**ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2024-2025**

**ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ**

**ΜΑΘΗΜΑ: Συστήματα Διαχείρισης Μεγάλου Όγκου Δεδομένων**

**Εκτέλεση σχεσιακών ερωτημάτων στο Spark με χρήση RDD και DataFrames**

Περιεχόμενα

[Προετοιμασία Δεδομένων 1](#_Toc194407384)

[Map/Reduce 1](#_Toc194407385)

[Μορφή Δεδομένων 5](#_Toc194407386)

[RDD 5](#_Toc194407387)

[Dataframes 12](#_Toc194407388)

[Εγκατάσταση Spark History Server για προβολή ιστορικών εκτελέσεων 20](#_Toc194407389)

# Προετοιμασία Δεδομένων

Για να κατεβάσουμε τα αρχεία που θα χρησιμοποιήσουμε, αρχικά πρέπει να κατεβάσουμε τα **παραδείγματα** και τον **κώδικα**. Βεβαιωθείτε ότι έχετε εγκαταστήσει το git.

cd ~

git clone https://github.com/ikons/bigdata-uth.git

* Ανέβασμα των αρχείων των παραδειγμάτων στο HDFS

Στη συνέχεια, ανεβάζουμε ολόκληρο τον φάκελο examples στον κατάλογο του HDFS:  
/user/<όνομα\_χρήστη>/examples

cd bigdata-uth

hadoop fs -put examples examples

Τώρα μπορούμε να βεβαιωθούμε ότι τα αρχεία ανέβηκαν σωστά, εκτελώντας:

hadoop fs -ls examples

* Ανέβασμα των αρχείων κώδικα στο HDFS

**Αντικατάσταση του username πριν την αποστολή στο HDFS**: Πριν ανεβάσετε τον φάκελο code στο HDFS, εκτελέστε την παρακάτω εντολή για να αντικαταστήσετε το username ikons (που υπάρχει "καρφωτά" στα περισσότερα αρχεία) με το δικό σας όνομα χρήστη (π.χ. student1):

find code -type f -exec sed -i 's/ikons/<το\_όνομα\_χρήστη\_σας>/g' {} +

📌 Παράδειγμα:

find code -type f -exec sed -i 's/ikons/student1/g' {} +

Αφού κάνετε την αλλαγή, συνεχίστε με την αποστολή στο HDFS:

hadoop fs -put code code

💡 **Tip**: Μπορείτε να επιβεβαιώσετε ότι η αλλαγή έγινε σωστά με:

grep -rn "student1" code/

Βεβαιωθείτε ότι όλα τα αρχεία έχουν ανέβει στο HDFS:

hadoop fs -ls code

# Map/Reduce

A diagram of a map

Description automatically generated with low confidenceA picture containing screenshot, diagram, line, text

Description automatically generated

Ένα **Map/Reduce job** περιλαμβάνει ένα **στάδιο map** και ένα **στάδιο reduce**. Στο στάδιο του map, οι **κόμβοι εργάτες (worker nodes)** στους οποίους έχουν ανατεθεί τα map jobs εκτελούν εργασία πάνω σε ένα **τμήμα των δεδομένων** που τους έχει ανατεθεί από τον **κύριο κόμβο (master VM)**. Ο master προτιμά να αναθέτει ορισμένες εργασίες σε συγκεκριμένους εργάτες που **έχουν ήδη το αντίστοιχο κομμάτι των δεδομένων τοπικά**, ώστε να **ελαχιστοποιηθεί η χρήση του δικτύου** της συστοιχίας (αρχή **τοπικότητας δεδομένων - data locality**). Μετά την εκτέλεση του σταδίου map, οι mappers στέλνουν τα αποτελέσματα στους reducers. Ο master καθορίζει **σε ποιον reducer** πρέπει να στείλει τα αποτελέσματά του κάθε mapper – και στέλνει **τα δεδομένα με το ίδιο key στον ίδιο reducer**. Ο ρόλος του reducer είναι να **συνδυάσει τα δεδομένα** από διάφορους mappers για να δημιουργήσει την τελική έξοδο. (Ενδιάμεσα βήματα μεταξύ των map και reduce jobs μπορεί να είναι απαραίτητα, π.χ. ταξινόμηση)

ΑΡΧΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ -> MASTER -> ΑΝΑΘΕΤΕΙ MAP JOBS ΣΕ ΕΡΓΑΤΕΣ

ΕΡΓΑΤΕΣ ΕΚΤΕΛΟΥΝ ΤΑ MAP JOBS ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΖΕΥΓΗ (key, value)

MAP 1: [(1, DATA), (1 , DATA ), (1, DATA)]

MAP 2: [(1, DATA), (1, DATA), (1, DATA)]

MAP 3: [(2, DATA), (2, DATA)]

--------------------------------------------------------------------

REDUCERS ΣΥΝΔΥΑΖΟΥΝ ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ MAPPERS ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΡΑΞΟΥΝ ΤΗΝ ΤΕΛΙΚΗ ΕΞΟΔΟ

MAP1, MAP2 -> REDUCER1

MAP3 -> REDUCER2

REDUCER1, REDUCER2 -> FINAL\_REDUCER -> ΤΕΛΙΚΟ OUTPUT

Ένα από τα πιο κλασικά παραδείγματα Map/Reduce είναι το πρόβλημα καταμέτρησης λέξεων (word count). Σε αυτό το παράδειγμα, έχουμε ένα ή περισσότερα έγγραφα και θέλουμε να βρούμε πόσες φορές εμφανίζεται κάθε λέξη μέσα στο έγγραφο

Για να εκτελέσεις το πρόγραμμα **wordcount.py**, χρησιμοποίησε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/username/code/wordcount.py

Μετά την εκτέλεση, **τρέξε** k9s και παρακολούθησε το job που εκτελείται στο **k8s (Kubernetes)**.

Wordcount.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

username **=** "username"

sc **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"wordcount example"**)** \

**.***getOrCreate***()** \

**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

# Λήψη του job ID και καθορισμός διαδρομής εξόδου

job\_id **=** sc**.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/wordcount\_output\_{job\_id}"

# Φόρτωση αρχείου κειμένου από το HDFS και υπολογισμός συχνοτήτων λέξεων

wordcount **=** **(**

sc**.***textFile***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/text.txt"**)** \

**.***flatMap***(lambda** x**:** x**.***split***(**" "**))** # Διάσπαση κάθε γραμμής σε λέξεις

**.map(lambda** x**:** **(**x**,** 1**))** # Χαρτογράφηση (map) κάθε λέξης σε (λέξη, 1)

**.***reduceByKey***(lambda** x**,** y**:** x **+** y**)** # Άθροιση εμφανίσεων για κάθε λέξη

**.***sortBy***(lambda** x**:** x**[**1**],** ascending**=False)** # Ταξινόμηση κατά φθίνουσα συχνότητα

**)**

# Εμφάνιση των αποτελεσμάτων (για έλεγχο)

**for** item **in** wordcount**.***coalesce***(**1**).***collect***():**

**print(**item**)**

# Συγχώνευση για μείωση των αρχείων εξόδου και αποθήκευση στο HDFS

wordcount**.***saveAsTextFile***(**output\_dir**)**

# Παράδειγμα αποτελεσμάτων:

# [('text', 3), ('this', 2), ('is', 2), ('like', 2), ('a', 2),

# ('file', 2), ('words', 2), (',', 2), ('an', 1), ('of', 1),

# ('with', 1), ('random', 1), ('example', 1)]

**ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ:** Η χρήση της συνάρτησης collect σε RDDs που περιέχουν μεγάλο όγκο δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε σφάλμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε άλλες συναρτήσεις για να ρίξετε μια ματιά στο τι περιέχει το RDD, όπως π.χ. η take(n) – όπου n είναι ο αριθμός των εγγραφών που θέλουμε να ανακτήσουμε.

**Επεξήγηση Κώδικα:**

Αρχικά, δημιουργούμε ένα **SparkSession** και ένα **SparkContext**. Το SparkSession είναι το σημείο εισόδου για κάθε προγραμματιστική βιβλιοθήκη στο Spark και είναι απαραίτητο για να εκτελεστεί οποιοσδήποτε κώδικας. Το SparkContext είναι το αντίστοιχο σημείο εισόδου **ειδικά για RDDs**. Στη συνέχεια, το πρόγραμμα διαβάζει το αρχείο text.txt από το HDFS και χρησιμοποιεί μία **συνάρτηση lambda** για να διαχωρίσει τα δεδομένα κάθε φορά που εντοπίζει **κενό (whitespace)**. Μια **συνάρτηση lambda** είναι ουσιαστικά μια **ανώνυμη συνάρτηση** την οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γρήγορα, χωρίς να χρειάζεται να την ορίσουμε με όνομα. Η συνάρτηση lambda που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα ως όρισμα της flatMap είναι:

**lambda** x**:** x**.***split***(**" "**)**

Για μια είσοδο x, επιστρέφει μία λίστα από λέξεις (διαιρώντας το κείμενο κάθε φορά που υπάρχει κενό διάστημα).

Η βασική διαφορά της flatMap σε σχέση με την map είναι ότι **η** map **επιστρέφει πολλές λίστες (μία για κάθε είσοδο)**, ενώ η flatMap **ενώνει όλα τα αποτελέσματα σε μία ενιαία λίστα**.

Στη συνέχεια, με τη χρήση της map δημιουργούμε για κάθε λέξη στο αρχείο ένα **ζεύγος (key, value)**.  
Θα χρησιμοποιήσουμε αυτό το ζεύγος στο στάδιο της **σύνοψης (reduce)**:

* **Key = η λέξη**
* **Value = 1**, που αντιπροσωπεύει μία εμφάνιση της λέξης

Έπειτα, χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση reduceByKey.  
Αυτό σημαίνει ότι όλα τα ζεύγη με το **ίδιο key (δηλαδή την ίδια λέξη)** θα σταλούν στον ίδιο **reducer**, ο οποίος θα τα **συνδυάσει**.

Στην περίπτωσή μας, εάν το πρόγραμμα επεξεργαστεί τα εξής ζεύγη:

**(**"text"**,** 1**),** **(**"text"**,** 1**)**

Τότε το αποτέλεσμα της συνάρτησης reduce θα είναι:

**(**"text"**,** 2**)**

Τέλος, εφαρμόζεται sortBy για να ταξινομήσουμε τις λέξεις **με βάση τον αριθμό εμφανίσεων (τιμή)** και εκτυπώνουμε το τελικό αποτέλεσμα.

**Αυτή είναι η έξοδος του προγράμματος** wordcount.py:

**[(**'text'**,** 3**),** **(**'this'**,** 2**),** **(**'is'**,** 2**),** **(**'like'**,** 2**),** **(**'a'**,** 2**),**

**(**'file'**,** 2**),** **(**'words'**,** 2**),** **(**','**,** 2**),** **(**'an'**,** 1**),** **(**'of'**,** 1**),**

**(**'with'**,** 1**),** **(**'random'**,** 1**),** **(**'example'**,** 1**)]**

Η διαδικασία συνοπτικά (χωρίς να φαίνεται το sortBy):

A picture containing text, screenshot, font, number

Description automatically generated

# Μορφή Δεδομένων

Το αρχείο **Employees.csv** περιέχει:  
το **ID του υπαλλήλου**, το **όνομα του υπαλλήλου**, τον **μισθό** του και το **ID του τμήματος** στο οποίο εργάζεται.

**Δομή:**

| ID | ΟΝΟΜΑ | ΜΙΣΘΟΣ | ΤΜΗΜΑ\_ID | π.χ. 1,George R,2000,1

Το αρχείο **Departments.csv** περιέχει:  
το **ID του τμήματος** και το **όνομα του τμήματος**.

**Δομή:**

| ID | ΟΝΟΜΑ | π.χ. 1,Dep A

**ΕΡΩΤΗΜΑ 1:** Βρες τους 5 υπαλλήλους με τον χαμηλότερο μισθό

**ΕΡΩΤΗΜΑ 2**: Βρες τους 3 πιο καλοπληρωμένους υπαλλήλους από το τμήμα Dep A

**ΕΡΩΤΗΜΑ 3:** Βρες το ετήσιο εισόδημα όλων των υπαλλήλων

**ΕΡΩΤΗΜΑ 4**: Κάνε συνένωση υπαλλήλων με τμήματα μόνο με την χρήση RDDs

# RDD (Resilient Distributed Datasets)

Τα **RDDs (Resilient Distributed Datasets)** αποτελούν τη **θεμελιώδη δομή δεδομένων στο Spark**. Είναι **αμετάβλητες**, κατανεμημένες συλλογές αντικειμένων. Κάθε σύνολο δεδομένων (RDD) χωρίζεται σε **λογικά partitions**, τα οποία μπορούν να επεξεργάζονται σε **διαφορετικούς κόμβους του cluster**. Τα RDDs μπορούν να περιέχουν **οποιονδήποτε τύπο αντικειμένων Python, Java ή Scala**, ακόμα και **κλάσεις που ορίζει ο χρήστης**.

Ας δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα για το **Ερώτημα 1** χρησιμοποιώντας RDDs

Για να εκτελέσετε το αρχείο RddQ1.py, χρησιμοποιήστε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/username/code/RddQ1.py

RddQ1.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

username **=** "username"

sc **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"RDD query 1 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()** \

**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

# Λήψη του job ID και καθορισμός της διαδρομής εξόδου

job\_id **=** sc**.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/RddQ1\_{job\_id}"

# Φόρτωση και επεξεργασία δεδομένων

# Στήλες CSV: "id", "name", "salary", "dep\_id"

employees **=** sc**.***textFile***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)** \

**.map(lambda** x**:** x**.***split***(**","**))** # Διαχωρισμός κάθε γραμμής σε λίστα

# Αντιστοίχιση κάθε υπαλλήλου στη μορφή (salary, [id, name, dep\_id]) και ταξινόμηση κατά μισθό (αύξουσα σειρά)

# Αντιστοίχιση στηλών:

# x[0] = id

# x[1] = name

# x[2] = salary

# x[3] = dep\_id

sorted\_employees **=** employees**.map(lambda** x**:** **[int(**x**[**2**]),** **[**x**[**0**],** x**[**1**],** x**[**3**]]])** \

**.***sortByKey***()**

# Εμφάνιση των δεδομένων (για έλεγχο)

**for** item **in** sorted\_employees**.***coalesce***(**1**).***collect***():**

**print(**item**)** # Παράδειγμα εξόδου: [60000, ['123', 'Alice', '5']]

# Συγχώνευση για μείωση αριθμού αρχείων εξόδου και αποθήκευση στο HDFS

sorted\_employees**.***coalesce***(**1**).***saveAsTextFile***(**output\_dir**)**

Πρόκειται για ένα απλό πρόγραμμα όπου πρώτα διαβάζουμε το αρχείο **employees.csv** από το **HDFS** και στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση map, η οποία δημιουργεί μία **λίστα για κάθε εγγραφή υπαλλήλου** (δηλαδή για κάθε γραμμή).

Σε αυτό το παράδειγμα χρησιμοποιούμε map αντί για flatMap επειδή μας ενδιαφέρει **κάθε μεμονωμένη εγγραφή**, και θέλουμε να μπορούμε να την εντοπίσουμε στη συνέχεια.

Η έξοδος της map(lambda x: x.split(",")) θα είναι κάτι σαν το παρακάτω:

**[** **[**"id"**,** "name"**,** "salary"**,** "dep\_id"**],** **[...],** **[...],** **...** **]**

Αν χρησιμοποιούσαμε flatMap εδώ, η έξοδος θα ήταν:

**[**"id"**,** "name"**,** "salary"**,** "dep\_id"**,** "id"**,** "name"**,** "salary"**,** "dep\_id"**,** **...]**

(Δεν υπάρχουν μεμονωμένες εγγραφές, αλλά μία **ενιαία λίστα** – επομένως **δεν μπορούμε να κάνουμε ταξινόμηση ή ομαδοποίηση** με βάση κάποια τιμή.)

Στη δεύτερη συνάρτηση map, κάθε υπάλληλος αντιστοιχίζεται σε ένα **ζεύγος (key, value)**.  
Σε αυτή την περίπτωση, το key **είναι ο μισθός** του υπαλλήλου (τον οποίο μετατρέπουμε σε int) και το value **είναι μία λίστα με τα υπόλοιπα στοιχεία**: "id", "name", "dep\_id".

Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση sortByKey() για να ταξινομήσουμε τους υπαλλήλους **βάσει μισθού** σε **αύξουσα σειρά** (είναι η προεπιλογή). Τέλος, εκτυπώνουμε τις **5 πρώτες εγγραφές** με τη συνάρτηση take(5).

**Παράδειγμα εξόδου:**

**[(**550**,** **[**'6'**,** 'Jerry L'**,** '3'**]),**

**(**1000**,** **[**'7'**,** 'Marios K'**,** '1'**]),**

**(**1000**,** **[**'2'**,** 'John K'**,** '2'**]),**

**(**1050**,** **[**'5'**,** 'Helen K'**,** '2'**]),**

**(**1500**,** **[**'10'**,** 'Yiannis T'**,** '1'**])]**

Αυτή είναι μια **υλοποίηση με RDD** για το **ερώτημα 2**:  
Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα RddQ2.py, χρησιμοποιήστε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/username/code/RddQ2.py

RddQ2.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

username **=** "username"

sc **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"RDD query 2 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()** \

**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

# Λήψη του job ID και καθορισμός της διαδρομής εξόδου

job\_id **=** sc**.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/RddQ2\_{job\_id}"

# =======================

# ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ:

# employees: "emp\_id", "emp\_name", "salary", "dep\_id"

# departments: "id", "dpt\_name"

#

# Αντιστοίχιση θέσεων για employees:

# x[0] = emp\_id

# x[1] = emp\_name

# x[2] = salary

# x[3] = dep\_id

#

# Αντιστοίχιση θέσεων για departments:

# x[0] = id

# x[1] = dpt\_name

# =======================

# Φόρτωση και ανάλυση των δεδομένων υπαλλήλων

employees **=** sc**.***textFile***(**"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/examples/employees.csv"**)** \

**.map(lambda** x**:** x**.***split***(**","**))** # → [emp\_id, emp\_name, salary, dep\_id]

# Φόρτωση και ανάλυση των δεδομένων τμημάτων

departments **=** sc**.***textFile***(**"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/examples/departments.csv"**)** \

**.map(lambda** x**:** x**.***split***(**","**))** # → [id, dpt\_name]

# Φιλτράρισμα μόνο των τμημάτων με dpt\_name == "Dep A"

depA **=** departments**.map(lambda** x**:** x **if** **(**x**[**1**]** **==** "Dep A"**)** **else** **None)** \

**.filter(lambda** x**:** x **is** **not** **None)**

# Μορφοποίηση υπαλλήλων σε (dep\_id, [emp\_id, emp\_name, salary])

# Χρήση του x[3] = dep\_id ως κλειδί

employees\_formatted **=** employees**.map(lambda** x**:** **[**x**[**3**],** **[**x**[**0**],** x**[**1**],** x**[**2**]]])**

# Μορφοποίηση τμημάτων σε (id, [dpt\_name])

# Χρήση του x[0] = id ως κλειδί

depA\_formatted **=** depA**.map(lambda** x**:** **[**x**[**0**],** **[**x**[**1**]]])**

# Συνένωση υπαλλήλων με το τμήμα "Dep A" βάσει dep\_id

# Αποτέλεσμα: (dep\_id, ([emp\_id, emp\_name, salary], [dpt\_name]))

joined\_data **=** employees\_formatted**.***join***(**depA\_formatted**)**

# Εξαγωγή μόνο των στοιχείων υπαλλήλων (χωρίς τα στοιχεία του τμήματος)

# Αποτέλεσμα: [emp\_id, emp\_name, salary]

get\_employees **=** joined\_data**.map(lambda** x**:** x**[**1**][**0**])**

# Ταξινόμηση υπαλλήλων κατά φθίνουσα σειρά μισθού

# Είσοδος: [emp\_id, emp\_name, salary] — x[2] = salary

# Έξοδος: (salary, [emp\_id, emp\_name])

sorted\_employees **=** get\_employees**.map(lambda** x**:** **[int(**x**[**2**]),** **[**x**[**0**],** x**[**1**]]])** \

**.***sortByKey***(**ascending**=False)**

# Δημιουργία RDD με διαχωριστική γραμμή για την τελική έξοδο

delimiter **=** **[**"=========="**]**

delimiter\_rdd **=** sc**.***parallelize***(**delimiter**)** # RDD μίας γραμμής

# Συνένωση όλων των RDD με διαχωριστικά ενδιάμεσα

final\_rdd **=** employees\_formatted**.***union***(**delimiter\_rdd**)** \

**.***union***(**departments**)** \

**.***union***(**delimiter\_rdd**)** \

**.***union***(**joined\_data**)** \

**.***union***(**delimiter\_rdd**)** \

**.***union***(**sorted\_employees**)**

# Εμφάνιση της τελικής εξόδου (για δοκιμή/debugging)

**for** item **in** final\_rdd**.***coalesce***(**1**).***collect***():**

**print(**item**)**

# Αποθήκευση της τελικής εξόδου στο HDFS

final\_rdd**.***coalesce***(**1**).***saveAsTextFile***(**output\_dir**)**

Αρχικά, διαβάζουμε τα δύο αρχεία **CSV** από το HDFS και δημιουργούμε μία λίστα με τις τιμές κάθε εγγραφής.

Στη συνέχεια, πρέπει να βρούμε ποιο είναι το **ID του "Dep A"**. Αυτό το επιτυγχάνουμε με χρήση της συνάρτησης map, η οποία ελέγχει αν το όνομα του τμήματος είναι "Dep A". Αν είναι **αληθές**, επιστρέφουμε τα δεδομένα της εγγραφής – αν είναι **ψευδές**, επιστρέφουμε None. Έπειτα, χρησιμοποιούμε filter για να απορρίψουμε τις εγγραφές που περιέχουν None. Ουσιαστικά **αντικαθιστούμε όλα τα τμήματα που δεν είναι το "Dep A" με τιμές None και τις φιλτράρουμε**.

Στη συνέχεια, χρειάζεται να κάνουμε **ένωση (join)** των δύο πινάκων βάσει των πεδίων dep\_id και id. Η ένωση γίνεται με χρήση της join υλοποίησης του **RDD API**.

Για να γίνει αυτό, πρώτα δημιουργούμε ένα **ζεύγος (key, value)** για τους υπαλλήλους:

* **key = dep\_id**
* **value = λίστα με τις υπόλοιπες πληροφορίες υπαλλήλου**

Το ίδιο κάνουμε και για τα τμήματα (departments):

* **key = id**
* **value = όνομα τμήματος**

Έπειτα κάνουμε join (συνένωση) των δύο RDDs. Το νέο RDD joined\_data περιέχει **μόνο τους υπαλλήλους που ανήκουν στο "Dep A"**:

**[**

**(**'1'**,** **([**'7'**,** 'Marios K'**,** '1000'**],** **[**'Dep A'**])),**

**(**'1'**,** **([**'10'**,** 'Yiannis T'**,** '1500'**],** **[**'Dep A'**])),**

**(**'1'**,** **([**'1'**,** 'George R'**,** '2000'**],** **[**'Dep A'**])),**

**(**'1'**,** **([**'3'**,** 'Mary T'**,** '2100'**],** **[**'Dep A'**])),**

**(**'1'**,** **([**'4'**,** 'George T'**,** '2100'**],** **[**'Dep A'**]))**

**]**

Τώρα μπορούμε να **αφαιρέσουμε το** dep\_id **και το όνομα τμήματος**. Το κάνουμε αυτό μέσω του get\_employees RDD:

**[**

**[**'1'**,** 'George R'**,** '2000'**],**

**[**'3'**,** 'Mary T'**,** '2100'**],**

**[**'4'**,** 'George T'**,** '2100'**],**

**[**'7'**,** 'Marios K'**,** '1000'**],**

**[**'10'**,** 'Yiannis T'**,** '1500'**]**

**]**

Στο τέλος, δημιουργούμε ζεύγη **(key, value)** όπου:

* key = μισθός
* value = τα υπόλοιπα στοιχεία του υπαλλήλου

Τα ταξινομούμε με βάση το key σε **φθίνουσα σειρά** χρησιμοποιώντας sortByKey() και εκτυπώνουμε όλες τις εγγραφές.

**(**2100**,** **[**'3'**,** 'Mary T'**])**

**(**2100**,** **[**'4'**,** 'George T'**])**

**(**2000**,** **[**'1'**,** 'George R'**])**

**(**1500**,** **[**'10'**,** 'Yiannis T'**])**

**(**1000**,** **[**'7'**,** 'Marios K'**])**

Αυτή είναι μια **υλοποίηση με RDD** για το **ερώτημα 3**:  
Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα RddQ3.py, χρησιμοποιήστε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/code/RddQ3.py

RddQ3.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

username **=** "ikons"

sc **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"RDD query 3 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()** \

**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

# Λήψη του job ID και καθορισμός της διαδρομής εξόδου

job\_id **=** sc**.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/RddQ3\_{job\_id}"

# =======================

# ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ:

# employees: "emp\_id", "emp\_name", "salary", "dep\_id"

# departments: "id", "dpt\_name"

#

# Αντιστοίχιση θέσεων για employees:

# x[0] = emp\_id

# x[1] = emp\_name

# x[2] = salary

# x[3] = dep\_id

#

# Αντιστοίχιση θέσεων για departments:

# x[0] = id

# x[1] = dpt\_name

# =======================

# Φόρτωση και ανάλυση των δεδομένων υπαλλήλων

employees **=** sc**.***textFile***(**"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/examples/employees.csv"**)** \

**.map(lambda** x**:** x**.***split***(**","**))** # → [emp\_id, emp\_name, salary, dep\_id]

# Κατευθείαν υπολογισμός των ετήσιων εισοδημάτων χρησιμοποιώντας lambda function:  
employees\_yearly\_income = employees \  
 .**map (lambda** x**:** **[**x**[**1**]),** 14\***(int(**x**[**2**]))])** # → [emp\_name, 14\*salary]

# Εμφάνιση της τελικής εξόδου (για δοκιμή/debugging)  
**for** item **in** employees\_yearly\_income**.***coalesce***(**1**).***collect***():** **print(**item**)**

# Αποθήκευση της τελικής εξόδου στο HDFS  
employees\_yearly\_income**.***coalesce***(**1**).***saveAsTextFile***(**output\_dir**)**

Αντίστοιχα με τα προηγούμενα, παίρνουμε τα αποτελέσματα:

['George R', 28000]

['John K', 14000]

['Mary T', 29400]

['George T', 29400]

['Helen K', 14700]

['Jerry L', 7700]

['Marios K', 14000]

['George K', 35000]

['Vasilios D', 49000]

['Yiannis T', 21000]

['Antonis T', 35000]

**Παράδειγμα Hands-On: Ένωση δύο συνόλων δεδομένων χρησιμοποιώντας RDDs (μόνο με Map/Reduce jobs):**

**Dataset A**

(1, George K, 1)

(2, John T, 2)

(3, Mary M, 1)

(4, Jerry S, 3)

**Dataset B**

(1, Dep A)

(2, Dep B)

(3, Dep C)

Το Dataset A περιέχει:

* ID υπαλλήλου
* Όνομα υπαλλήλου
* ID τμήματος

Το Dataset B περιέχει:

* ID τμήματος
* Όνομα τμήματος

Θέλουμε να ενώσουμε τα δύο datasets **βάσει του ID τμήματος**.

1. Καθορίζουμε το κλειδί ένωσης (join key):

Θα ενώσουμε τα σύνολα βάσει του department\_id. Χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση keyBy() για να δημιουργήσουμε ζεύγη key-value:

**Dataset A**

(1, (1, George K, 1))

(2, (2, John T, 2))

(1, (3, Mary M, 1))

(3, (4, Jerry S, 3))

**Dataset B**

(1, (1, Dep A))

(2, (2, Dep B))

(3, (3, Dep C))

1. Προσθέτουμε “ετικέτα” για να ξεχωρίζουμε την προέλευση κάθε εγγραφής:
   1. Δίνουμε τιμή 1 για εγγραφές του Dataset A (αριστερό)
   2. Τιμή 2 για το Dataset B (δεξί)

Νέες μορφές

(1, (1, (1, George K, 1))) # από A

(2, (1, (2, John T, 2)))

(1, (1, (3, Mary M, 1)))

(3, (1, (4, Jerry S, 3)))

(1, (2, (1, Dep A))) # από B

(2, (2, (2, Dep B)))

(3, (2, (3, Dep C)))

1. Κάνουμε ένωση με τη συνάρτηση union

unioned\_data = left.union(right)

Αποτέλεσμα:

(1, (1, (1, George K, 1)))

(2, (1, (2, John T, 2)))

(1, (1, (3, Mary M, 1)))

(3, (1, (4, Jerry S, 3)))

(1, (2, (1, Dep A)))

(2, (2, (2, Dep B)))

(3, (2, (3, Dep C)))

1. Ομαδοποιούμε τα δεδομένα με groupByKey()[[1]](#footnote-2), ώστε εγγραφές με ίδιο key να βρεθούν στον ίδιο reducer:

(1, [(1, (1, George K, 1)), (1, (3, Mary M, 1)), (2, (1, Dep A))])

(2, [(1, (2, John T, 2)), (2, (2, Dep B))])

(3, [(1, (4, Jerry S, 3)), (2, (3, Dep C))])

1. Ορίζουμε συνάρτηση arrange() για να διαχωρίσουμε εγγραφές ανά dataset και να ενοποιήσουμε:

**def** arrange**(**seq**):**

left\_origin **=** **[]**

right\_origin **=** **[]**

**for** **(**n**,** v**)** **in** seq**:**

**if** n **==** 1**:**

left\_origin**.***append***(**v**)**

**elif** n **==** 2**:**

right\_origin**.***append***(**v**)**

**return** **[(**v**,** w**)** **for** v **in** left\_origin **for** w **in** right\_origin**]**

1. Εφαρμόζουμε flatMapValues(lambda x: arrange(x))

**Τελική έξοδος:**

**[**

**(**3**,** **(**4**,** Jerry S**,** 3**),** **(**3**,** Dep C**)),**

**(**1**,** **(**1**,** George K**,** 1**),** **(**1**,** Dep A**)),**

**(**1**,** **(**3**,** Mary M**,** 1**),** **(**1**,** Dep A**)),**

**(**2**,** **(**2**,** John T**,** 2**),** **(**2**,** Dep B**))**

**]**

Ο κώδικας σε python του παραδείγματος είναι ο ακόλουθος

RddQ4.py

**from** pyspark**.**sql **import** SparkSession

# Δημιουργία SparkContext

sc **=** SparkSession \

**.**builder \

**.**appName**(**"Join Datasets with RDD"**)** \

**.**getOrCreate**()** \

**.**sparkContext

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.**setLogLevel**(**"ERROR"**)**

# --------------------------

# Αρχικά δεδομένα

# --------------------------

# Dataset A: (employee\_id, employee\_name, department\_id)

data\_a **=** **[**

**(**1**,** "George K"**,** 1**),**

**(**2**,** "John T"**,** 2**),**

**(**3**,** "Mary M"**,** 1**),**

**(**4**,** "Jerry S"**,** 3**)**

**]**

# Dataset B: (department\_id, department\_name)

data\_b **=** **[**

**(**1**,** "Dep A"**),**

**(**2**,** "Dep B"**),**

**(**3**,** "Dep C"**)**

**]**

# --------------------------

# Δημιουργία RDDs

# --------------------------

rdd\_a **=** sc**.**parallelize**(**data\_a**)**

rdd\_b **=** sc**.**parallelize**(**data\_b**)**

# --------------------------

# Προετοιμασία για ένωση

# --------------------------

# Δημιουργούμε key-value ζεύγη χρησιμοποιώντας το department\_id ως κλειδί

# και προσθέτουμε "ετικέτα" για το dataset (1 για A, 2 για B)

# Από το Dataset A:

# (department\_id, (1, (employee\_id, employee\_name, department\_id)))

left **=** rdd\_a**.map(lambda** x**:** **(**x**[**2**],** **(**1**,** x**)))**

# Από το Dataset B:

# (department\_id, (2, (department\_id, department\_name)))

right **=** rdd\_b**.map(lambda** x**:** **(**x**[**0**],** **(**2**,** x**)))**

# --------------------------

# Ένωση των δύο RDDs

# --------------------------

# Κάνουμε union για να βρεθούν όλες οι εγγραφές στο ίδιο RDD

unioned\_data **=** left**.**union**(**right**)**

# --------------------------

# Ομαδοποίηση βάσει του department\_id

# --------------------------

# Οι εγγραφές με το ίδιο department\_id θα μαζευτούν μαζί

grouped **=** unioned\_data**.**groupByKey**()**

# --------------------------

# Συνάρτηση για ενοποίηση των δεδομένων

# --------------------------

**def** arrange**(**records**):**

left\_origin **=** **[]** # Εγγραφές από το Dataset A (υπάλληλοι)

right\_origin **=** **[]** # Εγγραφές από το Dataset B (τμήματα)

**for** **(**source\_id**,** value**)** **in** records**:**

**if** source\_id **==** 1**:**

left\_origin**.**append**(**value**)**

**elif** source\_id **==** 2**:**

right\_origin**.**append**(**value**)**

# Επιστρέφουμε κάθε συνδυασμό υπαλλήλου με όνομα τμήματος

**return** **[(**employee**,** dept**)** **for** employee **in** left\_origin **for** dept **in** right\_origin**]**

# --------------------------

# Τελικό αποτέλεσμα με join

# --------------------------

# Εφαρμόζουμε flatMapValues για να "ξεδιπλώσουμε" τα αποτελέσματα

joined **=** grouped**.**flatMapValues**(lambda** x**:** arrange**(**x**))**

# Επιστρέφει: (department\_id, ((employee\_id, name, dept\_id), (dept\_id, dept\_name)))

**for** record **in** joined**.**collect**():**

**print(**record**)**

# Dataframes

Ένα **DataFrame** είναι μια **κατανεμημένη συλλογή δεδομένων οργανωμένη σε ονοματισμένες στήλες**. Εννοιολογικά ισοδυναμεί με έναν πίνακα σε σχεσιακή βάση δεδομένων ή με ένα data frame σε R/Python, αλλά με πιο ισχυρές βελτιστοποιήσεις "κάτω από το καπό".

Τα DataFrames μπορούν να δημιουργηθούν από **ποικιλία πηγών**, όπως:

* δομημένα αρχεία δεδομένων (π.χ. CSV, JSON),
* πίνακες του Hive,
* εξωτερικές βάσεις δεδομένων,
* υπάρχοντα RDDs.

Το API των DataFrames είναι διαφορετικό από το API των RDDs. Η τεκμηρίωση του API βρίσκεται εδώ[[2]](#footnote-3).

Πρώτα, ας δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα για το **Ερώτημα 1**

Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα **DFQ1.py**, χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/code/DFQ1.py

DFQ1.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

**from** pyspark**.***sql***.***types* **import** StructField**,** StructType**,** IntegerType**,** FloatType**,** StringType

**from** pyspark**.***sql***.***functions* **import** col

username **=** "username"

spark **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"DF query 1 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()**

sc **=** spark**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

job\_id **=** spark**.***sparkContext***.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/DFQ1\_{job\_id}"

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των υπαλλήλων

employees\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"name"**,** StringType**()),**

StructField**(**"salary"**,** FloatType**()),**

StructField**(**"dep\_id"**,** IntegerType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των υπαλλήλων

employees\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**employees\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)**

# Ταξινόμηση των υπαλλήλων βάσει μισθού

sorted\_employees\_df **=** employees\_df**.***sort***(**col**(**"salary"**))**

# Εμφάνιση των ταξινομημένων υπαλλήλων (για δοκιμαστικούς σκοπούς)

sorted\_employees\_df**.***show***(**5**)**

# Συγχώνευση των partitions σε ένα και αποθήκευση στο HDFS

sorted\_employees\_df**.***coalesce***(**1**).***write***.format(**"csv"**).***option***(**"header"**,** "false"**).***save***(**output\_dir**)**

Επειδή **δεν χρησιμοποιούμε RDDs**, το μόνο που χρειάζεται είναι να δημιουργήσουμε ένα **SparkSession** για να χρησιμοποιήσουμε DataFrames. Καθώς το αρχείο **employees.csv** **δεν περιέχει σχήμα** (ονόματα στηλών), δημιουργούμε εμείς το **schema**[[3]](#footnote-4) **για το DataFrame των υπαλλήλων** και διαβάζουμε τα αρχεία .csv από το HDFS. (Φροντίζουμε να περάσουμε το employees\_schema στη συνάρτηση schema().) Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε την ενσωματωμένη συνάρτηση sort() του DataFrame και ως όρισμα δίνουμε τη συνάρτηση col("salary"), η οποία επιστρέφει τη στήλη **salary** του DataFrame. Τέλος, εκτυπώνουμε τις **5 πρώτες εγγραφές** με τη συνάρτηση show(5).

Παράδειγμα εξόδου:

+---+---------+--------+-------+

| id| name | salary |dep\_id|

+---+---------+--------+-------+

| 6 | Jerry L | 550.0 | 3 |

| 2 | John K | 1000.0 | 2 |

| 7 |Marios K | 1000.0 | 1 |

| 5 | Helen K | 1050.0 | 2 |

|10 |Yiannis T| 1500.0 | 1 |

+---+---------+--------+-------+

Για το ερώτημα 2:

Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα **DFQ2.py**, χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/code/DFQ2.py

DFQ2.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

**from** pyspark**.***sql***.***types* **import** StructField**,** StructType**,** IntegerType**,** FloatType**,** StringType

username **=** "username"

spark **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"DF query 2 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()**

sc **=** spark**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

job\_id **=** spark**.***sparkContext***.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/DFQ2\_{job\_id}"

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των υπαλλήλων

employees\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"name"**,** StringType**()),**

StructField**(**"salary"**,** FloatType**()),**

StructField**(**"dep\_id"**,** IntegerType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των υπαλλήλων

employees\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**employees\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)**

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των τμημάτων

departments\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"name"**,** StringType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των τμημάτων

departments\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**departments\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/departments.csv"**)**

# Καταχώρηση των DataFrames ως προσωρινοί πίνακες (temporary views)

employees\_df**.***createOrReplaceTempView***(**"employees"**)**

departments\_df**.***createOrReplaceTempView***(**"departments"**)**

# Ερώτημα για την εύρεση του id του 'Dep A'

id\_query **=** "SELECT departments.id, departments.name FROM departments WHERE departments.name == 'Dep A'"

depA\_id **=** spark**.***sql***(**id\_query**)**

depA\_id**.***createOrReplaceTempView***(**"depA"**)**

# Ερώτημα με εσωτερική συνένωση (inner join) για την εξαγωγή δεδομένων υπαλλήλων του 'Dep A'

inner\_join\_query **=** """

SELECT employees.name, employees.salary

FROM employees

INNER JOIN depA ON employees.dep\_id == depA.id

ORDER BY employees.salary DESC

"""

joined\_data **=** spark**.***sql***(**inner\_join\_query**)**

# Εμφάνιση των δεδομένων της συνένωσης (για έλεγχο)

joined\_data**.***show***()**

# Συγχώνευση σε ένα μόνο partition και αποθήκευση του τελικού DataFrame στο HDFS

joined\_data**.***coalesce***(**1**).***write***.format(**"csv"**).***option***(**"header"**,** "false"**).***save***(**output\_dir**)**

Αρχικά, ορίζουμε τα **schemas και για τα δύο αρχεία** και στη συνέχεια τα διαβάζουμε από το HDFS. Έπειτα, χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση registerTempTable ή createOrReplaceTempView[[4]](#footnote-5), η οποία μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε τα **DataFrames σαν SQL πίνακες**. Έτσι, μπορούμε να αναφερόμαστε στο DataFrame των υπαλλήλων μέσα σε SQL queries ως employees και στο DataFrame των τμημάτων ως departments. Στη συνέχεια, εκτελούμε ένα SQL query για να βρούμε το **ID του τμήματος “Dep A”**. Το κάνουμε αυτό δημιουργώντας μια συμβολοσειρά που περιέχει το ερώτημα και την εκτελούμε με την εντολή:

spark.sql(query)

Αυτό δημιουργεί ένα νέο DataFrame με μία εγγραφή που περιέχει τις τιμές **1** και **Dep A**. Έπειτα, καταχωρούμε το DataFrame depA ως προσωρινό SQL πίνακα με τη συνάρτηση registerTempTable. Τέλος, ορίζουμε το SQL join query, το εκτελούμε και εκτυπώνουμε τις εγγραφές με show().

**Παράδειγμα εξόδου:**

+---------+------+

| name|salary|

+---------+------+

| Mary T|2100.0|

| George T|2100.0|

| George R|2000.0|

|Yiannis T|1500.0|

| Marios K|1000.0|

+---------+------+

Υπάρχει και μία **εναλλακτική εκτέλεση του Ερωτήματος 2** με χρήση **DataFrames**, η οποία **δεν χρησιμοποιεί ενδιάμεσο πίνακα**:

Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα DFQ2\_noI.py, χρησιμοποιήστε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/username/code/DFQ2\_noI.py

DFQ2\_noI.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

**from** pyspark**.***sql***.***types* **import** StructField**,** StructType**,** IntegerType**,** FloatType**,** StringType

username **=** "username"

spark **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"DF query 2 execution, no Intermediate Table"**)** \

**.***getOrCreate***()**

sc **=** spark**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

job\_id **=** spark**.***sparkContext***.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/DFQ2\_nol\_{job\_id}"

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των υπαλλήλων

employees\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"name"**,** StringType**()),**

StructField**(**"salary"**,** FloatType**()),**

StructField**(**"dep\_id"**,** IntegerType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των υπαλλήλων

employees\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**employees\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)**

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των τμημάτων

departments\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"name"**,** StringType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των τμημάτων

departments\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**departments\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/departments.csv"**)**

# Καταχώρηση των DataFrames ως προσωρινοί πίνακες (temporary views)

employees\_df**.***createOrReplaceTempView***(**"employees"**)**

departments\_df**.***createOrReplaceTempView***(**"departments"**)**

# Ερώτημα με εσωτερική συνένωση (inner join) για την εξαγωγή υπαλλήλων του 'Dep A'

inner\_join\_query **=** """

SELECT employees.name, employees.salary

FROM employees

INNER JOIN departments ON employees.dep\_id == departments.id

WHERE departments.name == 'Dep A'

ORDER BY employees.salary DESC

"""

# Εκτέλεση του ερωτήματος

joined\_data **=** spark**.***sql***(**inner\_join\_query**)**

# Εμφάνιση των αποτελεσμάτων της σύνδεσης (για έλεγχο)

joined\_data**.***show***()**

# Συγχώνευση των partitions σε ένα και αποθήκευση στο HDFS

joined\_data**.***coalesce***(**1**).***write***.format(**"csv"**).***option***(**"header"**,** "false"**).***save***(**output\_dir**)**

Μπορούμε να εκτελέσουμε **ενώσεις (join)** στα δεδομένα χρησιμοποιώντας **μόνο τις ενσωματωμένες συναρτήσεις των DataFrames**. Για παράδειγμα, για να υπολογίσουμε το **άθροισμα των μισθών ανά τμήμα**, μπορούμε να δημιουργήσουμε το παρακάτω πρόγραμμα. Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα **DF2b.py**, χρησιμοποιήστε την εξής εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/code/DF2b.py

DF2b.py:

**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

**from** pyspark**.***sql***.***types* **import** StructField**,** StructType**,** IntegerType**,** FloatType**,** StringType

username **=** "ikons"

spark **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"DF query 2b execution"**)** \

**.***getOrCreate***()**

sc **=** spark**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

job\_id **=** spark**.***sparkContext***.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/DF2b\_{job\_id}"

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των υπαλλήλων

employees\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"emp\_id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"emp\_name"**,** StringType**()),**

StructField**(**"salary"**,** FloatType**()),**

StructField**(**"dep\_id"**,** IntegerType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των υπαλλήλων

employees\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**employees\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)**

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των τμημάτων

departments\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"dpt\_name"**,** StringType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των τμημάτων

departments\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**departments\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/departments.csv"**)**

# Εκτέλεση εσωτερικής σύνδεσης (inner join) μεταξύ των DataFrames υπαλλήλων και τμημάτων

joinedDf **=** employees\_df**.***join***(**departments\_df**,** employees\_df**.***dep\_id* **==** departments\_df**.id,** "inner"**)**

# Εμφάνιση των συνδεδεμένων δεδομένων (για έλεγχο)

joinedDf**.***show***()**

# Ομαδοποίηση κατά αναγνωριστικό τμήματος και υπολογισμός αθροίσματος μισθών

groupedDf **=** joinedDf**.***groupBy***(**"dep\_id"**).sum(**"salary"**)**

# Εμφάνιση των ομαδοποιημένων δεδομένων (για έλεγχο)

groupedDf**.***show***()**

# Συγχώνευση των DataFrames σε ένα μόνο partition και αποθήκευσή τους στο HDFS

# Αποθήκευση του DataFrame της σύνδεσης στο HDFS

joinedDf**.***coalesce***(**1**).***write***.format(**"csv"**).***option***(**"header"**,** "false"**).***save***(**f"{output\_dir}\_joined"**)**

# Αποθήκευση του ομαδοποιημένου DataFrame στο HDFS

groupedDf**.***coalesce***(**1**).***write***.format(**"csv"**).***option***(**"header"**,** "false"**).***save***(**f"{output\_dir}\_grouped"**)**

Αρχικά, διαβάζουμε τα δύο σύνολα δεδομένων από το **HDFS**. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούμε την **ενσωματωμένη συνάρτηση** join**[[5]](#footnote-6)**, καθορίζοντας ως **κλειδί ένωσης** το dep\_id του υπαλλήλου (employees\_df.dep\_id) και το id του τμήματος (departments\_df.id), καθώς και τον τύπο της συνένωσης — στην προκειμένη περίπτωση επιλέγουμε **"inner"**.

Έπειτα, κάνουμε **ομαδοποίηση (**groupBy**[[6]](#footnote-7))** των εγγραφών με βάση την τιμή του dep\_id, και χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση **sum()**[[7]](#footnote-8) για να υπολογίσουμε το **άθροισμα των μισθών** σε κάθε τμήμα. Τέλος, εκτυπώνουμε τα δεδομένα.

+------+----------+------+------+---+--------+

|emp\_id| emp\_name|salary|dep\_id| id|dpt\_name|

+------+----------+------+------+---+--------+

| 1| George R|2000.0| 1| 1| Dep A|

| 2| John K|1000.0| 2| 2| Dep B|

| 3| Mary T|2100.0| 1| 1| Dep A|

| 4| George T|2100.0| 1| 1| Dep A|

| 5| Helen K|1050.0| 2| 2| Dep B|

| 6| Jerry L| 550.0| 3| 3| Dep C|

| 7| Marios K|1000.0| 1| 1| Dep A|

| 8| George K|2500.0| 2| 2| Dep B|

| 9|Vasilios D|3500.0| 3| 3| Dep C|

| 10| Yiannis T|1500.0| 1| 1| Dep A|

| 11| Antonis T|2500.0| 2| 2| Dep B|

+------+----------+------+------+---+--------+

+------+-----------+

|dep\_id|sum(salary)|

+------+-----------+

| 1| 8700.0|

| 3| 4050.0|

| 2| 7050.0|

+------+-----------+

Για το ερώτημα 3:

Για να εκτελέσετε το πρόγραμμα **DFQ3.py**, χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή:

spark-submit hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/code/DFQ3.py

Στον κώδικα δίνεται ένα παράδειγμα χρήσης των **User Defined Functions** (**UDFs**) [[8]](#footnote-9).

DFQ3.py:  
**from** pyspark**.***sql* **import** SparkSession

**from** pyspark**.***sql***.***types* **import** StructField**,** StructType**,** IntegerType**,** FloatType**,** StringType

**from** pyspark.*sql*.*functions* **import** col, udf

username **=** "ikons"

spark **=** SparkSession \

**.***builder* \

**.***appName***(**"DF query 3 execution"**)** \

**.***getOrCreate***()**

sc **=** spark**.***sparkContext*

# ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΞΟΔΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (LOGGING)

sc**.***setLogLevel***(**"ERROR"**)**

job\_id **=** spark**.***sparkContext***.***applicationId*

output\_dir **=** f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/DF3\_{job\_id}"

# Ορισμός σχήματος για το DataFrame των υπαλλήλων

employees\_schema **=** StructType**([**

StructField**(**"emp\_id"**,** IntegerType**()),**

StructField**(**"emp\_name"**,** StringType**()),**

StructField**(**"salary"**,** FloatType**()),**

StructField**(**"dep\_id"**,** IntegerType**()),**

**])**

# Φόρτωση του DataFrame των υπαλλήλων

employees\_df **=** spark**.***read***.format(**'csv'**)** \

**.***options***(**header**=**'false'**)** \

**.***schema***(**employees\_schema**)** \

**.***load***(**f"hdfs://hdfs-namenode:9000/user/{username}/examples/employees.csv"**)**

# Δήλωση συνάρτησης υπολογισμού του ετήσιου εισοδήματος  
**def** calculate\_yearly\_income**(**salary):  
 **return** 14\*salary

# Καταχώρηση του udf  
calculate\_yearly\_income\_udf = **udf(**calculate\_yearly\_income, FloatType**())**

# Υπολογισμός με δημιουργία νέας στήλης  
employees\_yearly\_income\_df = employees\_df \  
 .*withColumn***(**"yearly\_income", calculate\_yearly\_income\_udf**(col(**"salary"**)))** \  
 .*select***(**"emp\_name", "yearly\_income"**)**

# Εμφάνιση αποτελέσματος  
employees\_yearly\_income\_df.*show***()**

# Αποθήκευση του DataFrame στο HDFS  
employees\_yearly\_income\_df.*coalesce***(**1**)** \  
 .*write*.**format(**"csv"**)** \  
 .*option***(**"header", "false"**)** \  
 .*save***(**f"{output\_dir}"**)**

Για την υλοποίηση, αρχικά ορίζουμε μια συνάρτηση που δέχεται ως όρισμα έναν αριθμό (salary), τον πολλαπλασιάζει με 14 και επιστρέφει το αποτέλεσμα. Στη συνέχεια, ορίζουμε το αντίστοιχο **UDF** (user defined function) που μπορεί να εφαρμοστεί πάνω στο **DataFrame** employees\_df, και συγκεκριμένα με είσοδο τη στήλη salary.

**Εξετάστε το εξής:** Θα μπορούσε το ίδιο αποτέλεσμα να επιτευχθεί χωρίς τη χρήση **UDF**; Πώς επηρεάζεται η επίδοση σε κάθεμία από τις δύο περιπτώσεις;

**Παράδειγμα εξόδου:**

+----------+-------------+

| emp\_name|yearly\_income|

+----------+-------------+

| George R| 28000.0|

| John K| 14000.0|

| Mary T| 29400.0|

| George T| 29400.0|

| Helen K| 14700.0|

| Jerry L| 7700.0|

| Marios K| 14000.0|

| George K| 35000.0|

|Vasilios D| 49000.0|

| Yiannis T| 21000.0|

| Antonis T| 35000.0|

+----------+-------------+

# Εγκατάσταση Spark History Server για προβολή ιστορικών εκτελέσεων

Για να δείτε τα αποτελέσματα της εκτέλεσης των εργασιών μετά το πέρας της εκτέλεσής τους πρέπει να εγκαταστήσετε τον **Spark History Server**. Οι εργασίες σας έχουν ρυθμιστεί να αποθηκεύουν τα αρχεία καταγραφής της εκτέλεσής τους στον υποκατάλογο logs του home directory σας στο hdfs. Μέσω του docker θα σηκώσουμε έναν container τοπικά στον υπολογιστή μας ο οποίος μπορεί να διαβάζει τα logs και να βλέπετε τι έχετε τρέξει και πότε.

1. Φροντίστε να έχετε ενεργό το Docker Desktop. Περιηγηθείτε στον κατάλογο

cd ~/bigdata-uth/docker/02-lab2-spark-history-server

και εκτελέστε

docker build -t spark-history-server .

με αυτό τον τρόπο κατασκευάζετε μια προσαρμοσμένη εικόνα Docker.

1. Εκκίνηση του κοντέινερ ορίζοντας το **όνομα χρήστη (αλλάξτε το κόκκινο με το δικό σας)**

docker run -d \

--name spark-history-server \

-e USERNAME=username \

-p 18080:18080 \

spark-history-server

1. Έλεγχος των logs

Εκτέλεσε:

docker logs -f spark-history-server

θα πρέπει να δεις κάτι όπως:

Ξεκινάει το Spark History Server για τον χρήστη ikons, logs από hdfs://hdfs-namenode:9000/user/ikons/logs

Πάτα Ctrl+c για να βγεις από την εκτύπωση των αρχείων καταγραφής

1. Πρόσβαση στο UI

Ανοίξτε την παρακάτω διεύθυνση <http://localhost:18080/>

Και θα δείτε τις εργασίες που έχετε εκτελέσει μέχρι τώρα.

A picture containing text, line, font, number

Description automatically generated

Αν κάνεις κλικ σε ένα **application id**, θα δεις κάτι σαν αυτό:

Στη συνέχεια, αν κάνεις κλικ σε ένα **job**, μπορείς να δεις περισσότερες πληροφορίες για τη συγκεκριμένη εργασία, όπως το **γράφημα DAG**, το **χρονικό διάγραμμα γεγονότων** κ.ά.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

1. Τερματισμός του container και επανεκκίνηση του container.

Με την παρακάτω εντολή σταματάει η εκτέλεση του container (παραμένει ο container για να τον χρησιμοποιήσετε αργότερα)

docker stop spark-history-server

Με την παρακάτω εντολή ξαναξεκινάει ο container

docker start spark-history-server

Με την παρακάτω εντολή διαγράφεται ο container και θα πρέπει να τον ξαναδημιουργήσεις ακολουθώντας τα βήματα 1 και 2.

docker rmi spark-history-server

1. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/api/pyspark.RDD.groupByKey.html [↑](#footnote-ref-2)
2. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/pyspark.sql/dataframe.html [↑](#footnote-ref-3)
3. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/pyspark.sql/api/pyspark.sql.types.StructType.html [↑](#footnote-ref-4)
4. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/pyspark.sql/api/pyspark.sql.DataFrame.createOrReplaceTempView.html [↑](#footnote-ref-5)
5. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/pyspark.sql/api/pyspark.sql.DataFrame.join.html [↑](#footnote-ref-6)
6. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/api/pyspark.RDD.groupBy.html [↑](#footnote-ref-7)
7. https://spark.apache.org/docs/latest/api/python/reference/pyspark.pandas/api/pyspark.pandas.DataFrame.sum.html [↑](#footnote-ref-8)
8. https://spark.apache.org/docs/latest/sql-ref-functions.html#udfs-user-defined-functions [↑](#footnote-ref-9)