

ΥΠΕΥΘΥΝΟΙ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: Μεγαλοοικονόμου Βασίλειος, Κομνηνός Ανδρέας

## Big Data Applications

### Σκοπός εργασίας

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην εξοικείωση των φοιτητών με τις τρέχουσες τεχνολογίες αποθήκευσης, ανάκτησης και ανάλυσης των Big Data. Τα Big Data εμφανίζονται με μια πληθώρα από μορφές όπως τα web logs, τα internet clickstreams, τα αδόμητα ή ημιδομημένα δεδομένα. Η ανάλυση των Big Data χρησιμοποιεί πηγές δεδομένων οι οποίες παρέμεναν ανεκμετάλλευτες από τις συμβατικές λύσεις. Ζητήματα όπως η διαχείριση ετερογενών κι ανομοιόμορφων σημαντικά μεγάλων δεδομένων από σχεσιακές βάσεις δεδομένων, η ανάκτηση μεγάλων data sets που είναι διάσπαρτα σε ομογενή ή ετερογενή συστήματα, η επεξεργασία φυσικής γλώσσας, η μηχανική μάθηση και τεχνητή νοημοσύνη καθώς και η πρόβλεψη που στηρίζεται σε αδόμητα δεδομένα, ικανοποιούνται πλέον από τα συστήματα ανάλυσης Big Data. Ειδικότερα στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε και θα δούμε στην πράξη (hands-on) την διαχείριση δεδομένων με την χρήση εργαλείων ανοικτού κώδικα, και ειδικότερα του Cassandra.

### Ομάδες

Η εργασία μπορεί να εκπονηθεί από μεμονωμένα άτομα ή ομάδες το πολύ δύο ατόμων.

### Προετοιμασία & Documentation

#### Προαπαιτούμενο SW

Τα ερωτήματα 1-3 μπορούν να υλοποιηθούν τοπικά στον υπολογιστή σας ή σε cluster εργασίας (DataStax AstraDB). Για την υλοποίηση του project στον τοπικό υπολογιστή θα χρειαστείτε τα παρακάτω βοηθητικά εργαλεία:

- Δημιουργία μιας εικονικής μηχανής με Linux (π.χ. ubuntu) – προαιρετικό αλλά συστήνεται ανεπιφύλακτα.
- Εγκατάσταση Java 8 (11 με μικρές αλλαγές στο config)
- Εγκατάσταση Python 3.6+
- Εγκατάσταση Jupyter Notebooks (προαιρετικό αλλά συνιστάται)
- Εγκατάσταση Cassandra

#### Πρόσβαση στο cluster εργασίας

Για το 4<sup>ο</sup> ερώτημα της εργασίας θα χρειαστεί να δημιουργήσετε ένα instance της AstraDB (παραλλαγή της Cassandra) στο cloud. Το ίδιο instance μπορεί να αξιοποιηθεί και για τα ερωτήματα 1-3 αν δε θέλετε να εγκαταστήσετε τοπικά την Cassandra. Για οδηγίες, δείτε το παράρτημα 1.

## Περιγραφή datasets κι εργασιών

### Δεδομένα

Στην συγκεκριμένη εργασία, το dataset αποτελείται από τέσσερα αρχεία .csv. Τα αρχεία μπορείτε να κατεβάσετε από το Kaggle κι αφορούν το **MovieLens Dataset 20M**, κι ειδικότερα τα:

- **Tag.csv:** περιέχει ετικέτες (χαρακτηρισμούς) που εφαρμόζονται από τους χρήστες σε ταινίες (περίπου 465000 tags)
- **Movies.csv:** περιέχει πληροφορίες για τις ταινίες (περίπου 27000 ταινίες στο διάστημα 1995 έως 2015).
- **Rating.csv:** περιέχει βαθμολογίες των χρηστών για τις ταινίες (περίπου 20000000)
- **genome\_tags.csv:** περιέχει τα ID και τις περιγραφές των tags.

URL δεδομένων: <https://www.kaggle.com/grouplens/movielens-20m-dataset>

### Ερώτημα 1: Σχεδιασμός βάσης δεδομένων

Σε αντίθεση με τα RDBMS όπου η μοντελοποίηση των δεδομένων (data modelling) γίνεται με γνώμονα την αποφυγή πλεονασμών, στην Cassandra ο πλεονασμός δεδομένων είναι αναπόφευκτος καθώς δεν υποστηρίζονται joins. Συνεπώς η διαδικασία κατασκευής μιας βάσης ξεκινά αναλογιζόμενοι τα πιθανά queries που μπορεί να κάνει ένας χρήστης, και κατασκευάζοντας κατάλληλους πίνακες ώστε να μπορούν να εξάγονται γρήγορα τα σχετικά αποτελέσματα.

Φανταστείτε ότι η βάση που θα φτιάξετε υποστηρίζει ένα user-interface αναζήτησης και επιλογής ταινιών για προβολή (π.χ. όπως το Netflix). Σκεφτείτε λοιπόν τις δυνατές ανάγκες ενός χρήστη καθώς πλοηγείται στην εφαρμογή:

- 1) Εμφάνιση των ταινιών που είναι δημοφιλείς (έχουν καλή βαθμολογία) εντός ενός χρονικού διαστήματος (π.χ. τους τελευταίους 3 μήνες) – αυτό μπορεί να αποτελεί κάλλιστα την αρχική οθόνη «προτάσεων» προς το χρήστη
- 2) Να αναζητήσει την/τις ταινίες που περιέχουν κάποιες λέξεις – κλειδιά στον τίτλο
- 3) Να αναζητήσει ταινίες με βάση την κατηγορία (genre) και να τις λάβει με βάση κάποια ταξινόμηση (έτος ή μέση βαθμολογία)
- 4) Να δει τις λεπτομερείς πληροφορίες για κάποια ταινία (κατηγορία, μέση βαθμολογία, top-k ετικέτες)
- 5) Να δει τις top-n ταινίες που σχετίζονται με κάποια ετικέτα

Με βάση αυτά τα είδη ερωτημάτων το 1<sup>ο</sup> ερώτημα για την εργασία είναι να φτιάξετε το κατάλληλο σχήμα της βάσης, με το κατάλληλο πλήθος πινάκων, ώστε να υποστηρίζονται τα ανωτέρω είδη ερωτημάτων.

- Σχεδιάστε το εννοιολογικό μοντέλο της βάσης.
- Σχεδιάστε το application workflow διάγραμμα για την εφαρμογή.
- Εφαρμόζοντας τα κατάλληλα mapping rules, σχεδιάστε το διάγραμμα Chebotko για το σύστημά μας.

### Ερώτημα 2: Υλοποίηση συστήματος

Υλοποιήστε τη βάση δεδομένων που σχεδιάσατε στην Cassandra, με χρήση κατάλληλων DDL statements. Μπορείτε να το κάνετε είτε με τα κατάλληλα shell statements είτε με κάποιο

Python script. Σε κάθε περίπτωση, παραθέστε τα statements που χρησιμοποιήσατε για την κατασκευή κάθε keyspace.

Στη συνέχεια, γράψτε τα κατάλληλα Python scripts ώστε να εισάγετε τα δεδομένα που κατεβάσατε από το Kaggle στα keyspaces που δημιουργήσατε. Παραθέστε, μαζί με τα scripts, και ενδεικτικά screenshots που τεκμηριώνουν την επιτυχή εισαγωγή των δεδομένων (π.χ. αποτελέσματα εκτέλεσης SELECT \* statements).

### Ερώτημα 3: Εκτέλεση ερωτημάτων

Το ερώτημα αυτό Στον υπολογιστή σας, θα πρέπει να τρέξετε τα παρακάτω ερωτήματα με κατάλληλα Python scripts. Σημειώστε την απάντηση, και το χρόνο εκτέλεσης των ερωτημάτων.

#### Ερωτήματα προς υλοποίηση:

1. Εμφάνιση των 30 ταινιών με την υψηλότερη μέση βαθμολογία μεταξύ 01/01/2015 και 15/01/2015
2. Εμφάνιση όλων των λεπτομερειών για την ταινία Jumanji (κατηγορία, μέση βαθμολογία, top-5 ετικέτες)
3. Εμφάνιση των ταινιών της κατηγορίας “adventure” ταξινομημένες ως προς το έτος παραγωγής
4. Εμφάνιση των ταινιών που περιέχουν τη λέξη “star”
5. Εμφάνιση των 20 ταινιών με την υψηλότερη μέση βαθμολογία για την ετικέτα “comedy”.

### Ερώτημα 4: Σύγκριση επιδόσεων με βάση τα επίπεδα συνέπειας

Για να αξιολογήσουμε τη διαφορά στις επιδόσεις με βάση τα επίπεδα συνέπειας που μπορούν να ρυθμιστούν στην Cassandra, θα αξιοποιήσουμε το cluster εργασίας.

- A. Αν δεν έχετε υλοποιήσει τα ερωτήματα 1-3 στο AstraDB, δημιουργήστε εκεί ένα αντίγραφο της βάσης δεδομένων και των keyspaces που έχετε φτιάξει στα προηγούμενα ερωτήματα στον τοπικό σας υπολογιστή.
- B. Επαναλάβετε την εκτέλεση των scripts εισαγωγής δεδομένων, και σημειώστε το χρόνο εκτέλεσης τους, ορίζοντας για τα sessions το επίπεδο του write consistency σε:
  - a. ALL
  - b. QUORUM
  - c. ONE

Προφανώς, πριν εκτελέσετε τα ερωτήματα εισαγωγής δεδομένων για κάθε επίπεδο, θα πρέπει προηγουμένως να διαγράψετε όλα τα δεδομένα που έχουν μπει από προηγούμενη διαδικασία εισόδου.

- Γ. Επαναλάβετε την εκτέλεση των προηγούμενων ερωτημάτων και σημειώστε το χρόνο εκτέλεσης, ορίζοντας για κάθε ερώτημα τα read consistency levels σε:
  - a. ALL
  - b. QUORUM
  - c. ONE

Κάθε ένα από τα ερωτήματα πρέπει να επαναληφθεί 10 φορές, και για κάθε εκτέλεση, χρησιμοποιήστε διαφορετικές παράμετρους της επιλογής σας. Για παράδειγμα, για το ερώτημα 5, δημιουργήστε μια λίστα με 10 tags της επιλογής σας,

ή αν προτιμάτε με τυχαία επιλογή από τα υπάρχοντα (π.χ. comedy, boring, funny, ...) και εκτελέστε το ερώτημα για κάθε tag. Συνεπώς το ερώτημα 5 πρέπει να εκτελεστεί 30 φορές (10 φορές για κάθε επίπεδο read consistency). Για κάθε εκτέλεση, σημειώνετε το χρόνο που χρειάστηκε.

- Δ. Αναλύστε τα αποτελέσματα εκτέλεσης των ερωτημάτων εισαγωγής δεδομένων παραθέτοντας συγκριτικά γραφήματα των μέσων όρων του χρόνου που χρειάστηκε για την εκτέλεση των ερωτημάτων, για την είσοδο των δεδομένων, και για την ανάκτηση δεδομένων, ώστε να φαίνεται η διαφορά στην απόδοση ανάλογα με το consistency level.

## Παραδοτέα

Για την εργασία θα πρέπει να παραδώσετε:

- 1) Τον κώδικα που γράψατε για την εκτέλεση των ερωτημάτων στο τοπικό σας μηχάνημα και στο cluster, **αποκλειστικά σε γλώσσα Python (αρχεία .py)**.
- 2) Αναφορά στην οποία περιλαμβάνονται
  - a. Ο σχεδιασμός της ΒΔ (εννοιολογικό μοντέλο, application workflow, Chebotko diagrams).
  - b. Ερωτήματα DDL και εισαγωγής δεδομένων, με screenshots από την επιτυχή εκτέλεση των τελευταίων (SELECT \* FROM [keyspace] LIMIT 5)
  - c. Ερωτήματα DML για την ανάκτηση δεδομένων και παραγόμενα αποτελέσματα από την εκτέλεση ερωτημάτων
  - d. Πίνακας με τους χρόνους εκτέλεσης των ερωτημάτων εισαγωγής των δεδομένων για κάθε write consistency level.
  - e. Πίνακας με τους μέσους όρους χρόνου εκτέλεσης των ερωτημάτων ανάκτησης των δεδομένων για κάθε read consistency level
  - f. Γραφική παράσταση που απεικονίζει το ΜΕΣΟ ΟΡΟ του χρόνου εκτέλεσης των ερωτημάτων ανάκτησης δεδομένων ανά read consistency level και σχολιασμός των ευρημάτων σας.
- 3) Τα ωμά δεδομένα μετρήσεων σε αρχείο λογιστικού φύλλου (spreadsheet) που καταγράψατε για τις μετρήσεις σας (αρχεία .xlsx, ods).

**Να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά το template υποβολής που επισυνάπτεται στην εκφώνηση.**

**Παρέχεται template σε αρχείο excel για την καταγραφή των δεδομένων σας και την αυτόματη παραγωγή των γραφικών παραστάσεων (δεν είναι υποχρεωτικό να το χρησιμοποιήσετε)**

**Καταληκτική ημερομηνία υποβολής: 4/7/2022**

## Επικοινωνία

Για την επιτυχία σας στο project θα χρειαστείτε καθοδήγηση καθώς κι απαντήσεις σε ερωτήματα που ίσως δεν έχουν καλυφθεί στο παρόν κείμενο. Για απορίες μπορείτε να αποστέλλετε στο [iliana.zacharop@gmail.com](mailto:iliana.zacharop@gmail.com) και [akomninos@ceid.upatras.gr](mailto:akomninos@ceid.upatras.gr)

## Παράρτημα 1 - Χρήσιμες πληροφορίες

### Οδηγοί και χρήσιμο documentation

#### Εγκατάσταση και documentation Cassandra

- [https://cassandra.apache.org/doc/latest/cassandra/getting\\_started/installing.html](https://cassandra.apache.org/doc/latest/cassandra/getting_started/installing.html)

#### Cassandra Data Modelling

- Introduction to Cassandra Data Modelling  
[https://cassandra.apache.org/doc/latest/cassandra/data\\_modeling/intro.html](https://cassandra.apache.org/doc/latest/cassandra/data_modeling/intro.html)
- A. Chebotko, A. Kashlev and S. Lu, "A Big Data Modeling Methodology for Apache Cassandra," 2015 IEEE International Congress on Big Data, 2015, pp. 238-245, doi: 10.1109/BigDataCongress.2015.41.
  - <https://ieeexplore.ieee.org/document/7207225>
  - [http://shiyong.eng.wayne.edu/papers/bigdata2015\\_andrey.pdf](http://shiyong.eng.wayne.edu/papers/bigdata2015_andrey.pdf)

#### AstraDB & DataStax driver documentation

- [https://docs.astra.datastax.com/en/landing\\_page/doc/landing\\_page/apiDocs.html](https://docs.astra.datastax.com/en/landing_page/doc/landing_page/apiDocs.html)

#### CQL reference

- <https://docs.datastax.com/en/cql-oss/3.3/cql/cqlIntro.html>

### Δημιουργία ΒΔ σε πραγματικό cluster

Μπορείτε να εγγραφείτε δωρεάν και χωρίς πιστωτική κάρτα στο free tier της DataStax (Astra)

- <https://www.datastax.com/products/datastax-astra>

Η υπηρεσία σας επιτρέπει να υλοποιήσετε ΒΔ με 80Gb αποθηκευτικό χώρο και μέχρι 20 εκατομμύρια read/writes το μήνα (ισοδύναμο με \$25 credit).

Ένας περιορισμός είναι ότι **δε μπορείτε να αλλάξετε το replication factor** στο δωρεάν tier, **το οποίο παραμένει RF=3**.

### Ορισμός επιπέδων consistency και παρακολούθηση στατιστικών εκτέλεσης στην AstraDB

- Με χρήση CQL, δείτε τον οδηγό εδώ
  - [https://docs.datastax.com/en/cql-oss/3.3/cql/cql\\_using/useTracingTrace.html](https://docs.datastax.com/en/cql-oss/3.3/cql/cql_using/useTracingTrace.html)
- Με χρήση του Python driver δείτε τον οδηγό εδώ
  - Ορισμός consistency level [https://docs.datastax.com/en/developer/python-driver/3.25/getting\\_started/#setting-a-consistency-level](https://docs.datastax.com/en/developer/python-driver/3.25/getting_started/#setting-a-consistency-level)
  - Εξαγωγή στατιστικών <https://docs.datastax.com/en/developer/python-driver/3.25/faq/#how-do-i-trace-a-request>

## Παράρτημα 2 – Πρότυπο αναφοράς άσκησης

### Συστήματα Διαχείρισης Δεδομένων Μεγάλου Όγκου

#### Εργαστηριακή Άσκηση 2021/22

Όνομα	Επώνυμο	ΑΜ

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας της παρούσας εργασίας και ότι έχω αναφέρει ή παραπέμψει σε αυτήν, ρητά και συγκεκριμένα, όλες τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, προτάσεων ή λέξεων, είτε αυτές μεταφέρονται επακριβώς (στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για το συγκεκριμένο μάθημα/σεμινάριο/πρόγραμμα σπουδών.

Έχω ενημερωθεί ότι σύμφωνα με τον εσωτερικό κανονισμό λειτουργίας του Πανεπιστημίου Πατρών άρθρο 50§6, τυχόν προσπάθεια αντιγραφής ή εν γένει φαλκίδευσης της εξεταστικής και εκπαιδευτικής διαδικασίας από οιονδήποτε εξεταζόμενο, πέραν του μηδενισμού, συνιστά βαρύ πειθαρχικό παράπτωμα.

Υπογραφή

Υπογραφή

\_\_\_ / \_\_\_ / 2022

\_\_\_ / \_\_\_ / 2022

#### Συνημμένα αρχεία κώδικα

Μαζί με την παρούσα αναφορά υποβάλλουμε τα παρακάτω αρχεία κώδικα

Αρχείο	Αφορά το ερώτημα	Περιγραφή/Σχόλιο
<i>Erotima1.py</i>	<i>1</i>	<i>Περιέχει όλα τα ερωτήματα για το ερ. 1</i>

## Τεχνικά χαρακτηριστικά περιβάλλοντος λειτουργίας

[Τεχνικά χαρακτηριστικά φυσικού Η/Υ που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία, αν χρησιμοποιήθηκε μόνο το Astra DB μπορείτε απλά να αναφέρετε αυτό αντί για τον πίνακα]

Χαρακτηριστικό	Τιμή
CPU model	Intel i5-10400F
CPU clock speed	2.9GHz
Physical CPU cores	6
Logical CPU cores	12
RAM	16
Secondary Storage Type	HDD/SSD

## Ερώτημα 1: Σχεδιασμός ΒΔ

[δώστε το εννοιολογικό μοντέλο, το application workflow και το Chebotko diagram μαζί με τυχόν επεξηγήσεις που θέλετε να γράψετε για να εξηγήσετε τη φιλοσοφία του καθενός και να το περιγράψετε]

## Ερώτημα 2: Ερωτήματα DDL

[επαναλαμβάνετε τον παρακάτω πίνακα για κάθε keyspace στη ΒΔ σας]

<b>Keyspace</b>	[δώστε το όνομα του keyspace προς δημιουργία]
<b>DDL statement</b>	[δώστε το DDL statement για τη δημιουργία του keyspace]
<b>Screenshot</b>	[δώστε ένα screenshot που δείχνει δεδομένα μέσα στο keyspace με ως αποτέλεσμα του ερωτήματος <code>SELECT * FROM [keyspace] LIMIT 5</code> ]

## Ερώτημα 3: Απαντήσεις ερωτημάτων

[Μην παραθέσετε στο έντυπο όλες τις επιστρεφόμενες εγγραφές! Να καταγράψετε μόνο αυτές που αναφέρει το πρότυπο.]

Ερώτημα	Απάντηση
Εμφάνιση των 30 ταινιών με την υψηλότερη μέση βαθμολογία μεταξύ 01/01/2015 και 15/01/2015	[παραθέστε τις 5 πρώτες μόνο]
Εμφάνιση όλων των λεπτομερειών για την ταινία Jumanji (κατηγορία, μέση βαθμολογία, top-5 ετικέτες)	[όλες τις λεπτομέρειες]
Εμφάνιση των ταινιών της κατηγορίας “adventure” ταξινομημένες ως προς το έτος παραγωγής	[παραθέστε τις 5 πρώτες μόνο]
Εμφάνιση των ταινιών που περιέχουν τη λέξη “star”	[παραθέστε τις 5 πρώτες μόνο]

Εμφάνιση των 20 ταινιών με την υψηλότερη μέση βαθμολογία για την ετικέτα “comedy”.	[παραθέστε τις 5 πρώτες μόνο]
--	-------------------------------

#### Ερώτημα 4Α: Χρόνοι εισαγωγής δεδομένων

	Επίπεδο write consistency		
	ALL	QUORUM	ONE
[Keyspace 1]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]
[Keyspace 2]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]
...	...	...	...
[Keyspace n]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]	[χρόνος εκτέλεσης]
Μέσος όρος			

#### Ερώτημα 4Β: Χρόνοι ανάκτησης δεδομένων

	Επίπεδο write consistency		
	ALL	QUORUM	ONE
Ερώτημα 1	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]
Ερώτημα 2	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]
Ερώτημα 3	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]
Ερώτημα 4	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]
Ερώτημα 5	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]	[μ.ο. για τις 10 επαναλήψεις]
Μέσος όρος			

#### Ερώτημα 4Γ: Σχολιασμός αποτελεσμάτων

[Συνοψίστε τα αποτελέσματα των χρόνων εισαγωγής δεδομένων και ανάκτησης δεδομένων με κατάλληλες γραφικές παραστάσεις (δύο) και σχολιάστε τα ευρήματά σας – γιατί παρατηρούνται οι όποιες διαφορές στο χρόνο εκτέλεσης; Σε ποια στοιχεία της αρχιτεκτονικής της ΒΔ και του θεωρήματος CAP οφείλονται;]

#### Βιβλιογραφία

[πηγές που χρησιμοποιήσατε για την εργασία]