+91 9629787781”
                }
        ],
        “children”: [],
        “spouse”: null
}
```

1.2 Οργάνωση του τόμου

Ποια τα κεφάλαια / ενότητες του τόμου αυτού (1 παράγραφος ανά κεφάλαιο).

(Τα κεφάλαια πρέπει να ξεκινούν σε ΜΟΝΗ ΣΕΛΙΔΑ, κι εδώ αφήνουμε κενή σελίδα επίτηδες, ώστε το κεφάλαιο 2 να ξεκινά στη σελ. 3. Αν δεν είχαμε αφήσει την παρούσα κενή σελίδα, το κεφάλαιο θα ξεκινούσε στη σελ. 2 που είναι ζυγή.)

Κεφάλαιο 2. Περιγραφή Θέματος

2.1 Στόχος της εργασίας

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να κατασκευαστεί ένα σύστημα το οποίο θα επιτρέπει στον χρήστη την εισαγωγή ενός αρχείου δεδομένων τύπου JSON με αποτέλεσμα να προβάλλονται οπτικοποιημένα το schema των δεδομένων, καθώς και οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στη διάρκεια του οποίου οι διαχειριστές των δεδομένων είτε μπορεί να πρόσθεσαν, να αφαίρεσαν τιμές ή να μετέβαλλαν το τύπο των τιμών.

Συγκεκριμένα οι απαιτήσεις του συστήματος οργανώνονται ως εξής:

- Θα πρέπει ο χρήστης να μπορεί να φορτώσει στο σύστημα το αρχείο δεδομένων τύπου JSON που θέλει να εισάγει ώστε να ξεκινήσει η διαδικασία εξαγωγής του σχήματος των δεδομένων. Αντικείμενο της διπλωματικής είναι η εξαγωγή του σχήματος δεδομένων, καθώς και των πολλαπλών εκδόσεων αν υπάρχουν μέσα στον χρόνο.
- Ο χρήστης θα μπορεί να δει τα αποτελέσματα των σχημάτων δεδομένων και των διαφορετικών εκδόσεων.
- Τέλος, έχοντας τελειώσει η επεξεργασία του αρχείου που εισήγαγε ο χρήστης θα έχει την επιλογή να δει τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει η εξέλιξη του σχήματος του JSON αρχείου.

2.2 Σχετικές εργασίες και τεχνολογίες

Υπάρχουν αρκετές βιβλιοθήκες που μπορούν να βοηθήσουν κάποιον όταν θέλει να επεξεργαστεί αρχεία τύπου JSON προγραμματίζοντας σε γλώσσα java. Μερικές από αυτές είναι οι mJson. JSON.simple, JSON-P, GSON, Jackson, με τις GSON και Jackson να ναι οι πιο δημοφιλείς από αυτές, παρουσιάζοντας αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους. Όπως θα δούμε παρακάτω η mJSON είναι μικρή βιβλιοθήκη και η GSON και Jackson οι βιβλιοθήκες με τις περισσότερες λειτουργίες. Οι JSON.simple και JSON-P έχουν παρόμοια λειτουργικότητα, οπότε ασχοληθήκαμε με mJSON και JSON-P στην αρχή και μετά με τις δύο μεγαλύτερες GSON, Jackson.

mJSON

https://bolerio.github.io/mjson/

Η mJson είναι μία αρκετά μικρή βιβλιοθήκη με πολύ συνοπτικό API. Σε αυτήν την βιβλιοθήκη υπάρχει μια κλάση με όλες τις μεθόδους που μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει. Σε αντίθεση με άλλες JSON βιβλιοθήκες τις οποίες θα δούμε παρακάτω, επικεντρώνεται στο να διαχειρίζεται τα JSON structures στην Java, υποστηρίζοντας parsing από Json objects σε Java objects και το ανάποδο. Ο κύριος στόχος αυτής της βιβλιοθήκης είναι να επιτρέπει στον προγραμματιστή να δουλεύει με JSON στην Java όπως δουλεύει κανείς σε JavaScript. Μερικά χαρακτηριστικά της είναι:

- Πλήρης υποστήριξη του JSON Schema Draft 4 validation, ένα πρότυπο-δημιουργία του IETF- το οποίο παρέχει ένα σχήμα για την επαλήθευση ενός Json object που περιέχει τον αναμενόμενο τύπο εντός του σχήματος.
- ‘Ενας μοναδικός τύπος μεταβλητών, τα πάντα είναι Json και δεν χρειάζεται type casting.
- Γρήγορο parsing.
- Περιεκτικές μεθόδους για διάβασμα, τροποποίηση, αντιγραφή και συγχώνευση.
- Μέθοδούς για έλεγχο του τύπου των τιμών και πρόσβαση στον έλεγχο τους.
- Ένα java source file για ολόκληρη την βιβλιοθήκη, χωρίς εξωτερικές εξαρτήσεις.

JSONP

https://javaee.github.io/jsonp/

Η JSON Processing(JSON-P) είναι ένα Java API που επιτρέπει parsing ή δημιουργία json αρχείων. Είναι παρόμοιο με το JAXP, ένα Java API για επεξεργασία XML αρχείων, συμβατικό με τις κλάσεις τις Java για τα δεδομένα και αρκετά εύκολα στην χρήση του. Η βιβλιοθήκη έρχεται με τρία πακέτα:

- **javax.json**: Περιέχει ένα API για να επεξεργαζόμαστε πίνακες και αντικείμενα. Μπορούμε να πάρουμε τα περιεχόμενα από πίνακες ή αντικείμενα και να τα επεξεργαστούμε.
- **javax.json.spi**: Περιέχει ένα Service Provider Interface (SPI) το οποίο επιτρέπει στον προγραμματιστή να φτιάξει δικά του εργαλεία για την επεξεργασία των json αρχείων πέρα από defaults που προσφέρει από μόνη της η βιβλιοθήκη.
- **javax.json.stream:** Περιέχει stream για την ανάγνωση/δημιουργία json αρχείων. Στην ανάγνωση δεν επιτρέπει επεξεργασία των δεδομένων και μόνο ανάγνωση προς μία κατεύθυνση. Στην δημιουργία φτιάχνει ζευγάρια από key : value και πίνακες με τις τιμές τους και κόμμα ανάμεσα.

JSON.Simple

https://code.google.com/archive/p/json-simple/

Η Json.simple μια μικρή βιβλιοθήκη για parsing και δημιουργία json αρχείων. Προσφέρει δυνατότητες κρατώντας τη βιβλιοθήκη μικρή και γρήγορη. Μερικές δυνατότητες είναι υποστήριξη της μετατροπής των δεδομένων σε data structures της java, υψηλή απόδοση και δεν έχει εξάρτηση με εξωτερικές βιβλιοθήκες. Είναι μικρή βιβλιοθήκη οπότε όλες οι λειτουργίες της περιέχονται σ' ένα πακέτο.

GSON

https://github.com/google/gson

Η GSON είναι μια Java-based βιβλιοθήκη την οποία δημιούργησε η Google για προσωπική της χρήση και μετά την παραχώρησε για δημόσια χρήση. Η GSON χρησιμοποιείται για να μετατρέψει ένα JSON string σε ένα ισοδύναμο Java object και το ανάποδο. Υποστηρίζει απλές μεθόδους όπως toJson() και fromJson() για να μετατρέπει ο προγραμματιστής Java objects σε Json objects και vice versa, να διαχειρίζεται collections, generic types και nested classes. Επίσης υποστηρίζει serialization/deserialization που μπορούν εξειδικευθούν. Το serialization είναι ο τρόπος να δημιουργήσουμε Json objects μέσω Java objects και το deserialization το ανάποδο. Όσο αναφορά το custom data part επιτρέπει στον προγραμματιστή να έχει τον πλήρη έλεγχο της όλης επεξεργασίας των Json objects. Ένα απλό deserialization παράδειγμα είναι όταν έχουμε Json objects με πεδία name, last name, age τότε ο προγραμματιστής μπορεί να φτιάξει μια κλάση Person με τα πεδία αυτά ώστε όταν περνάει το Json object να χρησιμοποιείται η κλάση Person και να αποθηκεύονται αυτόματα στα πεδία οι τιμές.

Στην GSON θα βρούμε τα εξής πακέτα:

- com.google.gson: Προσφέρει access στην GSON, την βασική κλάση για να δουλέψει κανείς με την GSON.
- com.google.gson.annotations: Προσφέρει annotation τύπους για χρήση με την GSON.
- com.google.gson.reflect: Διαχειρίζεται πληροφορίες από generic τύπους.
- com.google.gson.stream: Προσφέρει κλάσεις για reading/writing σε Json-encoded τιμές.

Μερικά χαρακτηριστικά της GSON είναι:

- Προσφέρει απλές μεθόδους toJson() και fromJson() για να μετατρέψουμε Java objects σε Json και το ανάποδο.
- Deserialization/Serialization (JSON to/from POJOs).
- Υποστηρίζει Java Generics.
- Υποστηρίζει περίπλοκα αντικείμενα.

Jackson

https://github.com/FasterXML/jackson

Η Jackson είναι ένας high-performance JSON processor για την Java και θεωρείται και η πιο διάσημη βιβλιοθήκη σύμφωνα με την χρήση στο Github. Η Jackson ενώ χρησιμοποιεί διαφορετικούς όρους για να ονομάσει τις λειτουργίες της παρουσιάζει πολλές ομοιότητες με την GSON. Στη διάρκεια των δοκιμών που εκτελέσαμε, παρατηρήσαμε ότι η Jackson δεν είναι τόσο user-friendly, λόγω του αυξημένου μεγέθους της, όταν ξεκινήσαμε να διαβάζουμε ένα json file προσπαθώντας να μετατρέψουμε τα Json objects σε Java objects δυσκολευτήκαμε να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας της βιβλιοθήκης. Σε αντίθεση με την GSON η οποία είναι user friendly. Στην Jackson χρησιμοποιούνται και εδώ οι όροι serialization/deserialization που εξηγήθηκαν παραπάνω στην GSON τι ακριβώς είναι. Στην Jackson θα βρούμε τα εξής πακέτα:

- jackson-core: Ορίζει ένα low-level streaming API και περιλαμβάνει JSON-specific implementations.
- jackson-annotations: Περιλαμβάνει standard Jackson annotations.
- Jackson-databind: Implements data-binding, υποστηρίζει streaming πακέτα και εξαρτάται από τα παραπάνω πακέτα.

Πέρα απο τα πακέτα που χρησιμοποιούνται αυτούσια από την βιβλιοθήκη, έχουμε και εξωτερικά πακέτα που μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει για να δουλέψει σε δεδομένα τύπου Avro, BSON, CBOR, CSV, Smile, Protobuf, XML, YAML και πολλά άλλα.

Μερικά χαρακτηριστικά της Jackson είναι:

- Χρησιμοποιεί δύο μεθόδους για serialization/deserialization όπως Object Mapper, JsonParser, JsonGenerator.
- Data-binding (JSON to/from POJOs).
- Υποστηρίζει Java Generics.
- Υποστηρίζει περίπλοκα αντικείμενα.
- Treebased data model.
- Mix-in Annotations.
- Polymorphic types.
- Materialized interfaces.

JMH

https://openjdk.java.net/projects/code-tools/jmh/

Η Java Microbenchmark Harness (JMH) είναι η βιβλιοθήκη της java που χρησιμοποιήσαμε για να υλοποιήσουμε το benchmark και να πάρουμε τους χρόνους που χρειάζεται κάθε βιβλιοθήκη για να κάνει parsing στα αρχεία json που βάλαμε. Η βιβλιοθήκη έχει κάποιες ορολογίες:

- **Trial:** Το benchmark τρέχει για όσες φορές είναι το trial, τον οποίο όρο μπορούμε να τον αποκαλούμε και fork.
- **Warmup:** Για κάθε trial, ένας αριθμός από επαναλήψεις έχει οριστεί ως warmups. Αυτό είναι σημαντικό για να αποφύγουμε αυξομειώσεις ή παραλλαγές όταν ξεκινήσουμε να τρέχουμε τις πραγματικές μετρήσεις.
- **Iteration:** Είναι οι πραγματικές μετρήσεις που θα βγάλουν και τα αποτελέσματα στο τέλος που θα χρησιμοποιήσουμε.

Η βιβλιοθήκη μας επιτρέπει να δουλέψουμε με κάποια annotations που προσφέρει, τα οποία είναι:

- **Throughput:** Είναι για να μετρήσουμε πόσες φορές εκτελείται μία μέθοδος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η πιο δημοφιλής λειτουργία που χρησιμοποιείται είναι η AverageTime.
- **OutputTimeUnit:** Είναι για να καθορίσουμε σε τι μονάδα μέτρησης του χρόνου θα βγουν τα αποτελέσματα.
- **Benchmark:** Βάζουμε benchmark annotation στον κώδικα ή την μέθοδο που θα τρέξει το benchmark. Θα πρέπει να είναι public και οι παράμετροι να είναι κλάσεις της JMH όπως State, Control ή Blackhole.
- **Fork:** Εξηγήσαμε παραπάνω τι εννοούμε με τον όρο fork, οπότε αν για παράδειγμα γράψουμε @Fork(value = 5, warmups = 2) σημαίνει ότι έχουμε 5 forks και σε κάθε μία από αυτές 2 warmups.
- **Measurement:** Χρησιμοποιείται για να εισάγουμε τα χαρακτηριστικά του benchmark. Επιτρέπει να ορίσουμε πόσες φορές θα τρέξουν οι μετρήσεις και για πόσο χρόνο η κάθε μια. Για παράδειγμα @Measurement(iterations = 3, time = 1000, timeUnit = TimeUnit.MILLISECONDS), έχουμε 3 επαναλήψεις, κάθε μία από αυτές θα τρέξει για 1000 millisecond (1 second). Η προκαθορισμένη τιμή του timeUnit είναι τα seconds.
- **Warmup:** Αν γράψουμε @Warmup(iterations = 3, time =2) εννοούμε ότι θα κάνει 3 επαναλήψεις για 2 seconds η κάθε μια.

Benchmark

Για να αποφασίσουμε ποια βιβλιοθήκη θα χρησιμοποιήσουμε για το σκοπό της διπλωματικής εργασίας, το benchmark πραγματοποιήθηκε με 2 σενάρια, στο ένα περάστηκαν μεγάλα αρχεία(25 MB) και στο δεύτερο περάστηκαν μικρά αρχεία (1 KB). Τα μεγάλα αρχεία βρίσκονται στο αρχείο photos.json και τα μικρά στο αρχείο test_countries_2_entries.json. Για κάθε βιβλιοθήκη χρησιμοποιήσαμε BenchmarkMode = AverageTime, OutputTimeUnit = Timeunit.MILLISECONDS, Warmup = (iterations = 5, time = 5) και Measurement = (iterations = 10, time = 5, timeUnit = TimeUnit.MILLISECONDS). Τα αποτελέσματα των μεγάλων αρχείων φαίνονται στον πίνακα παρακάτω:

BIG FILE (25.256kb) (ms/op)				
	JSON.simple	JSONP	GSON	JACKSON
1	608.630	918.254	469.102	406.364
2	629.594	895.896	458.992	397.598
3	601.786	898.090	453.495	396.582
4	624.479	896.872	463.046	401.167
5	630.198	897.469	456.440	394.900
6	613.333	897.282	460.155	393.910
7	615.867	901.147	456.915	393.270
8	625.719	894.348	465.858	398.416
9	673.665	894.297	453.392	399.134
10	607.742	896.939	472.911	395.026
AVERAGE	623.101	899.059	461.031	397.637

Πίνακας: 2.2.1

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 2.2.1 υπάρχουν μεγάλες διαφορές, εκτός από την GSON και την Jackson οι οποίες είναι πολύ κοντά, με την Jackson να είναι πιο γρήγορη.

Ας περάσουμε στα αποτελέσματα για τα μικρά αρχεία που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

SMALL FILE (1kb) (ms/op)				
	JSON.simple	JSONP	GSON	JACKSON
1	0.147	0.289	0.84	0.202
2	0.133	0.225	0.489	0.194
3	0.127	0.269	0.278	0.254
4	0.127	0.230	0.220	0.227
5	0.211	0.298	0.264	0.199
6	0.146	0.208	0.282	0.209
7	0.131	0.204	0.170	0.210
8	0.178	0.206	0.170	0.241
9	0.151	0.345	0.293	0.187
10	0.207	0.191	0.168	0.242
AVERAGE	0.156	0.246	0.252	0.217

Πίνακας: 2.2.2

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 2.2.2 ο νικητής για τα μικρά αρχεία είναι η JSON.simple και ακολουθεί η Jackson με την Jsonp μετά και την GSON τελευταία.

Αν συγκρίνουμε και τους δύο πίνακες καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι:

- Αν θέλουμε να δουλέψουμε με μεγάλα αρχεία η Jackson είναι η πιο κατάλληλη και να ακολουθεί η GSON.
- Αν θέλουμε να δουλέψουμε με μικρά αρχεία η JSON.simple είναι η πιο κατάλληλη και φαίνεται ότι η Jackson έρχεται δεύτερη που φαίνεται αρκετά ενδιαφέρον αν αναλογιστούμε το μέγεθος της βιβλιοθήκης.

  Προφανώς όμως όταν θέλουμε να διαλέξουμε ποια βιβλιοθήκη θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε δεν παίζει ρόλο μόνο το parsing speed αλλά περισσότερα χαρακτηριστικά που είδαμε παραπάνω και θα αναλύσουμε παρακάτω.

Conclusion

Ας δούμε για αρχή έναν περιληπτικό πίνακα για τις βιβλιοθήκες:

	JSON.simple	JSONP	GSON	Jackson
Easy-To-Use	√	√	√	
Conventional	√	√	√	√
Features			√	√
Community			√	√
Support Complex Objects			√	√

Πίνακας: 2.2.3

Αρχικά απορρίπτουμε την mJson επειδή δεν μπορεί να διαχειριστεί αρχεία με πολλά Json objects και έλλειψη στοίχισης, δηλαδή σε κάθε γραμμή του αρχείου υπάρχει ένα Json object, το οποίο συμβαίνει στην πλειονότητα αλλά όχι σε όλα τα αρχεία. Παρατηρώντας, τον πίνακα 2.2.3 βλέπουμε ότι η JSONP Και JSON.simple λόγω έλλειψης πηγών και αλληλεπίδρασης μεταξύ μεταξύ χρηστών στο διαδίκτυο όταν προκύπτει κάποιο πρόβλημα. Καθώς δεν έχουνε και αρκετές δυνατότητες σχετικά με περίπλοκα json objects. Συγκρίνοντας τις δύο μεγαλύτερες βιβλιοθήκες, δηλαδή την Jackson και την Gson παρατηρούμε για αρχή ότι η Jackson δεν είναι εύκολη στην αρχή και έχει αρκετά μεγάλο μέγεθος με αποτέλεσμα να έχει περισσότερες δυνατότητες. Ενώ παρουσιάζουν ομοιότητες, χρησιμοποιώντας τους όρους serialization και deserialization, η Jackson καταλήξαμε ότι υπερτερεί. Αρχικά η Gson επιστρέφει τύπους δεδομένων όπως JsonObject για τα JSON objects, JsonPrimitive για τιμές όπως String, Integer, Double, JsonArray για πίνακες και JsonNull για τιμές null ενώ η Jackson τα αναλύει λίγο περισσότερο επιστρέφοντας τύπους όπως TextNode για τιμές τύπου String, ObjectNode για JSON objects, ArrayNode για πίνακες, NullNode για τιμές null, IntNode για τιμές Integer και άλλους πολλούς τύπους. Δεδομένο που θα μας χρησιμεύσει και θα μας βοηθήσει στην λειτουργικότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η Gson όπως είπαμε έχει μία μέθοδο για to/from Json objects ενώ η Jackson έχει δύο μεθόδους που μπορεί κάποιος να μετατρέψει Json objects σε Java objects ή το ανάποδο την mapper και jsonParser ή jsonGenerator. Η Jackson υποστηρίζει και tree model που η GSON δεν το υποστηρίζει. Τέλος, παρατηρώντας τα αποτελέσματα του benchmark καταλήγουμε ότι η Jackson είναι πιο γρήγορη από την Gson και σε μικρά αλλά και σε μεγάλα αρχεία, με βάση όλων αυτών που αναφέρθηκαν αποφασίζουμε ότι θα χρησιμοποιήσουμε την Jackson.

2.3 Ανάλυση απαιτήσεων

Use Case: CreateNewProject

Περιγραφή και Στόχος:

Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η δημιουργία από το χρήστη ενός νέου project.

Ηθοποιοί:

Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:

1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά όταν ο χρήστης πληκτρολογεί στην αντίστοιχη φόρμα το όνομα του project που επιθυμεί.
2. Αν το όνομα του project δεν υπάρχει.
    3.1. Το σύστημα προχωρά στην δημιουργία ενός φακέλου με το όνομα του project που εισήγαγε.
3. Αν το όνομα του project υπάρχει ήδη.
    4.1.1. Το σύστημα εμφανίζει μήνυμα λάθους.
    4.1.2. Το σύστημα ζητάει από το χρήστη διαφορετικό όνομα για το project που επιθυμεί να δημιουργήσει.

Use Case: DeleteExistingProject

Περιγραφή και Στόχος:

Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η διαγραφή από το χρήστη ενός project που υπάρχει ήδη.

Ηθοποιοί:

Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:

1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά όταν ο χρήστης επιλέξει να διαγράψει κάποιο από τα ήδη υπάρχοντα project.

2. Το σύστημα εμφανίζει στον χρήστη τα πιθανά project για διγραφή.

3. Ο χρήστης επιλέγει project που επιθυμεί να διαγράψει.

Use Case : LoadData

Περιγραφή και Στόχος:

Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η εισαγωγή από το χρήστη του αρχείου με τα δεδομένα τύπου JSON.

Ηθοποιοί:

Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:

1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά όταν ο χρήστης πληκτρολογεί στην αντίστοιχη φόρμα το όνομα του αρχείου με τα δεδομένα που επιθυμεί να εισάγει προς επεξεργασία.

2. Αν το αρχείο υπάρχει:

    2.1. Το σύστημα προχωρά στην επξεργασία των δεδομένων, δηλαδή στον έλεγχο των JSON objects για διαφορές και εξαγωγή των εκδόσεων.

3. Αν το αρχείο δεν υπάρχει.

    3.1. Το σύστημα εμφανίζει μήνυμα λάθους.

3.2. Το σύστημα ζητάει από το χρήστη εκ νέου αρχείο που υπάρχει.

Use Case : SaveProject

Περιγραφή και Στόχος:

Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η αποθήκευση του project.

Ηθοποιοί:

Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:

1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά όταν ο χρήστης αποφασίσει να αποθηκεύσει το project.
2. Το σύστημα στον φάκελο που έφτιαξε με το όνομα που επέλεξε ο χρήστης όταν δημιούργησε νέο project, αποθηκεύει το αρχείο εισόδου με τα δεδομένα, τις διαφορετικές εκδόσεις σχημάτων που βρέθηκαν και αρχείο με τα χαρακτηριστικά εξέλιξης του σχήματος .
3. Η περίπτωση χρήσης τερματίζεται.

Use Case : ShowSchemaVersions

Περιγραφή και Στόχος:

Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η εμφάνιση στο χρήστη των διαθέσιμων εκδοχών των σχημάτων που βρέθηκαν μετά την επεξεργασία του αρχείου με τα δεδομένα.

Ηθοποιοί:

Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:

1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά εμφανίζοντας στο χρήστη τις διαθέσιμες εκδόσεις.
2. Ο χρήστης επιλέγει μία από τις διαθέσιμες εκδόσεις για οπτικοποίηση.
    2.1. Το σύστημα ανοίγει την εκδοσή που επέλεξε, δείχοντας στο χρήστη το σχήμα.

Use Case : ViewSchemaFeatures

Περιγραφή και Στόχος:
Στόχος της περίπτωσης χρήσης είναι η εμφανιστεί στο χρήστη των χαρακτηριστικών που παρουσιάζει η εξέλιξη του σχήματος.

Ηθοποιοί:
Χρήστης

Βασική Ροή Γεγονότων:
1. Η περίπτωση χρήσης ξεκινά όταν ο χρήστης επιλέξει να δει τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει η εξέλιξη του σχήματος.
2. Αν υπάρχει εξέλιξη στο σχήμα.
2.1. Το σύστημα εμφανίζει στο χρήστη σε κείμενο τα χαρακτηριστικά της εξέλιξης.
3. Αν δεν υπάρχει εξέλιξη στο σχήμα.
    3.1. Το σύστημα εμφανίζει μήνυμα ότι δεν υπήρχαν διαφορετικές εκδοχές στο σχήμα.

Κεφάλαιο 3. Σχεδίαση & Υλοποίηση

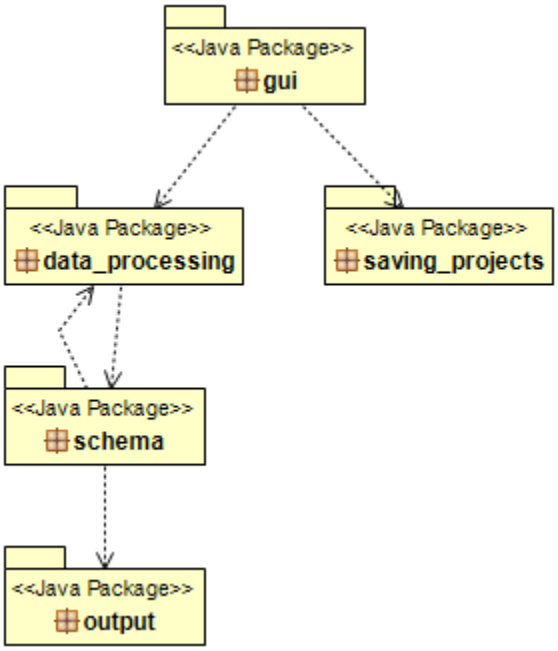
3.1 Ορισμός προβλήματος και αλγόριθμοι επίλυσης

Αν πρόκειται για θέμα που προσανατολίζεται στην αλγοριθμική επίλυση ενός προβλήματος (αντί π.χ., για την κατασκευή ενός εργαλείου που παρέχει μια λειτουργικότητα) η παρούσα υποενότητα έχει τον πλέον σημαντικό ρόλο. Ενδεχομένως να χρειαστεί μία υποενότητα για κάθε ένα από τα παρακάτω.

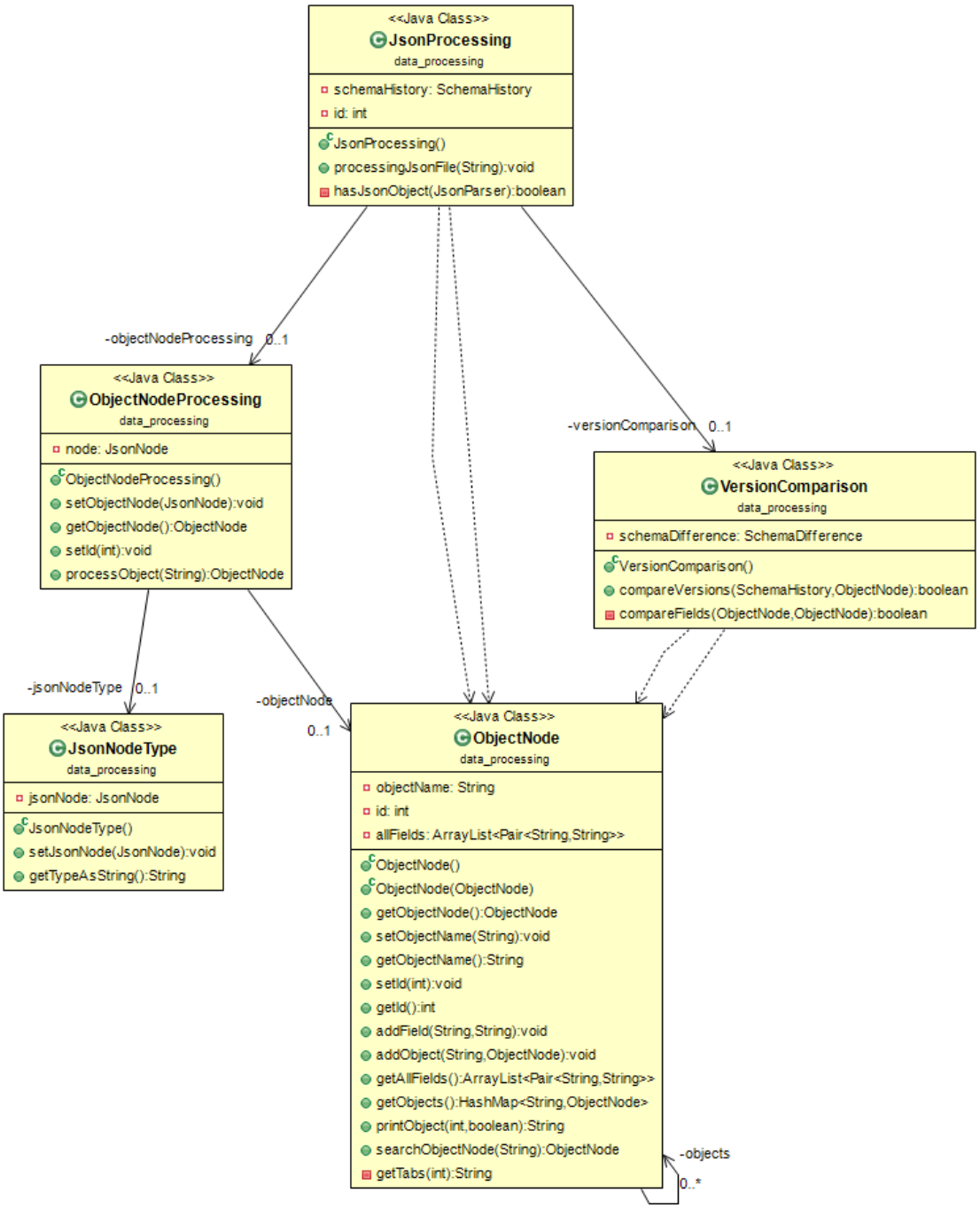
- Τυπικός ορισμός του προβλήματος.
- Περιγραφή των χρησιμοποιούμενων δομών δεδομένων.
- Αλγόριθμος / πρωτόκολλο / μέθοδος / … που χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος.

3.2 Σχεδίαση και αρχιτεκτονική λογισμικού

Όπως έχει αναφερθεί ως τώρα, ο στόχος του συγκεκριμένου λογισμικού είναι η εξαγωγή σε εικονική μορφή των εκδόσεων που ακολουθούν τα αντικείμενα σ' ένα αρχείο json. Για την υλοποίηση του λογισμικού σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν οι κατάλληλες κλάσεις οι οποίες χωρίστηκαν σε πέντε πακέτα: data_processing, gui, output, saving_projects, schema και το πακέτο με τα tests που δεν θα αναλύσουμε στο συγκεκριμένο κεφάλαιο.



Σχήμα 3.2.1. Διάγραμμα Πακέτων.

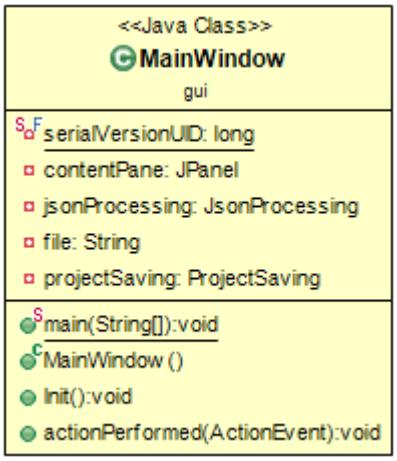


Σχήμα 3.2.1: data_processing class diagram

3.2.1 Πακέτο data_processing

Το συγκεκριμένο πακέτο περιέχει τις κλάσεις που χρησιμοποιήθηκαν για να διαβάσει το αρχείο, να συγκρίνει τις εκδόσεις των αντικειμένων μέσα στο αρχείο json και να αποθηκεύσει σε κατάλληλες δομές τα δεδομένα που χρειάζεται το λογισμικό. Το πακέτο αρχικά περιέχει την κλάση JsonNodeType η οποία δέχεται σαν όρισμα την τιμή του JsonNode και επιστρέφει με την μέθοδο getTypeAsString σε String μορφή τι τύπος είναι.

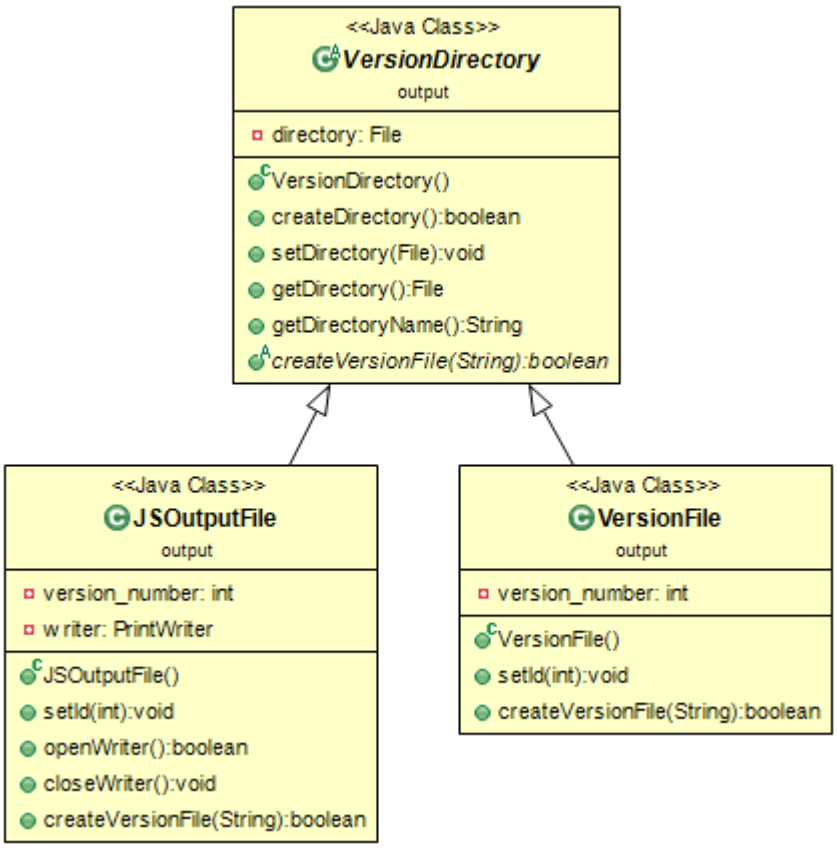
Την ObjectNode η οποία περιέχει τα πεδία: objectName, id, allFields, objects. Το objectName είναι το key του JsonNode, το id είναι η θέση του JsonObject μέσα στο αρχείο, μόνο για το ObjectNode που έχει parent ίσο με root, όλα τα εμφωλευμένα έχουν το ίδιο id με το root που ανήκουν. Το allFields είναι μια λίστα με String, String που περιέχει όλα τα JsonNodes του JsonObject με την μορφή key : value type. Η objects είναι hashmap με το κλειδί να είναι String που περιέχει το key και η τιμή να είναι ObjectNode το οποίο περιέχει το εμφωλευμένο JsonObject. Εκτός από τις getters, setters μεθόδους, η κλάση περιέχει και μια μέθοδο printObject που επιστρέφει σε String μορφή το JsonObject αλλά πλέον αντί για key : value έχει key : value type. Το πακέτο περιέχει επίσης την κλάση ObjectNodeProcessing η οποία είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία του JsonObject. Περιέχει την μέθοδο processObject, η οποία παίρνει σαν String τον parent του JsonObject και διαβάζει το JsonObject, στο οποίο αν βρεθεί εμφωλευμένο JsonObject θα καλέσει αναδρομικά τον εαυτό της και θα επιστρέφει μεταβλητή της κλάσης ObjectNode που θα περιέχει μέσα όλα τα δεδομένα που θέλουμε για το JsonObject. Περιέχει και την κλάση VersionComparisson η οποία έχει τις μεθόδους compareVersions, που υλοποιεί την σύγκριση ανάμεσα στο JsonObject που τρέχει εκείνη την στιγμή και τα JsonObject που αποθηκεύτηκαν ως εκδόσεις σε κατάλληλές δομές που θα εξηγήσουμε παρακάτω. Στην κλάση υπάρχει και η μέθοδος compareFields που συγκρίνει αν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε κάποιο JsonNode, αλλά και αν άλλαξε ο τύπος της τιμής. Τέλος, το πακέτο περιέχει την κλάση JsonProcessing η οποία υλοποιεί το διάβασμα του αρχείο json και την εξαγωγή των JsonObjects από αυτό με την βοήθεια της βιβλιοθήκης Jackson που χρησιμοποιούμε. Έπειτα, συγκρίνει τις εκδόσεις και φτιάχνει το ιστορικό εκδόσεων που θα χρειαστεί για να αναπαραστήσουμε τις εκδόσεις μας στο μέλλον.



Σχήμα 3.2.2: gui class diagram

3.2.2 Πακέτο gui

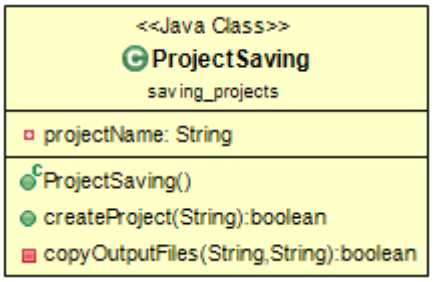
Το πακέτο gui είναι υπεύθυνο για την διεπαφή του λογισμικού με τον χρήστη και έχει την κλάση MainWindow. Δέχεται το αρχείο από τον χρήστη το επεξεργάζεται και ο χρήστης μπορεί να δει τις εκδόσεις του αρχείο, να αποθηκεύσει το project του και να ανεβάσει αν το επιθυμεί projects που ήδη υπάρχουν στο σύστημα.



Σχήμα 3.2.3: output class diagram

3.2.3 Πακέτο output

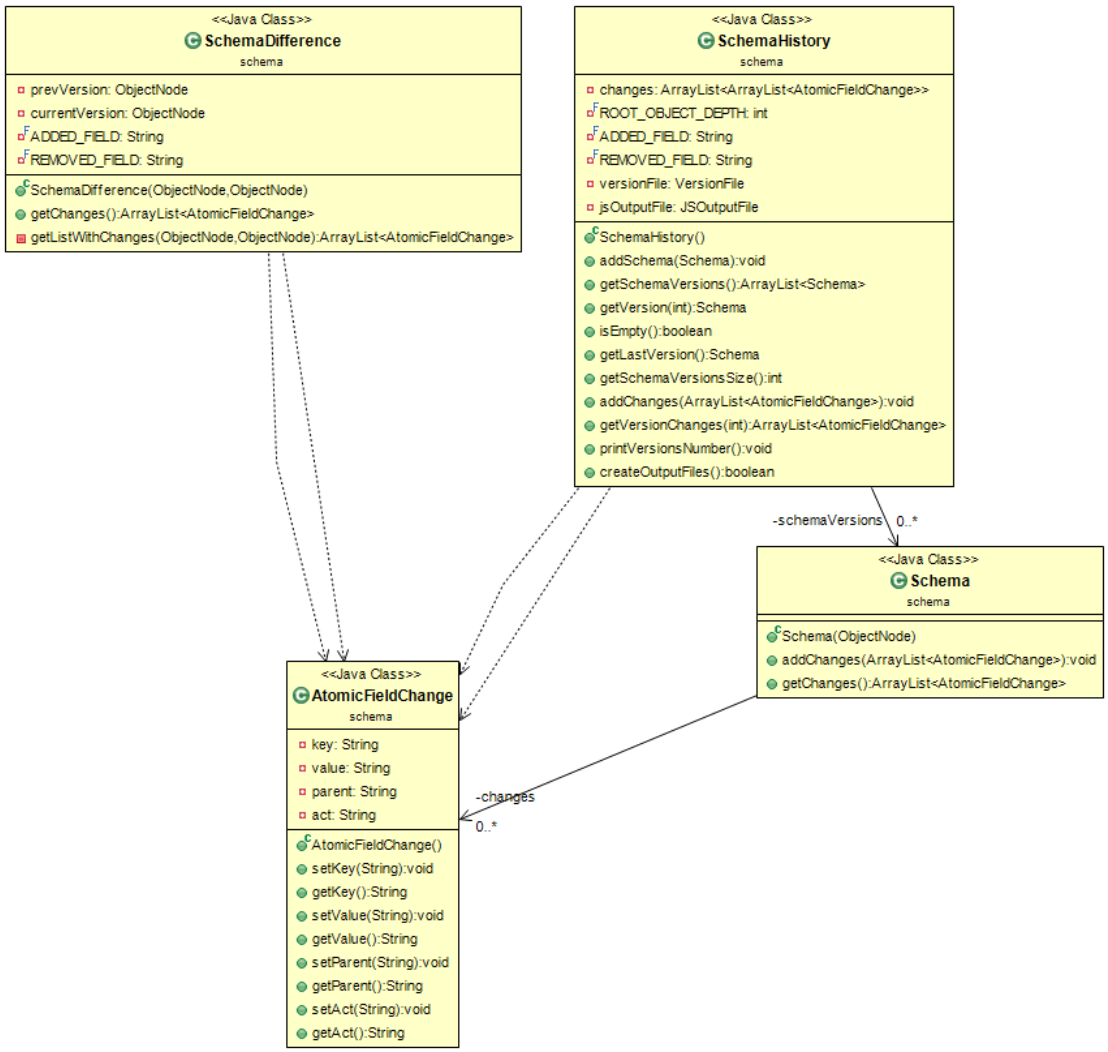
Το πακέτο output είναι υπεύθυνο για την δημιουργία του φακέλου και των αρχείων που έχουν τις εκδόσεις και περιέχει τις κλάσεις VersionDirectory, JSOutputFile και VersionFile. Η κλάση VersionDirectory δημιουργεί έναν φάκελο output ο όποιος περιέχει σε αρχεία τύπου csv τις εκδόσεις που περιέχονται στο αρχείο και στην αρχή του κάθε αρχείου τις αλλαγές που έγιναν από την τελευταία έκδοση που προστέθηκε. Την κλάση VersionFile που είναι υπεύθυνη για την δημιουργία του κάθε csv αρχείου και η ονομασία του κάθε αρχείου προκύπτει από την μέτρηση των ήδη υπάρχων εκδόσεων, δηλαδή 'version_' και ο αριθμός της έκδοσης. Η κλάση JSOutputFile υλοποιεί την δημιουργία του javascript αρχείου που έχει μέσα τις εκδόσεις όλες σε json μεταβλητές που υποστηρίζει η javascript και όνομα 'data_' συν ο αριθμός της έκδοσης, τέλος ένα data_counter για να ξέρουμε όταν εμφανίζουμε τις εκδόσεις πόσες εκδόσεις έχουμε.



Σχήμα 3.2.4: saving_projects class diagram

3.2.4 Πακέτο saving_projects

Το πακέτο saving_projects υλοποιεί την αποθήκευση του project και περιέχει την κλάση ProjectSaving η οποία δημιουργεί έναν φάκελο Saving Projects αν το λογισμικό τρέχει για πρώτη φορά ώστε μέσα σε αυτόν να βρίσκονται όλα τα project που θα αποθηκεύσει ο χρήστης. Στην συνέχεια, δημιουργεί έναν φάκελο με το όνομα που έδωσε ο χρήστης για το project του με τον φάκελο output μέσα σε αυτόν και τα αρχεία 'index.html' και 'view.js'. Ώστε να μην πειράζουμε τα δύο αυτά αρχεία κάθε φορά ανάλογα με το όνομα που έδωσε ο χρήστης για project και να χρησιμοποιούμε πάντα τον φάκελο Output.



Σχήμα 3.2.5: schema class diagram

3.2.5 Πακέτο schema

Το πακέτο schema είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και την δημιουργία των εκδόσεων που ακολουθούν τα JsonObject του αρχείου που καταχώρησε ο χρήστης. Περιέχει τις κλάσεις SchemaHistory, SchemaDifference, Schema, AtomicFieldChange. Την AtomicFieldChange η οποία περιέχει τέσσερα πεδία τα key, value, parent, act. Το πεδίο key και το πεδίο value αναφέρονται στα key : value του JsonNode αντίστοιχα, το parent στο JsonObject που ανήκει αυτό το JsonNode, αν είναι το αρχικό JsonObject θα έχει τιμή root αλλιώς το όνομα του JsonObject που ανήκει. Το πεδίο act παίρνει τιμές '+' ή '-' για το αν προστέθηκε ή αφαιρέθηκε το συγκεκριμένο JsonNode. Την κλάση Schema οποία κληρονομεί από την ObjectNode όλα τα δεδομένα και προσθέτει και τις αλλαγές στα JsonNodes. Την κλάση SchemaDifference η οποία είναι υπεύθυνη για την εύρεση των αλλαγών που έγιναν στις εκδόσεις. Τέλος, την κλάση SchemaHistory η οποία περιέχει κατάλληλα πεδία που χρησιμεύουν στην αποθήκευση της έκδοσης στο λογισμικό.

3.2.6 Αρχείο index.html

Το αρχείο index είναι υπεύθυνο για την οπτικοποίηση των εκδόσεων που βρέθηκαν. Χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη της Google, την Google Charts που περιέχει διάφορους τρόπους για οπτικοποίηση. Στο συγκεκριμένο λογισμικό χρησιμοποιήσαμε το OrgChart επειδή φαίνεται να είναι το πιο κατάλληλο ώστε να μπορεί ο χρήστης να διακρίνει τις διαφορές ανάμεσα στις εκδόσεις.

3.2.7 Αρχείο view.js

Το αρχείο view υλοποιεί τον πίνακα για το OrgChart, διαβάζει το αρχείο versions.js που έβγαλε το λογισμικό χρησιμοποιόντας τις τεχνικές που εξηγήσαμε παραπάνω και επεξεργάζεται τα δεδομένα. Χρησιμοποιεί την συνάρτηση setDataTable έτσι ώστε να δημιουργήσει τον πίνακα για το OrgChart και αναδρομικά καλεί τον εαυτό της αν πρόκειται για εμφωλευμένα json objects.

3.3 Σχεδίαση και αποτελέσματα ελέγχου του λογισμικού

Περιγράφονται οι στόχοι του ελέγχου, το πώς οι στόχοι σχετίζονται με τα σχετικά use cases (π.χ., εξηγώντας ένα traceability matrix), ποια τα unit & system tests. Περιγραφή των test fixtures.

Η διενέργεια του ελέγχου του λογισμικού περιγράφεται και τα αποτελέσματά της παρατίθενται συνοπτικά.

3.4 Λεπτομέρειες εγκατάστασης και υλοποίησης

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης υλοποίησης, όπως η πλατφόρμα ανάπτυξης και εκτέλεσης, τα προγραμματιστικά εργαλεία, οι απαιτήσεις της εφαρμογής σε hardware, κ.λ.π.

Είναι σημαντικό να παρατεθούν με συγκροτημένο τρόπο οι απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε το πρόγραμμα να εγκατασταθεί και να εκτελείται σωστά. Αυτό δεν αφορά μόνο τις ρυθμίσεις του προγραμματιστικού περιβάλλοντος, αλλά π.χ., και τι πρέπει να μπει σε κάποια αρχεία αρχικοποίησης του συστήματος κ.ο.κ.

3.5 Επεκτασιμότητα του λογισμικού

Όταν σχεδιάζουμε το λογισμικό σκεφτόμαστε και πώς θα επεκταθεί και συντηρηθεί στο μέλλον. Άρα κάνουμε και μια λίστα από πιθανές επεκτάσεις. Στην ενότητα αυτή περιγράφονται τα σημεία του κώδικα τα οποία θα χρειαστεί να αλλαχθούν σε μελλοντικές τέτοιες επεκτάσεις. Επίσης σημειώνουμε τα σημεία που έχουν hard-coded λειτουργικότητες που θα πρέπει να συντηρηθούν στο μέλλον.

4 Πειραματική Αξιολόγηση

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε αναλυτικά την πειραματική αξιολόγηση της μεθόδου μας.

4.2 Μεθοδολογία πειραματισμού

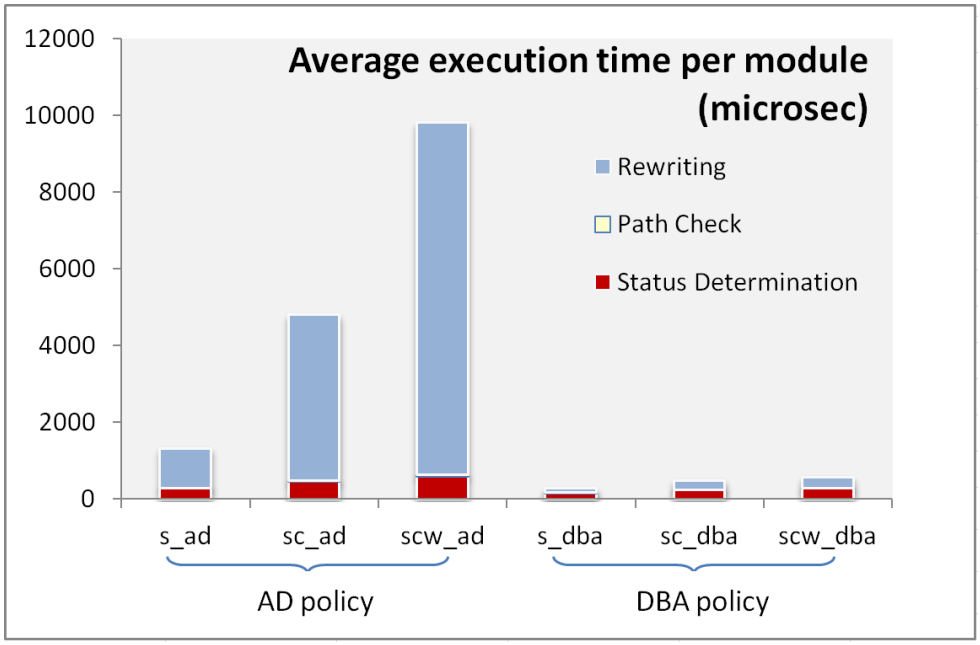
Περιγραφή του σκοπού των πειραμάτων

Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, αντίπαλοι αλγόριθμοι και τεχνικές (ή ότι άλλο είναι αρμόζον για την περίσταση)

Περιγραφή του περιβάλλοντος στο οποίο διεξήχθησαν τα πειράματα.

4.3 Αναλυτική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Για κάθε παράμετρο που μας ενδιαφέρει να μετρήσουμε, αναλύουμε τα αποτελέσματα του σχετικού πειράματος. Περιγράφουμε τι μεταβάλλαμε, τι μετρήσαμε και τι συμπεράσματα βγαίνουν από το πείραμα. Συνιστάται η παράθεση διαγραμμάτων και δεδομένων από τα διεξαχθέντα πειράματα και οπωσδήποτε ο σχετικός σχολιασμός.



Εικόνα 4.1 Χρόνος εκτέλεσης (microsec) ως συνάρτηση (α) της κατανομής αρμοδιοτήτων και (β) της πολιτικής διαχείρισης της διάδοσης αλλαγών. Εσωτερικά σε κάθε στήλη αναπαρίστανται(i) ο χρόνος επανεγγραφής, (ii) ο χρόνος ελέγχου μονοπατιών διάδοσης και (iii) ο χρόνος αποτίμησης της κατάστασης κόμβων.

Η γενική ιδέα είναι ότι περιγράφουμε πώς μεταβάλλονται οι τιμές στον κάθετο άξονα, σε σχέση με τις τιμές στον οριζόντιο άξονα ή/και τις διάφορες τεχνικές που εμπλέκονται στο πείραμα. Πάντα αναφέρουμε τις μονάδες. Η ασφαλής λύση είναι να χρησιμοποιήσετε bar charts. Το παράδειγμα στην Εικόνα 4.1 που σας δίνεται είναι όσο πιο πολύπλοκο θα μπορούσε να είναι.

Για τους πίνακες: στο οπτικό αποτέλεσμα, ελαχιστοποιήστε τα pixels που δεν είναι περιεχόμενο. Αυτό αφορά κυρίως τα borders αλλά και το χρώμα στο background (το πολύ πολύ να μπει ένα απαλό φόντο σε όλο τον πίνακα, όπως π.χ., έχουμε στην Εικόνα 2.1). Η έμφαση πρέπει να είναι στο να αναδειχθεί το περιεχόμενο του πίνακα. Προσέξτε, οι γραμμές του πίνακα, να έχουν στην παράγραφό τους “Keep with next” ώστε ο πίνακας να μη σπάει σε διαφορετικές σελίδες.

Breakdown of Tables over their Activity Class
(Percentages over Total #Tables)

		Activity Class			Activity Class (%)		
	Total #Tables	RIGID	QUIET	ACTIVE	RIGID	QUIET	ACTIVE
Atlas	88	18	43	27	***20%***	**49%**	31%
BioSQL	45	16	13	16	**36%**	***29%***	**36%**
Castor	91	57	31	3	**63%**	34%	***3%***
SlashCode	68	15	38	15	***22%***	**56%**	***22%***
Zabbix	56	23	30	3	41%	**54%**	***5%***

Πίνακας 4.1 Κατανομή πινάκων σε διαφορετικές κλάσεις δραστηριότητας σε απόλυτες τιμές και ποσοστά (για κάθε σύνολο δεδομένων, η μέγιστη τιμή με **κόκκινα έντονα** *γράμματα και η ελάχιστη με μπλε πλαγιαστά)*

Συνιστάται η συντήρηση ενός ΚΑΘΑΡΟΥ spreadsheet, είτε συνολικά για την εργασία, είτε ανά πείραμα, και η παράδοσή του στο τέλος, μαζί με τον κώδικα, τα δεδομένα εισόδου και εξόδου, και την παρούσα αναφορά.

5 Επίλογος

Στην ενότητα αυτή συνοψίζουμε τη συνεισφορά και τα αποτελέσματα της εργασίας και παραθέτουμε σκέψεις για μελλοντικές επεκτάσεις της.

5.2 Σύνοψη και συμπεράσματα

Στην ενότητα αυτή συνοψίζουμε τα αποτελέσματα τις διπλωματικής (αντιγράφουμε την ενότητα 1.1 χρησιμοποιώντας αόριστο αντί για μέλλοντα χρόνο) και περιγράφουμε λίγο πιο αναλυτικά και τα όποια συμπεράσματα εξάγαμε.

5.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Στην ενότητα αυτή δίνουμε μια λίστα με πράγματα που έχει νόημα / ενδιαφέρον να φτιαχτούν στο μέλλον.

Βιβλιογραφία

[BBC+99] P.A. Bernstein, T. Bergstraesser, J. Carlson, S. Pal, P. Sanders, D. Shutt. Microsoft Repository Version 2 and the Open Information Model. Information Systems 24(2), pp. 71-98, 1999.

[BaCR94] V.R. Basili, G.Caldiera, H.D. Rombach. The Goal Question Metric Approach. Encyclopedia of Software Engineering, pp. 528-532, John Wiley & Sons, Inc, 1994. Also available at http://www.cs.umd.edu/users/basili/papers.html

[Dean97] E.B. Dean. Quality Functional Deployment from the Perspective of Competitive Advantage. Available at http://mijuno.larc.nasa.gov/dfc/qfd.html

[JJQV98] M. Jarke, M.A. Jeusfeld, C. Quix, P. Vassiliadis. Architecture and quality in data warehouses. In Proc. 10th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE '98), pp. 93-113, Pisa, Italy, June 1998.

[JaVa97] M. Jarke, Y. Vassiliou. Foundations of data warehouse quality – a review of the DWQ project. In Proc. 2nd Intl. Conference Information Quality (IQ-97), pp. 299-313, Cambridge, Mass., USA, June 1997.

[Orr98] K. Orr. Data quality and systems theory. In Communications of the ACM, 41(2), pp. 54-57, Feb. 1998.