



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Πληροφορικής Ειδίκευση Διαχείριση Δεδομένων, Πληροφορίας και Γνώσης**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Scalable and Flexible Personalized Polling Platform

Αλέξανδρος Φώτιος Ε. Ντογραματζής

Επιβλέπων

Αλέξανδρος Ντούλας, Επίκουρος Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

Μάϊος 2020

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Scalable and Flexible Personalized Polling Platform

Αλέξανδρος Φώτιος Ε. Ντογραματζής

A.M.: CS2.18.0010

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Αλέξανδρος Ντούλας, Επίκουρος Καθηγητής

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:
Αλέξης Δελής, Καθηγητής
Μέμα Ρουσσοπούλου, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μάϊος 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δυνατότητα να μπορούμε να λάβουμε υπόψη τη γνώμη των χρηστών στο διαδίκτυο για πολλά και διαφορετικά θέματα είναι από τις θεμελιώδεις αρχές του διαδικτύου. Εφαρμογές polling χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις για την αναζήτηση σχολίων για το πώς συμπεριφέρεται μια εφαρμογή, τη γνώμη του χρήστη για κάποιο ζήτημα, για το αν ο χρήστης είχε καλή ή κακή εμπειρία. Polling εφαρμογές εμφανίζονται σε websites, σε email και σε εφαρμογές για υπολογιστές και κινητά. Για αυτό το λόγο, στα πλαίσια πολλών ερευνητικών εργασιών, έχουν υλοποιηθεί εφαρμογές διενέργειας δημοσκοπήσεων. Μελετήθηκαν στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής αρκετές από αυτές τις εργασίες και διαπιστώθηκε ότι όλες είχαν σαν στόχο να απλοποιήσουν και να διευκολύνουν τη συμμετοχή των πολιτών σε διαδικασίες έκφρασης της γνώμης τους (π.χ δημοσκοπήσεις, εκλογικές διαδικασίες, διενέργεια δημοψηφισμάτων) ενώ κάποιες άλλες υλοποίησαν ένα διαδραστικό σύστημα παρακολούθησης ταινιών/θεατρικών παραστάσεων στο οποίο έχει ενσωματωθεί μια polling platform. Όλες αυτές οι εφαρμογές αποτελούν τυπικές εφαρμογές δημοσκοπήσεων που δίνουν τη δυνατότητα σε άτομα ή οργανισμούς να δημιουργούν polls, να απαντάνε σε polls και να βλέπουν τα αποτελέσματα τους. Σε αυτές, μια δημοσκόπηση ολοκληρώνεται μια συγκεκριμένη στιγμή και οι χρήστες που συμμετέχουν σε αυτή καλούνται να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις της. Ορισμένες φορές όμως σε κάποιες από τις ερωτήσεις, το τελικό αποτέλεσμα διαμορφώνεται πριν τη ολοκλήρωση της δημοσκόπησης, γεγονός που καθιστά περιττή την υποβολή επιπλέον ψήφων σε αυτές. Η στρατηγική αυτή έχει δύο αρνητικές συνέπειες. Η πρώτη είναι ότι για τη λειτουργία της εφαρμογής χρειάζονται περισσότεροι αποθηκευτικοί χώροι και η δεύτερη ότι καθυστερούν την ολοκλήρωση κάποιων δημοσκοπήσεων.

Στόχος αυτής της διπλωματικής είναι η υλοποίηση μιας πλατφόρμας δημοσκοπήσεων που εκτός από τις τυπικές λειτουργίες, που θα προσφέρει, θα χρησιμοποιεί δύο μεθόδους early stopping, οι οποίες ελέγχουν σε κάθε ερώτηση της δημοσκόπησης, αν τα αποτελέσματα της είναι τέτοια που μας επιτρέπουν να έχουμε μια καλή εικόνα για τη γνώμη του κόσμου. Αν ισχύει αυτό, τότε η ερώτηση αυτή αφαιρείται από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης και δεν φαίνεται στους χρήστες που θα απαντήσουν σε αυτό στο μέλλον. Σε περίπτωση που αυτό συμβαίνει σε όλες τις ερωτήσεις της δημοσκόπησης και έχουν αφαιρεθεί όλες τους από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης τότε αυτή τερματίζει πριν από την ημερομηνία που είχε οριστεί. Με τον τρόπο αυτό αμβλύνονται τα αρνητικά αποτελέσματα της στρατηγικής που αναφέρθηκε παραπάνω.

Η πρώτη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ελέγχει αν τα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων της ερώτησης δεν είναι αλληλοεπικαλυπτόμενα και η άλλη χρησιμοποιεί την τεχνική του ακολουθιακού σχεδιασμού ομάδας (group sequential design) για να κάνει με σωστό τρόπο έλεγχο A/B (A/B testing) με early stopping στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης. Σημειώνεται ότι πριν την υλοποίηση των δύο αυτών μεθόδων, μελετήθηκε σχετική βιβλιογραφία για συνθήκες προώρου τερματισμού (early stopping conditions).

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Συστήματα και Εφαρμογές στον Παγκόσμιο Ιστό

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Συστήματα και Πλατφόρμες Διενέργειας Δημοσκοπήσεων, Διαστήματα Εμπιστοσύνης, A/B Έλεγχος, Συνθήκες Πρόωρου Τερματισμού

ABSTRACT

People express their varying opinions on a multitude of topics and forums all over the Internet on a regular basis. Aggregating and making sense out of these opinions is one of the most valuable assets of the current online environment. To this end, in the last few years, opinion-polling applications have become popular aiming at gauging the pulse on topics including: getting feedback on the performance of applications, measuring opinions on certain political or social issues, rating of experiences (e.g. a good vs bad customer experience).

Polling applications appear in different forms and formats in websites, email, tv-sets, desktop and mobile applications. In this thesis, we focus on the infrastructure empowering these different forms of polling systems and we implement two optimizations that allow for more efficient usage of the incoming data. More specifically, we implement two approaches that, by stopping the polls earlier under certain conditions, utilize the user data more effectively by requiring less time and user samples to complete.

At a high level, after a certain number of responses, we check whether the results so far allow us to make a certain prediction with confidence. If this is true, then this question is removed from the poll questionnaire and does not appear to users who will answer it in the future. If all questions of a poll have been removed from its questionnaire then this poll is completing immediately, before the defined end date. The first early stopping method that we implement, checks, for every poll question, whether the confidence intervals of the answers are not overlapping. The second method, leverages the technique of group sequential design to perform A/B testing with early stopping.

In this thesis, we also review prior work on polling platforms that we found were designed mostly to simplify and facilitate user participation in public opinion polls (eg. polls, elections, referendums), or interactive movie / theater watching systems. All these applications are typical polling platforms that allow people or organizations to create polls, respond to polls, and view their results. In these applications, a poll is completed at a specific time and the users, who participate in it, have to answer all its questions. In some questions, their results are formed before the expiration date of their poll. In these systems, there is no optimization in terms of storage or early stopping, so the completion time of the polls (or surveys) takes much longer compared to our approach.

SUBJECT AREA: Web Systems and Applications

KEYWORDS: Polling Platform Systems, A/B Testing, Confidence Intervals, Early Stopping Conditions

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κύριο Αλέξανδρο Ντούλα για την βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής αυτής και τους γονείς μου που με στήριξαν απεριόριστα να ολοκληρώσω αυτή την εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	15
1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΕΛΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ	16
2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ	18
2.1 Τρόπος επιλογής συμμετεχόντων στα polls της πλατφόρμας	18
2.2 Δεδομένα που συλλέγονται από polls	19
2.3 Εξαγωγή στατιστικών στοιχείων από δεδομένα polls	19
3. A/B TESTING KAI EARLY STOPPING	22
3.1 A/B Testing	22
3.1.1 Εισαγωγή	22
3.1.2 Τρόπος Λειτουργίας	22
3.1.3 Λόγοι χρησιμοποίησης A/B Testing	24
3.1.4 Προβλήματα στο A/B Testing	25
3.1.5 z-score.....	25
3.1.6 z-test.....	26
3.1.7 Group Sequential Design (Ακολουθιακός Σχεδιασμός Ομάδας)	27
3.2 Early Stopping.....	28
3.2.1 Early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης.....	29
3.2.2 Χρήση Group Sequential Design για A/B testing με early stopping στην Polling Platform.....	29
3.2.3 Ερευνητικές Εργασίες για multi-armed bandit προβλήματα	30
3.2.4 Άλλες ερευνητικές εργασίες για early stopping	38
4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ POLLING SYSTEMS.....	47
4.1 Intelligent Social Polling Platform[23]	47
4.2 Mobile App for Citizen Participation [24]	50
4.3 A Design of Voting System by using an Android Apps for Fisherman[25]	52
4.4 Philippines Smart App Voting System a Mobile Voting System [26]	53
4.5 Automatic Polling and Display Interactive Entertainment System [27]	54
5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	57
5.1 Front-end τεχνολογίες λογισμικού	57
5.1.1 Bootstrap	58
5.1.2 AJAX (Asynchronous javascript and XML)	58
5.1.3 Jquery.....	59
5.1.4 Angular JS.....	60
5.1.5 Highchart JS.....	61
5.2 Back-end τεχνολογίες λογισμικού (Python Django Web Framework)	62
5.2.1 Εγκατάσταση Django	65

5.2.2 Δημιουργία Django Web Project	65
5.2.3 Δημιουργία app μέσα στο Django Web Project	70
5.2.4 Δημιουργία μοντέλων της εφαρμογής	71
5.2.5 Δημιουργία views και templates	74
5.2.6 Event handling στα html django templates	77
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	79
6.1 Βάση Δεδομένων Polling Plarform	79
6.1.1 Μοντέλο Οντοτήτων-Συσχετίσεων	79
6.1.2 Πίνακες Βάσης Δεδομένων	80
7. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ	88
7.1 Βασικά Στοιχεία	88
7.2 Τρόποι Αλληλεπίδρασης και Διαχείριση Αιτημάτων Χρήστη	88
7.2.1 Μετάβαση στην αρχική σελίδα της εφαρμογής	89
7.2.2 Σελίδα Δημιουργίας Δημοσκοπήσεων	91
7.2.3 Σελίδα Προσθήκης Ερωτήσεων στη Δημοσκόπηση	92
7.2.4 Σελίδα Ολοκλήρωσης Δημιουργίας poll	94
7.2.5 Σελίδα Αναζήτησης Δημοσκοπήσεων	96
7.2.6 Σελίδα Προβολή Αποτελεσμάτων Αναζήτησης	101
7.2.7 Σελίδα Προβολής Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων	102
7.2.8 Σελίδα Προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης	103
7.2.9 Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου	105
8. ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ.....	114
9. A/B TESTING KAI EARLY STOPPING ΣΤΗΝ POLLING PLATFORM.....	138
9.1 Υλοποίηση και Παράδειγμα για την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης	138
9.2 Παρατηρήσεις για την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης	154
9.3 Υλοποίηση και Παράδειγμα για A/B testing με early stopping (Group Sequential Design ..	155
9.3.1 Δημοσκόπηση Gym Factor	160
9.3.2 Δημοσκόπηση Week Relax.....	164
9.4 Παρατηρήσεις για την μέθοδο Group Sequential Design.....	167
9.5 Σύγκριση των παραπάνω μεθόδων early stopping	168
10. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	174
10.1 Βελτιώσεις Λειτουργιών	174
10.2 Προσθήκη νέων λειτουργιών	174
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	176
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.....	177
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.....	179

ΑΝΑΦΟΡΕΣ MODULES **184**

ΑΝΑΦΟΡΕΣ **185**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Α. Αρχική σελίδα Β. Σελίδα μετά την αλλαγή[7]	23
Εικόνα 2: Διάγραμμα απεικόνισης διαδικασίας A/B testing [7].....	24
Εικόνα 3:Τρόπος Επικοινωνίας με web server μέσω ajax requests [32]	59
Εικόνα 4: αρχιτεκτονικό πρότυπο model-template-view του django. [40]	63
Εικόνα 5: Πλαίσιο με επιπλέον modules της python που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση της εφαρμογής.....	64
Εικόνα 6: Στο shell εισάγουμε το module django και με την εντολή django.VERSION βλέπουμε ότι εγκαταστήσαμε το django 2.2.5	65
Εικόνα 7:Δημιουργία Admin User για το Django Project από VS 2017.....	66
Εικόνα 8: Ενημέρωση project για τις αλλαγές που έγιναν από VS2017	68
Εικόνα 9: Άνοιγμα Server και Εκτέλεση Project από το VS 2017	68
Εικόνα 10: Login Form στην σελίδα admin	69
Εικόνα 11: Κάνουμε login και βλέπουμε το μενού με τους πίνακες που έχουν γίνει register στον admin και στους οποίους μπορούμε να προσθέσουμε νέες εγγραφές ή να τροποποιήσουμε αυτές που υπάρχουν ήδη. Στην εικόνα φαίνονται οι default πίνακες του django Groups και Users καθώς και οι πίνακες της βάσεις δεδομένων world_of_polls.....	70
Εικόνα 12: Δημιουργία app στο Django Project μέσα από το VS 2017	71
Εικόνα 13:Ενημέρωση django app για αλλαγές που έγιναν στα μοντέλα του.....	73
Εικόνα 14: Πίνακες που δεν χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή μας	73
Εικόνα 15: Path με templates της εφαρμογής.....	74
Εικόνα 16: Τοποθεσία αρχείου views.py	75
Εικόνα 17:Τοποθεσίες αρχείων urls.py . Με κόκκινη γραμμή η τοποθεσία του αρχείου του app και μπλε γραμμή η τοποθεσία του αρχείου του project	76
Εικόνα 18: Τρόπος με τον οποίο γίνονται include στο urls.py του project τα urls κάθε εφαρμογής.....	76
Εικόνα 19: Τοποθεσία φακέλου templatetags που μπορεί να εμπεριέχει ένα ή περισσότερα αρχεία με φίλτρα επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν σε δεδομένα των django html templates	77
Εικόνα 20:ER model της σχεσιακής βάσης world_of_polls.....	79
Εικόνα 21: Πίνακας polls.....	81
Εικόνα 22: Πίνακας queries	81
Εικόνα 23: Πίνακας queries_of_polls	82
Εικόνα 24:Πίνακας answers_of_queries	83
Εικόνα 25: answers_seq_queries	84
Εικόνα 26: Πίνακας range_queries	85
Εικόνα 27: Πίνακας range_queries_statistics	86

Εικόνα 28: Πίνακας answers_of_range_queries	87
Εικόνα 29: answer_seq_range_queries.....	87
Εικόνα 30: Μετάβαση στην Αρχική Σελίδα.....	90
Εικόνα 31: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα homepage.html.....	91
Εικόνα 32:Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests στην ιστοσελίδα create_poll.html	92
Εικόνα 33: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα queries_section.html και στην ιστοσελίδα finish.html...95	95
Εικόνα 34: Λειτουργία view μεθόδου finish.....	96
Εικόνα 35: Περιγραφή λειτουργίας autocomplete στο searchbar στη σελίδα αναζήτησης polls	99
Εικόνα 36: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα search_poll.html	100
Εικόνα 37: Λειτουργία view μεθόδου search_submit.....	101
Εικόνα 38: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στις	107
Εικόνα 39: Διαδικασία refresh στην ιστοσελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης	108
Εικόνα 40: Λειτουργία view μεθόδου show_stats	109
Εικόνα 41: Διαδικασία refresh στην ιστοσελίδα προβολής αποτελεσμάτων δημοσκόπησης	109
Εικόνα 42: Λειτουργία view μεθόδου answer_poll	110
Εικόνα 43: Λειτουργία view μεθόδου submit_answer με χρήση early stopping μεθόδου με υπολογισμό δι.....	111
Εικόνα 44: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στις	112
Εικόνα 45: Καλωσορίζει τους χρήστες στην εφαρμογή και έχει δυο κουμπιά το ένα για δημιουργία polls και το άλλο για την αναζήτηση τους.....	114
Εικόνα 46: Σελίδα με τη φόρμα δημιουργίας νέας δημοσκόπησης	115
Εικόνα 47: Datepicker on. Εμφάνιση ημερολογίου επιλογής ημερομηνίας έναρξης/λήξης δημοσκόπησης	115
Εικόνα 48:Σελίδα ερωτήσεων της δημοσκόπησης που μόλις έφτιαξε ο χρήστης.	116
Εικόνα 49:Παράθυρο φόρμας συμπλήρωση στοιχείων ερώτησης.	117
Εικόνα 50: Ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζεται όταν στην ιστοσελίδα της εικόνας 49, ο χρήστης πατήσει το ι δίπλα από το Type.....	117
Εικόνα 51: Δημιουργίας ερώτησης με λεκτικές απαντήσεις, στην οποία ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει παραπάνω από μία απάντηση.	118
Εικόνα 52:Ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζεται αν ο χρήστης πατήσει το κουμπί ι δίπλα στο πράσινο κουμπί. Το μήνυμα λέει στο χρήστη ότι μια ερώτηση πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο πιθανές απαντήσεις.....	118

Εικόνα 53: Δημιουργίας ερώτησης με αριθμητικές απαντήσεις , στην οποία ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει μία απάντηση.....	119
Εικόνα 54: Παράθυρο με ενημερωτικό μήνυμα που ρωτάει το χρήστης αν είναι σύγουρος ότι θέλει να κλείσει το παράθυρο με τη φόρμα συμπλήρωσης των στοιχείων της ερώτησης.....	119
Εικόνα 55: Απεικονίζεται μια φόρμα με read-only πεδία με τα στοιχεία των ερωτήσεων που θέλει να προσθέσει ο χρήστης στη δημοσκόπηση.	120
Εικόνα 56: Σελίδα Ολοκλήρωσης Δημιουργίας poll	121
Εικόνα 57: Σελίδα Αναζήτησης Δημοσκοπήσεων	122
Εικόνα 58: Καθορισμός πεδίου αναζήτησης.....	122
Εικόνα 59: dropdown list με τις κατηγορίες.....	123
Εικόνα 60:Λειτουργία autocomplete searchbar.....	124
Εικόνα 61:Σελίδα με αποτελέσματα-δημοσκοπήσεις της αναζήτησης που έκανε ο χρήστης-καρτέλα ενεργών δημοσκοπήσεων	125
Εικόνα 62: Σελίδα με αποτελέσματα-δημοσκοπήσεις της αναζήτησης που έκανε ο χρήστης-καρτέλα ολοκληρωμένων δημοσκοπήσεων	126
Εικόνα 63: Εμφάνιση περιγραφής του επιλεγμένου poll με το πάτημα του κουμπιού Description.....	126
Εικόνα 64:Σελίδα προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης(Δημοσκόπηση video games of polling)	127
Εικόνα 65: Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου (stats toggle button on).....	128
Εικόνα 66: Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου (stats toggle button off).....	129
Εικόνα 67: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-πρώτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion	130
Εικόνα 68:Προβολής κάτω άκρων των διαστημάτων εμπιστοσύνης	131
Εικόνα 69: Προβολής πάνω άκρων των διαστημάτων εμπιστοσύνης	131
Εικόνα 70: Προβολή τιμής πάνω άκρου δ.ε για την απάντηση 2 του ερωτήματος.....	132
Εικόνα 71: Προβολή άκρων διαστημάτων εμπιστοσύνης	132
Εικόνα 72: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-δεύτερη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion.....	133
Εικόνα 73: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-τρίτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion	134
Εικόνα 74: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-τέταρτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion.....	135
Εικόνα 75:Παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται με το πάτημα του store button που βρίσκεται στο γαλάζιο πλαίσιο κάτω από το διάγραμμα	136
Εικόνα 76:Export αποτελεσμάτων δημοσκόπησης Tango Opinion σε pdf.....	137
Εικόνα 77:Πλήρες ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Smoking Research.....	139
Εικόνα 78:Λειτουργία autoanswer view method	141

Εικόνα 79:Λειτουργία view μεθόδου delete data.....	142
Εικόνα 80:Αποτελέσματα για την ερώτηση “Are you Smoker?” μετά την υποβολή 130 ψήφων.....	143
Εικόνα 81:Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “Are you Smoker?”	144
Εικόνα 82: Αποτελέσματα για την ερώτηση “What change in the law do you believe is better?” μετά την υποβολή 162 ψήφων	145
Εικόνα 83: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “What change in the law do you believe is better?”	146
Εικόνα 84: Αποτελέσματα για την ερώτηση “What type of cigarettes do you prefer?” μετά την υποβολή 270 ψήφων.....	147
Εικόνα 85: Έλεγχος ύπαρξης overlaps ανάμεσα στο διάστημα εμπιστοσύνης κάθε απάντησης και το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης της συμπληρωματικής της.	148
Εικόνα 86: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “What type of cigarettes do you prefer?”	148
Εικόνα 87: Αποτελέσματα για την ερώτηση “How many cigarettes do you smoke every day?” μετά την υποβολή	149
Εικόνα 88: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “How many cigarettes do you smoke every day?”	150
Εικόνα 89: Προβολή Στοιχείων δημοσκόπησης Smoking Research.....	150
Εικόνα 90: Αποτέλεσμα αναζήτησης με όνομα poll Smoking Research -καρτέλα ενεργών δημοσκοπήσεων	151
Εικόνα 91: Αποτέλεσμα αναζήτησης με όνομα poll Smoking Research -καρτέλα ολοκληρωμένων δημοσκοπήσεων	152
Εικόνα 92: Αποτελέσματα για την ερώτηση “ When did you start smoke?” μετά την υποβολή	153
Εικόνα 93:Λειτουργία response test view method	159
Εικόνα 94:Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Gym Factor- πριν την εκτέλεση του πειράματος	160
Εικόνα 95: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Gym Factor	161
Εικόνα 96: Εκτέλεση request http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest με παραμέτρους poll_name “Gym Factor” και sample size 160.....	161
Εικόνα 97: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design για 160 τυχαίες ψήφους στο Poll Gym Factor.....	162
Εικόνα 98: Εκτέλεση request http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest με παραμέτρους poll_name “Gym Factor” και sample size 160,id 1023 toq “query” και distribution “3,28,49”	162
Εικόνα 99: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design στο Poll Gym Factor για 160 ψήφους όπου σε κάθε set 80 ψήφων, η κατανομή των ψήφων στις διαθέσιμες τρεις απαντήσεις της ερώτησης είναι 3,28,49..	163
Εικόνα 100: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Gym Factor- μετά την εκτέλεση του πειράματος	163

Εικόνα 101: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Week Relax - πριν την εκτέλεση του πειράματος	164
Εικόνα 102: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Week Relax.....	164
Εικόνα 103: Εκτέλεση request http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest με παραμέτρους poll_name “Week Relax” και sample size 160.....	165
Εικόνα 104: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design για 160 τυχαίες ψήφους στο Poll Week Relax.....	165
Εικόνα 105: Εκτέλεση request http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest με παραμέτρους poll_name “Week Relax” και sample size 160,id 1016 toq “range_query” και distribution “2,27,51”.....	166
Εικόνα 106: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design στο Poll Week Relax για 160 ψήφους όπου σε κάθε set 80 ψήφων, η κατανομή των ψήφων στις διαθέσιμες τρεις απαντήσεις της ερώτησης είναι 2,27,51.	166
Εικόνα 107: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Week Relax- μετά την εκτέλεση του πειράματος	167
Εικόνα 108:Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης με όνομα Play Hockey	168
Εικόνα 109: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης με όνομα E-ticket survey	169
Εικόνα 110: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση Play Hockey-πλήθος ψήφων	170
Εικόνα 111: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση Play Hockey- διάρκεια προσομοιώσεων	171
Εικόνα 112: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση E-ticket survey- πλήθος ψήφων.....	172
Εικόνα 113: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση E-ticket survey - διάρκεια προσομοιώσεων	173
Εικόνα 114: Πίνακας Αθροιστική Συνάρτηση $\Phi(z)=P(Z \leq z)$ της τυπικής κανονικής κατανομής[42].....	177
Εικόνα 115: Συμπληρωματικό –α- ποσοστιαία σημεία της κατανομής t _v [43]	178
Εικόνα 116: RGUI.....	179
Εικόνα 117: Διαδικασία εγκατάστασης πακέτου GroupSeq	179
Εικόνα 118:Μήνυμα που εμφανίζεται στην R console μετά την επιτυχημένη εγκατάσταση του πακέτου GroupSeq	180
Εικόνα 119: Διαδικασία φόρτωσης πακέτου GroupSeq.....	180
Εικόνα 120: GroupSeq GUI	181
Εικόνα 121:GroupSeq ComputeBounds GUI	181
Εικόνα 122:Υπολογισμό κατωφλιού zscore με χρήση του GroupSeq GUI για K=2,α=0.05 και μέθοδο Pocock-το κατώφλι έχει τιμή 2.1783 σε κάθε έλεγχο.....	182

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αριθμός χρηστών που απάντησαν στη δημοσκόπηση Play Hockey	170
Πίνακας 2: Χρονική διάρκεια που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση Play Hockey σε κάθε προσομοίωση	170
Πίνακας 3: Αριθμός χρηστών που απάντησαν στη δημοσκόπηση E-ticket survey.....	171
Πίνακας 4: Χρονική διάρκεια που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση E-ticket survey σε κάθε προσομοίωση	172
Πίνακας 5: Κατώφλια Z_{score} για Pocock με $\alpha=0,05$	182

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι δημοσκοπήσεις polls αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται σε διάφορα πεδία και με το οποίο εκφράζεται η γνώμη του κόσμου για κάποια ζητήματα. Με αυτές, οι διάφοροι φορείς μπορούν να καταγράφουν και να μελετούν τις διάφορες τάσεις που επικρατούν στην κοινωνία. Για παράδειγμα, μια βιομηχανία παραγγέλνει μια δημοσκόπηση για να δει τι απήχηση έχει το νέο προϊόν που έβγαλε στην αγορά ή γιατί θέλει να γνωρίζει τις ανάγκες του κόσμου ώστε να σχεδιάσει ένα προϊόν που να είναι ελκυστικό για τους καταναλωτές. Ακόμη, πολιτικά κόμματα και μέσα μαζικής ενημέρωσης παραγγέλνουν δημοσκοπήσεις για να μετρήσουν τις διάφορες πολιτικές τάσεις σε μια χώρα.

Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι καθημερινά διενεργούνται polls από διάφορους φορείς στις εταιρείες δημοσκοπήσεων. Για αυτό το λόγο, πολλοί προγραμματιστές λογισμικού και ερευνητές στον τομέα του Computer Science, ασχολήθηκαν με τη μελέτη και τη δημιουργία polling systems, δηλαδή προσπάθησαν να φτιάξουν πλατφόρμες με τις οποίες θα διενεργούνται δημοσκοπήσεις, θα καταγράφονται και θα αναλύονται τα αποτελέσματα τους με αυτοματοποιημένο τρόπο.

Έχουν φτιαχτεί πολλά απλά web και mobile apps στα οποία οι χρήστες μπορούν να φτιάξουν ένα ερωτηματολόγιο και να το προωθήσουν σε άλλους χρήστες για να το απαντήσουν. Όταν η περίοδος που το poll είναι ενεργό τελειώσει, τότε συλλέγονται τα απαντημένα ερωτηματολόγια και το σύστημα κάνει αυτόματα στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Σε παρακάτω ενότητα παρουσιάζονται ορισμένες αξιόλογες ερευνητικές εργασίες, που ασχολήθηκαν με τη μελέτη, την ανάπτυξη και την υλοποίηση εφαρμογών οι οποίες βάζουν το χρήστη να απαντήσει μια ερώτηση ή ένα σύνολο ερωτήσεων από ένα ερωτηματολόγιο.

1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΕΛΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή της δομής και των λειτουργιών της polling platform (PP) που υλοποιήσαμε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας. Στην παρακάτω λίστα καταγράφονται οι βασικές σελίδες της πλατφόρμας:

- **Αρχική Σελίδα:** Αποτελεί μια σελίδα στην οποία ο χρήστης επιλέγει αν θα δημιουργήσει ή αν θα αναζητήσει poll. Ανάλογα με την επιλογή του γίνεται μετάβαση στην κατάλληλη σελίδα.
- **Σελίδα Δημιουργίας Δημοσκόπησης:** Ο χρήστης συμπληρώνει μια φόρμα και αν τα στοιχεία που έχει δώσει είναι έγκυρα αποθηκεύεται η δημοσκόπηση.
- **Σελίδα Προσθήκης Ερωτήσεων στη Δημοσκόπηση:** Ο χρήστης αφού έχει συμπληρώσει τα βασικά στοιχεία του poll, μεταβαίνει αμέσως σε μια νέα σελίδα όπου στο πάνω μέρος της βλέπει ένα ενημερωτικό μήνυμα που λέει ότι η δημοσκόπηση του δημιουργήθηκε επιτυχώς και μπορεί να προσθέσει σε αυτή όσες ερωτήσεις θέλει. Αν τα στοιχεία όλων των ερωτήσεων που καταχώρησε ο χρήστης είναι έγκυρα τότε αποθηκεύονται οι ερωτήσεις στο συγκεκριμένο poll.
- **Σελίδα Ολοκλήρωσης Δημιουργίας poll:** Εμφανίζεται όταν ολοκληρωθεί με επιτυχημένο τρόπο η δημιουργία και η προσθήκη ερωτήσεων στο poll. Απλά ενημερώνει το χρήστη ότι η δημοσκόπηση και οι ερωτήσεις της δημιουργήθηκαν επιτυχώς. Στη σελίδα υπάρχει ένα κουμπί το οποίο πατώντας ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στην αρχική σελίδα.
- **Σελίδα Αναζήτησης Δημοσκοπήσεων:** Ο χρήστης καθορίζει από ένα dropdown list το χαρακτηριστικό της δημοσκόπησης με βάση το οποίο ο χρήστης θα κάνει την αναζήτηση και στη συνέχεια θα μπορεί να γράφει κάποιο όρο προς αναζήτηση σε ένα searchbar για να ψάξει τις δημοσκοπήσεις οι οποίες εμπεριέχουν στο πεδίο-χαρακτηριστικό αναζήτησης τον όρο αναζήτησης.
- **Σελίδα Προβολή Αποτελεσμάτων Αναζήτησης:** εμφανίζει τα αποτελέσματα που ταιριάζουν στην αναζήτηση που έκανε ο χρήστης. Οι δημοσκοπήσεις (polls) αποτελέσματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:
 - **Αυτά που είναι σε εξέλιξη:** σε αυτά ο χρήστης έχει το δικαίωμα να απαντήσει στα ερωτηματολόγια τους και να δει τα αποτελέσματα τους.
 - **Αυτά που έχουν ολοκληρωθεί:** σε αυτά ο χρήστης έχει το δικαίωμα να δει τα αποτελέσματα τους.
 - **Αυτά που δεν έχουν ξεκινήσει:** τα συγκεκριμένα polls δεν εμφανίζονται στα αποτελέσματα αναζήτησης.
- **Σελίδα Προβολής Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων:** εμφανίζονται τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης που επέλεξε ο χρήστης. Υπάρχουν καρτέλες όσες και οι ερωτήσεις της δημοσκόπησης. Η κάθε καρτέλα έχει την εξής δομή:
 - ένας πίνακας με επικεφαλίδα την ερώτηση. Ο πίνακας έχει τόσες γραμμές όσες και οι απαντήσεις της ερώτησης και για κάθε απάντηση υπάρχει μια στήλη με το όνομα της, τον αριθμό των ατόμων που την επέλεξαν, το

ποσοστό των ατόμων που την επέλεξα καθώς και το διάστημα εμπιστοσύνης της- την εκτίμηση του ποσοστού της στο σύνολο του πληθυσμού των ατόμων που θα μπορούσαν να συμμετέχουν στη δημοσκόπηση.

- **Σελίδα Προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης:** φαίνονται εκείνες οι ερωτήσεις για τις οποίες δεν έχει προκύψει κάποιο ξεκάθαρο αποτέλεσμα για τη γνώμη του κόσμου. Ο χρήστης βλέπει τη φόρμα του ερωτηματολογίου και μπορεί να την απαντήσει. Στο τέλος κάθε ερωτηματολογίου υπάρχει ένα toggle button το οποίο αν το ενεργοποιήσει ο χρήστης στη συνέχεια μπορεί να δει τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης. Όταν ο χρήστης υποβάλει το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μαζί με τις απαντήσεις του και τότε οι απαντήσεις του αποθηκεύονται. Στη συνέχεια ελέγχεται για κάθε ερώτηση αν έχει διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα σε αυτή. Για να γίνουν οι συγκεκριμένοι μέθοδοι χρησιμοποιείται κάποια από τις παρακάτω δύο μεθόδους early stopping:

- **Early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης**
- **A/B testing και early stopping με χρήση μεθόδου Group Sequential Design**

Αυτές οι μέθοδοι παρουσιάζονται στο τρίτο κεφάλαιο. Γίνεται αφαίρεση από το ερωτηματολόγιο των ερωτήσεων για τις οποίες έχει διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα. Οι ερωτήσεις αυτές δεν εμφανίζονται στους χρήστες που θα απαντήσουν στο μέλλον στη δημοσκόπηση. Σε περίπτωση αφαίρεσης όλων των ερωτήσεων της δημοσκόπησης, αυτή λήγει.

- **Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεσης Απαντήσεων ερωτηματολογίου:** εμφανίζεται για να ενημερώσει το χρήστη ότι οι απαντήσεις του εκχωρήθηκαν επιτυχώς. Στην σελίδα εμφανίζεται ένα κουμπί επιστροφής στην αρχική σελίδα και ένα κουμπί μετάβασης στην σελίδα αποτελεσμάτων της δημοσκόπησης (εμφανίζεται μόνο όταν ο χρήστης είχε κάνει on το toggle button του ερωτηματολογίου).

Περισσότερες λεπτομέρειες για τις λειτουργίες της πλατφόρμας, την δομή των σελίδων της καθώς και τον τρόπο αλληλεπίδρασης των χρηστών με τις σελίδες της θα δούμε πιο αναλυτικά στα κεφάλαιο 7. Στο επόμενο κεφάλαιο θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο η polling platform συλλέγει και αναλύει τα δεδομένα των δημοσκοπήσεων.

2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

Σε αυτή την ενότητα θα δοθούν απαντήσεις σε μια σειρά ερωτημάτων που βοηθούν στον καθορισμό του είδους δεδομένων που θα συλλέγονται από τις δημοσκοπήσεις που θα διενεργούνται στην πλατφόρμα μας καθώς και ποια στατιστικά στοιχεία θα εξάγονται από την ανάλυση τους. Τα ερωτήματα αυτά είναι τα παρακάτω:

- Ποιοι θα είναι οι χρήστες που θα απαντούν στις ερωτήσεις των διαθέσιμων polls της εφαρμογής μας ;
- Τι είδους πληροφορίες περιμένουν οι δημιουργοί των polls να μαζέψουν από αυτές;
- Πώς θα είναι τα ερωτηματολόγια των δημοσκοπήσεων; Ποιος θα είναι ο τύπος των ερωτήσεων θα περιέχουν; Θα μπορούν να περιέχουν ερωτήσεις διαφορετικού τύπου;
- Ποιο θα είναι ο τύπος των απαντήσεων των ερωτήσεων;
- Τι στατιστικά στοιχεία θα εξάγουμε από τα polls;

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από το πρώτο κεφάλαιο , στο οποίο παρουσιάστηκαν οι λειτουργίες και οι σελίδες της πλατφόρμας δημοσκοπήσεων μας, είναι πολύ χρήσιμες και μαζί με τις απαντήσεις που θα δοθούν σε αυτό το κεφάλαιο στα παραπάνω ερωτήματα παίζουν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή μας. Η παρουσίαση της βάσης δεδομένων της εφαρμογής μας γίνεται στο κεφάλαιο 6.

2.1 Τρόπος επιλογής συμμετεχόντων στα polls της πλατφόρμας

Τα polls της πλατφόρμας αυτής δεν απευθύνονται σε συγκεκριμένες ομάδες του παγκόσμιου πληθυσμού και θεωρητικά οποιοσδήποτε θα μπορούσε να απαντήσει στα polls που δημιουργούν οι χρήστες σε αυτή την πλατφόρμα, αρκεί να έχει έναν υπολογιστή ή ένα κινητό τηλέφωνο με σύνδεση στο internet. Βέβαια για ορισμένα polls, οι δημιουργοί τους στοχεύουν σε συγκεκριμένες ομάδες του πληθυσμού. Για παράδειγμα σε ένα poll για τις αμερικανικές εκλογές οι δημιουργοί του ενδιαφέρονται να λάβουν απαντήσεις αποκλειστικά από Αμερικάνους πολίτες που δεν έχουν στερηθεί τα πολιτικά τους δικαιώματα. Στο παράδειγμα μας, το σύνολο των Αμερικανών πολιτών με πλήρη πολιτικά δικαιώματα αποτελεί τον πληθυσμό για αυτή την δημοσκόπηση. Για άλλες δημοσκοπήσεις με πιο γενικά θέματα, μπορεί το σύνολο των κατοίκων της Γης να αποτελεί τον πληθυσμό τους. Προφανώς δεν είναι δυνατό να συμμετέχουν όλοι οι Αμερικάνοι πολίτες με πλήρη πολιτικά δικαιώματα στη δημοσκόπηση για τις αμερικανικές εκλογές αλλά ούτε σε μια δημοσκόπηση με πιο γενικό θέμα είναι δυνατό να συμμετέχει το σύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού. Έτσι σε κάθε δημοσκόπηση, συμμετέχει μόνο ένα υποσύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού το οποίο ονομάζεται δείγμα της δημοσκόπησης. Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό, δηλαδή να απαρτίζεται από άτομα τα οποία έχουν επιλεχθεί με εντελώς τυχαίο τρόπο. Έτσι εξασφαλίζεται ότι το δείγμα μας θα απαρτίζεται από ένα σύνολο πολιτών με μεγάλη ποικιλία δημογραφικών χαρακτηριστικών. Η εφαρμογή δεν έχει κάποιο τρόπο να διασφαλίσει ότι το δείγμα κάθε δημοσκόπησης, που δημιουργείται από τους χρήστες,

είναι αντιπροσωπευτικό. Κάτι τέτοιο θα ήταν αρκετά δύσκολο και ξεφεύγει από τους στόχους της ίδιας της πλατφόρμας. Η polling platform απλά αποτελεί το μέσο δημιουργίας polls από τους χρήστες. Η ευθύνη για την επιλογή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος για κάθε poll βαραίνει τους δημιουργούς του. Η επιλογή των ατόμων που θα απαντήσουν στην έρευνα καθορίζεται από τις ενέργειες που θα κάνει ο δημιουργός ή η ομάδα δημιουργίας του poll για να τους πείσουν να συμμετέχουν σε αυτό.

2.2 Δεδομένα που συλλέγονται από polls

Στα polls, μπορούν να υπάρχουν ερωτήσεις με λεκτικές απαντήσεις και από αυτές συλλέγονται {**ποιοτικά κατηγορικά δεδομένα**} [1]. Αυτές οι ερωτήσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Υπάρχουν ερωτήσεις που καταγράφουν την ύπαρξη ή το είδος κάποιου χαρακτηριστικού. {Από τέτοιες ερωτήσεις συλλέγονται ποιοτικά δεδομένα που δεν έχουν καμιά φυσική σειρά ή ιεράρχηση τα οποία λέγονται δεδομένα ονομαστικής κλιμάκωσης(nominal-scaled data).} [1]
- Υπάρχουν ερωτήσεις που καταγράφουν με λεκτικούς όρους το μέγεθος ή τη συχνότητα. {Από αυτές συλλέγονται δεδομένα ιεραρχικής κλιμάκωσης (ordinal-scaled data).} [1]

Από τα ερωτήματα με απαντήσεις αριθμητικές τιμές, συλλέγονται ποιοτικά δεδομένα τα οποία διακρίνονται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες:

- Τα **δεδομένα μετρήσεων (measurement data)** τα οποία αντιστοιχούν σε μετρήσεις κάποιας φυσικής ιδιότητας των στοιχείων του δείγματος.
- Τα **δεδομένα καταμέτρησης(count data)** που αντιστοιχούν σε καταμετρήσεις του αριθμού των εμφανίσεων κάποιου φαινομένου ανά μονάδα ή ανά στοιχείο του δείγματος ή σε καταμετρήσεις του αριθμού των στοιχείων ή μονάδων που ανήκουν σε κάποια κατηγορία μιας ποιοτικής μεταβλητής.} [1]
- **Αριθμητική αξιολόγηση κάποιου χαρακτηριστικού**

Οι δημιουργοί των polls πρέπει να φροντίζουν να διατυπώνουν με ακρίβεια και σαφήνεια τις ερωτήσεις και τις απαντήσεις τους, ώστε οι απαντήσεις που θα δίνονται από τους χρήστες, να αποτελούν καλής ποιότητας δεδομένα.

2.3 Εξαγωγή στατιστικών στοιχείων από δεδομένα polls

Για κάθε ερώτηση υπολογίζεται το διάστημα εμπιστοσύνη για κάθε απάντηση της. Υπενθυμίζεται ότι {διάστημα εμπιστοσύνης για μια άγνωστη παράμετρο θ είναι ένα διάστημα τιμών (l,u) του οποίου τα άκρα προκύπτουν ως τιμές δύο σ.σ (στατιστικών συναρτήσεων), L και U που ικανοποιούν τη σχέση:}

$$P(L < \theta < U) = 1 - \alpha$$

όπου $1-\alpha$ είναι μια προκαθορισμένη πιθανότητα κοντά στη μονάδα(εμείς την ορίσαμε 0.95). Το τυχαίο διάστημα (L,U) που παράγει το δ.ε (διάστημα εμπιστοσύνης) (l,u) λέγεται εκτιμήτρια διαστήματος. Το διάστημα (l,u) αναφέρεται ως $100(1-\alpha)\%$ δ.ε για τη θ

και το ποσοστό $100(1-\alpha)\%$ επίπεδο εμπιστοσύνης του διαστήματος.}[2] Άρα εμείς εδώ θα υπολογίζουμε δ.ε με επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

Για τον υπολογισμό του διαστήματος εμπιστοσύνης για κάθε απάντηση μιας ερώτησης ενός poll χρησιμοποιείται η Adjusted Wald Method(Agresti & Coull, 1998) της οποία η βασική ιδέα είναι η εξής:

Χρειάζεται να προσαρμοστεί το ποσοστό επιτυχιών που έχει παρατηρηθεί για μια εργασία για να λαμβάνονται υπόψη δείγματα μικρού μεγέθους που χρησιμοποιούνται συχνά σε usability test(ελέγχους χρησιμότητας).

Οι Sauro και Lewis στο paper με τίτλο Estimating Completion Rates from Small Samples using Binomial Confidence Intervals: Comparisons and Recommendations το 2005[3] και στο When 100% really isn't 100%: Improving the accuracy of small-sample estimates of completion rates[4] έδειξαν ότι η προσαρμοσμένη μέθοδος του Wald για τον υπολογισμό ενός διαστήματος εμπιστοσύνης λειτουργεί καλά για πολλές από τις καταστάσεις που συναντάμε στο usability testing. { Ο τύπος που χρησιμοποιεί η προσαρμοσμένη μέθοδος του Wald για τον υπολογισμό των διαστημάτων εμπιστοσύνης είναι η παρακάτω:

$$l = p_{adj} - z_{\alpha/2} * \sqrt{\frac{p_{adj}(1-p_{adj})}{n_{adj}}}$$

$$u = p_{adj} + z_{\alpha/2} * \sqrt{\frac{p_{adj}(1-p_{adj})}{n_{adj}}}$$

με

$$p_{adj} = \frac{\left(n * p + \frac{z_{\alpha/2}^2}{2} \right)}{n + z_{\alpha/2}^2}$$

$$n_{adj} = n + z_{\alpha/2}^2$$

όπου:

n: αριθμό στοιχείων δείγματος

p: δείγματα που μετρήθηκε ότι έχουν αυτό το χαρακτηριστικό} [5]

{Θεωρούμε ότι γενικά τα δείγματα θα είναι μεγάλα και οι σ.σ L,U συμβολίζονται με Z και προσεγγίζουν την κανονική κατανομή με μέση τιμή $\mu=0$ και διασπορά $\sigma^2=1$ $N(0,1)$ οπότε ως $z_{\alpha/2}$ συμβολίζουμε το συμπληρωματικό $-\alpha/2$ ποσοστιαίο σημείο της κατανομής $N(0,1)$.}[2]

Στην εφαρμογή μας για κάθε απάντηση υπολογίζεται το δ.ε με επίπεδο εμπιστοσύνης $1-\alpha=0.95$. Επομένως το $\alpha=0.05$ και το $\alpha/2=0.025$. Βρίσκουμε την τιμή $z_{0.025}$ από τον πίνακα της εικόνας 114 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ I . Κοιτάμε σε αυτόν την τιμή z που αντιστοιχεί σε αθροιστική πιθανότητα 0.975. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας της εικόνας 115 του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ I για τον υπολογισμό $z_{0.025}$. Από αυτόν

κοιτάμε την τελευταία γραμμή της κατανομής t (άπειροι βαθμοί ελευθερίας $v=\infty$) και από εκεί προκύπτει $Z_{0.025} = t_{0.025,\infty}=1.960$.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που η ερώτηση έχει αριθμητικές τιμές ως απαντήσεις και το εύρος των δυνατών απαντήσεων είναι μεγάλο (εδώ ορίστηκε να είναι μεγαλύτερο από 10) τότε ομαδοποιούμε τα δεδομένα-απαντήσεις σε κλάσεις και υπολογίζουμε για κάθε κλάση το πλήθος και το ποσοστό των απαντήσεων που ανήκουν σε αυτή. Τέλος υπολογίζεται το διάστημα εμπιστοσύνης για κάθε κλάση.

Για ερωτήσεις που έχουν ως απαντήσεις αριθμητικές τιμές, υπολογίζεται η μέση τιμή και η διασπορά των απαντήσεων που έχουν δώσει τα άτομα που συμμετείχαν στο poll. {Είναι γνωστό ότι η μέση τιμή και η διασπορά ενός δείγματος δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

Μέση Τιμή:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Διασπορά:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

όπου η:το πλήθος των δειγμάτων, x_i :δείγμα}[6]. Επιπλέον υπολογίζεται σε αυτές τις ερωτήσεις το διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή.

Σημείωση: Για τις ερωτήσεις όπου ο χρήστης έχει δυνατότητα να δίνει πολλές απαντήσεις, το ποσοστό της κάθε απάντησης υπολογίζεται με βάση το σύνολο των ψηφισάντων και όχι το σύνολο των ψήφων.

3. A/B TESTING KAI EARLY STOPPING

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν 2 μέθοδοι πρόωρου τερματισμού μιας ερώτησης μιας δημοσκόπησης σε περίπτωση που κριθεί ότι από τις ψήφους που έχουν κατατεθεί, προκύπτει ένα ζεκάθαρο αποτέλεσμα για αυτή την ερώτηση. Πριν από αυτό θα εξηγήσουμε τι είναι το A/B testing και το early stopping. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση κάποιων ερευνητικών εργασιών για early stopping.

3.1 A/B Testing

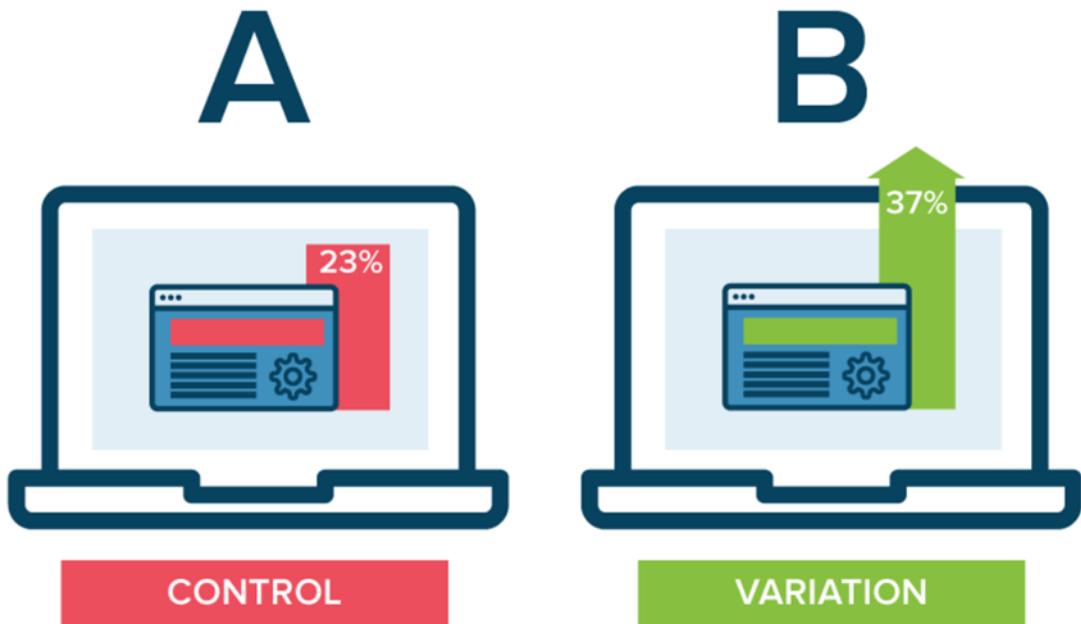
3.1.1 Εισαγωγή

{Το A/B Testing ή split testing ή bucket testing είναι μια μέθοδος σύγκρισης δύο διαφορετικών μορφών ενός πειράματος ή μιας διαδικασίας ώστε να αποφανθούμε ποιο από τα δύο δίνει καλύτερα αποτελέσματα. Στην περίπτωση που μιλάμε για ιστοσελίδες ή εφαρμογές, το A/B testing συνιστά ένα πείραμα όπου δύο ή περισσότερες παραλλαγές μια σελίδας δείχνονται με τυχαίο τρόπο στους χρήστες και στη συνέχεια, γίνεται στατιστική ανάλυση και με βάση αυτή προσδιορίζεται ποια παραλλαγή ανταποκρίνεται καλύτερα στους στόχους του πειράματος. Με αυτό τον τρόπο το τρέξιμο μιας παραλλαγής του αρχικού πειράματος, μας δίνει δεδομένα που αφορούν την επίδραση που είχε η αλλαγή που έγινε στο αρχικό πείραμα. Αν η αλλαγή στο πείραμα έδωσε αποτελέσματα που οδηγούν στην καλύτερη εξυπηρέτηση των στόχων μας, η αλλαγή υιοθετείται ενώ σε διαφορετική περίπτωση απορρίπτεται } [7]

3.1.2 Τρόπος Λειτουργίας

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται το A/B testing είναι ίδιος ανεξάρτητα αν διεξάγουμε κάποιο πείραμα ή φτιάχνουμε κάποια ιστοσελίδα ή κάποια εφαρμογή. Εδώ θα περιγράψουμε τον τρόπο λειτουργίας του σε μια σελίδα ή εφαρμογή.

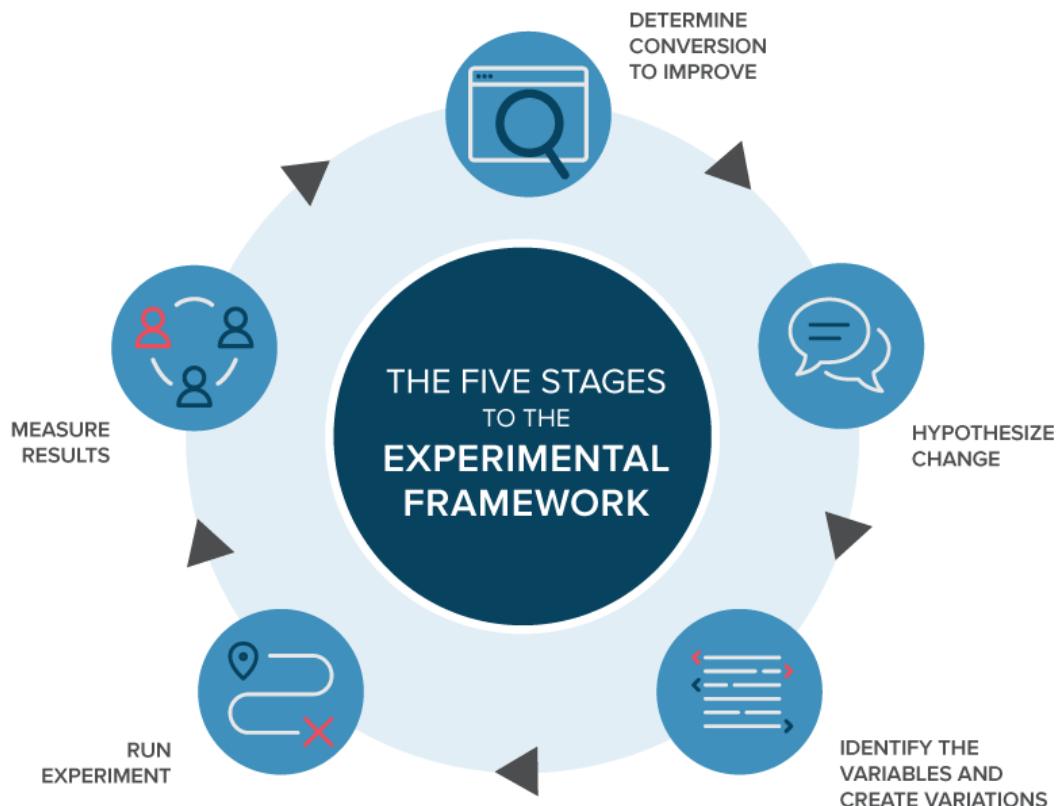
{Σε πρώτη φάση, εφαρμόζεται η αλλαγή στην σελίδα ή στην εφαρμογή (ή στην πειραματική διαδικασία) δηλαδή μοντελοποιείται μια δεύτερη έκδοση της σελίδας (ή του πειράματος). Η αλλαγή μπορεί να είναι πολύ απλή (π.χ. αλλαγή ενός τίτλου ή προσθήκη ενός κουμπιού) ή πολύ μεγάλη και σύνθετη (επανασχεδιασμός της σελίδας). Στη συνέχεια δείχνουμε στους μισούς χρήστες την σελίδα όπως ήταν πριν την αλλαγή (control) και στους άλλους μίσους τη σελίδα μετά την αλλαγή (variation).



Εικόνα 1: Α. Αρχική σελίδα Β. Σελίδα μετά την αλλαγή[7]

Καθώς οι χρήστες εξυπηρετούνται από την control page και την variation page, καταγράφονται πληροφορίες για τις προτιμήσεις τους, για τον τρόπο που χρησιμοποιούν τις δύο ιστοσελίδες και την άποψη τους για αυτές. Τα δεδομένα που μαζεύονται, μετατρέπονται σε αριθμητικές τιμές σε ένα analytics dashboard και στη συνέχεια αναλύονται από κάποιο statistical engine. Έτσι μπορούμε να γνωρίζουμε αν η εφαρμογή φάνηκε στους χρήστες καλή, κακή ή αδιάφορη. Η παραπάνω διαδικασία θα μπορούσε να συνοψιστεί στα παρακάτω βήματα:

- Συλλογή Δεδομένων:** Πρέπει να συλλέγονται με γρήγορο τρόπο και να επιλέγονται εκείνα τα δεδομένα που θα μας βοηθήσουν να φτάσουμε σε καλύτερα αποτελέσματα.
- Προσδιορισμός Στόχων:** οι στόχοι πρακτικά αποτελούν τις μετρικές ποσότητες που καθορίζουν αν μια παραλλαγή είναι πιο επιτυχημένη από την αρχική έκδοση του πειράματος. Για μια εφαρμογή μπορεί να είναι οτιδήποτε από το πάτημα σε ένα κουμπί ή ένα link για αγορά προϊόντων μέχρι την διαδικασία εγγραφής με email.
- Καταγραφή υποθέσεων:** καταγράφονται υποθέσεις–αλλαγές που σκεφτόμαστε και πιστεύουμε ότι αν γίνουν θα προσεγγίσουμε καλύτερα τους στόχους του πειράματος. Πρέπει να γίνεται μια ιεράρχηση των ιδεών με βάση το βαθμό εξυπηρέτησης των προσδιορισμένων στόχων αλλά και την δυσκολία υλοποίησης.
- Δημιουργία Παραλλαγών:** Χρησιμοποίηση A/B testing software(optimizers). Για μια εφαρμογή θα μπορούσε να είναι αλλαγή σε ένα στοιχείο(αλλαγή χρώματος ενός κουμπιού, αλλαγή σειρά στοιχείων σελίδας, κ.α.). Πολλά A/B testing tools έχουν ένα visual editor που βοηθάει τους χρήστες να κάνουν εύκολα αυτές τις αλλαγές.
- Εκτέλεση Πειράματος:** Ξεκινάει το πείραμα. Για εφαρμογές και sites, αυτό σημαίνει ότι οι χρήστες έχουν δυνατότητα να τα χρησιμοποιήσουν. Επιλέγεται με τυχαίο τρόπο αν οι χρήστες θα χρησιμοποιήσουν την control ή τη variation page. Η αλληλεπίδραση με κάθε μια από αυτές καταγράφεται .
- Ανάλυση Δεδομένων:** Μόλις ολοκληρωθεί το πείραμα, αναλύονται τα αποτελέσματα του. Το A/B testing software παρουσιάζει τα δεδομένα από το πείραμα και δείχνει τη διαφορά απόδοσης των δύο σελίδων.} [7]



Εικόνα 2: Διάγραμμα απεικόνισης διαδικασίας A/B testing [7]

3.1.3 Λόγοι χρησιμοποίησης A/B Testing

{Επιτρέπει στα άτομα και τις ομάδες που διεξάγουν την έρευνα, να κάνουν προσεκτικά αλλαγές στα πειράματα τους και μέσα από αυτές τις αλλαγές μπορούν να καταλάβουν ποιες παραμέτρους πρέπει να μεταβάλλουν αλλά και με ποιο τρόπο να τις μεταβάλλουν ώστε να επιτυγχάνονται μέσα στο χρόνο συνεχώς καλύτερα αποτελέσματα που βοηθάνε στην καλύτερη εξυπηρέτηση των στόχων που έχουν ορισθεί. Παράλληλα, μπορούν να εφαρμοστούν διάφορα A/B testing στο αρχικό πείραμα και μετά την ολοκλήρωση τους, καταγράφονται όλες οι αλλαγές που μας οδήγησαν σε καλύτερα αποτελέσματα. Στο τέλος, τέλος γίνεται εφαρμογή αυτών των αλλαγών ταυτόχρονα στο αρχικό πείραμα.}

Η χρήση A/B testing σε μια εφαρμογή μπορεί να μας βοηθήσει να δούμε το βαθμό της επίδρασης των λειτουργικών αλλαγών, που έγιναν στην εφαρμογή, στην εμπειρία των χρηστών δηλαδή να δούμε αν τους επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά ή δεν τους επηρεάζουν καθόλου. Η μη χρησιμοποίηση A/B testing σε πειράματα έχει σαν αποτέλεσμα να γίνονται αλλαγές σε αυτά χωρίς να ξέρουμε αν τελικά εξυπηρετούν ή όχι τους στόχους του πειράματος.}[7]

3.1.4 Προβλήματα στο A/B Testing

{Είναι συχνό το φαινόμενο σε πολλές πειραματικές διαδικασίες το A/B testing να μη γίνεται με σωστό τρόπο. Το πρόβλημα αυτό έχει γίνει αντιληπτό σε πολλές έρευνες, ωστόσο στις περισσότερες από αυτές, προτείνονται για την επίλυση του, λύσεις που δεν είναι σωστές.}

Κάποιες από αυτές παρουσιάζονται στη συνέχεια και εξηγούνται οι λόγοι για τους οποίους δεν αποτελούν καλές λύσεις για το πρόβλημα μας. Το πιο συνηθισμένο σφάλμα που γίνεται σε A/B testing είναι ότι όταν η εξέταση των αποτελεσμάτων γίνεται κατά τη διάρκεια των πειραμάτων (ή των δημοσκοπήσεων), τότε το ποσοστό των false-positive δεν είναι 5% όπως το αναμενόμενο αλλά αρκετά υψηλότερο. Φθάνει γύρω στο 17-30%. Το θέμα είναι ότι οποιαδήποτε στιγμή και να δούμε τα αποτελέσματα της έρευνας, εμείς είμαστε αυτοί που θα αποφασίσουμε είτε εμπειρικά είτε με βάση τα στοιχεία κάποιου στατιστικού ελέγχου, αν η παρέμβαση που έγινε οδήγησε σε θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα. Στις περιπτώσεις που τα αποτελέσματα είναι πολύ καλά, το πιο πιθανό είναι ότι θα αποφασίσουμε ότι δε χρειάζεται να συνεχιστεί η εκτέλεση του πειράματος, ενώ αν είναι πολύ άσχημα, θα επιλέξουμε να σταματήσει η συγκεκριμένη εκτέλεση για να γίνει επανακαθορισμός κάποιων παραμέτρων του πειράματος. Για παράδειγμα αν κάνουμε ένα στατιστικό έλεγχο με πιθανότητα 5% σε κάθε βήμα. Στο πρώτο βήμα, η πιθανότητα επιλογής ενός false positive δείγματος είναι 5%, αλλά σε επόμενο test, υπάρχει μια πρόσθετη πιθανότητα να επιλέξουμε ένα false positive δείγμα. Η πρόσθετη πιθανότητα επιλογής ενός τέτοιου δείγματος δεν είναι σε κάθε βήμα 5%, αφού υπάρχει μια έντονη συσχέτιση στους στατιστικούς ελέγχους που εκτελούνται. Διαπιστώθηκε όμως ότι μετά από κάποιο αριθμό βημάτων, έχει γίνει με γρήγορους ρυθμούς μεγάλη συσσώρευση false positive δειγμάτων. Στο πείραμα-παράδειγμα που αναφέρθηκε παραπάνω, μετά από 10 βήματα (μέρες) το ποσοστό των false positive ήταν 17%. Η λύση που προτείνεται για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού είναι το group sequential design (ακολουθιακός σχεδιασμός ομάδας). Πριν εξηγήσουμε τι μέθοδο αυτή είναι σημαντικό να γίνουν σαφείς οι έννοιες z-score και z-test.}[8]

3.1.5 z-score

{Το z-score αποτελεί μια αριθμητική τιμή που μας δίνει μια ιδέα πόσο μακριά είναι κάποιο σημείο ενός συνόλου δεδομένων από τη μέση τιμή των σημείων του ίδιου συνόλου δεδομένων. Σε πιο τεχνικό επίπεδο, δείχνει πόσα στατιστικές αποκλίσεις πάνω ή κάτω από τη μέση τιμή ενός πληθυσμού είναι ένα raw score. } [9]

{**Raw scores:** απλά αμετάβλητα δεδομένα που έχουν προκύψει από κάποιο έλεγχο ή κάποια παρατήρηση. Καταγράφονται στις αρχικές τους μορφές από κάποιο ερευνητή, πριν υποβληθούν σε οποιαδήποτε στατιστική ανάλυση. Για παράδειγμα εάν ένας διαγωνιζόμενος σε κάποιο test λάβει μια σειρά από 10 ερωτήσεις και απαντήσει σωστά τις 7 τότε το raw score του είναι 7.} [10]

Στο [8] αναφέρονται δύο περιπτώσεις υπολογισμού του z_score για A/B testing.{ Στην απλούστερη περίπτωση που σε ένα A/B testing κάθε παρατήρηση για κάθε χρήστη είναι μια αριθμητική τιμή όπως το πλήθος των φορών που συνέβη μια δραστηριότητα σε μια μέρα τότε τα στοιχεία δεδομένων που έχουμε χωρίζονται σε δύο ομάδες α και β με πλήθη στοιχείων n_a για την πρώτη και n_b για την δεύτερη. Ακόμη, για αυτές τις ομάδες έχουμε τις μέσες τιμές των στοιχείων τους μ_a και μ_b και τυπικές αποκλίσεις σ_a και σ_b και έχουμε το Zscore της ομάδας α σε σχέση με την ομάδα β είναι:

$$z_{score}^{ab} = \frac{|\mu_a - \mu_b|}{\sqrt{\frac{\sigma_a^2}{n_a} + \frac{\sigma_b^2}{n_b}}}$$

Σε περίπτωση που στο A/B testing, ελέγχουμε αν η πιθανότητα να γίνει κλικ σε κάποιο link ή η πιθανότητα αγοράς ενός προϊόντος μπορεί να βελτιωθεί τότε ο παραπάνω τύπος διαφοροποιείται λίγο. Πάλι έχουμε δύο ομάδες a και b με πλήθη στοιχείων n_a για την πρώτη n_b για την δεύτερη. Το συνολικό πλήθος στοιχείων είναι n_a+n_b . Η πιθανότητα να συμβεί κάποιο από τα γεγονότα της ομάδας a είναι p_a και αντίστοιχα για κάποιο γεγονός της ομάδας b p_b . Έχουμε το Z_{score} της ομάδας a σε σχέση με την ομάδα b είναι:

$$z_{score}^{ab} = \frac{|p_a - p_b|}{\sqrt{\frac{p_a(1-p_a)}{n_a} + \frac{p_b(1-p_b)}{n_b}}}$$

} [8]

3.1.6 z-test

{Το z-test είναι ένα τύπος ελέγχου υπόθεσης όπως το t-test και f-test, χ^2 -test. Ο έλεγχος υπόθεσης αποτελεί ένα τρόπο για να καταλάβουμε αν τα αποτελέσματα από κάποιον έλεγχο είναι έγκυρα ή επαναλαμβανόμενα. Για παράδειγμα, αν κάποιος ισχυριστεί ότι βρήκε ένα νέο φάρμακο που θεραπεύει τον καρκίνο, θέλουμε να ξέρουμε αν κάτι τέτοιο είναι αλήθεια. Ο έλεγχος υπόθεσης θα μας πει ότι είναι πιθανόν να συμβεί το γεγονός αυτό ή δεν είναι πιθανόν να συμβεί. Το z-test χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα είναι κατά προσέγγιση ομοιόμορφα κατανεμημένα. Άλλες προϋποθέσεις για να χρησιμοποιηθεί είναι:

- Χρησιμοποιείται όταν έχουμε πάνω από 30 δείγματα αλλιώς χρησιμοποιείται t-test.
- Τα σημεία του dataset πρέπει να είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Με άλλα λόγια, το ένα σημείο του dataset δεν σχετίζεται με κάποιο άλλο σημείο του dataset.
- Τα δεδομένα πρέπει να είναι φυσιολογικά κατανεμημένα. Παρόλα αυτά για μεγάλα δείγματα (περισσότερα από 30 δείγματα) αυτό δε μας απασχολεί.
- Τα δεδομένα πρέπει να επιλέγονται τυχαία από ένα πληθυσμό. Όλα τα στοιχεία του πληθυσμού έχουν ίδια πιθανότητα να επιλεγούν.
- Σε κάθε βήμα του πειράματος, τα δείγματα πρέπει να έχουν το ίδιο μέγεθος.} [11]

Αφού εξηγήθηκαν οι δύο παραπάνω έννοιες, μπορεί να παρουσιασθεί το group sequential design.

3.1.7 Group Sequential Design (Ακολουθιακός Σχεδιασμός Ομάδας)

{Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε κλινικές δοκιμές (π.χ ένας έλεγχος που εξετάζει αν το φάρμακο A ή το φάρμακο B βιοθάει ένα ασθενή να θεραπευτεί από μια καινούρια ασθένεια). Στις περισσότερες κλινικές δοκιμές, δεν είναι απαραίτητο να γίνεται στατιστική ανάλυση αμέσως μετά την εξέταση κάθε ασθενή. Στην πραγματικότητα στις περισσότερες κλινικές δοκιμές, οι ενδιάμεσες στατιστικές αναλύσεις διενεργούνται μόνο μία ή δύο φορές το χρόνο. Συνήθως, αυτή η συχνότητα των ενδιάμεσων αναλύσεων εντοπίζει τα αποτελέσματα της θεραπείας (π.χ χρήσης ενός φαρμάκου) σύντομα και δίνει παρόμοια αποτελέσματα με τη συνεχή παρακολούθηση των ασθενών (διενέργεια τακτικών στατιστικών ελέγχων). Το group sequential design βασίζεται σε αυτή την ιδέα.

Group sequential analysis (ακολουθιακή ανάλυση ομάδας): ορίζεται ως η κατάσταση στην οποία διεξάγονται μόνο μερικές προγραμματισμένες αναλύσεις} [12]

{Η βασική ιδέα του του Group Sequential Design στηρίζεται στην υπόθεση ότι ο στατιστικός έλεγχος που γίνεται είναι κανονικά κατανεμημένος. Είναι δυνατό να υπολογίζονται οι πιθανότητες των false positives σε κάθε στάδιο με χρήση τεχνικών δυναμικού προγραμματισμού. Αφού υπολογιστούν αυτές οι πιθανότητες, μπορούμε να προσαρμόζουμε τον έλεγχο των false-positive(έλεγχος λάθους τύπου I) ώστε το συνολικό τους ποσοστό σε κάθε βήμα να είναι κάτω από ένα επιθυμητό κατώφλι α. Αυτή η προσέγγιση είναι γνωστή ως error spending approach.}[8]

{Θεωρούμε ότι η ακολουθιακή προσέγγιση ομάδας (group sequential approach) αποτελείται από R αναλύσεις Z_1, Z_2, \dots, Z_R όπου τα Z_i υποδηλώνει το στατιστικό αποτέλεσμα του ελέγχου για τον i από τους R ελέγχους υποθέσεων που γίνονται. Έτσι συσσωρεύονται δεδομένα με την πάροδο του χρόνου και μετά το πέρασμα R χρονικών περιόδων, αναλύεται το dataset (σύνολο δεδομένων) που έχει μαζευτεί. Ανάλογα με το πλήθος των ελέγχων επιλέγονται R κατώφλια (zscores) B_1, B_2, \dots, B_R τα οποία επιλέγονται ώστε το significance level (επίπεδο σημαντικότητας) να μην ξεπερνάει μια προκαθορισμένη τιμή}[12]. { Για παράδειγμα, σε ένα πείραμα, στο οποίο τρέχουμε ένα έλεγχο κάθε μέρα για 30 ημέρες. Παρέχεται ένα διάνυσμα 30 στοιχείων ai που το άθροισμά του πρέπει να είναι μικρότερο από το κατώφλι $\alpha=0.05$. Χρησιμοποιώντας κάποια μέθοδος δυναμικού προγραμματισμού, μπορούμε να προσδιορίσουμε μία ακολουθία κατωφλιών (1 για κάθε ημέρα του πειράματος).} [8] {Υπάρχουν 3 τρόποι προσδιορισμού αυτών των κατωφλιών (frequentist methods).} [12] {Η frequentist μέθοδος που επιλέγεται αποτελεί την a-spending function.

- **Pocock:** χρησιμοποιεί το ίδιο significance level και για τις R στατιστικές αναλύσεις. Είναι η πιο απλή από τις τρεις προσεγγίσεις}[8] {
- **O'Brien-Fleming:** βασίζεται στο intuitive reasoning
- **Haybittle-Peto:** βασίζεται σε statistical reasoning

Για αυτές τις μεθόδους υπάρχουν πίνακες που προσδιορίζουν ανάλογα με το significance level α και το πλήθος των έλεγχο R τα κατώφλια των Zscore. } [12] {Για τον υπολογισμό των για τον υπολογισμό των κατωφλιών των Zscore μπορεί να χρησιμοποιηθεί το GUI GroupSeq της γλώσσας προγραμματισμού R.} [8] Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II δείχνουμε πως χρησιμοποιείται αυτό το GUI.

Σημείωση: στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής δε θα ασχοληθούμε ούτε θα μπούμε σε μαθηματικές και αλγορίθμιμικές λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο οι παραπάνω μέθοδοι υπολογίζουν τα κατώφλια. Εμείς εδώ θα χρησιμοποιήσουμε τις τιμές των

κατωφλιών για την πιο απλή προσέγγιση Pocock. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II υπάρχει ένας πίνακας για τα κατώφλια αυτής της προσέγγισης για $\alpha=0.05$

{Η error spending approach προσφέρει μεγάλη ευελιξία, καθώς η πιθανότητα να συμβεί κάποιο σφάλμα ανάμεσα στις ημέρες του πειράματος είναι αυθαίρετη και τα σφάλματα που θα συμβούν κατανέμονται ομοιόμορφα ανάμεσα στις μέρες.}[8] Η διαδικασία που ακολουθείται στο group sequential design είναι η παρακάτω :

1. Επιλογή κατωφλιού significance level α (false positive στοιχείων)
2. Προσδιορισμός μεγέθους δείγματος N του πειράματος
3. Ανάλογα με το πλήθος των ελέγχων R που θα πραγματοποιηθούν το δείγμα χωρίζεται σε τμήματα μεγέθους n . $N=nR$
4. Επιλογή α -spending function για τον καθορισμό κατωφλιών Z_{score} . Πρακτικά επιλέγεται μια συνάρτηση(π.χ Pocock , O'brien-Fleming κ.α) και ανάλογα με τη συνάρτηση που επιλέχθηκε, μπορούμε να βρούμε τον πίνακα της στον οποίο παρουσιάζονται οι τιμές του κατωφλιού του Z_{score} για διάφορες τιμές του α και διάφορες τιμές του πλήθους των ελέγχων R .
5. Εκτέλεση Πειράματος
6. Σε κάθε έλεγχο i κατά την εκτέλεση του πειράματος, υπολογίζουμε το Z_{score} με τον τρόπο που αναφέρθηκε στην ενότητα 3.1.5.
7. Ελέγχουμε αν Z_{core} είναι μεγαλύτερο από την αντίστοιχη τιμή B_i (βρίσκεται από τους πίνακες Pocock για την Pocock α -spending function και από τους πίνακες O'brien-Fleming για την O'brien-Fleming α -spending function κοκ.) για το α και το N του i ελέγχου πειράματος. Το πείραμα σταματά αν $Z_{score} > B_i$.

Η μέθοδος που παρουσιάστηκε εδώ κάνει ένα αμφίπλευρο έλεγχο (two-sided test). Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε αλλαγή ή παρέμβαση σε ένα πείραμα μπορεί να επηρεάσει θετικά ή αρνητικά τα αποτελέσματα του. Αυτή προσέγγιση είναι πιο συντηρητική από αυτή που θεωρεί ότι οποιαδήποτε αλλαγή ή παρέμβαση σε ένα πείραμα μπορεί να επηρεάσει μόνο θετικά τα αποτελέσματα του. Γενικά οι έλεγχοι που θα γίνονται στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής θα είναι two-sided.

Στην ενότητα 3.2.2 εξηγείται πιο αναλυτικά πως χρησιμοποιείται η συγκεκριμένη μέθοδος για να εξάγουμε κάποιο συμπέρασμα για το αποτέλεσμα κάποιας ερώτησης μιας δημοσκόπησης.

3.2 Early Stopping

Σε πολλές έρευνες ή πειραματικές διαδικασίες, απαιτείται να περάσει αρκετός χρόνος ώστε να συγκλίνουν σε κάποιο τελικό αποτέλεσμα. Σε κάποιες όμως περιπτώσεις είναι δυνατό να πάρουμε ένα αποτέλεσμα το οποίο μπορεί να μας οδηγήσει σε ένα αρκετά ασφαλές συμπέρασμα πριν το τελικό σημείο ολοκλήρωσης της διαδικασίας, ενώ σε άλλες περιπτώσεις για οικονομία χρόνου και υπολογιστικών πόρων, τερματίζουμε τη διαδικασία πριν το σημείο ολοκλήρωσης της, όταν έχουμε φτάσει σε μια βέλτιστη λύση του προβλήματος (την ίδια που θα περνάμε αν περιμέναμε τη διαδικασία να ολοκληρωθεί). Η διαδικασία αυτή λέγεται early stopping. Early stopping διαδικασίες χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο μέρος αλγορίθμων και διαδικασιών που χρησιμοποιούνται σε πειραματικές διαδικασίες όλων των επιστημονικών πεδίων. Στην εφαρμογή μας χρησιμοποιείται μια απλή τεχνική early stopping η οποία παρουσιάζεται στην ενότητα 3.2.1. Στη συνέχεια στην ενότητα 3.2.2, εξηγείται πως έγινε A/B testing με

early stopping στην εφαρμογή μας, χρησιμοποιώντας το group sequential design (ενότητα 3.1.7). Early stopping διαδικασίες χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο μέρος αλγορίθμων και διαδικασιών που χρησιμοποιούνται σε πειραματικές διαδικασίες όλων των επιστημονικών πεδίων. Για αυτό το λόγο, ήταν αρκετά δύσκολο να βρούμε ερευνητικές εργασίες που να σχετίζονται άμεσα με το αντικείμενο της τρέχουσας διπλωματικής εργασίας. Στην ενότητα 3.2.3 παρουσιάζονται δύο papers που ασχολούνται με τρόπους επίλυσης των multi-armed bandit προβλημάτων. Η λογική της επίλυσης τέτοιων προβλημάτων μοιάζει με αυτή της τεχνικής early stopping που υλοποιήσαμε στην PP. Στην ενότητα 3.2.4, παρουσιάζονται μια σειρά από ερευνητικές εργασίες, οι οποίες θεωρήθηκε ότι είχαν μεγαλύτερη συνάφεια με το χώρο της πληροφορικής, της διαχείρισης δεδομένων και του machine learning σε σχέση με άλλες.

3.2.1 Early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης

Κάθε δημοσκόπηση έχει ένα μικρό ή μεγάλο σύνολο ερωτήσεων με τις απαντήσεις τους ή ένας εύρος δυνατών αριθμητικών απαντήσεων. Δημιουργείται μια καινούρια δημοσκόπηση με τις ερωτήσεις της και οι χρήστες ξεκινάνε να απαντάνε στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου της. Αρχικά σε κάθε ερώτηση τα διαστήματα εμπιστοσύνης όλων ή κάποιων απαντήσεων κάνουν overlap μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό δε μας επιτρέπει να βγάλουμε κάποιο συμπέρασμα για αυτές. Όμως όταν ψηφίσουν αρκετά άτομα σε κάποιες από αυτές τις ερωτήσεις τα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων τους δεν αλληλοεπικαλύπτονται και άρα υπάρχει μια ξεκάθαρη εικόνα των αποτελεσμάτων για αυτές τις ερωτήσεις και υπάρχει δυνατότητα άμεσης εξαγωγής συμπερασμάτων για αυτές. Συνεπώς, δεν χρειάζεται να μαζέψουμε άλλα δείγματα για αυτές. Για αυτό το λόγο ελέγχουμε σε κάθε ερώτηση, αν τα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων της έχουν overlaps και αν δεν έχουν η ερώτηση γίνεται expired και δεν παρουσιάζεται στους χρήστες που θα μπουν στο μέλλον να απαντήσουν το poll. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται σε ερωτήσεις όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία μόνο απάντηση, στην περίπτωση που ο χρήστης μπορεί να επιλέξει παραπάνω από μία απαντήσεις, η διαδικασία διαφοροποιείται λίγο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, δεν κοιτάμε αλληλεπικαλύψεις στα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων. Κάτι τέτοιο δεν έχει νόημα. Αυτό που πραγματικά είναι σημαντικό είναι να βρεθεί για κάθε απάντηση το διάστημα εμπιστοσύνης να επιλεγεί (το διάστημα αυτό μας λέει ότι μέσα στα όρια του είναι το ποσοστών των ατόμων στο σύνολο του πληθυσμού που θα διάλεγε την απάντηση αυτή) και το διάστημα εμπιστοσύνης να μην την επιλεγεί (το διάστημα αυτό μας λέει ότι μέσα στα όρια του είναι το ποσοστών των ατόμων στο σύνολο του πληθυσμού που δε θα διάλεγε την απάντηση αυτή). Για κάθε απάντηση ελέγχουμε αν τα δύο αυτά διαστήματα κάνουν overlap. Σε περίπτωση που μετά τους ελέγχους των διαστημάτων εμπιστοσύνης, δεν προκύπτουν overlap στις απαντήσεις όλων των ερωτήσεων των polls, τότε το poll γίνεται expired. Η αναλυτική περιγραφή της μεθόδου αυτής παρουσιάζεται στην ενότητα 9.1.

3.2.2 Χρήση Group Sequential Design για A/B testing με early stopping στην Polling Platform

Η μέθοδο που παρουσιάστηκε στην 3.1.7 προσαρμόστηκε κατάλληλα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πλατφόρμα δημοσκοπήσεων που υλοποιήσαμε στα πλαίσια

της διπλωματικής αυτής. Ακολουθεί μια γενική περιγραφή της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε:

1. Προσδιορισμός βασικών παραμέτρων της διαδικασία ελέγχου των ερωτημάτων:
 - o Significance level α (εδώ $\alpha=0.05$)
 - o Πλήθος ελέγχων R (εδώ 2. Επομένως για κάθε έλεγχο θα υπάρχει ένα κατώφλι B_i (B_1, B_2)
 - o Μέγεθος δείγματος ελέγχου n (εδώ $n=80$ απαντήσεις). Επομένως το συνολικό μέγεθος που θα χρησιμοποιείται, όταν θα γίνονται οι έλεγχοι μας είναι $N=160$ απαντήσεις.
 - o Frequentist method: Pocock.
 - o Ανάλογα με τις τιμές του α και του R , παίρνουμε από τον πίνακα της επιλεγμένης frequentist μεθόδου τις τιμές των B_i . Για frequentist method Pocock με $R=2$ και $\alpha=0.05$, προκύπτει από τον πίνακα 1 του παραρτήματος II ότι $B_1=B_2=2,1783$.
2. Για κάθε ερώτηση, μαζεύονται οι τελευταίες $N=160$ ψήφοι.
3. Αυτές οι ψήφοι χωρίζονται σε δύο σύνολα από 80 ψήφους
4. Για κάθε ένα από αυτά τα σύνολα, υπολογίζεται για κάθε απάντηση το πλήθος και το ποσοστό των ψήφων της.
5. Για κάθε ζεύγος απαντήσεων, υπολογίζεται το Z_{score} .
6. Αν για το πρώτο σύνολο, όλα τα Z_{score} που υπολογίστηκαν είναι μεγαλύτερο από B_1 και στο δεύτερο σύνολο, όλα τα Z_{score} που υπολογίστηκαν είναι μεγαλύτερα από B_2 τότε για τη συγκεκριμένη ερώτηση, έχουμε ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα και αυτή αφαιρείται από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης που ανήκει. Στην πραγματικότητα δεν υπολογίζουμε όλα τα Z_{score} . Αν βρεθεί κάποιο Z_{score} μικρότερο από το 2.1783, θεωρείται ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρο αποτέλεσμα για την συγκεκριμένη ερώτηση και η διαδικασία σταματάει.

Η αναλυτική περιγραφή της μεθόδου αυτής παρουσιάζεται στην ενότητα 9.3.

3.2.3 Ερευνητικές Εργασίες για multi-armed bandit προβλήματα

Στην ενότητα αυτή θα γίνει παρουσιάσει των papers [13] και [14].

3.2.3.1 Mortal Multi-Armed Bandits

{Στην δημοσίευση αυτή, διαμορφώνεται και μελετάται μια παραλλαγή του τυπικού k -armed bandit προβλήματος για τον τομέα της διαδικτυακής διαφήμισης που συνιστά ένα συνεχώς αυξανόμενο πόρο εσόδων για πολλούς web content providers και ad brokers. Οι διαδικτυακές διαφημίσεις εμφανίζονται σε διάφορα σημεία στις ιστοσελίδες, ωστόσο για να πληρωθούν οι ad brokers και οι web content providers, πρέπει οι χρήστες να κάνουν κλικ πάνω στις εικόνες των διαφημίσεων.

Επίσης, στον τομέα αυτό, τα ads (arms) έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής . Οι διαφημίσεις αυτές προβάλλονται μόνο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα είτε γιατί αφορούν κάποιο προϊόν ή υπηρεσία που πουλιέται για συγκεκριμένες εκδηλώσεις (timed-death) είτε γιατί η εταιρεία του προϊόντος δεν ήθελε να δώσει χρήματα για να συνεχίσει να διαφημίζεται το προϊόν της (budgeted-death).Ο χρόνος ζωής μιας διαφήμισης ακολουθεί μια εκθετική κατανομή με παράμετρο ρ και ο προσδοκώμενος χρόνος ζωής της $L=\rho^{-1}$.

Από όλα τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι οι ad brokers επιθυμούν να έχουν ένα τρόπο να επιλέγουν από ένα πολύ μεγάλο σύνολο διαφημίσεων εκείνες, για τις οποίες υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα στο διάστημα της ζωής τους να τις κάνουν κλικ οι χρήστες.

Έτσι επιχειρείται να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα επιλογής ads ως ένα πρόβλημα multi-armed bandit (MAB) το οποίο μοντελοποιεί ένα casino με k κουλοχέρηδες (one-armed bandit). Οι κουλοχέρηδες αυτοί έχουν διαφορετικές πιθανότητες κέρδους οι οποίες προφανώς είναι άγνωστες στο χρήστη. Ο στόχος του παίκτη είναι να βρει πόσες φορές και με ποια σειρά πρέπει να παίξει στα μηχανήματα για να επιτύχει το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος. Έτσι λοιπόν κάθε ad αποτελεί ένα one-armed bandit και η πιθανότητα να πατήσει ο χρήστης το ad ισοδυναμεί με την πιθανότητα κέρδους του. Το κρίσιμο trade-off που υπάρχει σε στρατηγικές MAB είναι αν θα γίνεται περισσότερο exploration (η διαδικασία επίλυσης του προβλήματος αφιερώνει περισσότερο χρόνο στο να ψάξει και να βρει καλύτερα arms) ή exploitation (εντοπίζεται ένα arm που αποδίδει πολύ καλές ανταμοιβές και χρησιμοποιείται αυτό όσο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα γίνεται). Για να προσδιοριστεί το trade-off, υπολογίζεται για κάθε arm η τιμή μιας συνάρτηση που εξαρτάται από το payoff και το L. Από τις τιμές που έχουν προκύψει επιλέγεται η μέγιστη ως trade-off μ^* .

Το πρόβλημα είναι ότι όταν το k είναι πολύ μεγάλο τότε ο χρόνος σύγκλισης των τυποποιημένων στρατηγικών MAB είναι πολύ μεγάλος (γραμμική συνάρτηση του k). Οι mortal multi-armed bandits στρατηγικές είναι μια παραλλαγή των MAB στρατηγικών και συγκλίνουν πιο γρήγορα από αυτές. Αυτό συμβαίνει γιατί στις δεύτερες δημιουργούνται τακτικά καινούρια ads(arms). Για την ανάλυση ενός mortal multi-armed προβλήματος εξετάζονται 2 περιπτώσεις:

- State-aware περίπτωση: αποτελεί την πιο απλή περίπτωση αλλά δεν είναι τόσο ρεαλιστική. Κάθε μηχάνημα παρέχει το προβλεπόμενο payoff(γενικά και στις δύο περιπτώσεις τα payoff προσδιορίζονται από μια γνωστή και στάσιμη αθροιστική κατανομή).Η συνάρτηση ανταμοιβής στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ντετερμινιστική.
- State-oblivious περίπτωση: είναι πιο ρεαλιστική. Η ανταμοιβή κάθε arm που χρησιμοποιείται είναι μια διωνυμική τυχαία μεταβλητή που δείχνει το πραγματικά αναμενόμενο payoff για το συγκεκριμένο μηχάνημα (στοχαστική συνάρτηση ανταμοιβής). Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η μέγιστη αναμενόμενη μέση ανταμοιβή ανά βήμα είναι μικρότερη στην περίπτωση αυτή από ότι στην state-aware περίπτωση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς περνάει ο χρόνος και συνεχίζεται να χρησιμοποιείται κάποιο arm, το payoff ,που αποδίδει στους ad-brokers, μειώνεται. Σε αυτή την ερευνητική εργασία, παρουσιάζεται ένας βέλτιστος αλγόριθμος για την state-aware περίπτωση που υπολογίζει ένα κρίσιμο κατώφλι πάνω από το οποίο η ανταμοιβή πέφτει αισθητά. Ο ίδιος αλγόριθμος επεκτείνεται και για τη δεύτερη περίπτωση δίνοντας μια λύση κοντά στη βέλτιστη. Πολλές φορές είναι αναπόφευκτο να ξεπεράσουμε το προσδιορισμένο από τους αλγόριθμους κατώφλι και τότε μειώνεται το linear regret(το payoff του καλύτερου ζωντανού arm που έχει βρεθεί από τον αλγόριθμο). Ακόμη,

προσδιορίζεται ένας ευρετικός τρόπος που προσαρμόζει τους κανονικούς MAB αλγορίθμους στα settings των mortal multi armed bandit περίπτωσεων. Ωστόσο είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι στην περίπτωση που ο αριθμός των στοιχείων στο σύνολο των διαφημίσεων είναι σταθερός ή τα payoff αλλάζουν πολύ αργά με το χρόνο, το πρόβλημα της επιλογής διαφημίσεων μπορεί να λυθεί ικανοποιητικά, χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε τυποποιημένο αλγόριθμο multi-armed bandit. Στο μοντέλο που παρουσιάζεται εδώ, υιοθετούνται οι παραπάνω δύο υποθέσεις, αν και στην πραγματικότητα, δεν ισχύουν. Για αυτό το λόγο το μοντέλο έχει τροποποιηθεί έτσι ώστε τα ads να μπορούν να «πεθάνουν» μόνο στο τέλος του κάθε βήματος και όσα πεθαίνουν αντικαθίσταται από νέα.

Σε αντίθεση με τις ρυθμίσεις των τυποποιημένων MAB στρατηγικών, στις ρυθμίσεις των mortal armed bandit στρατηγικών, η τιμή του regret ανά μονάδα χρόνου δε μπορεί να πέσει στο 0. Στο paper αυτό έχει υπολογιστεί ένα κάτω όριο της τιμής της μέσης ανταμοιβής ανά βήμα για κάθε αλγόριθμο στην περίπτωση state-aware με budgeted-time. Μπορούν να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις για να δειχθεί ότι αυτό το όριο διατηρείται για την περίπτωση state-oblivious με timed-death. Η ύπαρξη του ορίου αυτού αποδεικνύεται από το γεγονός ότι υπάρχουν συνεχώς διαθέσιμα καινούρια arms. Με βάση το γεγονός αυτό, αποδεικνύεται επίσης ότι οποιοσδήποτε αλγόριθμος που χρησιμοποιεί timed-death μοντέλο αποκτά τουλάχιστον ίδια ανά βήμα ανταμοιβή με οποιοδήποτε αλγόριθμο που χρησιμοποιεί budgeted-death μοντέλο.

Στη συνέχεια το paper παρουσιάζει μια σειρά αλγορίθμων που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για προβλήματα mortal multi-armed bandit. Για την περίπτωση state-aware, αναπτύχθηκε ένας βέλτιστος αλγόριθμος που στη συνέχεια τροποποιήθηκε για την περίπτωση state-oblivious ώστε να συγκλίνει και αυτός στο βέλτιστο regret. Μελετάται ακόμη μια προσέγγιση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οποιοδήποτε τυποποιημένο αλγόριθμο multi-armed bandit και μπορεί να βελτιώσει την απόδοση στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κάποια στρατηγική mortal-multi armed bandit. Πιο συγκεκριμένα στο paper χρησιμοποιούνται οι παρακάτω αλγόριθμοι:

- DETOPT αλγόριθμος: αποτελεί ένα βέλτιστο αλγόριθμο για την περίπτωση που η συνάρτηση ανταμοιβής είναι ντετερμινιστική. Επιλέγεται ένα arm και γίνεται pull και όσο η ανταμοιβή που δίνει είναι μεγαλύτερη από την τιμή του trade-off, συνεχίζει να χρησιμοποιείται.
- στοχαστικός αλγόριθμος: ο DETOPT τροποποιείται για την περίπτωση state-oblivious και γίνεται πιο στοχαστικός. Αντί να γίνεται pull ένα arm μια φορά και να χρησιμοποιείται όσο δίνει ανταμοιβή μεγαλύτερη από το trade-off, γίνεται η φορές pull και αν αθροιστικά η ανταμοιβή που δίνει είναι μεγαλύτερη από όσο η φορές το tradeoff τότε συνεχίζει και χρησιμοποιείται.
- στοχαστικός αλγόριθμος με early stopping: Επιλέγεται ένα arm και ξεκινάει ένα loop το οποίο εκτελείται στη χειρότερη η φορές και υπολογίζει την συνολική ανταμοιβή του arm. Το loop μπορεί να διακοπεί νωρίτερα σε περίπτωση που η διαφορά του η με τον αριθμό φορών που έχει εκτελεστεί το loop είναι μεγαλύτερη από τη διαφορά του n^*m^* με τη συνολική ανταμοιβή που δίνει μέχρι αυτή τη στιγμή το arm r. Σε περίπτωση που το $r > n^*m^*$ τότε το arm συνεχίζει να χρησιμοποιείται.

Σε αντίθεση με τις στρατηγικές mortal multi-armed bandit, ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι τυποποιημένοι αλγόριθμοι MAB είναι ότι χρειάζονται τόσα pulls όσα ο αριθμός των arms για να μπορέσουν να εγγυηθούν ότι θα συγκλίνουν σε ένα βέλτιστο arm. Ωστόσο οι MAB στρατηγικές αναγνωρίζουν καλύτερα arms από τις mortal multi-armed bandit και για αυτό το λόγο εφαρμόζεται σε αυτές η παρακάτω ευρετική μέθοδος. Επιλέγεται ένα υποσύνολο k/c arms με ομοιόμορφα τυχαίο τρόπο από το

σύνολο των arms στην αρχή της κάθε εποχής και στη συνέχεια εφαρμόζονται τα βήματα ενός τυποποιημένου αλγορίθμου multi-armed bandits μέχρι το τέλος της εποχής και στη συνέχεια η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Με αυτή την ευρετική μέθοδο, μειώνεται ο φόρτος εργασίας του αλγορίθμου, αφού του επιτρέπει να κάνει λιγότερες εξερευνήσεις για arms και να συγκλίνει πιο γρήγορα. Η ταχύτητα της σύγκλισης επηρεάζεται από το μέγεθος της εποχής και την επιλογή του υποσυνόλου των arms. Φαίνεται ότι ο MAB αλγόριθμος UCB1 k/c αποδίδει καλύτερα από τον UCB1 για mortal arms settings. Μια άλλη κατηγορία αλγορίθμων που έχει φανεί ότι αποδίδουν καλύτερα και συγκλίνουν γρήγορα είναι οι άπληστοι MAB αλγόριθμοι (MAB greedy algorithms). Εδώ για τα mortal bandits προβλήματα, θα χρησιμοποιηθεί ένας προσαρμοστικός άπληστος αλγόριθμος (adaptive greedy algorithm).

Στο τέλος του paper γίνεται μια συνολική αξιολόγηση των αλγορίθμων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για τα πειράματα που έγιναν ισχύουν τα παρακάτω:

- Η απόδοση του αλγόριθμου εξετάστηκε ως μιας συνάρτηση του προσδοκώμενου χρόνου ζωής των arms.
- Χρησιμοποιείται μοντέλο state-oblivious με time-death.
- Σε κάθε αλγόριθμο μια παράμετρο που μας ενδιέφερε ήταν το μέσο regret ανά βήμα.
- Έγιναν τρία πειράματα και σε κάθε ένα οι τιμές των payoffs παίρνονταν από μια διαφορετική κατανομή.
- Οι υπόλοιπες παράμετροι των αλγορίθμων βρίσκονταν εμπειρικά.

Με μια πρώτη ματιά, τα αποτελέσματα των πειραμάτων δείχνουν ότι οι τροποποιημένες εκδόσεις των ντετερινιστικών αλγορίθμων για state-oblivious περιπτώσεις είναι πιο αποτελεσματικές σε γενικές γραμμές και το κριτήριο early stopping επιτρέπεται σε arms με μικρό payoff να ολοκληρώσουν τον κύκλο ζωής τους γιατί είναι μικρός.

Αρχικά έγιναν πειράματα στα οποία οι τιμές των payoff πάρθηκαν από μια ομοιόμορφη κατανομή με όρια 0-1. Φαίνεται ότι ο UCB1 k/c αποδίδει καλύτερα από τον UCB1 και μπορεί να παράγει μικρότερο regret ανά βήμα γεγονός που είναι λογικό αφού περιορίζει την αναζήτηση του σε ένα υποσύνολο των arms. Ωστόσο, ο στοχαστικός αλγόριθμος έχει καλύτερη απόδοση από τον UCB1 k/c με τις καλύτερες παραμέτρους, ενώ ο στοχαστικός με early stopping έχει παρόμοια απόδοση με τον προσαρμοστικό άπληστο αλγόριθμο (adaptive greedy). Η απόδοση του adaptive greedy είναι η καλύτερη που επιτεύχθηκε από οποιοδήποτε αλγόριθμο.

Τα προηγούμενα αποτελέσματα προέκυψαν χρησιμοποιώντας μια ομοιόμορφη κατανομή για τα payoff. Το σενάριο αυτό όμως δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Για αυτό τα πειράματα επαναλήφθηκαν και αυτή τη φορά οι τιμές των payoffs πάρθηκαν από μια κατανομή Beta(1,3) η οποία τείνει να επιλέγει περισσότερες φορές χαμηλά payoffs και περιστασιακά επιλέγει υψηλά payoffs. Οι αλγόριθμοι κατατάσσονται με τον ίδιο τρόπο σε σχέση με την απόδοση τους δηλαδή ο adaptive greedy και ο στοχαστικός με early stopping έχουν την καλύτερη απόδοση και ακολουθούν ο στοχαστικός και μετά ο UCB1 k/c. Το regret είναι αυξημένο σε όλους τους αλγορίθμους με τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται στον UCB1. Τέλος τα πειράματα επαναλήφθηκαν για μια τελευταία φορά χρησιμοποιώντας μια κατανομή με πραγματικές διαφημίσεις και από αυτήν υπολογίστηκαν τα payoffs στο τελευταίο πείραμα. Τα regret/βήμα σε όλους του αλγορίθμους είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα των πρώτων πειραμάτων αλλά μικρότερο από τα αντίστοιχα των δεύτερων

πειραμάτων. Η κατάταξη των αλγορίθμων με βάση την απόδοση τους είναι ίδια με προηγουμένως.}[13]

3.2.3.2 Action Elimination and Stopping Conditions for the Multi-Armed Bandit and Reinforcement Learning Problems

{Στο paper αυτό ενσωματώνονται τα στατιστικά διαστήματα εμπιστοσύνης σε 2 από τα προβλήματα που έχουν μελετηθεί στον έλεγχο, στη θεωρία αποφάσεων και στη μάθηση σε άγνωστο περιβάλλον. Πρόκειται για τα multi-armed bandit (MAB) και το Reinforcement Learning (RL) προβλήματα. Στο paper αυτό χρησιμοποιούνται δύο μοντέλα τέτοιων προβλημάτων με τις κατάλληλες ρυθμίσεις και μέσα από αυτά επιχειρείται να δοθεί απάντηση σε κρίσιμα ζητήματα που υπάρχουν σε τέτοια προβλήματα όπως πότε μπορεί να σταματήσει η διαδικασία μάθησης σε ένα πράκτορα; Πότε μπορεί να ξεκινήσει να εκμεταλλεύεται την γνώση την οποία απέκτησε; Ποια στρατηγική πρέπει να επιλεγεί για να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος μάθησης ;

Ο στόχος κάθε πράκτορα είναι να βρει μια πολιτική που να οδηγεί με μεγάλη βεβαιότητα σε αποτελέσματα παρόμοια με αυτά που δίνει η βέλτιστη πολιτική (Probably Approximately Correct PAC settings). Οι προσεγγίσεις που παρουσιάζονται σε αυτό το paper έχουν λάβει υπόψη τον παραπάνω ισχυρισμό και παράλληλα διαφοροποιούνται σημαντικά με τις συμβατικές μεθόδους που λύνουν MAB και RL προβλήματα. Αναφέρονται δύο τυπικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστεί το trade-off ανάμεσα στο exploration (αναζήτηση νέων arms) και το exploitation (χρησιμοποίηση arms). Σε αυτό το paper, χρησιμοποιούνται κάποιες μέθοδοι που «εξαλείφουν» κάποιες ενέργειες (Action Elimination) που εκτελούνται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του αλγορίθμου του προβλήματος. Τέτοιες ενέργειες περιορίζουν το χρόνο εξερεύνησης στα MAB προβλήματα και μειώνουν το χρόνο μάθησης στα RL προβλήματα. Γενικά τα actions elimination μειώνουν το πλήθος του περιβάλλοντος που πρέπει να εξετάσει ένας πράκτορας και συνεπώς επιταχύνουν τη διαδικασία επίλυσης του προβλήματος και μειώνουν το κόστος της. Στο paper αυτό τα actions eliminations θέτουν άνω και κάτω όριο σε μια ποσότητα ή σε μια Q function.

Μετά την εισαγωγή στο paper, ακολουθεί μια ενότητα που ορίζει ένα τυπικό πρόβλημα multi-armed bandit. Στο πρόβλημα αυτό υπάρχει ένα σύνολο από arms και κάθε ένα από αυτά όταν επιλεχθεί, αποδίδει μια διαφορετική ανταμοιβή από τα υπόλοιπα. Στόχος είναι να βρεθεί η ακολουθία arms που θα μας δώσει συνολικά τη μεγαλύτερη ανταμοιβή. Προφανώς το καλύτερο arm είναι αυτό που δίνει τη μεγαλύτερη ανταμοιβή. Ένα arm του οποίου η ανταμοιβή απέχει ε από την ανταμοιβή του καλύτερου arm λέγεται ϵ -optimal arm.

Μια διαδικασία συνιστά ένα PAC αλγόριθμο με παραμέτρους ϵ και δ για ένα multi-armed bandit πρόβλημα με πολυπλοκότητα T , εάν όταν τελειώσει δίνει σαν έξοδο ένα ϵ -optimal arm με πιθανότητα $1-\delta$ και ο αριθμός των βημάτων που έχουν εκτελεστεί δεν είναι πάνω από T .

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι μαρκοβιανές διαδικασίες απόφασης (Markov Processes Decision MDP). Μια τέτοια διαδικασία αναπαρίσταται από ένα tuple (S,A,P,R) όπου S είναι ένα σύνολο καταστάσεων, το A είναι ένα σύνολο ενεργειών, το P εμπεριέχει όλες τις πιθανότητες μετάβασης από μια κατάσταση s σε μια s' , όταν εκτελείται μια ενέργεια a από το σύνολο A . Το $R(s,a)$ αποτελεί την ανταμοιβή που δίνεται όταν εκτελεστεί η ενέργεια a στην κατάσταση s . Όταν λοιπόν σε κάποιο πρόβλημα εκτελείται μια σειρά ενεργειών τότε στο τέλος οι ανταμοιβές που δίνονται

καθώς γίνεται η μετάβαση από τη μια κατάσταση στη άλλη συνδυάζονται σε μια τιμή που λέγεται return. Για τον υπολογισμό του return χρησιμοποιήθηκαν διάφορα μοντέλα:

- To discounted μοντέλο που δίνει το discounted return.
- To finite horizon μοντέλο που δίνει το finite horizon return.

Ορίζεται για κάθε κατάσταση σε μια πολιτική μια value function και για κάθε ζεύγος κατάστασης-ενέργειας (s, a) ορίζεται μια state-action value function Q . Στόχος του προβλήματος είναι η μεγιστοποίηση του return. Για το discounted return κριτήριο υπάρχει μια ντετερμινιστική και στάσιμη πολιτική που το κάνει αυτό. Ακόμη ορίζεται η greedy policy ως η πολιτική εκείνη που καταγράφει σε κάθε κατάσταση την δράση που μεγιστοποιεί την Q -function.

Στα προβλήματα που μελετιούνται σε αυτό το paper, συνήθως υπάρχει μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στο κάτω και στο άνω όριο που φράσουν μια μεταβλητή. Από τη στιγμή που μπαίνουν κάτω και άνω όρια για κάποιες μεταβλητές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ανισότητα του Hoeffding. Σύμφωνα με αυτή:

Θεωρείται ότι υπάρχουν n τυχαίες μεταβλητές X_1, X_2, \dots, X_n για τις οποίες υπάρχουν κάτω φράγματα a_1, a_2, \dots, a_n και άνω φράγματα b_1, b_2, \dots, b_n . Το άθροισμα αυτών των μεταβλητών συμβολίζεται με S . Για τις μεταβλητές αυτές και το άθροισμά τους ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$p\left\{\left|\frac{S}{n} - \frac{E(S)}{n}\right| \geq \varepsilon\right\} \leq \exp\left(-\frac{2\varepsilon^2 n^2}{\sum_{i=1}^n (b_i - a_i)^2}\right)$$

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο Naive (ε, δ) -PAC αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για επίλυση MAB προβλημάτων και έχει πολυπλοκότητα επιλογής δειγμάτων από τα arms $O((n/\varepsilon^2)\log(n/\delta))$. Ο αλγόριθμος παίρνει σαν εισόδους τις τιμές των ε και δ (θετικές τιμές). Χρησιμοποιεί το arm I φορές με:

$$l = \frac{4}{\varepsilon^2} \ln\left(\frac{2n}{\delta}\right)$$

και υπολογίζει τη μέση ανταμοιβή κάθε arm και δίνει σαν έξοδο το arm με τη μέγιστη μέση ανταμοιβή. Άκολουθεί η περιγραφή του successive elimination αλγορίθμου ο οποίο προσπαθεί να χρησιμοποιήσει κάθε arm το μικρότερο αριθμό φορών. Υπάρχουν δύο παραλλαγές αυτού του αλγορίθμου. Στην πρώτη, οι προσδοκώμενες ανταμοιβές των arms είναι γνωστές. Ο αλγόριθμος παίρνει σαν είσοδο μια παράμετρο δ και ένα σύνολο βαρών (biases set) των arms (p_1, p_2, \dots, p_n), ωστόσο δεν είναι γνωστό ποια ανταμοιβή αντιστοιχεί σε κάθε arm. Υπολογίζονται τα $\Delta_i = p_1 - p_i$. Ο στόχος του αλγορίθμου είναι να χρησιμοποιήσει κάθε arm για $(1/\Delta_i^2)\ln(n/\delta)$ φορές και μετά να τον πετάξει. Αρχικά, κάθε arm χρησιμοποιείται για $(1/\Delta_n^2)\ln(n/\delta)$ φορές. Στη συνέχεια πετιούνται τα arms με τις χαμηλότερες εμπειρικές ανταμοιβές και δεν ξαναχρησιμοποιούνται. Στην i -φάση του αλγόριθμου, έχουν επιβιώσει $n-i$ arms και χρησιμοποιούνται λ φορές:

$$\lambda = O\left(\left(\frac{1}{\Delta_{n-i}^2} - \frac{1}{\Delta_{n-i+1}^2}\right) \log\left(\frac{n}{\delta}\right)\right)$$

και στη συνέχεια εξαλείφεται εμπειρικά αυτός που θεωρείται χειρότερος. Η πρώτη παραλλαγή του αλγορίθμου λέγεται Successive Elimination with Known Biases και αποτελεί ένα $(0, \delta)$ -PAC αλγόριθμο με πολυπλοκότητα επιλογής δειγμάτων από τα arms:

$$O\left(\log\left(\frac{n}{\delta}\right) \sum_{i=2}^n \frac{1}{\Delta_i^2}\right)$$

Η δεύτερη παραλλαγή του αλγορίθμου λέγεται Successive elimination with unknown biases και σε αντίθεση με τον προηγούμενο αλγόριθμο, σε αυτόν δε χρειάζεται να είναι γνωστές οι προσδοκώμενες ανταμοιβές των arms ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τα arms οποιοδήποτε biases set. Ο αλγόριθμος αυτός συνιστά και αυτός έναν ένα $(0, \delta)$ -PAC αλγόριθμο με πιθανότητα τουλάχιστον 1-δ ο αριθμός των δειγμάτων να είναι φραγμένος από:

$$O\left(\sum_{i=2}^n \frac{\ln\left(\frac{n}{\delta\Delta_i}\right)}{\Delta_i^2}\right)$$

Σημειώνεται ότι οι successive elimination αλγόριθμοι εύκολα τροποποιούνται και γίνονται (ϵ, δ) -PAC αλγόριθμο. Ο αλγόριθμο σε αυτή την περίπτωση δε θα τερματίζει μόνο στην περίπτωση που επιβιώνει ένα μόνο arm αλλά και όταν έχουν επιβιώσει k arms τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί:

$$O\left(\frac{1}{\varepsilon^2} \log\left(\frac{k}{\delta}\right)\right)$$

Ο Median Elimination αποτελεί έναν ακόμη (ϵ, δ) -PAC αλγόριθμο και η πολυπλοκότητα της είναι: .

$$O\left(\frac{n}{\varepsilon^2} \log\left(\frac{1}{\delta}\right)\right)$$

Ο αλγόριθμος αυτό σε κάθε επανάληψη εξαλείφει τα μισά arms(επιλέγει από το σύνολο εκείνα με τη χειρότερη απόδοση). Δεν περιμένουμε με αυτή την προσέγγιση το arm που κρίνεται το καλύτερο και αποτελεί την έξιδο που δίνει ο αλγόριθμος να είναι όντως το καλύτερο, αλλά είναι σίγουρα ένα ϵ -βέλτιστο arm που έχει σίγουρα απόδοση καλύτερη από του ενδιάμεσου arm.

Στην επόμενη ενότητα, χρησιμοποιούνται οι αλγόριθμοι που βασίζονται στους προηγούμενους MAB αλγόριθμους για την επίλυση RL προβλημάτων. Αρχικά, παρουσιάζονται μέθοδοι μάθησης όπου πρώτα ακολουθείται μια διαδικασία μάθησης για να προσδιοριστούν οι παράμετροι του μοντέλου. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται κάποια μέθοδο (value iteration, policy iteration, γραμμικός προγραμματισμός) με την οποία μέσα από το εκπαιδευμένο μοντέλο μπορεί να βρεθεί η βέλτιστη πολιτική για το εμπειρικό μοντέλο. Αν έχει γίνει αρκετή εξερεύνηση του μοντέλου, τότε η πολιτική αυτή είναι σχεδόν πάντα βέλτιστη για το πραγματικό μοντέλο. Σημειώνεται ότι υπάρχει μια εγγενής διαφορά ανάμεσα στο finite horizon και στο infinite discounted return. Από τεχνικής άποψης, το finite horizon return είναι πιο απλό από το discounted return, καθώς με αυτό μπορεί να εφαρμοσθεί απευθείας η ανισότητας συγκέντρωσης. Παρέχονται αλγόριθμοι βασισμένοι σε μοντέλα και για τις δύο περιπτώσεις. Για την περίπτωση infinite horizon, παρέχονται κάποιες εκτιμήσεις για την πιο χαμηλή και την πιο υψηλή τιμή μιας value function. Μάλιστα έχει αποδειχθεί ότι η πιθανότητα αυτές οι

εκτιμήσεις είναι σωστές είναι μεγάλη. Η διαδικασία που ακολουθεί ο model-based αλγόριθμος AE παρέχει και αυτή μια συνθήκη τερματισμού της εκπαίδευσης του μοντέλου και ταυτόχρονα περιορίζει τις ενέργειες που μπορεί να κάνει αυτό. Αυτές αποδεικνύεται με μεγάλη πιθανότητα ότι δεν είναι βέλτιστες. Όταν ολοκληρωθεί ο αλγόριθμος AE τότε επιστρέφει μια πολιτική π που είναι με πιθανότητα τουλάχιστον 1-δ ε-βέλτιστη.

Υπάρχουν και τα μοντέλα τα οποία δεν χρησιμοποιούν κάποια διαδικασία μάθησης (model-free learning). Στους αλγόριθμους που χρησιμοποιούν τέτοια μοντέλα, επιχειρείται να βρεθεί απευθείας η Q-function χωρίς να μεσολαβήσει κάποια διαδικασία μάθησης του μοντέλου. Στο paper περιγράφεται ένας τέτοιος ασύγχρονος αλγόριθμος που εξαλείφει τις ενέργειες και παρέχει κάποιες συνθήκες τερματισμού. Αυτός ο αλγόριθμος απαιτεί χώρο ανάλογο με αυτό που απαιτεί το Q-learning και συγκλίνει κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Ο Q-learning αλγόριθμος όπως έχει αναφερθεί, εκτιμά την state-action value function. Έχουν υπολογιστεί εκτιμήσεις για την κατώτερη και την ανώτερη τιμή της Q-function. Οι εκτιμήσεις αυτές χρησιμοποιούνται από model free AE αλγόριθμο, ο οποίος ξεφορτώνεται τις ενέργειες που δεν είναι βέλτιστες, όποτε είναι δυνατό αυτό. Επιπλέον παρέχει μια συνθήκη τερματισμού που διασφαλίζει μια κατά προσέγγιση βέλτιστη πολιτική. Αυτός ο αλγόριθμος όπως και ο προηγούμενο, όταν ολοκληρωθεί, επιστρέφει μια πολιτική π που είναι με πιθανότητα τουλάχιστον 1-δ ε-βέλτιστη.

Στην επόμενη ενότητα εκμεταλλευόμαστε πλήρως τη σύνδεση που υπάρχει ανάμεσα στα MAB προβλήματα και τη μάθηση σε μαρκοβιανές διαδικασίες απόφασης. Σε αντίθεση με το Q-learning που χωρίζει τη διαδικασία της μάθησης σε φάσεις, εδώ η διαδικασία γίνεται με παραλληλοποίηση γεγονός που επιτρέπει στον decision maker να μπορεί να επιλέξει κάθε ζεύγος κατάστασης και ενέργειας. Χρησιμοποιείται ένα MAB black-box για να εκτελεστούν οι ενημερώσεις για κάθε κατάσταση και φάση του phased Q-learning αλγόριθμου. Το παράλληλο μοντέλο δειγματοληψίας που περιγράφεται παραπάνω, δεν είναι ρεαλιστικό και θεωρητικά, αποτελεί ένα απλοποιημένο μοντέλο MDP, που ωστόσο εξακολουθεί να καλύπτει σημαντικές πτυχές του προβλήματος. Πρακτικά, ένα τέτοιο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τέτοια προβλήματα, όταν η δειγματοληψία από διαφορετικές καταστάσεις είναι φθηνή. Σε μια τέτοια περίπτωση, ο βασικός στόχος είναι η μείωση των δειγμάτων που χρειάζονται για να βρεθεί μια βέλτιστη ή προσεγγιστικά βέλτιστη πολιτική. Σε κάθε κατάσταση, πρέπει να βρεθεί η ενέργεια που μεγιστοποιεί την αναμενόμενη ανταμοιβή. Ο phased Q-learning αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην επίλυση ενός MAB προβλήματος (εύρεση βέλτιστου arm) με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποιείται ο ηανε αλγόριθμος.

Ο υβριδικό MAB Phased Q-learning αλγόριθμος χρησιμοποιεί σαν black box στην διαδικασία της μάθησης σε ένα οποιοδήποτε (ϵ, δ) -PAC Multi-armed bandit αλγόριθμο B. Λαμβάνει ως είσοδο το (ϵ, δ) και επιστρέφει μια πολιτική π που είναι ϵ -βέλτιστη με πιθανότητα τουλάχιστον 1-δ. Ο αλγόριθμος B τερματίζει μετά από $T_B(\epsilon, \delta)$ βήματα όπου $T_B(\epsilon, \delta)$ είναι η πολυπλοκότητα επιλογής arms.

Στην τελευταία ενότητα του paper παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων που έγιναν. Δείχνονται 4 τύποι MDP στους οποίους ο αριθμός των δειγμάτων που χρησιμοποιούνται από AE διαδικασίες είναι σημαντικά μικρότερος από τον αριθμό δειγμάτων που χρησιμοποιούνται από μια κοινή διαδικασία Q-learning ή μια διαδικασία ϵ -greedy Q-learning. Τα δύο μοντέλα του free AE αλγόριθμου και του κανονικού Q-learning, επιλέγουν μια ενέργεια σε κάθε κατάσταση με ομοιόμορφα τυχαίο τρόπο.

Στο πρώτο πείραμα, το MDP χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει ένα πρόβλημα ουράς που εμφανίζεται σε differentiated services. Σε κάθε χρονική στιγμή λαμβάνονται

και αποστέλλονται πακέτα σύμφωνα με κάποια κατανομή. Υπάρχουν εισερχόμενα πακέτα με διαφορετικές τιμές τα οποία τοποθετούνται σε μια FIFO ουρά πριν σταλθούν. Ο βασικός περιορισμός είναι ότι με το που φτάνει το πακέτο, είτε γίνεται αποδεκτό είτε απορρίπτεται και επομένως μετά από κάποιο σημείο τα αποδεκτά πακέτα είναι τόσα που δε χωράνε στο buffer. Στο πείραμα αυτό το πρόβλημα μοντελοποιείται μέσω μιας discounted MDP με discount παράγοντα 0.99 και συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του model-free αλγόριθμου με αυτά του ϵ -greedy Q-learning για διάφορες τιμές του ϵ . Προέκυψε ότι τα καλύτερα αποτελέσματα δίνονται με $\epsilon=0.1$. Επίσης, φαίνεται ότι όχι μόνο ο AE Q-learning έχει καλύτερα αποτελέσματα αλλά έχουν και μικρότερες διακυμάνσεις στο χρόνο και στην value function γεγονός που δείχνει ότι επιλέγει ενέργειες που είναι βέλτιστες ή είναι κοντά στις βέλτιστες.

Στο δεύτερο πείραμα παράγονται με τυχαίο τρόπο δύο τύποι από τυχαίες μαρκοβιανές διαδικασίες απόφασης. Ο πρώτος τύπος αποτελεί μια αραιή MDP, όπου κάθε ενέργεια μπορεί να φτάσει μόνο σε τρεις καταστάσεις ενώ ο δεύτερος μια πυκνή MDP, όπου η κατανομή της επόμενης κατάστασης επιλέγεται τυχαία για κάθε ζεύγος κατάστασης-ενέργειας και μπορεί να περιλαμβάνει όλες τις καταστάσεις. Η άμεση ανταμοιβή και για τις δύο διαδικασίες, επιλέγεται τυχαία από το διάστημα [0,10]. Σε αυτό το πείραμα ο AE Q-learning αλγόριθμος χρησιμοποιεί περίπου τα μισά δείγματα σε σχέση με το Q-learning για να πετύχει την ίδια ακρίβεια με αυτό.

Τέλος, γίνεται ένα πείραμα που χρησιμοποιεί μια μαρκοβιανή διαδικασία απόφασης για να αναπαραστήσει ένα ακόμη πραγματικό πρόβλημα. αυτό της αντικατάστασης αυτοκινήτων του Howard. Το πρόβλημα αυτό περιλαμβάνει 40 καταστάσεις και 41 ενέργειες. Χρησιμοποιείται ο model free AE Q-learning αλγόριθμος με discount παράγοντα 0.833 και ο κανονικός Q-learning αλγόριθμος. Τα αποτελέσματα του AE Q-learning είναι πάλι σημαντικά καλύτερα από κανονικού Q-learning αλγόριθμου. Γενικά διαπιστώθηκε ότι και στις τρεις περιπτώσεις, ο AE Q-learning είναι σημαντικά πιο γρήγορος από τον κανονικό Q-learning.

Συνοψίζοντας σε αυτό paper, εξετάστηκαν τα MAB και RL προβλήματα με PAC settings. Είδαμε ότι σε ένα bandit πρόβλημα με n arms, αρκεί να γίνουν pull τα arms k φορές με k :

$$k = O\left(\frac{n}{\varepsilon^2} \log\left(\frac{1}{\delta}\right)\right)$$

για να βρεθεί ένα ε -βέλτιστο arm με πιθανότητα τουλάχιστον 1- δ . Για τους αλγόριθμους RL, σχεδιάστηκαν actions elimination και συνθήκες τερματισμού που βασίστηκαν στην εκτίμηση κάτω και πάνω κατωφλιών για την value ή την Q function. Τέλος από τα πειράματα που έγιναν προκύπτει ότι η επίλυση των προβλημάτων γίνεται πιο γρήγορα με τον AE Q-learning αλγόριθμο από ότι με τον κανονικό Q-learning.}[14]

3.2.4 Άλλες ερευνητικές εργασίες για early stopping

Στην ενότητα αυτή θα γίνει παρουσιάσει των papers [19],[20] και [21],[22].

3.2.4.1 Learning gradients via an early stopping gradient descent method

{Η επιλογή μεταβλητών και στοιχείων είναι ένα βασικό θέμα της στατιστικής που έχει ως στόχο τη μείωση των διαστάσεων ενός χώρου. Για το συγκεκριμένο θέμα έχουν ασχοληθεί πολύ ερευνητές και υπάρχει πολύ βιβλιογραφία όπως η μέθοδος που προτάθηκε στο [15] από τους Mukherjee και Zhou. Η βασική ιδέα αυτής της μεθόδου για την επιλογή μεταβλητών είναι να συγκρίνει τα μέτρα των μερικών παραγώγων της συνάρτησης που κάνει το regression του προβλήματος. Μετά από αυτή την εργασία οι Dong και Zhou στο [16], χρησιμοποίησαν μια gradient descent μέθοδο για να μειώσουν την υπολογιστική πολυπλοκότητα της μεθόδου που χρησιμοποιούσαν. Στη συνέχεια οι Mukherjee και Wu στο [17], μελέτησαν μια γενική κλάση των loss functions και έφτιαξαν τους αντίστοιχους αποδοτικούς αλγόριθμους προβλημάτων κατηγοριοποίησης. Ο Mukherjee μελέτησε στο [18], το gradient learning problem με πολλούς τρόπους ώστε να καλύψει πλήρως τις πολλαπλές σημασίες των ιδιοτήτων του χώρου δεδομένων. Τα επίπεδα μάθησης ήταν χαμηλά, όταν ο χώρος δεδομένων εισόδου είναι μεγάλων διαστάσεων. Ο στόχος αυτού του paper είναι να προτείνει και να μελετήσει τον αλγόριθμο early stopping για gradient learning. Ο αλγόριθμος υπολογίζει τα μέτρα των μερικών παραγώγων σε κάποιους χώρους συναρτήσεων και με βάση τη σειρά κατάταξης τους, επιλέγει τις «χρήσιμες» ή «σχετικές» μεταβλητές. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μια τεχνική early stopping αντί του Tikhonov regularization για να αποφύγει το overfitting .}

Τα επίπεδα μάθησης εξαρτώνται από τις διαστάσεις του εξεταζόμενου χώρου και ορίζονται να είναι έγκυρα για οποιαδήποτε διάσταση του χώρου εισόδου. Αυτό που επιτυγχάνεται με τον καινούριο αλγόριθμο που παρουσιάζεται σε αυτό το paper είναι ότι τα επίπεδα μάθησης έχουν power index δηλαδή είναι υψηλέντα εις την θ δύναμη και όχι εις την η(διάσταση χώρου), όταν το η είναι μεγάλο.}[19]

3.2.4.2 Statistical Criteria for Early Stopping of Support Vector Machines

{Το paper προτείνει τη χρήση στατιστικών κριτηρίων για early stopping σε Support Vector Machines τόσο για προβλήματα παλινδρόμησης όσο και για προβλήματα κατηγοριοποίησης. Η μέθοδος που προτείνεται εδώ μειώνει τον αριθμό υπολογιστικών προσπαθειών που απαιτούνται για την επίλυση του προβλήματος χωρίς ωστόσο να υπάρχει κάποια σημαντική διαφορά σε θέματα απόδοσης και sparsity.

Αρχικά δίνεται ένας ορισμός για τα SVMs (Support Vector Machines) και εξηγείται ποια προβλήματα προσπαθούν να επιλύσουν και με ποιο τρόπο τα επιλύουν. Τα SVM είναι αποδοτικές μέθοδοι για μη γραμμική κατηγοριοποίηση και παλινδρόμηση και έχουν χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα σημαντικών εφαρμογών την τελευταία δεκαετία. Αυτό που κάνουν είναι να ανάγουν το μη γραμμικό πρόβλημα σε ένα πρόβλημα τετραγωνικού προγραμματισμού. Όμως σε αυτή την περίπτωση καταναλώνονται πολλοί πόροι, όταν στο πρόβλημα υπάρχει μεγάλος αριθμός διαθέσιμων δειγμάτων. Έχουν χρησιμοποιηθεί δύο προσεγγίσεις σε προβλήματα μεγάλης κλίμακας για να λυθεί το συγκεκριμένο ζήτημα και να επιτευχθεί γρήγορη σύγκλιση:

- Chunking(decomposition) μέθοδοι
- Επαναληπτικές μέθοδοι: όλες αυτές οι μέθοδοι προσπαθούν με επαναληπτικές διαδικασίες να βρούνε το ελάχιστο σε κάποια συνάρτηση. Για τέτοιες

επαναληπτικές διαδικασίες τίθεται ένα όριο ανοχής για το σφάλμα. Αν το σφάλμα ξεπεράσει αυτό το κατώφλι, η διαδικασία σταματάει. Το πρόβλημα είναι ότι όταν η συνάρτηση πλησιάζει τη βέλτιστη λύση, η συνάρτηση λάθους αρχίζει να εξασθενεί με αργούς ρυθμούς γεγονός που καθυστερεί την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Για αυτό το λόγο προτείνεται ο τερματισμός της επαναληπτικής διαδικασίας να γίνεται όταν η κατανομή των λαθών σταματήσει να αλλάζει σύμφωνα με τις ροπές του λάθους και όχι με βάση κάποια συγκεκριμένη τιμή ενός κατωφλιού.

Για το early stopping έχουν γίνει πολλές έρευνες και έχουν ληφθεί διάφοροι παράγοντες υπόψη για τον τερματισμό της διαδικασίας (π.χ. σφάλμα εκπαίδευσης, πολυπλοκότητα μοντέλου, μέγεθος δείγματος, εκτιμώμενη διασπορά θορύβου κ.α.). Ωστόσο η μέθοδο που προτείνεται εδώ βασίζεται σε στατιστικά πάνω στην κατανομή σφαλμάτων εκπαίδευσης. Με αυτό τον τρόπο, αυτή η μέθοδο early stopping αποκτάει ισχυρά χαρακτηριστικά που τις επιτρέπουν να:

- Ελέγχει τα trade offs μεταξύ του εμπειρικού κινδύνου και της πολυπλοκότητας του μοντέλου. Αυτό γίνεται με την επιλογή του ελάχιστου αριθμού support vectors.
- Επιτυγχάνει μια ελαφρώς αμετάβλητη κατανομή του λάθους εκπαίδευσης, με την επιλογή του ελάχιστου αριθμού support vectors.

Με την προτεινόμενη μέθοδο, η επαναληπτική διαδικασία σταματάει πριν φτάσει στο σημείο κορεσμού που συμβαίνει όταν το σφάλμα εκμάθησης ικανοποιεί τις συνθήκες που επιβάλλονται στην πρώτη ή δεύτερη παράγωγο της διακριτοποιημένης μορφής κάποιας ροπής σφάλματος σε κάποια από τις επαναλήψεις $Z(r)$. Αυτό όμως δημιουργούσε εξαρτήσεις μεταξύ των μεταβλητών και για αυτό οι συνθήκες επιβάλλονται στις κανονικοποιημένες παραγώγους. Η εκπαίδευση συνεχίζεται σε περίπτωση που οι αλλαγές στις ροπών του σφάλματος είναι μεγάλες αλλιώς σταματάει.

Στο πείραμα με την παλινδρόμηση, επιχειρήθηκε να λυθεί το πρόβλημα προσέγγισης της συνάρτησης $\sin c$ που οι τιμές της έχουν επηρεαστεί από γκαουσιανό θόρυβος. Η διαδικασία σταματάει όταν η διακριτή μορφή της πρώτης παραγώγου της ροπής της συνάρτησης σφάλματος υπερβεί ένα άνω όριο το οποίο ορίζεται με βάση μια σύνθετη συνθήκη στην τρίτη και τέταρτη κεντρική ροπή του σφάλματος.

Ο αριθμός των support vectors προσδιορίζεται στις πρώτες επαναλήψεις. Στις υπόλοιπες επαναλήψεις, προσδιορίζονται οι τελικές θέσεις των support vectors ενώ ο αριθμός τους και το σφάλμα μάθησης μένουν ίδια.

Γενικά η κατανομή σφάλματος παρουσιάζει κάποιες ταλαντώσεις στις πρώτες επαναλήψεις και παρατηρήθηκε ότι η μονοτονία των υψηλών ροπών σφάλματος αλλάζει στο τελικό στάδιο σύγκλισης. Έτσι καλό είναι τα κατώφλια να ορίζονται σε αυτό στάδιο ώστε να φθίνει αργά η συνάρτηση σφάλματος και να εξασφαλίζεται η σταδιακή αλλαγή των ροπών σφάλματος.

Έγιναν πειράματα όπου επιβλήθηκαν σύνθετες συνθήκες στις ροπές σφάλματων αλλά έγιναν και άλλα στα οποία επιβλήθηκε μία μόνο συνθήκη σε κάποια συγκεκριμένη ροπή σφάλματος. Παρατηρήθηκε ότι και στις δύο περιπτώσεις η απόδοση και ο αριθμός των επαναλήψεων ήταν παρόμοια. Σημειώνεται ότι για υψηλό επίπεδο θορύβου χρειάζονται περισσότερα support vectors. Τα καλά αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης επιβεβαιώθηκαν στο στάδιο testing, όπου το accuracy και ο αριθμός των support vectors είναι πολύ κοντά για όλες τις στρατηγικές.

Για το πρόβλημα κατηγοριοποίησης στο UCI dataset, χρησιμοποιείται SVM με RBF kernel. Οι βέλτιστοι παράμετροι για το πρόβλημα αυτό αλλά και για το παραπάνω

πρόβλημα προσδιορίζονται με 8-fold cross validation. Στην εκπαίδευση των μοντέλων χρησιμοποιούνται early stopping και standard tolerance-based κριτήρια.

Ο υπολογιστικός φόρτος είναι μικρότερο όταν χρησιμοποιούνται early stopping κριτήρια παρόλο που αυτά απαιτούν μεγάλο αριθμό support vectors. Ο μεγάλος αριθμός support vectors που απαιτείται στο early stopping δε συνιστά σημαντικό μειονέκτημα αφού η early stopping διαδικασία επιτυγχάνει το ίδιο accuracy ενώ υπερέχει από τους συνηθισμένους αλγορίθμους σε χρόνο CPU. Μια σημαντική παρατήρηση είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα να λάβουμε παρόμοια αποτελέσματα για το sparsity για τις περιπτώσεις που γίνεται χρήση early stopping και για αυτές που δεν γίνεται χρήση του, όταν χρησιμοποιούνται κριτήρια ροπών τρίτης ή τέταρτης τάξης από ότι όταν χρησιμοποιούνται κριτήρια ροπών πρώτης ή δεύτερης τάξης. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο παράγοντας επιτάχυνσης. Για να βρεθεί το καλύτερο trade-off ανάμεσα στο sparsity και στον αριθμό των επαναλήψεων, πρέπει να υπολογιστεί ο λόγος λοξότητας προς κύρτωση.

Συνοψίζοντας από τα αποτελέσματα της χρήσης της προτεινόμενης μεθόδου early stopping σε SVM για προβλήματα παλινδρόμησης και κατηγοριοποίησης προκύπτει ότι:

- Οι προτεινόμενες μέθοδοι έχουν παρόμοιο accuracy με τους tolerance-based αλγορίθμους
- Οι προτεινόμενες μέθοδοι χρειάζονται λιγότερους υπολογιστικούς πόρους από τους tolerance-based αλγορίθμους
- Τα early stopping κριτήρια σε SVM μπορούν να εφαρμοσθούν εύκολα σε οποιαδήποτε τεχνική gradient descent όπως ο backpropagation σε ένα πολυεπίπεδο perceptron δίκτυο ή στο πλαίσιο του sparse bayesian learning.} [20]

3.2.4.3 Early Stopping | but when? Automatic Early Stopping Using Cross Validation: Quantifying the Criteria

Τα δύο αυτά papers [21] και [22] είναι του Lutz Prechelt και επειδή αποτελούν κομμάτια της ίδιας έρευνας και υπάρχει μεγάλη συνάφεια στο περιεχόμενο τους θεωρήθηκε ότι έπρεπε να μελετηθούν μαζί.

Για ένα νευρωνικό δίκτυο, αυτό που μας ενδιαφέρει είναι να έχει βέλτιστη απόδοση και να μπορεί να γενικευτεί η χρήση του για κάθε πιθανή περίπτωση στην εφαρμογή που χρησιμοποιείται. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί, ακόμα και σε περιπτώσεις που το σφάλμα εκπαίδευσης είναι πάρα πολύ μικρό. Με άλλα λόγια, ο στόχος που πρέπει να επιτευχθεί είναι: για ένα σύνολο παραδειγμάτων που το νευρωνικό δεν έχει δει κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης του, το ποσοστό των λανθασμένων προβλέψεων είναι πολύ μικρό. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί, ακόμα και σε περιπτώσεις που το σφάλμα εκπαίδευσης είναι πάρα πολύ μικρό. Για την ακρίβεια, η συνεχής μείωση του σφάλματος εκπαίδευσης δεν συνοδεύεται πάντα από βελτίωση της γενικότερης συμπεριφοράς του δικτύου. Μετά από κάποιο σημείο το λάθος εκπαίδευσης συνεχίζει να μειώνεται αλλά η γενικότερη συμπεριφορά του δικτύου χειροτερεύει. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι το δίκτυο μετά από κάποιο σημείο προσαρμόζεται πλήρως στα χαρακτηριστικά του dataset εισόδου και αδυνατεί να αποκριθεί σωστά σε οποιοδήποτε

άλλο dataset. Αυτό το φαινόμενο λέγεται overfitting. Οι κοινές αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων, όπως τα πολυεπίπεδα πλήρως διασυνδεδεμένα δίκτυα perceptron, υποφέρουν από overfitting, εξαιτίας του τεράστιου χώρου παραμέτρων που έχουν. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το training error δεν ταυτίζεται με το generalized error.

Σε κάθε πρόβλημα εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων, υπάρχει ένα διαθέσιμο dataset για εκπαίδευση που χωρίζεται σε ένα training set, ένα validation set και ένα test set. Το training set είναι αυτό που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τον υπολογισμό των βαρών του δικτύου. Η εκπαίδευση σταματάει όταν το validation error πιάσει μια ελάχιστη τιμή και μετά δούμε ότι αρχίζει να αυξάνεται ξανά. Κρατιούνται τα βάρη της επανάληψης που βρέθηκε το ελάχιστο validation error. Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η συνάρτηση του validation error δεν έχει συγκεκριμένη δομή. Μπορεί να έχει ένα ελάχιστο ή μπορεί να έχει πολλά τοπικά ελάχιστα, να έχει βουνά και κοιλάδες διαφορετικού ύψους, πλάτους και σχήματος. Σε κάθε περίπτωση δεν γίνεται να εντοπιστεί το ολικό ελάχιστο της συνάρτηση validation error. Για αυτό το λόγο το μόνο που μπορούμε να κάνουμε είναι να επιλέξουμε να σταματήσουμε την εκπαίδευση τη στιγμή που το validation error πιάνει κάποια ελάχιστη τιμή η οποία θεωρούμε ότι κάνει την καλύτερη εκτίμηση του generalized error. Αυτό γίνεται εντελώς εμπειρικά. Στην περίπτωση που τα δεδομένα είναι αντιπροσωπευτικά, το validation error δεν επηρεάζεται από την απόδοση του δικτύου.

Για να εντοπιστεί η χρονική στιγμή που ξεκινάει το overfitting κατά τη διάρκεια της επιβλεπόμενης εκπαίδευσης των νευρωνικών δικτύων, χρησιμοποιείται cross validation. Το overfitting δεν εντοπίζεται τις φορές που το validation set δεν είναι αντιπροσωπευτικό του προβλήματος.

Πολλές φορές, για να αποφευχθεί το overfitting, απαιτείται να σταματήσει πρόωρα η εκπαίδευση(early stopping), παρόλο που δεν υπάρχει σύγκλιση σε κάποια βέλτιστη λύση. Το κριτήριο πρόωρου τερματισμού συνήθως προσδιορίζεται ανάλογα με την περίπτωση και το είδος της εφαρμογής. Σε αυτά τα paper επιχειρείται να βρεθεί ένα συστηματικός τρόπος προσδιορισμού του κριτηρίου early stopping.

Γενικά για την αντιμετώπιση του προβλήματος του overfitting υπάρχουν 2 τρόποι:

- μείωση αριθμού διαστάσεων του χώρου παραμέτρων (greedy constructive learning, pruning, weight sharing)
- μείωση του effective size κάθε διάστασης(regularization, early stopping)

Το early stopping προτιμάται περισσότερο έναντι των άλλων τεχνικών γιατί είναι πιο απλό στην κατανόηση και στην υλοποίηση. Επιπλέον έχει αποδειχθεί σε πολλές περιπτώσεις ότι είναι καλύτερο από μεθόδους regularization. Υπάρχουν διάφορα κριτήρια early stopping. Όλα αυτά τα κριτήρια κάνουν ένα trade-off ανάμεσα στο χρόνο εκπαίδευσης και στο generalization error. Το καλύτερο κριτήριο είναι εκείνο που εξασφαλίζει το μικρότερο σφάλμα γενίκευσης και την καλύτερη απόδοση.

Σε αυτό το paper περιγράφονται τρεις κλάσεις κριτηρίων early stopping. Για να αναφερθούμε όμως σε αυτές πρέπει να οριστούν κάποια μεγέθη:

- **Generalization loss GL:** για μια εποχή t , το μέγεθος αυτό ορίζεται ως το ποσοστό της σχετικής αύξησης του validation error σε σχέση με το ελάχιστο validation error που έχει βρεθεί μέχρι εκείνη τη στιγμή. Σε περίπτωση που έχει μεγάλη τιμή σημαίνει ότι πρέπει να σταματήσει η εκπαίδευση γιατί γίνεται overfitting. Έτσι λοιπόν τώρα μπορεί να οριστεί η πρώτη κλάση κριτηρίων **early stopping**. Σε αυτή η εκπαίδευση σταματά όταν το GL ξεπεράσει κάποιο κατώφλι.

- Βέβαια σε περιπτώσεις που η εκπαίδευση εξελίσσεται πολύ γρήγορα, ξεπερνάει και το GL γρήγορα το οριζόμενο κατώφλι. Σε τέτοιες περιπτώσεις δεν σταματάμε την εκπαίδευση αλλά θεωρείται ότι το overfitting δεν ξεκινά μέχρι τη στιγμή που το σφάλμα να αρχίσει να πέφτει αργά. Για να εντοπιστεί πότε συμβαίνει αυτό, ορίζεται ένα strip μεγέθους k που αποτελείται από μια ακολουθία k διαδοχικών εποχών. Μετά από ένα τέτοιο training strip, μετριέται η **πρόοδος της εκπαίδευσης $P(\%)$** , η οποία δείχνει μέσα στο strip πόσο μεγαλύτερο είναι το μέσο validation error σε σχέση με το ελάχιστο validation error. Η πρόοδος της εκπαίδευσης είναι μεγάλη σε ασταθείς φάσεις, γεγονός που συμβαίνει λόγω jitter στους training αλγόριθμους, το οποίο οφείλεται σε μεγάλα άλματα στο χώρο των βαρών. Συνήθως η πρόοδος της εκπαίδευσης προσεγγίζει το 0 εκτός αν είναι όλη η εκπαίδευση ασταθής. Αφού προσδιορίστηκε το μέγεθος της πρόοδού, πλέον είναι εφικτό να οριστεί και η **δεύτερη κλάση κριτηρίων early stopping PQ**. Σε αυτή την κλάση, η εκπαίδευση σταματά όταν ο λόγος του GL προς το P δεν πέφτει κάτω από ένα κατώφλι.
- **Η τρίτη κλάση κριτηρίων early stopping UP criteria** διαφέρει από τις άλλες 2, αφού βασίζεται στην αλλαγή πρόσημου στο generalization error. Η εκπαίδευση σταματάει όταν το generalization error αυξάνεται σε 3 διαδοχικά training strips. Βασική ιδέα αυτού του κριτηρίου είναι ότι όταν το validation error αυξάνεται όχι σε 1 αλλά κατά τη διάρκεια 3 διαδοχικών strips, θεωρείται ότι αυτή η αύξηση δείχνει την αρχή του τελικού overfitting, ανεξάρτητα από το πόσο αυξήθηκε το validation error. Τα UP κριτήρια θεωρείται ότι μπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν με pruning αλγόριθμους.

Σημειώνεται ότι καμία από τις παραπάνω κατηγορίες κριτηρίων δεν εγγυάται των τερματισμό της εκπαίδευσης και για αυτό το λόγο ορίζονται πρόσθετα κριτήρια τερματισμού (π.χ. όπως η εκπαίδευση σταματά όταν η πρόοδος της πέσει κάτω από κάποια τιμή ή μετά από ένα αριθμό εποχών). Η μαθηματική ανάλυση ιδιοτήτων των παραπάνω κριτηρίων τερματισμού δεν είναι εφικτή. Για την αξιολόγηση τους στα πειράματα που γίνονται εδώ εξετάζονται:

- **χρόνος εκπαίδευσης(training time)**
- **αποδοτικότητα(efficiency)**: εξετάζεται πόσος από τον χρόνο εκπαίδευσης είναι περιπτός(**redundancy**)
- **αποτελεσματικότητα(effectiveness)**: πόσο καλή είναι η απόδοση του δικτύου που δόθηκε ως αποτέλεσμα.
- **ευρωστία(robustness)**: σε τι βαθμό η απόδοση του δικτύου είναι ανεξάρτητη του περιβάλλοντος εκμάθησης(π.χ τοπολογία δικτύου, αρχικές συνθήκες)
- **trade-offs**
- **ποσοτικοποίηση trade-offs**

Για να καλυφθούν όσο γίνεται περισσότερες περιπτώσεις, έγιναν πειράματα με πολλές τοπολογίες δικτύων, διαφορετικές εργασίες μάθησης και διαφορετικά early stopping κριτήρια από τις τρεις κλάσεις.

Το dataset χωρίστηκε σε τρία μέρη (50% training set-χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των βαρών του δικτύου, 25% test set και 25% validation set-εκτίμηση της απόδοσης ενός δικτύου κατά τη διάρκεια του training όπως απαιτείται από τα κριτήρια τερματισμού). Στη συνέχεια, εκτελείται μια σειρά προσομοιώσεων που χρησιμοποιούν μια σειρά από διαφορετικά κριτήρια τερματισμού. Κατά της διάρκεια της κάθε εκτέλεσης, όλα τα κριτήρια υπολογίζονται ταυτόχρονα. Χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος

εκπαίδευσης RPROP(μια γρήγορη παραλλαγή του backpropagation που είναι παρόμοια με την quickprop). Είναι τόσο γρήγορος όσο ο quickprop αλλά πιο σταθερός χωρίς να απαιτεί ρυθμίσεις παραμέτρων. Είναι πιο γρήγορος χωρίς ρυθμίσεις παραμέτρων για μικρά training set αλλά δε συνίσταται η χρησιμοποίηση του για μεγάλα training set. Το γεγονός ότι δε χρειάζεται να γίνει ρύθμιση παραμέτρων στον RPROP βοηθάει να αποφεύγονται λάθη που προκύπτουν από τη ρύθμιση παραμέτρων και επηρεάζει την απόδοση των test set. Τα δίκτυα των προσομοιώσεων έχουν 1-2 hidden layers και οι κόμβοι τους είναι πλήρως διασυνδεδεμένοι. Οι μονάδες εξόδου είναι γραμμικές(στο regression) και σιγμοειδείς(στο classification).

Για το χρόνο εκπαίδευση, εξετάζεται το μέγεθος **slowness** που είναι ο χρόνος εκπαίδευσης με κάποιο κριτήριο σε σχέση με το χρόνο εκπαίδευσης με κάποιο άλλο κριτήριο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το training time δεν είναι παράλογο ακόμα και για αργά κριτήρια.

Για την αποδοτικότητα, εξετάζεται πόσο χρόνο συνεχίζεται η εκπαίδευση μετά την εύρεση της τελικής λύσης. Αν το redundancy δηλαδή ο επιπλέον χρόνος εκπαίδευσης είναι μικρός, τότε το κριτήριο που έχει επιλεγεί είναι αποτελεσματικό. Τα πιο αργά κριτήρια είναι λιγότερο αποδοτικά αλλά ακόμα και τα πιο γρήγορα αφιερώνουν χωρίς λόγο το 20% του χρόνου τους στην εκπαίδευση, παρόλο που η τελική λύση έχει ήδη βρεθεί.

Για την αποτελεσματικότητα, υπολογίζεται το **badness** ο λόγος του λάθους στο test set με χρήση κάποιου κριτηρίου προς το λάθος στο test set με χρήση άλλου κριτηρίου. Το P_g δείχνει το ποσοστό που είναι καλό ένα κριτήριο επί του συνόλου των εκτελέσεων. Αυτό αποτελεί μια εκτίμηση της πιθανότητας να είναι καλό ένα κριτήριο σε μια εκτέλεση. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δείχνουν ότι ακόμα και τα γρήγορα κριτήρια είναι αρκετά αποτελεσματικά ενώ τα πιο αργά δεν είναι αλάνθαστα. Το πρόβλημα είναι ότι το P_g δε λέει πόσο μακριά είμαστε από τη βέλτιστη εκτέλεση δηλαδή πόσα τρεξίματα χρειάζονται για να φτάσουμε το βέλτιστο. Γεγονός είναι ότι ακόμα και τα κριτήρια με το μικρότερο λάθος επιτυγχάνουν κατά μέσο όρο μόλις 1% χαμηλότερο λάθος από τα πιο γρήγορα κριτήρια της ίδιας κατηγορίας ενώ τα μετρίως αργά κριτήρια επιτυγχάνουν 2% μεγαλύτερο λάθος κατά μέσο όρο από κριτήρια της καλύτερης ίδιας εκτέλεσης.

Για την ευρωστία (robustness), παρατηρήθηκε ότι σε σχέση με το slowness και σε σχέση με το badness, οι πιο αργές συνθήκες τερματισμού είναι λιγότερο σθεναρές από τις πιο γρήγορες. Τα κριτήρια PQ έχουν μικρό βαθμό robustness και τα GL έχουν ακόμα μικρότερο βαθμό robustness από τα PQ.

Κάποια από τα κριτήρια που είδαμε εδώ κάνουν καλύτερα trade-offs ανάμεσα στο χρόνο εκπαίδευσης και στην απόδοση του δίκτυου. Αν δεν θέλουμε να δαπανηθεί πολύς χρόνος και να έχει ένα δίκτυο την ελάχιστη δυνατή απόδοση τότε προτιμώνται τα κριτήρια UP με κατώφλια 3,4,6(UP₃,UP₄,UP₆). Σε περίπτωση που το επιθυμητό είναι να γίνουν πολλές εκτελέσεις και να πάρουμε το δίκτυο με την καλύτερη απόδοση και το μικρότερο validation error τότε το πιο κατάλληλο κριτήριο είναι GL.

Εξετάστηκαν ειδικές περιπτώσεις (μόνο μεγάλα ή μικρά δίκτυα, μόνο μεγάλα ή μικρά dataset ή ειδικά προβλήματα μάθησης). Παρατηρήθηκαν παρόμοια αποτελέσματα με μόνη εξαίρεση ότι για μικρά δίκτυα το PQ είναι πιο αποδοτικό από GL και UP για την ελαχιστοποίηση του badness. Μια εξήγηση αυτής της διαφοροποίησης είναι ότι σε τέτοια δίκτυα δεν αντιμετωπίζονται σοβαρά προβλήματα overfitting και σε αυτές τις περιπτώσεις συμφέρει να λαμβάνεται υπόψη εκτός από το training progress και ένας επιπλέον παράγοντας για τον τερματισμό του training.

Παρουσιάζεται συνοπτικά στο paper η εργασία του Wang που κάνει μια απλοποιημένη μελέτη της καμπύλης του validation error. Στην πρώτη φάση το δίκτυο είναι πολύ biased και το μεγαλύτερο μέρος του σφάλματος προσδιορίζεται από το approximation (bias) error . Στη δεύτερη φάση το bias error αρχίζει και μειώνεται και αρχίζει να αυξάνεται το complexity(variance) error που προκύπτει από την αυξανόμενη διακύμανση του network model, το μεγάλωμα του μέτρου και της ποικιλίας των βαρών του δικτύου. Οι δύο τύποι λαθών συναγωνίζονται ποιος θα κυριαρχήσει αλλά σε αυτή την φάση κανένας από τους δύο τύπους δεν κυριαρχεί. Όταν αρχίζει να κυριαρχεί το variance error γίνεται η μετάβαση στην τρίτη φάση. Στόχος του early stopping είναι να εντοπιστεί πότε τελειώνει η δεύτερη φάση. Με την ανάλυση αυτή δεν είναι σαφές αν τα αποτελέσματα της μπορούν να εφαρμοσθούν σε δίκτυα με πολυεπίπεδα δίκτυα.

Σημειώνεται ότι το early stopping δεν μπορεί να αποδώσει καλά σε ένα dataset του οποίου τα παραδείγματα δεν καλύπτουν τις πιο συνηθισμένες περιπτώσεις, ακόμα και αν έχει μεγάλο αριθμό παραδειγμάτων. Ένα ακόμη πρόβλημα στο early stopping, σύμφωνα με την ανάλυση που περιγράφηκε παραπάνω είναι ότι μπορεί να υπάρχουν απότομες μεταβολές στο bias error επειδή οι αλγόριθμοι εκπαίδευσης κάνουν σταθερά άλματα στο χώρο παραμέτρων .

Το variance error κάνει όπως και το bias, μεταβάλλονται απότομα γιατί χρησιμοποιείται το validation set για την εκτίμηση του generalization error και γιατί η επίδραση της αλλαγής μιας παραμέτρου είναι διαφορετική στα διάφορα μέρη του χώρου.

Συνοψίζοντας η έρευνα που έγινε έδειξε:

- Τα πιο αργά κριτήρια κατά μέσο όρο, βελτιώνουν το generalization error σε σύγκριση με τα πιο γρήγορα. Παρόλα αυτά, ο χρόνος, που χρειάζεται για να γίνουν οι αλλαγές που απαιτούνται για να σημειωθεί αυτή η βελτίωση είναι σημαντικός.
- Γρήγορες συνθήκες τερματισμού βελτιώνουν την προβλεψιμότητα του χρόνου εκτέλεσης ενώ πιο αργές συνθήκες βελτιώνουν την προβλεψιμότητα της ποιότητας της λύσης.
- Συστηματικές διαφορές μεταξύ των κριτηρίων αν βρέθηκαν δεν ήταν σημαντικές.
- Κάθε στιγμή, είναι γνωστό μόνο ένα μέρος της καμπύλης του validation error και ποτέ δεν είναι γνωστή στο σύνολο της. Η συμπεριφορά της καμπύλης του λάθους εξαρτάται από τις καταστάσεις και τα δεδομένα του αλγορίθμου εκπαίδευσης τα οποία δεν είναι από την αρχή γνωστά. Για αυτούς τους λόγους, καμία κλάση κριτηρίων δεν παρουσιάζει κάποιο μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τις άλλες.

Αντικείμενο έρευνας συνιστά αν τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής μπορούν να εφαρμοσθούν σε άλλους αλγορίθμους εκπαίδευση, σε διαφορετικές συναρτήσεις σφάλματων και σε προβλήματα άλλων τομέων. Μόνο μια τέτοια θεωρία θα μπορούσε να ξεπεράσει τον εγγενή περιορισμό των εμπειρικών εργασιών που είναι η δυσκολία γενίκευσης των αποτελεσμάτων σε άλλες καταστάσεις.

Με βάση την έρευνα που έγινε εδώ η επιλογή κριτηρίου early stopping γίνεται με τον παρακάτω τρόπο:

1. Χρήση γρήγορων κριτηρίων εκτός αν αξίζει να δαπανηθεί περισσότερος χρόνος εκπαίδευσης για να γίνουν μικρές βελτιώσεις.
2. Για μεγιστοποίηση της πιθανότητας εύρεσης μια καλής λύσης, χρησιμοποιήστε GL

3. Για ελαχιστοποίηση της μέσης ποιότητας των λύσεων, χρησιμοποιήστε PQ, αν το δίκτυο αντιμετωπίζει πολύ μικρό πρόβλημα overfitting, διαφορετικά χρησιμοποιήστε UP.

4. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΓΙΑ POLLING SYSTEMS

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν 5 ερευνητικές εργασίες στα πλαίσια των οποίων υλοποιήθηκαν polling systems. Στο paper [23], υλοποιήθηκε μια πλατφόρμα δημοσκοπήσεων που δίνει στους χρήστες δυνατότητα να φτιάχνουν τις δικές τους δημοσκοπήσεις, να τις μοιράζουν σε άλλους χρήστες, ενώ παράλληλα του δίνει το δικαίωμα να απαντάνε σε polls άλλων χρηστών και κάνει στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων των δημοσκοπήσεων. Στο paper [24] θεωρητικά δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας poll σε όλους τους χρήστες αλλά πρακτικά μόνο οι θεσμοί δημιουργούν polls και οι πολίτες απαντούν σε αυτά. Αντίθετα, τα polling systems που αναπτύχθηκαν στα άλλα 3 papers που θα παρουσιαστούν σε αυτή την ενότητα δε δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να φτιάξουν δικές τους δημοσκοπήσεις. Ένα από τα polling συστήματα που περιγράφεται σε αυτές τις εργασίες αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου διαδραστικού συστήματος ψυχαγωγίας. Το σύστημα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θέατρα και κινηματογράφους και δίνει στους θεατές την δυνατότητα να καθορίσουν την εξέλιξη μιας παράστασης ή μιας ταινίας. Στα άλλα 2 paper περιγράφεται η λειτουργία και τα πλεονεκτήματα 2 εφαρμογών που διευκολύνουν τις διαδικασίες ψηφοφορίας και χρησιμοποιήθηκαν σε επίσημες εκλογικές διαδικασίες.

4.1 Intelligent Social Polling Platform[23]

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη δημιουργία, διαχείριση και δημοσίευση polls, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μέσων: mobile apps, διαδίκτυο, μέσα επικοινωνίας. Για κάθε poll που δημιουργείται, έχει οριστεί ένα χρονικό διάστημα στο οποίο θα είναι ενεργό. Όταν αυτό το χρονικό διάστημα ολοκληρωθεί, πλέον δεν θα μπορούν να απαντήσουν άλλα άτομα σε αυτό το poll και το σύστημα ξεκινάει να κάνει ανάλυση των αποτελεσμάτων του. Βασική απαίτηση του συστήματος είναι όλες αυτές οι ενέργειες να γίνονται σε μια πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης. Με άλλο λόγια επιχειρείται να δημιουργηθεί μια έξυπνη εφαρμογή για δημοσκοπήσεις που θα είναι ενσωματωμένη σε κάποια πλατφόρμα κοινωνικής δικτύωσης.

Στην πρώτη ενότητα της εργασίας καταγράφονται προβλήματα που υπάρχουν σχετικά με τις διαδικασίες διεξαγωγής των δημοσκοπήσεων και ανάλυσης των αποτελεσμάτων τους:

- Οι εταιρείες και οι οργανισμοί δημοσκοπήσεων παίζουν το ρόλο του μεσάζοντα μεταξύ ενός πληθυσμού ατόμων, που είναι πρόθυμα να ξοδέψουν κάποιο μέρος του ελεύθερου χρόνου τους για να απαντήσουν στις ερωτήσεις των δημοσκοπήσεων, και τις εταιρείες που έχουν ζητήσει τη διενέργεια των συγκεκριμένων δημοσκοπήσεων. Συχνά οι εταιρείες δημοσκοπήσεων για να μπορέσουν να πουλήσουν πιο ακριβά τις υπηρεσίες και τις πληροφορίες που παρέχουν στους πελάτες του, δεν αποκαλύπτουν λεπτομέρειες των διαδικασιών που ακολουθούν για τη διενέργεια δημοσκοπήσεων και τη συλλογή των δειγμάτων τους. Συχνά μάλιστα χρησιμοποιούν μεθόδους που έχουν δημιουργηθεί από ειδικούς της συγκεκριμένης εταιρείας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, όλες αυτές οι πληροφορίες που προκύπτουν από αυτές τις δημοσκοπήσεις να είναι διασκορπισμένες σε διάφορα σημεία του ιστού γεγονός που κάνει δύσκολη την

εύρεση τους από τους χρήστες. Μάλιστα πολλές φορές το ευρύ κοινό δεν έχει καν δικαιώμα πρόσβασης σε αυτές.

- Τα δείγματα τους δεν είναι αντιπροσωπευτικά. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτοί που τις διενεργούνε, εστιάζουν σε συγκεκριμένα δημογραφικά στοιχεία ενώ αγνοούν άλλα. Επιπλέον, τις περισσότερες φορές, η επικοινωνία με τα άτομα που συμμετέχουν σε αυτές γίνεται κυρίως μέσω τηλεφωνικών κλήσεων και για αυτό το λόγο οι περισσότερες δημοσκοπήσεις καταγράφουν κατά κύριο λόγο τις απόψεις ατόμων μεγαλύτερης ηλικίας. Η χρήση νέων τεχνολογιών και κυρίως του διαδικτύου βοηθάει να παίρνονται πιο αντιπροσωπευτικά δείγματα αλλά και πάλι δεν εξασφαλίζεται πλήρως η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.
- Ο περιορισμένος χρόνος διεξαγωγής μιας δημοσκόπησης συνιστά πολλές φορές ανασταλτικό παράγοντα για την συγκέντρωση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων.
- Οι συμμετέχοντες δεν απαντάνε πάντα με απόλυτη ειλικρίνεια στις ερωτήσεις των polls. Αυτό το πρόβλημα δεν είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί με κάποιο τρόπο.

Στη συνέχεια, περιγράφονται κάποια από τα πλεονεκτήματα αυτής της Intelligent Social Polling Platform (ISPP):

- Δημιουργία poll βάση ενός χαρακτηριστικού κάποιου άλλου poll που μπορεί να αφορά μια ερώτηση του ή το δημιουργό του κ.α.
- Διευκόλυνση παροχής δεδομένων σχετικών με το poll στο sponsor του.
- Εξετάζει τα χαρακτηριστικά των χρηστών και παρέχει στον καθένα κάποια κίνητρα-ανταμοιβές(π.χ. οικονομικές ή παροχή κάποιων υπηρεσιών) για να κάνουν το poll ή να το μοιραστούν με άλλους χρήστες. Η πολιτική αυτή είναι ωφέλιμη και για τον χρήστη και για το φορέα-εταιρεία που έχει παραγγείλει τη δημοσκόπηση καθώς με αυτό τρόπο μαθαίνουν πληροφορίες για τους πελάτες τους αλλά και τη γνώμη του κόσμου για αυτούς.
- Διάδραση χρήστη-ISPP(π.χ. ζητείται από το χρήστη να δώσει άδεια στην ISPP για να χρησιμοποιήσει κάποιες πληροφορίες του ή η ISPP παρέχει στο χρήστη τα αποτελέσματα της επεξεργασίας κάποιων δεδομένων του).
- Εργαλεία ανάλυσης αποτελεσμάτων polls. Συσχέτιση στατιστικών στοιχείων ενός poll με τα χαρακτηριστικά και τις απαντήσεις των χρηστών που το έκαναν.
- Δυνατότητα καθορισμού συμμετεχόντων σε polls με βάση δημογραφικά ή άλλα στοιχεία.
- Personalized polls για κάθε χρήστη και έξυπνη διαχείριση των δικό του polls.
- Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί storage infrastructure από κάποιο cloud για να διατηρεί και να διαχειρίζεται πιο αποτελεσματικά το μεγάλο πλήθος polls και δεδομένων που διαθέτει.
- Η δομή της και η συνεχή παρουσία των χρηστών στο διαδίκτυο μέσω smartphones, έχει σαν αποτέλεσμα να είναι εύκολο για την εφαρμογή να συλλέγει περισσότερα ερωτηματολόγια για τα polls και τους χρήστες. Η συλλογή και επεξεργασία ερωτηματολογίων των δημοσκοπήσεων σε real time δίνει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα.
- Επεξεργάζεται παράλληλα δεδομένα που θεωρούνται σχετικά ή ότι έχουν κάποια συνάφεια. Μάλιστα προσπαθεί να τα μετασχηματίσει ώστε να έχουν το ίδιο format.

Η πλατφόρμα διαθέτει τα παρακάτω components:

- Μνήμη στην οποία αποθηκεύονται τα executable components της πλατφόρμας
- Creation Component: Δημιουργία poll με βάση ένα χαρακτηριστικό που είναι τέτοιο ώστε η δημοσκόπηση να εξυπηρετεί τους στόχους του δημιουργού της. Μάλιστα υπάρχει ειδικό στοιχείο αναγνώρισης τέτοιων χαρακτηριστικών.
- Reward Component: ανταμείβει όσους χρήστες απαντάνε σε poll.
- Poll Execution Component: παρουσιάζει το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης στους χρήστες που πιθανόν να θέλουν να το απαντήσουν. Ελέγχει αν ο χρήστης, που θέλει να συμμετέχει στο poll, έχει το χαρακτηριστικό με βάση το οποίο έχει δημιουργηθεί η δημοσκόπηση. Αν το έχει, συμμετέχει κανονικά στο poll. Επιπλέον, αυτό το component αναλαμβάνει να παρουσιάσει στο χρήστη που έκανε το poll την ανταμοιβή του.
- Storage Component: αποθήκευση δεδομένων σχετικών με polls και profiles. Έχει ένα local και ένα network storage component.
- Search Component: ψάχνει σε ευρετήρια με πληροφορίες για polls και profiles.
- Catalog Component: διευκολύνει την οργάνωση, την παρουσίαση και την αρχειοθέτηση δεδομένων.
- Social Component: διευκολύνει το socializing και sharing των polls (γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να τηρούνται τα profile και privacy setting του χρήστη) αλλά και την δημιουργία personalized polls. Διαχειρίζεται τα social activities(π.χ. διασυνδέσεις με άλλα κοινωνικά δίκτυα, προσθήκη ακολούθων/φίλων).
- Monetization Component: ρυθμίζεται κατάλληλα ώστε να παρέχει τα δεδομένα που σχετίζονται με το poll στον sponsor του.
- Poll Data Format Component
- Profile Management Component
- Connecting Component (Connector): διασύνδεση account με άλλα κοινωνικά δίκτυα, συνδυασμός και σύνθεση πληροφοριών που προέρχονται από τα παραπάνω, sharing polls και πληροφορίες, διασύνδεση με άλλα δίκτυα και χρησιμοποίηση των υπηρεσιών τους με τρόπο πλήρως προσαρμοσμένο στα δεδομένα της ISPP. Τα εξωτερικά δίκτυα που συνδέονται με την ISPP περιλαμβάνουν κάποιο σύστημα ηλεκτρονικής διαφήμισης, κάποιο σύστημα έρευνας αγοράς, ένα σύστημα ηλεκτρονικού εμπορίου, ένα σύστημα διαχείρισης πληροφοριών, ένα σύστημα αναζήτησης και ένα για κοινωνική δικτύωση.

Μέσα στην πλατφόρμα ο χρήστης μπορεί να κάνει τα παρακάτω:

- Δημιουργία λογαριασμού (Registration) και εγγραφή συσκευών (registration devices) σε κάποιο λογαριασμό του ISPP.
- Εύκολο setup του account με την ISPP(π.χ αποθήκευση preferences, privacy settings,ορισμός settings και κανόνων που ορίζουν τους τρόπους που η ISPP μπορεί να χρησιμοποιεί τα δεδομένα τους).
- Πλοήγηση με την ISPP σε ένα ή περισσότερα polls,δημιουργία, αναζήτηση, sharing(αξιοποιείται κυρίως για το marketing και promotion κάποιων προϊόντων), socializing polls(π.χ. εκδήλωση ενδιαφέροντος για κάποιο poll ή αποστολή προσκλήσεων σε φίλους για να κάνουν ένα poll).
- Ο χρήστης μπορεί να βάλει να του έρχονται notifications για την εξέλιξη ενός poll ή μιας κατηγορίας polls που τον ενδιαφέρουν. Ακόμη, η ISPP ψάχνει για polls που μπορεί να ενδιαφέρουν το χρήστη με βάση τις πληροφορίες του profile του και τις προτιμήσεις του. Ο χρήστης μπορεί να βλέπει αυτή τη λίστα με τα προτεινόμενα polls.

4.2 Mobile App for Citizen Participation [24]

Η χρήση εφαρμογών κινητών για διενέργεια δημοσκοπήσεων που αφορούν την κοινή γνώμη αποτελεί μια νέα τάση. Σε αυτό το paper, υλοποιείται μια τέτοια εφαρμογή που επικεντρώνεται στην αλληλεπίδραση πολιτών-θεσμών και τη συμμετοχή των πολιτών σε δημοκρατικές διεργασίες. Επιπλέον έχει σαν στόχο να συνεισφέρει στο να γίνεται η λήψη των αποφάσεων με πιο δημοκρατικό τρόπο. Κάποια από τα ζητήματα που εξετάζονται είναι:

- Ποιοι θεσμοί χρησιμοποιούν τέτοιες εφαρμογές και σε τι βαθμό τις χρησιμοποιούν.
- Οι δυνατότητες χρήσης ενός mobile app για δημοσκοπήσεις.
- Νέες προκλήσεις που δημιουργούνται από τη χρήση του.
- Οι διαφορές ανάμεσα στις δημοσκοπήσεις που γίνονται μέσω αυτής της εφαρμογής και τις δημοσκοπήσεις που γίνονται με άλλα μέσα.

Πριν από αυτό όμως αποσαφηνίζονται οι παρακάτω έννοιες, οι οποίες είναι σημαντικές για την κατανόηση αυτού του paper:

- m-participation: συμμετοχή σε polls και σε διαδικασίες λήψη αποφάσεων με χρήση ενός smartphone ή ενός tablet.
- e-participation: συμμετοχή σε polls και σε διαδικασίες λήψη αποφάσεων με χρήση άλλων ηλεκτρονικών μέσων.
- face-to-face participation

Πολλοί ισχυρίζονται ότι οι έννοιες m-participation και e-participation είναι παρόμοιες ειδικά στο κομμάτι που σχετίζεται με την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση. Μάλιστα λέγεται ότι το m-participation είναι το e –participation σε κινητά.

Το m-participation σε σχέση με τους άλλους τύπους συμμετοχής σε polls παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Άμεση επικοινωνία ανάμεσα σε αυτόν που παραγγέλνει τη δημοσκόπηση και τους πολίτες που συμμετέχουν σε αυτή.
- Παρέχονται στις δημοσκοπήσεις που γίνονται μέσω mobile apps, δεδομένα καλύτερα ποσοτικά και ποιοτικά.
- Ενδυναμώνει το ρόλο των πολιτών.

Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτού paper απλά διενεργεί polls και ζητάει την γνώμη των πολιτών σε σχέση με διάφορα πολιτικοκοινωνικά ζητήματα. Συνιστά μια πλατφόρμα διαλόγου και συμμετοχής στη λήψη των αποφάσεων. Με αυτή την πλατφόρμα, είναι εφικτή η συμμετοχή στα κοινά όλων των πολιτών, ακόμα και αν βρίσκονται σε ένα μακρινό, ορεινό απομακρυσμένο χωριό.

Μετά την ολοκλήρωση της δημοσκόπησης, ο χρήστης μπορεί να δει στην εφαρμογή τα αποτελέσματα της. Κάθε δημοσκόπηση έχει την παρακάτω δομή:

- μια σύντομή περιγραφή του
- μια σειρά από ερωτήματα
- κάποιο σχόλιο

Γενικά, φαίνεται ότι οι θεσμοί είναι αυτοί που δημιουργούν polls και οι πολίτες απλά τα απαντάνε. Όταν ολοκληρωθεί κάποιο poll, οι θεσμοί μελετούν τα αποτελέσματα του δηλαδή τις απαντήσεις που έχουν δώσει οι πολίτες. Η εφαρμογή πρέπει να προσαρμόζεται στις ανάγκες των πολιτών και των θεσμών. Στους θεσμούς επιτρέπει να ενσωματώνουν σε polls ζητήματα που αφορούν πολιτικές και διαχειριστικές διαδικασίες ενώ παράλληλα δίνει στους πολίτες τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρούν με τους θεσμούς. Μέχρι πρότινος, κάτι τέτοιο ήταν δύσκολο, κυρίως γιατί οι περισσότερες δημοσκοπήσεις γίνονταν με e-participation. Σε αυτές τις δημοσκοπήσεις, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων ήταν άτομα με επικοινωνιακές και τεχνικές γνώσεις. Επιπλέον εκφράζονται επιφυλάξεις για την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων τους. Με τη χρήση της εφαρμογής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτού του paper, αποδείχθηκε ότι το m-participation δίνει πιο ποιοτικά αποτελέσματα.

Στις πρώτες δοκιμές της εφαρμογής, το δείγμα των συμμετεχόντων ήταν περιορισμένο και ήταν κατά βάση μεσήλικες άντρες που ενδιαφέρονταν για κοινωνικοπολιτικά ζητήματα. Για αυτό το λόγο, μέλη της ερευνητικής ομάδας αυτού του project ανέλαβαν να βρουν τρόπους προώθησης της εφαρμογής. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν διάφορα web site για την προβολή και την προώθηση της εφαρμογής. Ο συγκεκριμένος τρόπος διαφήμισης της εφαρμογής δεν έπεισε πολλά άτομα να τη χρησιμοποιήσουν. Στη συνέχεια, έγιναν διάφορες εκδηλώσεις ενημέρωσης για τη λειτουργία και τη χρησιμότητα της εφαρμογής που φαίνεται ότι είχαν αποτελέσματα, καθώς μετά τη διεξαγωγή τους, υπήρξε αύξηση των χρηστών που χρησιμοποίησαν την εφαρμογή. Αφού πλέον η εφαρμογή έχει χρησιμοποιηθεί από ένα μεγάλο μέρος χρηστών, μπόρεσαν και έγιναν οι παρακάτω παρατηρήσεις για αυτή:

- Πολύ σημαντικό ζήτημα το οποίο διορθώθηκε, ήταν να προσαρμοστούν τα polls ώστε να εμφανίζονται με κατάλληλο τρόπο στη μικρή οθόνη του smartphone αλλά και στην πιο μεγάλη του tablet.
- Οι χρήστες είχαν την τάση να μην απαντούν τις ερωτήσεις, στις οποίες έπρεπε ο χρήστης μόνος του να πληκτρολογήσει την απάντηση.
- Οι χρήστες προτίμησαν να συμμετάσχουν σε polls που η περιγραφή τους ήταν σαφής και σύντομη.
- Οι ερωτήσεις πρέπει να είναι σύντομες και σαφείς και το ίδιο ισχύει και για τις απαντήσεις.
- Καλό είναι τα polls να μην περιέχουν παραπάνω από 5-10 ερωτήσεις και καλό είναι να μην περιέχουν μόνο ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

Το συμπέρασμα που προέκυψε από τη συγκεκριμένη μελέτη ήταν ότι η ανάπτυξη ενός mobile app για τη συμμετοχή σε κοινωνικοπολιτικές διεργασίες, απαιτεί συνδυασμό τεχνικών και κοινωνικοπολιτικών γνώσεων και παρά την αύξηση της χρήσης smartphones και tablets, δε φαίνεται να είναι ξεκάθαρο αν όλοι αυτοί οι χρήστες θα χρησιμοποιούσαν μια τέτοια εφαρμογή. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι χρήστες προτιμούν να επιλέγουν μια απάντηση από τις πιθανές που δίνονται από το να γράφουν τη δική τους αλλά και το μικρό μέγεθος της οθόνης στα tablets και στα κινητά, παίζει ρόλο στη δομή του poll μέσα στην εφαρμογή. Μέσω κινητών, η απεικόνιση των αποτελεσμάτων των δημοσκοπήσεων στους χρήστες γίνεται πολύ πιο απλή και κατανοητή. Παράλληλα οι χρήστες φάνηκαν πολύ πρόθυμοι να συμμετέχουν και να απαντήσουν στις ερωτήσεις των polls μέσω του κινητού τους τηλεφώνου. Μάλιστα ο ρυθμός συλλογής ερωτηματολογίων ήταν εξαιρετικά μεγάλος. Ωστόσο, μέσα από τα ερωτηματολόγια που περιέχουν οι δημοσκοπήσεις και ανεξάρτητα από τον τρόπο διεξαγωγής τους, είναι πολύ δύσκολο να κατανοηθούν οι λόγοι για τους οποίους ένας χρήστης επέλεξε μια συγκεκριμένη απάντηση σε ένα ερώτημα.

4.3 A Design of Voting System by using an Android Apps for Fisherman[25]

Κάθε σύστημα ψηφοφορίας έχει κάποιους κανόνες και με βάση αυτούς τους κανόνες, καθορίζεται αν μια ψήφος είναι έγκυρη ή όχι. Η κλασική διαδικασία ψηφοφορίας με τα χάρτινα ψηφοδέλτια ήταν χρονοβόρα- απαιτούνταν πολλές ώρες ή μέρες για την καταμέτρηση των ψηφοδελτίων και οι πολίτες περίμεναν αρκετή ώρα μέχρι να ανακοινωθούν τα τελικά αποτελέσματα. Επιπλέον η καταμέτρηση γίνονταν από ανθρώπους, γεγονός που δεν εξασφαλίζει ότι η διαδικασία θα γίνει σωστά. Μπορεί είτε από λάθος ή είτε από υστεροβουλία, να μη γίνει σωστά η καταμέτρηση και έτσι πρέπει να επαναληφθεί όλη η διαδικασία της από την αρχή. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, χρησιμοποιήθηκαν νέα συστήματα όπως οι direct recording voting machines που έκαναν πιο αποτελεσματική και διαφανής τη διαδικασία της καταμέτρησης.

Σήμερα η συνεχής διεύρυνση της χρήσης των smartphones και η ραγδαία αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης των εφαρμογών για αυτά (κυρίως android) δείχνει ότι διευκολύνουν σημαντικά τη ζωή των ανθρώπων. Για αυτό το λόγο αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτού του paper ένα android voting system app που έχει σαν στόχο να κάνει την εκλογική διαδικασία σε κάποια κοινότητα ψαράδων στη Μαλαισία πιο εύκολη. Το app διαθέτει:

- ένα GUI για την ψηφοφορία
- μια βάση δεδομένων για τον υπολογισμό και την αποθήκευση των αποτελεσμάτων

Αποδεικνύεται ότι αυτό το σύστημα έχει καλύτερη ακρίβεια στην καταμέτρηση σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Εξασφαλίζει ότι οι ψήφοι μετριούνται σωστά χωρίς σφάλματα αφού μετριούνται από τον db collector που έχει δημιουργηθεί. Επιπλέον μειώνεται ο χρόνος καταμέτρησης και το κόστος της εκλογικής διαδικασία.

Η εφαρμογή στην αρχική οθόνη καλωσορίζει τους ψηφοφόρους, οι οποίοι καλούνται να πατήσουν το vote button για να ξεκινήσει η διαδικασία της ψηφοφορίας. Με το πάτημα του κουμπιού αυτού, εμφανίζεται στη οθόνη μια σελίδα που δείχνει τις εικόνες των υποψήφίων μαζί με κάποιες πληροφορίες για αυτούς. Για κάθε υποψήφιο υπάρχει checkbox επιλογής. Έτσι είναι πιο εύκολο για τους ψηφοφόρους να ψηφίσουν αυτούς που θέλουν. Στο τέλος υπάρχει ένα ενημερωτικό μήνυμα που καλεί τον ψηφοφόρο να επιβεβαιώσει αν όντως θέλει να ψηφήσει αυτούς τους υποψήφιους. Η διαδικασία της ψηφοφορίας δεν ολοκληρώνεται μέχρι ο ψηφοφόρος να ψηφίσει συγκεκριμένο αριθμό υποψηφίων. Με την ολοκλήρωση της ψηφοφορίας, το σύστημα ευχαριστεί τον ψηφοφόρο για τη συμμετοχή και τη συνεργασία του και αναλαμβάνει να επικοινωνήσει με τον db collector ο οποίος μαζεύει τις ψήφους και υπολογίζει τις συνολικές ψήφους για κάθε υποψήφιο. Ο διαχειριστής του συστήματος κάνει login με ειδικό username και password και είναι ο μόνος ο οποίος μπορεί να δει τα αποτελέσματα πριν το τέλος των εκλογών και επιπλέον μπορεί να προσθέσει υποψήφιους ή να τροποποιήσει τα στοιχεία των υποψηφίων. Η εφαρμογή πέρασε τις παρακάτω φάσεις ελέγχου:

- Έλεγχος λειτουργίας checkboxes των υποψηφίων.
- Έλεγχος αν ο db collector μαζεύει και υπολογίζει σωστά των συνολικό αριθμό ψήφων.
- Η εφαρμογή δόθηκε σε μια ομάδα φοιτηών για δοκιμή (simulation) με στόχο των έλεγχο της ακρίβειας των αποτελεσμάτων.
- Simulation σε μεγαλύτερη κλίμακα για να πάρουμε όσο μεγαλύτερο feedback από τους χρήστες.

Ένα τέτοιο σύστημα ψηφοφορίας αντιμετωπίζει πρόβλημα μόνο σε περίπτωση βλάβης του κινητού τηλεφώνου.

4.4 Philippines Smart App Voting System a Mobile Voting System [26]

Στις Φιλιππίνες, χρησιμοποιούνταν στις εκλογές, τα συνηθισμένα χάρτινα ψηφοδέλτια και ειδικές συσκευές PCOS(Precinct-Count Optical Scanners) για την καταμέτρηση των ψήφων. Όμως με αυτό το σύστημα υπήρχαν θέματα ασφαλείας (μη ασφαλής μεταφορά ψήφων) που καθιστούσαν τα αποτελέσματα αναξίοπιστα. Επίσης σε πολλά τμήματα το σύστημα έχανε το σήμα με αποτέλεσμα πολλοί ψήφοι να μη μετριούνται. Επιπλέον οι συσκευές αυτές δεν μπορούσαν να διαβάσουν και να καταμετρήσουν ψήφους από δυσανάγνωστα και τσαλακωμένα ψηφοδέλτια. Για να διορθωθούν τα παραπάνω προβλήματα, δημιουργήθηκε ένα mobile app για τη διαδικασία της ψηφοφορίας και της καταμέτρησης ψήφων. Η χρήση της συγκεκριμένης εφαρμογής μειώνει τις μεγάλες ανάγκες της εκλογικής διαδικασίας σε ανθρώπινο δυναμικό. Μια τέτοια εφαρμογή που θα χρησιμοποιείται από τόσους πολίτες οφείλει να έχει ένα UI που να είναι απλό και φιλικό για τον κάθε πολίτη.

Απαραίτητο για να ψηφίσει ένας πολίτης μέσω της εφαρμογής είναι να κάνει register με τον voter id του και τον αριθμό τηλεφώνου της SIM του(ο συνδυασμός αυτών είναι μοναδικός για κάθε πολίτη). Ο πολίτης πρέπει να ανανεώνει κάθε χρόνο το registration έτσι ώστε να επιβεβαιώνει ότι συνεχίζει και μένει στη χώρα. Τα στοιχεία που δίνουν οι πολίτες κατά το registration αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων. Ο χρήστης ανά πάσα στιγμή μπορεί να τροποποιήσει τα στοιχεία του αν αυτά έχουν για κάποιο λόγο μεταβληθεί. Το σύστημα παράγει ένα κωδικό επιβεβαίωσης για λόγους ασφαλείας. Η χρήση ενός mobile app για την ψηφοφορία κάνει τη διαδικασία της αποδοτικότερη και πιο αξιόπιστη. Αυτό το σύστημα ψηφοφορίας έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί καλή σύνδεση στο internet για να ολοκληρωθεί χωρίς προβλήματα, η διαδικασία της ψηφοφορίας. Με άλλα λόγια δεν είναι καλό που όλη η διαδικασία της ψηφοφορίας εξαρτάται από κάποιο πάροχο κινητής τηλεφωνίας ή διαδικτύου.

Σε αυτή τη χώρα, οι τιμές των κινητών είναι πολύ φθηνές. Επομένως, κάθε πολίτης μπορεί να έχει ένα κινητό με κάποια SIM και μπορεί να έχει πρόσβαση στην εφαρμογή. Επιπλέον σχεδόν όλοι πλέον είναι στοιχειωδώς εξοικειωμένοι με τις νέες τεχνολογίες και επομένως δε θα έχουν πρόβλημα να χρησιμοποιήσουν μια τέτοια εφαρμογή.

Μετά το registration, οι χρήστες μπορούν να κάνουν login στο σύστημα με username το voter_id και το password που έχουν ορίσει. Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν δώσει σωστά τα στοιχεία του, το πρόγραμμα τερματίζει ενώ σε διαφορετική περίπτωση, εμφανίζεται στην οθόνη η φόρμα ψηφοφορίας. Μόλις ο χρήστης δώσει την ψήφο ή τις ψήφους που θέλει, υποβάλει τη φόρμα και τότε η εφαρμογή πετάει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης και αν ο χρήστης πατήσει yes οι ψήφοι του καταγράφονται στη βάση δεδομένων ενώ διαφορετικά η εφαρμογή επαναφέρει στο προσκήνιο τη φόρμα ψηφοφορίας.

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Spiral Model:

- *Gather Information:* συλλογή δεδομένων και πληροφοριών για να λύσουν το πρόβλημα(σχεδιασμός διαγραμμάτων συστήματος, προγραμματισμός συστήματος)
- *Analysis and Design:* μελέτη αναγκών των χρηστών και κόστους υλοποίησης της εφαρμογής

- *Coding and Development:*
 - Βάση Δεδομένων SQLITE
 - Ανάπτυξη περιβάλλοντος εφαρμογής σε Visual Studio Platform με Xamarin
 - Ανάπτυξη στοιχείων του GUI(π.χ buttons) σε Adobe Photoshop και Adobe Illustrator CS5
- *Testing and Evaluation:* πολλοί διαφορετικοί έλεγχοι για να εκμηδενιστούν τα errors και τα bugs

Συνοψίζοντας, η προτεινόμενη εφαρμογή αποτελεί ένα σημαντικό τεχνολογικό επίτευγμα με το οποίο μπορούν να διεξάγονται αποτελεσματικά οι εθνικές και τοπικές εκλογές. Επιπλέον αυτό το σύστημα βοηθάει την κυβέρνηση να μειώσει τα κόστη, την εγκληματικότητα και τις απάτες που σχετίζονται με τις εκλογές. Ένα ακόμα πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος ψηφοφορίας είναι ότι οι πολίτες δεν χρειάζεται να πάνε στα εκλογικά τμήματα και να περιμένουν πολλές ώρες για να ψηφίσουν.

4.5 Automatic Polling and Display Interactive Entertainment System [27]

Σε αυτή την ερευνητική εργασία, παρουσιάζεται ένα καινοτόμο σύστημα μέσω του οποίου το κοινό συμμετέχει μέσω polls και καθορίζει το ίδιο την εξέλιξη μιας ταινίας ή μιας θεατρικής παράστασης. Αυτό το στοιχείο της συμμετοχής του κοινού στα δρώμενα μιας παράστασης ή μιας ταινίας δεν είναι κάτι καινούριο. Είχε δοκιμαστεί και συνεχίζει να δοκιμάζεται σε διάφορα θέατρα, ωστόσο σε αυτές τις περιπτώσεις η συμμετοχή του κοινού ήταν πολύ περιορισμένη. Το κοινό συμμετείχε μόνο μια φορά για να καθορίσει το τέλος της ταινίας ή της παράστασης.

Βασικό χαρακτηριστικό τέτοιων συστημάτων σαν αυτό που υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας είναι να μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα από την πλειονότητα του κόσμου. Εδώ το σύστημα έχει σχεδιασθεί για κινηματογράφο αλλά εύκολα μπορούν να γίνουν μετατροπές για να χρησιμοποιηθεί και για θέατρο. Αρχικά οι χρήστες συμμετέχουν, χρησιμοποιώντας το σύστημα για να εκτελέσουν απλές διαδραστικές εργασίες με στόχο να εξοικειωθούν με τον εξοπλισμό του. Όταν εξοικειωθούν μαζί του, ξεκινούν να εκτελούν και πιο σύνθετες εργασίες. Το διαδραστικό σύστημα ψυχαγωγίας που περιγράφεται εδώ πρέπει να διαθέτει τα παρακάτω:

- *Αποθηκευτικό χώρο* όπου αποθηκεύονται οι εικόνες. Χρησιμοποιούνται videodisk που κάνουν indexing σε διευθύνσεις για να αποθηκεύσουν τις εικόνες και με αυτό τον τρόπο γίνεται πολύ γρήγορα η ανάκτηση των εικόνων από τα videodisk players.
- *Μέσο ανάκτησης εικόνων* από τον αποθηκευτικό χώρο. Από τον αποθηκευτικό χώρο ανακαλούνται αυτές οι εικόνες που έχουν επιλεγεί από τους θεατές κατά τη διάρκεια της ψηφοφορίας. Περιλαμβάνει τουλάχιστον 2 videodisk player που συνδέονται σε ένα routing switcher ο οποίος αφού λάβει από αυτά τις εικόνες τις στέλνει στο projection unit. Κάθε videodisk player πρέπει να διαθέτει ένα frame buffer για να αλλάζει τα video disk track. Πρακτικά, αυτός ο buffer καταφέρνει να μην μένει κενή η οθόνη τη στιγμή που το κοινό ψηφίζει.
- Για την ακρίβεια τα videodisk players συνδέονται σε *projection units* και αυτές προβάλλουν τις εικόνες στην οθόνη του κινηματογράφου. Το projection unit είναι

ικανό να προβάλει εικόνες που στέλνονται από το main computer και αυτές οι εικόνες επικαλύπτουν τις εικόνες που αποστέλλονται από τα video disk players. Με αυτό τον τρόπο κάθε θεατής καταλαβαίνει τι ψήφισε το κοινό. Για τη βελτίωση της ποιότητας των εμφανιζόμενων εικόνων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 2 projection units ταυτόχρονα. Βέβαια σε αυτή την περίπτωση απαιτείται χρήση redistribution amplifiers ανάμεσα στην πηγή των εικόνων και τα projection units.

- **Μέσο χαρτογράφησης(*tabulating mean*)** που εμφανίζει στην οθόνη την εικόνα που ο χρήστης με την επιλογή του έχει επιλέξει να ανακτηθεί από τον αποθηκευτικό χώρο.
- **Οθόνη προβολής των εικόνων.** Σε αυτή αρχικά εμφανίζεται από το αποθηκευτικό μέσο η πρώτη σειρά από εικόνες και η δεύτερη σειρά από εικόνες. Κάθε εικόνα στη πρώτη σειρά έχει την αντίστοιχη της στη δεύτερη σειρά. Οι δύο ακολουθίες έχουν των ίδιο αριθμό εικόνων. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει κάποια ακολουθία εικόνων που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα συνεχιστεί η πλοκή. Καθεμιά από αυτές τις εικόνες οδηγεί σε μια άλλη σειρά εικόνων. Κάθε σειρά εικόνων αντιστοιχεί σε μια σκηνή της ταινίας.
- **Μέσα διεξαγωγής των *polls*(polling units, junctions boxes, polling computer main computer.)** Περιλαμβάνει polling units οι οποίες διαθέτουν όλα τα μέσα για να καταγράψουν τις επιλογές-προτιμήσεις των χρηστών και είναι ενσωματωμένες στις θέσεις τους. Ο αριθμός τους και ο ακριβής τρόπος κατασκευής τους εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος της αίθουσας του κινηματογράφου ή του θεάτρου. Κάθε polling unit διαθέτει τουλάχιστον 2 κουμπιά που το καθένα αντιστοιχεί σε κάποια επιλογή του θεατή. Το πλήθος των κουμπιών τους εξαρτάται από το επίπεδο της διάδρασης. Είναι εφικτό ένα polling unit να έχει και άλλα μέσα εκτός από κουμπιά. Επιπλέον διαθέτει ένα περιβλήμα το οποίο συνοδεύεται από κάποιο μήνυμα. Μια τέτοια μονάδα μπορεί να χωρίζεται σε 2 ομάδες. Καθεμιά διαθέτει μέσα καταγραφής ψήφων τα οποία περιέχουν τουλάχιστον 2 junctions boxes. Κάθε junction box διαθέτει μια ψηφιακή latch card και ένα μικροεπεξεργαστή. Διαθέτει επίσης ένα σύνολο από digital input cards οι οποίες έχουν electronic latches για κάθε κουμπί του polling unit και συνδέονται στο μικροεπεξεργαστή με ένα parallel bus. Ο μικροεπεξεργαστής παίρνει πληροφορία από κάθε group latches και την μετατρέπει σε 0 αν κανένα κουμπί στο group δεν έχει πατηθεί και 1 αν έχει πατηθεί. Αφού μετατραπεί η πληροφορία του κάθε group σε δυαδικό, ο μικροεπεξεργαστής καταγράφει την επιλογή του χρήστη σαν μια ακολουθία χαρακτήρων που αναπαριστούν την πρόταση που επιλέχθηκε σε κάθε polling unit και την προωθεί στα μέσα χαρτογράφησης(*tabulating means*). Κάθε junction box συνδέεται σε μια πηγή συνεχούς ρεύματος και με αυτό τον τρόπο παρέχει ενέργεια στο εσωτερικό του, στον microprocessor και επιπλέον φωτίζει τα κουμπιά στα αντίστοιχα polling units.
- **Polling Computer:** αποτελεί ένα PC ή dedicated hardware που συνδέεται σε junction's boxes και δέχεται σήματα από αυτά. Για την ακρίβεια έχει προγραμματιστεί ώστε να δέχεται ακολουθίες από λέξεις από αυτά και να τις μετατρέπει σε μορφές κατανοητές από το main computer. Εδώ αξίζει να επισημανθεί ότι τα latches μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας στα polling units και να συνδεθούν απευθείας στο polling computer. Όμως είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθούν junction boxes για να έχουμε λιγότερες εισόδους στο polling computer και με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο γρήγορα η ανάκτηση πληροφοριών για τις επιλογές που έκαναν οι θεατές.

- Main Computer: αποτελεί ένα PC ή dedicated hardware που συνδέεται παράλληλα ή σειριακά με το polling computer. Στέλνει αίτημα στο polling computer για τα δεδομένα της ψηφοφορίας. Λαμβάνει τις επιλογές των θεατών ανάλογα με ποια κουμπιά πατήθηκαν στα polling units. Στη συνέχεια στέλνει ένα σήμα στο video disk player και με βάση τη διεύθυνση που έχει υπολογιστεί, ανακτάται η σωστή σειρά εικόνων. Για μεγάλες ταινίες ή παρουσιάσεις, πρέπει να γίνονται attach στο main computer πάνω από 2 videodisk player, προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός εικόνων που αποθηκεύονται στο σύστημα. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα computer που να κάνει τις δουλειές και του main και του polling computer, αλλά είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται 2 για να εκτελούνται οι λειτουργίες πιο γρήγορα.

Όλα τα παραπάνω μέσα του συστήματος πρέπει να κατασκευάζονται ώστε να μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα στην αίθουσα θεάτρου ή κινηματογράφου.

Με την εκκίνηση του main computer, το video disk player ξεκινάει αμέσως να παίζει την εισαγωγή και κατά τη διάρκεια της το κοινό εξοικειώνεται με τον εξοπλισμό και γνωρίζει τους χαρακτήρες της ταινίας. Στη συνέχεια το video disk player ενημερώνει το main computer για το τέλος τις εισαγωγής και τότε στέλνεται ένα σήμα στο videodisk player να ξεκινήσει το multiperspective act. Σε αυτή την πράξη ο θεατής πατώντας τα κατάλληλα push buttons στα polling units, επιλέγει από τη σκοπιά ποιου χαρακτήρα θα δει τα γεγονότα που εξελίσσονται σε κάθε στιγμή. Ουσιαστικά τα γεγονότα δεν αλλάζουν μόνο η οπτική γωνία από την οποία τα βλέπουν οι θεατές αλλάζει. Ανά πάσα στιγμή μέσα στο act, ο χρήστης μπορεί να υιοθετήσει τη οπτική γωνία κάποιου άλλου χαρακτήρα. Επομένως κάθε σκηνή πρέπει να έχει κινηματογραφηθεί τόσες φορές όσες και οι χαρακτήρες τις ταινίας. Η επιλογή οπτικής γωνίας γίνεται με βάση τα αποτελέσματα των polls του κοινού. Το main computer ελέγχει αν έχει τελειώσει το multi perspective act και όταν διαπιστώθει ότι τέλειωσε το κοινό δεν μπορεί πλέον να επιλέξει την οπτική γωνία κάποιου άλλου ήρωα. Στη συνέχεια ξεκινάει το branching act, οι θεατές ψηφίζουν με τα polling units για το ποια αλληλουχία γεγονότων επιθυμούν να δουν στη συνέχεια και ανάλογα με τα αποτελέσματα προβάλλονται τα αντίστοιχα γεγονότα. Σημειώνεται ότι εδώ το κοινό πρέπει να ψηφίζει γρήγορα γιατί υπάρχει περιορισμός χρόνου τις ψηφοφορίας. Για αυτό το branching act μπαίνει πάντα ως δεύτερη πράξη για να έχει εξασφαλιστεί ότι το κοινό έχει εξοικειωθεί με τον εξοπλισμό. Πάλι το main computer κάνει ελέγχους για το πότε τελειώνει το branching act. Τις περιπτώσεις που δεν έχει τελειώσει γίνεται μετάβαση στην επόμενη σκηνή που έχει επιλέξει το κοινό να δει. Σημειώνεται ότι σε περίπτωση ισοψηφιών τότε είτε καλείται το κοινό να ξαναψηφίσει ή προβάλλεται κάποια σκηνή που έχει οριστεί ως default. Τα credits είτε παίζονται όλα μαζί στο τέλος ή μετά το τέλος κάθε act.

5. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν όλες οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του front-end και του back-end της polling platform μας. Για κάθε μία από αυτές θα γίνει μια μικρή παρουσίαση της και θα εξηγηθούν οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε. Το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο βασικές ενότητες front-end τεχνολογίες λογισμικού και back-end τεχνολογίες λογισμικού.

5.1 Front-end τεχνολογίες λογισμικού

Για το front-end κομμάτι της εφαρμογής (γραφικές διεπαφές) χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τεχνολογίες:

- HTML 5
- CSS 3
- BOOTSTRAP για responsive design
- ANGULAR JS
- JQUERY
- AJAX (χρησιμοποιήθηκε για το search autocomplete)
- HIGHCHART JS για αναπαράσταση αποτελεσμάτων polls
- Χρησιμοποιήθηκαν επίσης τα παρακάτω modules της javascript:
 - για τη χρησιμοποίηση toggle button χρησιμοποιήθηκε bootstrap-toggle.min.css[[I](#)] μαζί με το αντίστοιχο bootstrap-toggle.min.js[[II](#)]
 - Για τον ορισμό ημερομηνιών με datepickers στη διαδικασία δημιουργίας polls χρειάστηκε να χρησιμοποιηθούν bootstrap-datetimepicker.css[[III](#)] μαζί με το αντίστοιχο bootstrap-datetimepicker.js[[IV](#)] του οποίου η χρησιμοποίηση απαιτούσε την εισαγωγή του module moment-with-locales.js[[V](#)]
 - Για το μενού με τις καρτέλες και τα βελάκια πλούγησης μετάβαση στην προηγούμενη καρτέλα, μετάβαση στην επόμενη καρτέλα, μετάβαση στην πρώτη καρτέλα, μετάβαση στην τελευταία καρτέλα} (pagination menu) που χρησιμοποιείται στη σελίδα εμφάνισης αποτελεσμάτων δημοσκοπήσεων χρησιμοποιήθηκε το javascript module όνομα jquery.twbsPagination.js[[VI](#)]
 - Για την τη δημιουργία και το export των αποτελέσματα των polls σε pdf χρησιμοποιήθηκαν οι βιβλιοθήκες jspdf.debug.js [[VII](#)] μαζί με το plugin της jspdf.plugin.autotable.js [[VIII](#)] που αυτοματοποιεί τον τρόπο που γίνονται οι πίνακες (html tag table) της ιστοσελίδας export σε pdf. Τέλος για το export των διαγραμμάτων, που δημιουργήθηκαν στην ιστοσελίδα με χρήση της highchart.js, σε pdf , χρησιμοποιούνται τα modules exporting.js [[IX](#)] και offline-exporting.js [[X](#)].

Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιαστούν συνοπτικά οι τεχνολογίες front-end που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των γραφικών διεπαφών του web app της polling platform. Σημειώνεται ότι οι τεχνολογίες HTML5 και CSS3 είναι αρκετά γνωστές και θεωρήθηκε περιπτώ να αφιερωθούν δύο ενότητες ακόμη που να εξηγούν τι ακριβώς είναι και γιατί τις χρησιμοποιήσαμε.

5.1.1 Bootstrap

Για να κατανοήσουμε τη σημασία της χρήσης αυτού του framework, είναι σημαντικό προηγουμένως να έχει διθεί ένας ορισμός για το responsive design:

{**Responsive Design: ο σχεδιασμός και η δημιουργία web pages και γενικότερα γραφικών επαφών εφαρμογών γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το περιεχόμενο τους μαζί με τα στοιχεία τους να προσαρμόζονται και να φαίνονται καλά σε όλες τις συσκευές PCs, laptops, tablets και κινητά τηλέφωνα.**} [28]

{Το Bootstrap είναι μια συλλογή εργαλείων ανοιχτού κώδικα) για τη δημιουργία ιστοσελίδων και διαδικτυακών εφαρμογών}[29] και {αποτελεί το πιο δημοφιλές HTML, CSS, and JS framework για responsive developing και mobile web developing.}[30]. Διευκολύνει σημαντικά το responsive design ιστοσελίδων ενώ παράλληλα { με τη χρήση του το front-end web development γίνεται πιο γρήγορα και πιο εύκολα. Περιέχει HTML και CSS design templates για typography, forms, buttons, tables, navigation, modals, image carousels και πολλά αλλά στοιχεία. Έχει και κάποια javascript plugins που αυτοματοποιούν κάποιες λειτουργίες των παραπάνω στοιχείων.}[28]. Πρακτικά παρέχει css stylesheets classes για όλα τα html elements. Με αυτές τις κλάσεις τα html elements γίνονται πιο όμορφα . Επιπλέον κάποιες από αυτές τις κλάσεις συνοδεύονται από κάποια js/jquery plugins και έτσι έχουν κάποια επιπλέον λειτουργικά χαρακτηριστικά τα οποία ενσωματώνονται στα html elements που τα χρησιμοποιούν.

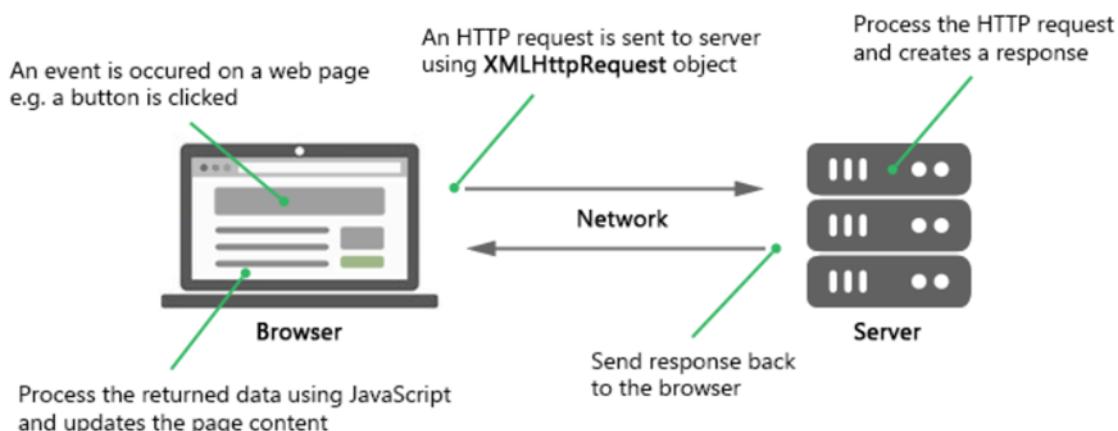
Το Bootstrap παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:{

- Βασικό του πλεονέκτημα είναι η ικανότητα του να δουλεύει και να προσαρμόζεται σε διαφορετικούς browsers και συσκευές.
- Επιταχύνει τη διαδικασία δημιουργίας web sites και web UI αφού παρέχει ένα μεγάλο αριθμό έτοιμων templates και classes για αυτά.
- Η χρήση του είναι εύκολη και δεν απαιτεί κάποιες εξειδικευμένες γνώσεις . Απαιτούνται μόνο βασικές γνώσεις δημιουργίας layouts.
- Η εκμάθηση του είναι εύκολη}[31]. Ένα tutorial διάρκειας μιας ώρας είναι αρκετό για να μάθεις τα βασικά.

5.1.2 AJAX (Asynchronous javascript and XML)

{AJAX (Asynchronous javascript and XML) αποτελεί ένα μέσο για να φορτώνουμε στη σελίδα δεδομένα από το server και να τα χρησιμοποιούμε για να ενημερώσουμε κάποια κομμάτια της σελίδας χωρίς να χρειαστεί αυτή να ξαναφορτωθεί. Τα δεδομένα δεν είναι απαραίτητο να είναι σε XML format το X στην ονομασία έχει παραμείνει κυρίως για

ιστορικούς λόγους. Στην πραγματικότητα η Ajax δεν αποτελεί κάποια νέα τεχνολογία αλλά τον όρο που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε την διαδικασία ασύγχρονης ανταλλαγής δεδομένων με ένα web server μέσω Javascript χωρίς να κάνουμε refresh τη σελίδα. Για την αποστολή και λήψη δεδομένων χρησιμοποιείται στη javascript ένα αντικείμενο της κλάσης XMLHttpRequest. Επισημαίνεται ότι η χρήση AJAX σε μια σελίδα, πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να μην εμποδίζει την διάδραση του χρήστη με τα υπόλοιπα στοιχεία του UI μιας ιστοσελίδας. Το script που περιλαμβάνει κάποιο ajax request, συνεχίζει να εκτελείται μέχρι να ληφθεί κάποια απάντηση από το server. Ο τρόπος επικοινωνίας με τον web server μέσω ajax requests φαίνεται καλύτερα στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 3:Τρόπος Επικοινωνίας με web server μέσω ajax requests [32]

Πλέον η χρησιμοποίηση AJAX είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη και δύσκολα βρίσκεται κάποιο web app ή web site που δεν το χρησιμοποιεί. Ορισμένα παραδείγματα διαδικτυακών εφαρμογών μεγάλης κλίμακας που το χρησιμοποιούν είναι:

- Gmail
- Google Maps
- Google Docs
- YouTube
- Facebook
- Flickr} [32]

5.1.3 Jquery

{Η jquery είναι μια μικρή γρήγορη βιβλιοθήκη JavaScript με πολλά στοιχεία. Η διαχείριση events και η σάρωση html στοιχείων και η εκτέλεση request με ajax γίνεται πολύ πιο απλή με τη χρησιμοποίηση αυτού του API. Η χρήση της είναι ιδιαίτερα εύκολη και δουλεύει χωρίς πρόβλημα στους περισσότερους σύγχρονους φυλλομετρητές. Η δημιουργία του jquery επηρέασε σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο

πολλοί άνθρωποι γράφουν javascript.} [33] {Πράγματα που με javascript χρειάζονται πολλές γραμμές κώδικα με jquery μπορεί να χρειάζονται το πολύ 2-3 γραμμές.

Ορισμένα από τα στοιχεία που περιέχει καταγράφονται παρακάτω:

- Διαχείριση HTML/DOM
- Διαχείριση CSS
- HTML events μέθοδοι
- effects & animation
- AJAX
- utilities

Το Jquery συνιστά το δημοφιλέστερο framework σε javascript και πάρα πολλές γνωστές εταιρείες το χρησιμοποιούν .Ανάμεσα τους είναι:

- Google
- Microsoft
- IBM
- Netflix} [34]

5.1.4 Angular JS

{Η Angular JS αποτελεί ένα Javascript front-end Framework ανοιχτού κώδικα της Google και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αναπτύξι web applications.

Αναπτύσσεται και επεκτείνεται συνέχεια γεγονός που του παρέχει καλύτερους τρόπους ανάπτυξης web apps. Μετατρέπει τη στατική HTML σε δυναμική. Με το δυναμικό binding και το dependency injection μας απαλλάσσει σε κάποιες περιπτώσεις από τη συγγραφή κώδικα. Χρησιμοποιεί μοντέλο MVC(Model View Controller) όπου:

- Model: χρησιμοποιείται για τη διαχείριση δεδομένων των εφαρμογών
- View: υπεύθυνο για να δείχνει τα δεδομένα των εφαρμογών
- Controller: βασική δουλειά του είναι να συνδέσει το model με τα view στοιχεία

Συνήθως, σε μια αρχιτεκτονική MVC χρειάζεται να σπάσουμε την εφαρμογή στα παραπάνω τρία στοιχεία και στη συνέχεια να δημιουργήσουμε συνδέσεις μεταξύ τους, όμως στην Angular αυτό γίνεται με αυτοματοποιημένο τρόπο. Για αυτό το λόγο, δεν απαιτείται συγχρονισμός κάποιου model layer με το αντίστοιχο view layer . Κάθε view layer αποτελεί ένα αντίγραφο κάποιου αντίστοιχου model layer . Συνεπώς, υπάρχει αυτόματος συγχρονισμός του model layer και του αντίστοιχου view layer. Όταν γίνονται αλλαγές στο model layer περνάνε αυτόματα στο αντίστοιχο view layer. Αυτός ο αυτόματος συγχρονισμός αποτελεί ευκολία για το binding data στα μοντέλα. Η χρήση templates αποτελεί ένα ακόμη πλεονέκτημα της Angular JS. Τα templates περνάνε από το browser στο DOM, το οποίο με τη σειρά του περνάει ως είσοδος στον Angular JS compiler και στη συνέχεια η Angular JS διασχίζει το DOM σύμφωνα με κάποιες οδηγίες (directives). Με αυτό τον τρόπο είναι εφικτό τα μέρη του DOM να μετατραπούν σε επαναχρησιμοποιούμενα στοιχεία. Ένα ακόμη θετικό στοιχείο της Angular JS είναι

τα depending injections που αποτελούν software design patterns που βασίζονται στη λογική του αντίστροφου ελέγχου (inversion control):

Inversion control: τα αντικείμενα δεν δημιουργούν άλλα αντικείμενα αλλά τα παίρνουν από κάποια εξωτερική πηγή.

Πιο συγκεκριμένα το εξαρτώμενο αντικείμενο δεν δημιουργείται από το πρωτεύον αλλά από μια εξωτερική πηγή, η οποία το δίνει στο source object. Το source object κάνει την επεξεργασία που απαιτείται για το εξαρτώμενο αντικείμενο. Σε γενικές γραμμές με τα dependency injection, δημιουργείται ένα service για την απόκτηση όλων των πληροφοριών από μια βάση δεδομένων και αυτές στη συνέχεια, ενσωματώνονται σε μια κλάση μοντέλου. Από όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η χρησιμοποίηση του παραπάνω framework βολεύει για τους παρακάτω λόγους:

- Είναι **εύκολη** και τα μόνα προαπαιτούμενα για να χρησιμοποιηθεί είναι βασικές γνώσεις σε HTML,CSS και javascript χωρίς να χρειάζεται να έχει κάποιος μεγάλη εμπειρία σε αυτά.
- Μας επιτρέπει να δουλεύουμε με components τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα σημεία. Η επαναχρησιμοποίηση τους είναι πολύτιμη καθώς μας γλιτώνει από **κόπτο και χρόνο** να γράφουμε να τον ίδιο κώδικα πολλές φορές για διάφορα σημεία της ίδιας ή διαφορετικών σελίδων.
- Χρησιμοποιεί κυρίως HTML templates τα οποία τα περνάει στο DOM και στη συνέχεια στον Angular JS compiler και το μόνο που απαιτείται για να χρησιμοποιηθεί το HTML template είναι η σάρωση του. } [35]

5.1.5 Highchart JS

{Αποτελεί μια βιβλιοθήκη της javascript που δίνει τη δυνατότητα στα web applications που την χρησιμοποιούν να προσθέσουν ως περιεχόμενο στις ιστοσελίδες τους γραφικές παραστάσεις με διάφορα διαδραστικά στοιχεία. Η βιβλιοθήκη αυτή διαθέτει μια μεγάλη ποικιλία γραφημάτων. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια από αυτά:

- γραφήματα γραμμής(line charts)
- οριζόντια ιστογράμματα (bar charts)
- κατακόρυφα ιστογράμματα στήλης(column charts)
- κυκλικά γραφήματα ή γραφήματα πίτας (pie charts)} [36]

{Είναι σημαντικό να αναφερθούν κάποια από τα χαρακτηριστικά αυτής της βιβλιοθήκης:

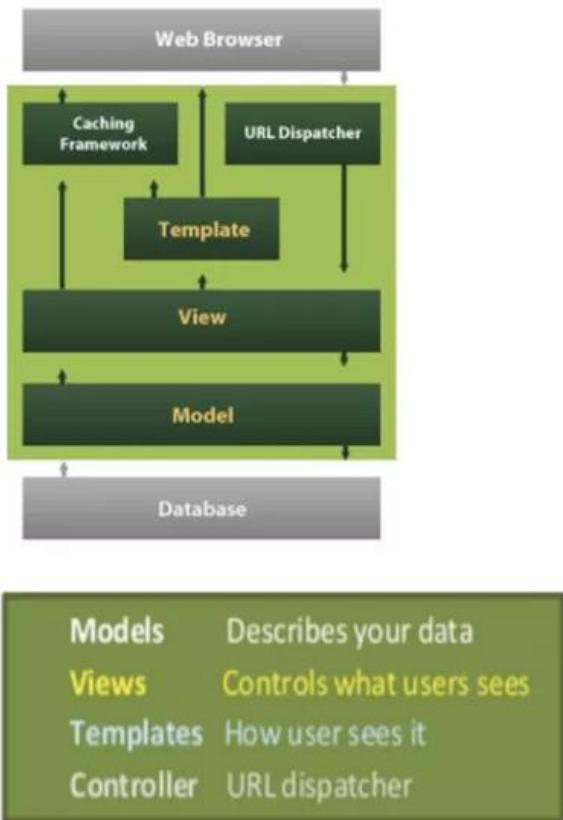
- **Συμβατότητα:** δουλεύει σε όλους τους γνωστούς browser και τις γνωστές πλατφόρμες κινητών (Android,iOS).
- **Υποστήριξη αλληλεπίδρασής με το χρήστη και με αφή**
- **Ελεύθερο στη χρήση:** αποτελεί λογισμικό ανοιχτού κώδικα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα για μη εμπορικούς σκοπούς.
- **Lightweight:** πιάνει ελάχιστο χώρο 35KB.
- **Απλά configurations:** για τη δημιουργία γραφημάτων και του τρόπου που θα παρουσιάζονται τα δεδομένα σε αυτά αρκεί να οριστεί ένα json. Για αυτό το λόγο η εκμάθηση και η χρησιμοποίηση της είναι πολύ απλή.

- **Δυναμική:** παρέχει δυνατότητες τροποποίησης του γραφήματος ακόμα και μετά τη δημιουργία του.
- **Δυνατότητα χρήση περισσότερων από 2 αξόνων για αναπαράσταση πολυδιάστατων στοιχείων**
- **Configurable tooltips:** με αυτό τον τρόπο μπορούμε να ορίσουμε τι δεδομένα θα βλέπει ο χρήστης αν κάνει κλικ ή αγγίξει μια συγκεκριμένη περιοχή του διαγράμματος.
- **Υποστήριξη χρονικών δεδομένων**
- **Export γραφήματος (PDF/ PNG/ JPG / SVG)**
- **Εκτύπωση γραφήματος**
- **Zoom:** ο χρήστης έχει δυνατότητα να κάνει zoom στα δεδομένα για να τα δει καλύτερα.
- **Χρήση εξωτερικών δεδομένων:** υποστηρίζει τη δυναμική φόρτωση δεδομένων από κάποιο server. Παρέχει έλεγχο δεδομένων χρησιμοποιώντας callback functions.
- **Δυνατότητα περιστροφής κειμένου:** οι τιμές στους άξονες μπορεί να έχουν οποιοδήποτε προσανατολισμό (π.χ. οριζόντια, κάθετα, με κλίση 45 μοιρών, κ.α.).} [37]

5.2 Back-end τεχνολογίες λογισμικού (Python Django Web Framework)

Το back-end κομμάτι της εφαρμογής είναι υλοποιημένο σε python. Χρησιμοποιήθηκε το python django web framework.

Το django αποτελεί ένα Python Web framework υψηλού επιπέδου που ενθαρρύνει την γρήγορη ανάπτυξη και ωθεί τους χρήστες που το χρησιμοποιούν να σχεδιάζουν τα web apps τους με σαφή και καθαρό τρόπο.} [38] { Ακολουθεί το αρχιτεκτονικό πρότυπο model-template-view (MTV) .} [39]



Εικόνα 4: αρχιτεκτονικό πρότυπο model-template-view του django. [40]

{Έχει κατασκευαστεί από έμπειρους προγραμματιστές οι οποίοι έχουν φροντίσει να αυτοματοποιήσουν αρκετές από τις διαδικασίες που ταλαιπωρούν τους προγραμματιστές που ασχολούνται με web development.} [38] { Έχει σαν βασικό στόχο να διευκολύνει τη δημιουργία database-driven websites.} [41] { Δίνει έμφαση στην επαναχρησιμοποίηση και την συνδεσιμότητα των στοιχείων των εφαρμογών χωρίς να τα επαναλαμβάνει. Έτσι καταφέρνει η ανάπτυξη των εφαρμογών να γίνεται γρήγορα και να απαιτεί τη συγγραφή λίγων γραμμών κώδικα.} [40] {Χρησιμοποιεί για τα πάντα την python από τα settings μέχρι τα μοντέλα δεδομένων. Ορισμένα γνωστά site που το χρησιμοποιούν είναι τα παρακάτω:

- PBS
- Instagram
- Disqus
- Washington Times
- Bitbucket
- Mozilla

Είναι ελεύθερο λογισμικό ανοιχτού κώδικα. Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα του αναφέρονται παρατίθενται παρακάτω:

- **Γρήγορη ανάπτυξη:** έχει σχεδιασθεί να βοηθήσει τους προγραμματιστές να περάσουν και να μετατρέψουν μια ιδέα για κάποιο web app σε μια υλοποιημένη εφαρμογή διαδικτύου.} [38]
- **{Αυτόματη δημιουργία μοντέλων που αντιστοιχούν στους πίνακες της βάσης δεδομένων:** το συγκεκριμένο κομμάτι εξηγείται καλύτερα στην ενότητα 5.2.4.
- **Αντίστροφη λειτουργία από αυτή περιγράφηκε προηγουμένως:** ο χρήστης μπορεί να φτιάξει τα μοντέλα του και χρησιμοποιώντας τις εντολές του django makemigrations και migrate δημιουργείται μια βάση δεδομένων με πίνακες που αντιστοιχούν στα μοντέλα που έχει φτιάξει ο χρήστης
- **Διαχείριση μοντέλων μέσω του admin dashboard και των APIs που παρέχει**
- **Εύκολο migration dbs**
- **Ένα ισχυρό ενσωματωμένο σύστημα προτύπων (Powerful built-in template system):** παρουσίαση του γίνεται στις ενότητες 5.2.5-5.2.6.
- **ένα ισχυρό cache framework ιδανικό για δυναμικές ιστοσελίδες} [40]**
- **{Διασφαλίζει την ασφάλεια της εφαρμογής:** το django λαμβάνει σοβαρά υπόψη την ασφάλεια μιας εφαρμογής και βοηθάει τους developers να αποφεύγουν πολλά κοινά λάθη που αφορούν θέματα ασφαλείας.} [38] { Παρέχει ένα σύνολο στοιχείων ασφαλείας που προστατεύουν τα web apps του χρήστη από SQL Injections και XSS, CSRF επιθέσεις} [40]
- **Exceedingly scalable:** sites που έχουν να διαχειριστούν πολλά web apps και ένα τεράστιο όγκο δεδομένων, μπορούν να διασφαλίσουν το scalability τους αξιοποιώντας της δυνατότητες του Django.)[38]

Στις επόμενες υποενότητες δίνονται οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο έγινε η εγκατάσταση της django στο υπολογιστικό μας σύστημα. Μετά, εξηγείται πως δημιουργούμε ένα django project στην python. Τέλος, θα περιγραφούν συνοπτικά οι πιο σημαντικές διαδικασίες που πρέπει να μάθει κάποιος για να φτιάξει ένα οποιοδήποτε web app χρησιμοποιώντας αυτό το framework.

Το υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής είχε λειτουργικό σύστημα Windows 10 με εγκατεστημένο Visual Studio 2017 και python 3.6 (η python έχει στηθεί μέσα στο VS 2017). Επιπλέον για την ανάπτυξη της εφαρμογή μας χρειάστηκε να εγκαταστήσουμε με ρίρ τα παρακάτω modules της python:

```
numpy: pip install numpy
statistics: pip install statistics
postgresql: pip install psycopg2-binary
```

Εικόνα 5: Πλαίσιο με επιπλέον modules της python που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση της εφαρμογής

5.2.1 Εγκατάσταση Django

Για την εγκατάσταση του django όπως και των παραπάνω modules της python, ακολουθήθηκε η παραπάνω διαδικασία:

1. Ανοίγουμε το cmd σαν administrator.
2. easy_install django και κάνει εγκατάσταση την τελευταία σταθερή έκδοση του django. Προφανώς θα μπορούσε να γίνει η εγκατάσταση και με pip.
3. Όταν ολοκληρωθεί η εγκατάσταση ανοίγουμε το shell της python:

```
>>> import django
>>> django.VERSION
(2, 2, 5, 'final', 0)
```

Εικόνα 6: Στο shell εισάγουμε το module django και με την εντολή django.VERSION βλέπουμε ότι εγκαταστήσαμε το django 2.2.5

5.2.2 Δημιουργία Django Web Project

Ανοίγουμε το VS και δημιουργούμε ένα νέο django web project από File->Project πάμε στο tab Python και επιλέγουμε Django Web Project με όνομα Polling_Platform. Το project χρησιμοποιεί εξωτερικά packages και ο χρήστης έχει τρεις επιλογές:

- Δημιουργία εικονικού περιβάλλοντος python μέσα στο project με τα συγκεκριμένα πακέτα. Τα πακέτα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μέσα σε αυτό το project.
- Εγκατάσταση των πακέτων που χρειάζονται από το Visual Studio στην python. Σε περίπτωση που εντοπιστεί άλλη έκδοση django από την default που χρησιμοποιεί το visual studio, τότε γίνεται απεγκατάσταση της και εγκαθίσταται το default django του visual studio . Η έκδοση του django που χρησιμοποιεί το visual studio είναι παλιά σχετικά 1.1.
- Το visual studio δεν κάνει τίποτα και ο χρήστης εγκαθιστά μόνο του τα απαιτούμενα πακέτα.

Εμείς κάναμε το τρίτο. Το project που έχει δημιουργηθεί, χρειάζεται κάποιες τροποποιήσεις για να τρέξει για την τελευταία έκδοση django που έχουμε εγκαταστήσει. Πιο συγκεκριμένα στο αρχείο settings.py στο φάκελο Polling_Platform του project αλλάζουμε το MIDDLEWARE_CLASSES σε MIDDLEWARE και από αυτή τη λίστα διαγράφουμε το στοιχείο με το παρακάτω όνομα:

```
'django.contrib.auth.middleware.SessionAuthenticationMiddleware'
```

Το κάθε django project έχει ενσωματωμένο και χρησιμοποιεί ως σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων το django.db.backends.sqlite3. Εμείς θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε ως σύστημα βάσεων δεδομένων την postgresql που έχουμε εγκαταστήσει στον υπολογιστή μας και πιο συγκεκριμένα την βάση της με όνομα world_of_polls(η βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί η Polling Platform περιγράφεται

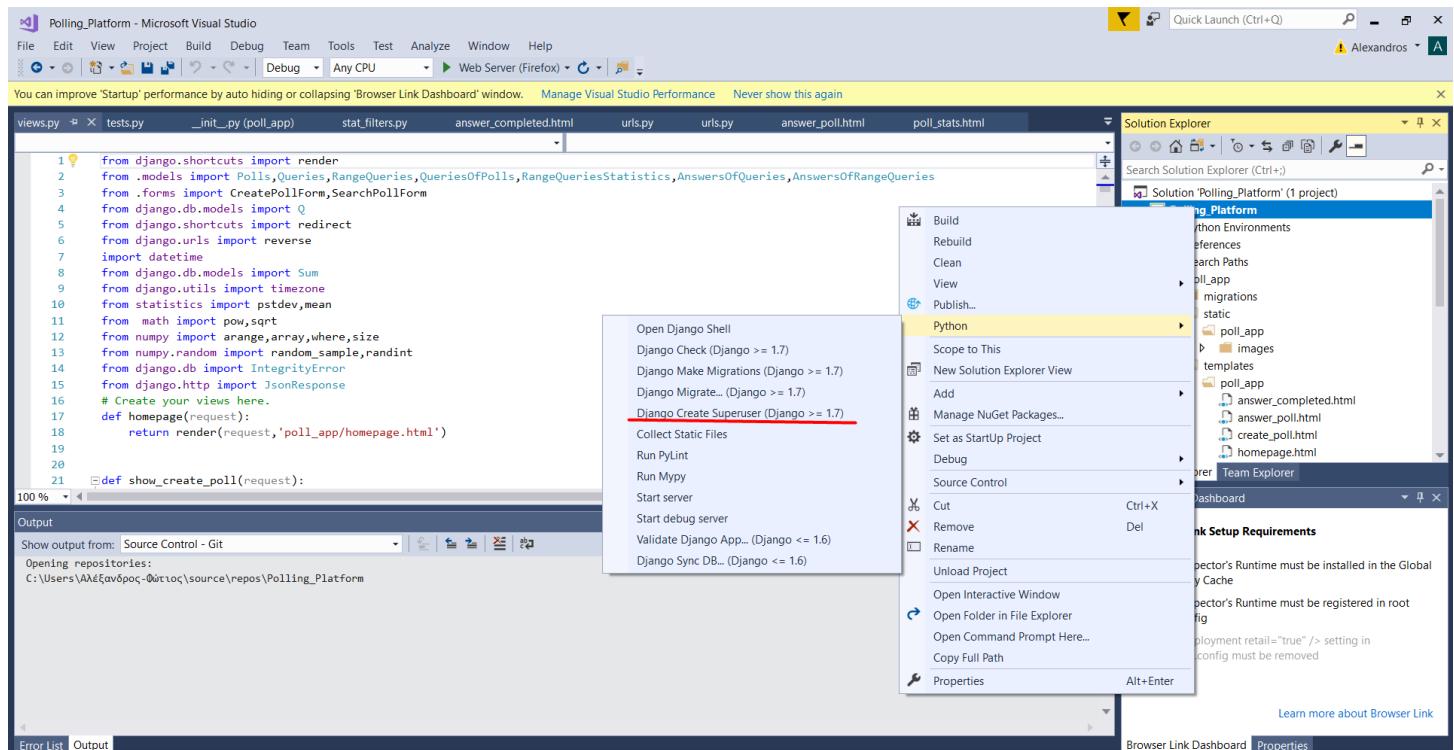
στο κεφάλαιο 6)οπότε αλλάζουμε στο αρχείο settings.py το dictionary DATABASES και αλλάζουμε τα στοιχεία του default dictionary εξής:

- ENGINE django.db.backends.postgresql
- NAME world_of_polls
- USER και PASSWORD postgres(το password δεν το παίρνουμε σε plaintext αλλά σε μια κωδικοποιημένη μορφή που βρίσκεται σε ένα αρχείο json μαζί με το κλειδί για την αποκωδικοποίηση του. Στο settings.py γίνεται αποκωδικοποίηση του κωδικοποιημένου password με χρήση του κλειδιού αποκωδικοποίησης.)
- HOST localhost
- port 5432

Μετά, διαγράφουμε την sqlite βάση που είχε δημιουργηθεί με την δημιουργία του project. Τέλος τροποποιούμε τη μεταβλητή url_patterns στο αρχείο urls.py και του ορίζουμε μόνο ότι το domain /admin του localhost θα οδηγεί στα admin.site.urls . Για την πρόσβαση /admin είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί κάποιος χρήστης. Η δημιουργία χρήστη γίνεται με την παρακάτω εντολή που εκτελείται στο path όπου είναι η python εγκατεστημένη:

```
python <project_path>/manage.py createsuperuser
```

Αντί να εκτελέσουμε στο command line την παραπάνω εντολή, μπορούμε μέσα στο Visual Studio, στο δεξί άκρο του παραθύρου να κάνουμε δεξί κλικ πάνω στο project που βρίσκεται κάτω από το Solution explorer και να πατήσουμε στο menu Python και να επιλέξουμε την εντολή Django Create SuperUser.



Εικόνα 7: Δημιουργία Admin User για το Django Project από VS 2017

Το manage.py αποτελεί ένα command-line εργαλείο σε κάθε django project που επιτρέπει στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το project με διάφορους τρόπους.

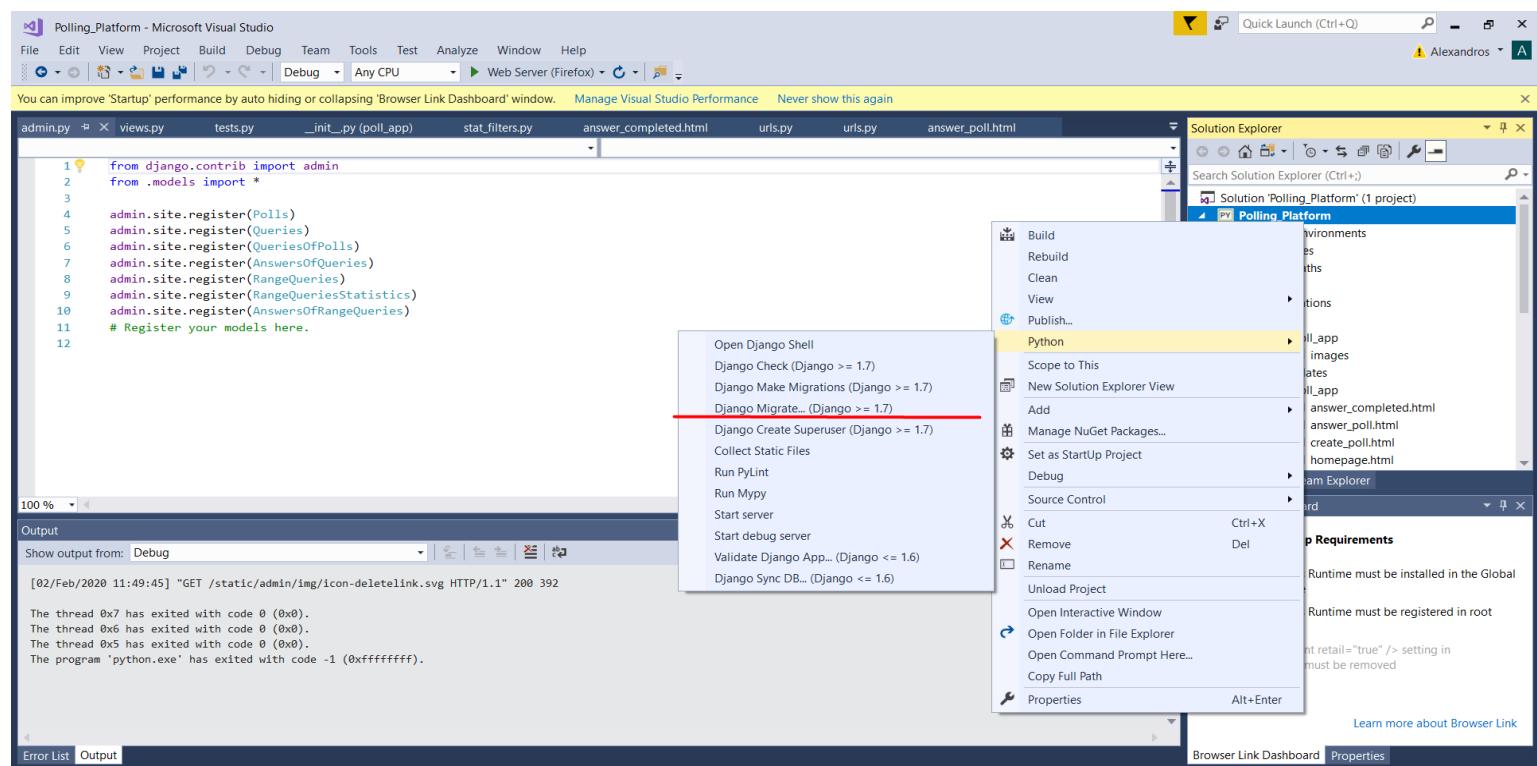
Στο localhost:<port> /admin υπάρχει μια login form όπου ο χρήστης βάζει το username και το password του και αποκτά πρόσβαση στους πίνακες των βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούν οι εφαρμογές του project. By default επιτρέπεται οι πρόσβαση στους πίνακες users και groups. Για οποιονδήποτε άλλο πίνακα πρέπει να πάμε στο admin.py της εκάστοτε εφαρμογής και να κάνουμε register το μοντέλο που αντιστοιχεί σε αυτό τον πίνακα. Στη συνέχεια αν ξαναμπούμε στην ίδια σελίδα και κάνουμε login, έχουμε δικαίωμα να προσθέσουμε/διαγράψουμε/ενημερώσουμε εγγραφές σε όσους πίνακες έχουν γίνει register τα μοντέλα τους.

Για να εφαρμοσθούν όλες αυτές οι ρυθμίσεις του project εκτελούμε πάλι από το φάκελο που είναι εγκατεστημένη η python:

```
python <project_path>/manage.py migrate
```

Αντί να εκτελέσουμε στο command line την παραπάνω εντολή, μπορούμε μέσα στο Visual Studio, στο δεξί άκρο του παραθύρου να κάνουμε δεξί κλικ πάνω στο project που βρίσκεται κάτω από το Solution explorer και να πατήσουμε στο menu Python και να επιλέξουμε την εντολή Django Migrate

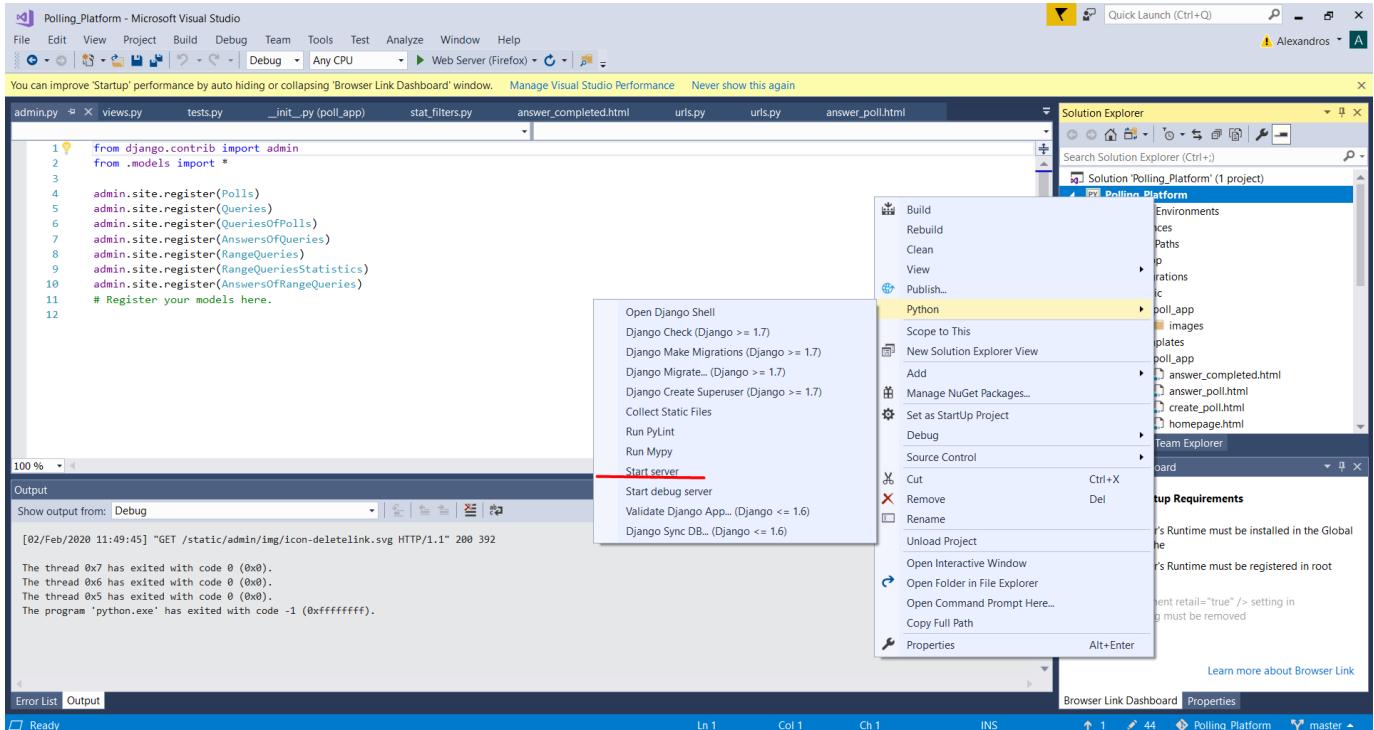
Scalable and Flexible Personalized Polling Platform



Εικόνα 8: Ενημέρωση project για τις αλλαγές που έγιναν από VS2017

Στη συνέχεια μπορούμε να τρέξουμε το project είτε από το visual studio είτε από το command line από το φάκελο της python τρέχουμε:

python <project_path>/manage.py runserver <port>



Εικόνα 9: Άνοιγμα Server και Εκτέλεση Project από το VS 2017

Σημείωση: Για την περίπτωση που τρέχουμε το project από το visual studio. Μπορούμε να πάμε Project->Polling_Platform properties στο tab DEBUG ορίζουμε στην επιλογή Launch URL το localhost:<port>. Ορίστηκε εδώ ως port το 8081.



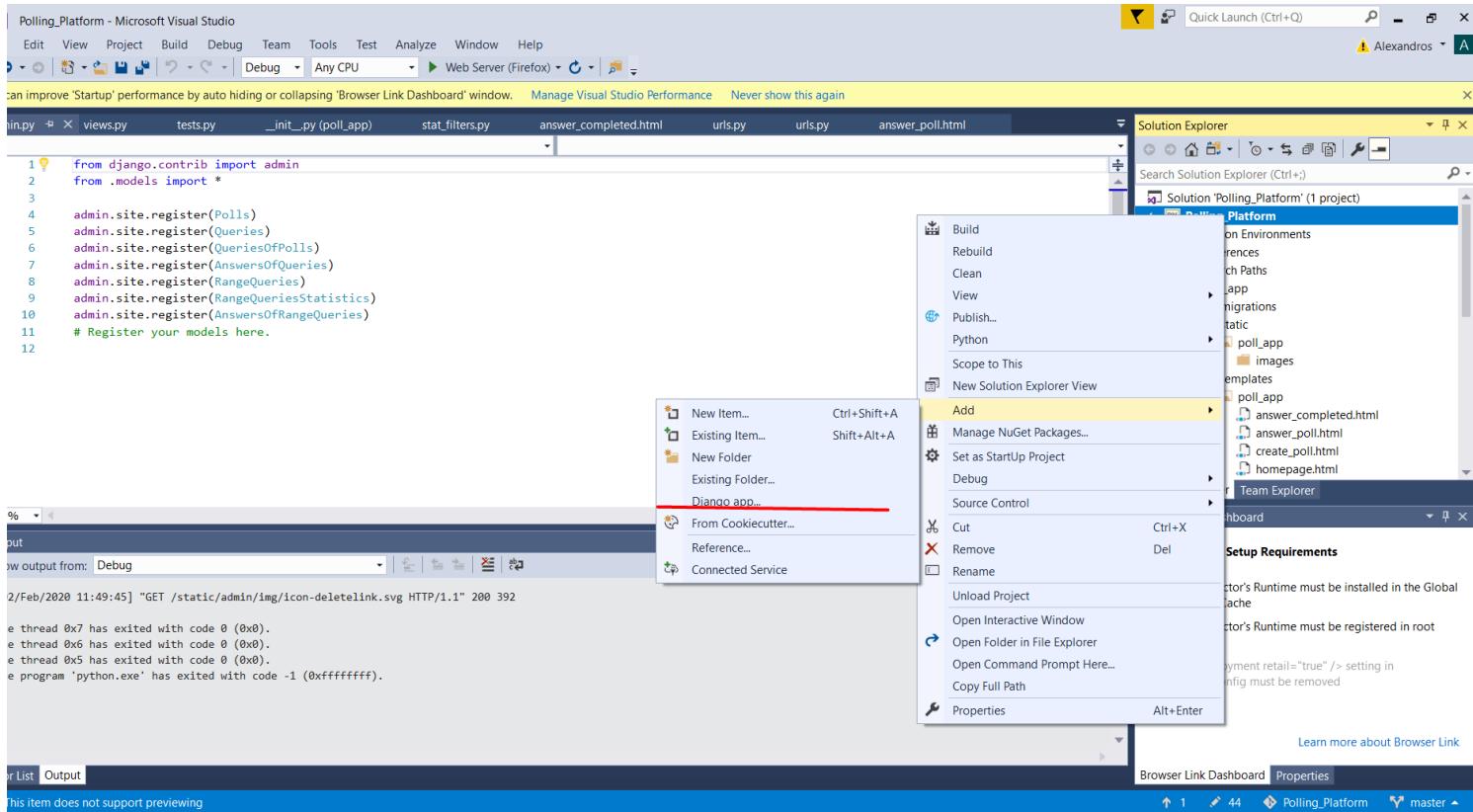
Εικόνα 10: Login Form στην σελίδα admin

The screenshot shows the Django admin interface. The left sidebar has a tree structure with 'AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION' and 'POLL_APP'. Under 'AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION', there are 'Groups' and 'Users' with 'Add' and 'Change' buttons. Under 'POLL_APP', there are several models: 'Answers of queriess', 'Answers of range queriess', 'Poliss', 'Queries of poliss', 'Queriess', 'Range queries statisticss', and 'Range queriess', each with 'Add' and 'Change' buttons. The right side features a 'Recent actions' log with items like 'AnswersOfRangeQueries object (2)', 'AnswersOfRangeQueries object (2)', 'RangeQueriesStatistics object (106)', etc., and a 'My actions' log with similar entries.

Εικόνα 11: Κάνουμε login και βλέπουμε το μενού με τους πίνακες που έχουν γίνει register στον admin και στους οποίους μπορούμε να προσθέσουμε νέες εγγραφές ή να τροποποιήσουμε αυτές που υπάρχουν ήδη. Στην εικόνα φαίνονται οι default πίνακες του django Groups και Users καθώς και οι πίνακες της βάσεις δεδομένων world_of_polls.

5.2.3 Δημιουργία app μέσα στο Django Web Project

Ένα Django Web Project μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα apps. Θα μπορούσε για παράδειγμα σε ένα τέτοιο project να υπάρχει ένα app για μουσική, ένα άλλο για το section των videos και ένα άλλο για το φόρουμ. Σε εμάς θα υπάρχει ένα web app με όνομα poll_app. Πριν από αυτό διαγράφουμε το φάκελο app του project ή φροντίζουμε το app να μη δημιουργηθεί μέσα σε αυτό το φάκελο. Μέσα στο Visual Studio, στο δεξί άκρο του παραθύρου, κάνουμε δεξί κλικ πάνω στο project που βρίσκεται κάτω από το Solution explorer, πατάμε στο menu Add και επιλέγουμε την εντολή Django app.



Εικόνα 12: Δημιουργία app στο Django Project μέσα από το VS 2017

Εναλλακτικά μπορούμε να την δημιουργήσουμε από το command line από το path εγκατάστασης της python:

```
python <project_path>/manage.py startapp <app_name>
```

Δημιουργείται εκεί στο φάκελο εγκατάστασης της python ένας φάκελος με το όνομα του app τον οποίο τον κάνουμε αντιγραφή στο φάκελο του project και κάνουμε στο visual studio στο solution explorer παράθυρο refresh. Στη συνέχεια θα μιλήσουμε για την οργάνωση του φακέλου αυτού και θα εξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο επιτελούνται οι διάφορες λειτουργίες του app.

5.2.4 Δημιουργία μοντέλων της εφαρμογής

Κάθε app ενός django project μπορεί να χρησιμοποιεί και να αντλεί δεδομένα από μία ή περισσότερες βάσεις δεδομένων. Το δικό μας app χρησιμοποιεί την db με όνομα world of polls που θα περιγραφεί στο κεφάλαιο 6. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη χρησιμοποίηση μιας βάσης δεδομένων από ένα app, είναι κάθε πίνακας της ΒΔ να αναπαρασταθεί από ένα μοντέλο (μια κλάση), στο οποίο δηλώνονται τα πεδία και ο τύπος των πεδίων του πίνακα της ΒΔ καθώς και το σύνολο των constraints του. Πρέπει να υπάρχει πλήρης αντιστοιχία των ονομάτων και των τύπων των πεδίων του μοντέλου με αυτά του πίνακα. Το ίδιο ισχύει και για τους περιορισμούς. Ο χρήστης μπορεί να γράψει μόνος του των κώδικα για της κλάσεις μοντέλα στο αρχείο models.py του

project. Ωστόσο το django έχει τη δυνατότητα να παράγει μόνο του τα μοντέλα από μια βάση δεδομένων με την παρακάτω εντολή:

```
python manage.py inspectdb <project_app_path>/models.py
```

Σε κάποιες περιπτώσεις τα μοντέλα που προκύπτουν χρειάζονται κάποιες αλλαγές. Στην δική μας βάση δεδομένων υπάρχουν κάποιοι πίνακες που έχουν ως πρωτεύον κλειδί ένα συνδυασμό πεδίων. Στα αντίστοιχα μοντέλα πινάκων στο django, υπήρχε πρόβλημα να ορίσουμε για το μοντέλο ένα σύνθετο πρωτεύον κλειδί. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα που υπήρχε για αρκετούς πίνακες της βάσης δεδομένων μας, χρησιμοποιήθηκε το τέχνασμα που περιγράφεται παρακάτω. Στους πίνακες αυτούς προστέθηκε ένα επιπλέον πεδίο unigue. Το πεδίο αυτό στα μοντέλα αυτών των πινάκων ορίζεται ως πρωτεύον κλειδί, ενώ ο συνδυασμός των πεδίων του μοντέλου που αντιστοιχούν στα πεδία που συνιστούν το σύνθετο πρωτεύον κλειδί του πίνακα της ΒΔ, ορίζεται να είναι unigue στο μοντέλο. Με αυτό τον τρόπο, δεν προκαλείται καμία παραβίαση περιορισμού ακεραιότητας και αναφοράς παρά τη μικρή αναντιστοιχία μοντέλων-πινάκων και αυτό γιατί διασφαλίζεται ότι τα βοηθητικά πεδία και ο συνδυασμός των πεδίων που συνιστούν πρωτεύοντα κλειδιά στους πίνακες πρέπει να παίρνουν μοναδικές τιμές.

Κάθε φορά που δημιουργούνται νέα μοντέλα ή γίνονται αλλαγές στα υπάρχοντα πρέπει να γίνεται ενημέρωση της εφαρμογής για αυτές τις αλλαγές και να ενεργοποιούνται τα μοντέλα:

```
python <project_path>/manage.py makemigrations
```

Όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση της παραπάνω εντολής δίνεται ένα κωδικός migration code. Με την παρακάτω εντολή ενημερώνεται το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή για τις αλλαγές των μοντέλων της που αντιστοιχούν στους πίνακες της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιεί και στη συνέχεια το ΣΔΒΔ εκτελεί τις κατάλληλες ενέργειες για να εφαρμοσθούν οι συγκεκριμένες αλλαγές των μοντέλων στους αντίστοιχους πίνακες της χρησιμοποιούμενης βάσης δεδομένων:

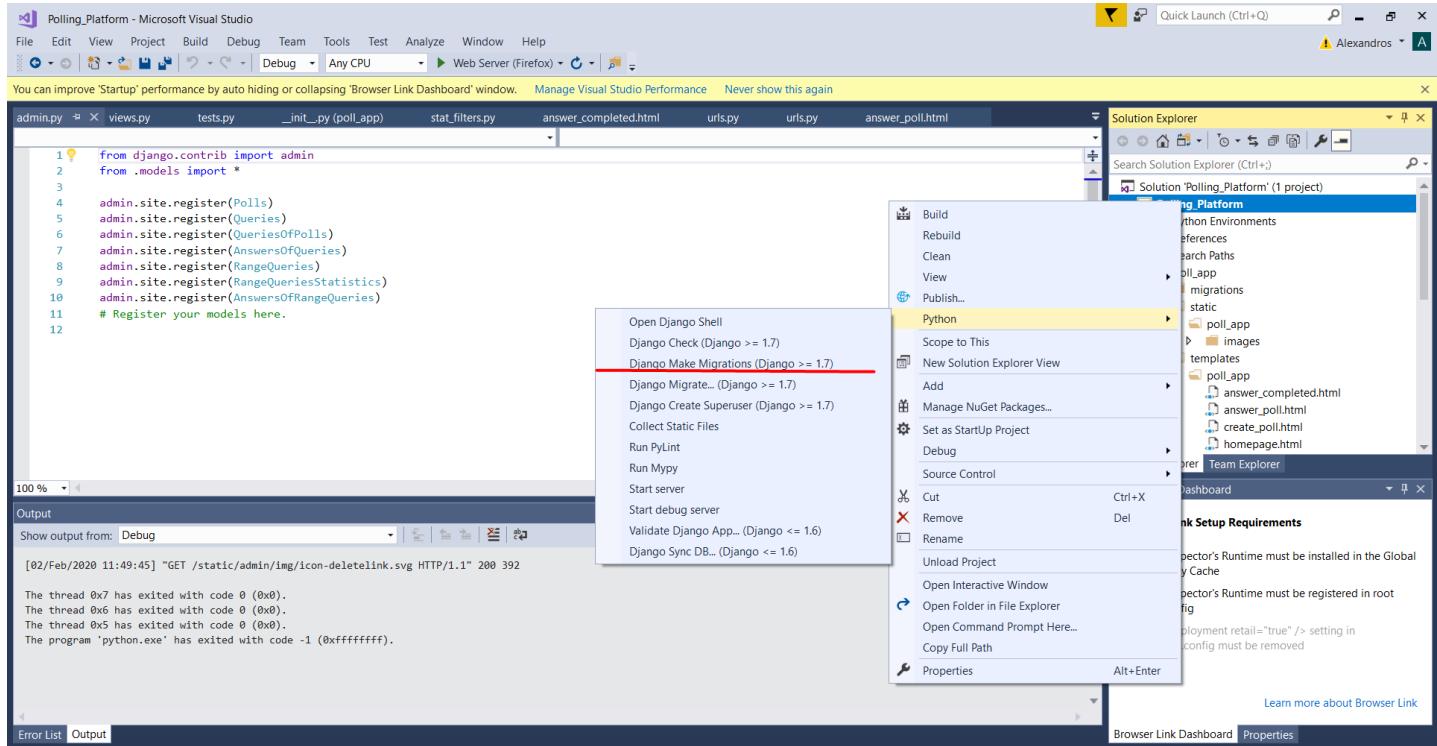
```
python manage.py sqlmigrate <project_app_path> <migration_code>
```

Τέλος γίνεται:

```
python manage.py migrate
```

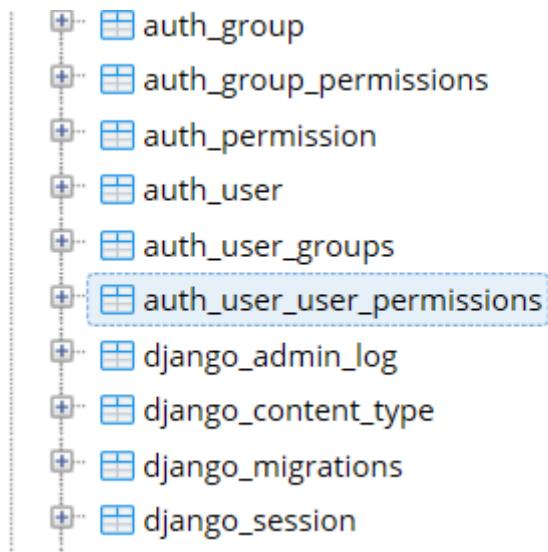
Εναλλακτικά οι συγκεκριμένες ενέργειες μπορούν να γίνουν και μέσα από το VS 2017 όπως ακριβώς έχει περιγραφεί και πιο πάνω.

Scalable and Flexible Personalized Polling Platform



Εικόνα 13: Ενημέρωση django app για αλλαγές που έγιναν στα μοντέλα του.

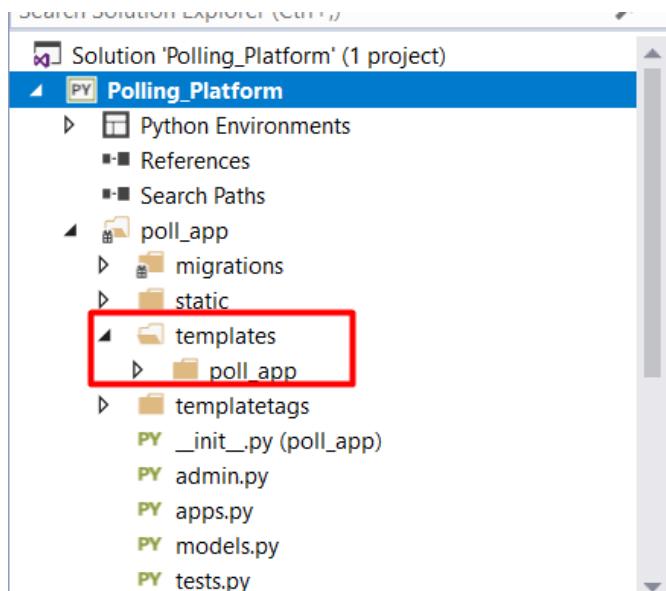
Σημείωση: Μετά την εκτέλεση των παραπάνω εντολών, το Django έχει δημιουργήσει κάποιους δικούς του πίνακες για users, group_of_users και permissions που εμείς όμως δεν τους χρησιμοποιούμε καθόλου στην υλοποίηση μας αλλά απλά αναφέρουμε την ύπαρξη τους για λόγους πληρότητας:



Εικόνα 14: Πίνακες που δεν χρησιμοποιούνται στην εφαρμογή μας

5.2.5 Δημιουργία views και templates

Στο φάκελο της εφαρμογής στο project υπάρχει το path `templates/<app_name>` όπου εκεί αποθηκεύονται οι html σελίδες της εφαρμογής μας που λέγονται Django templates.



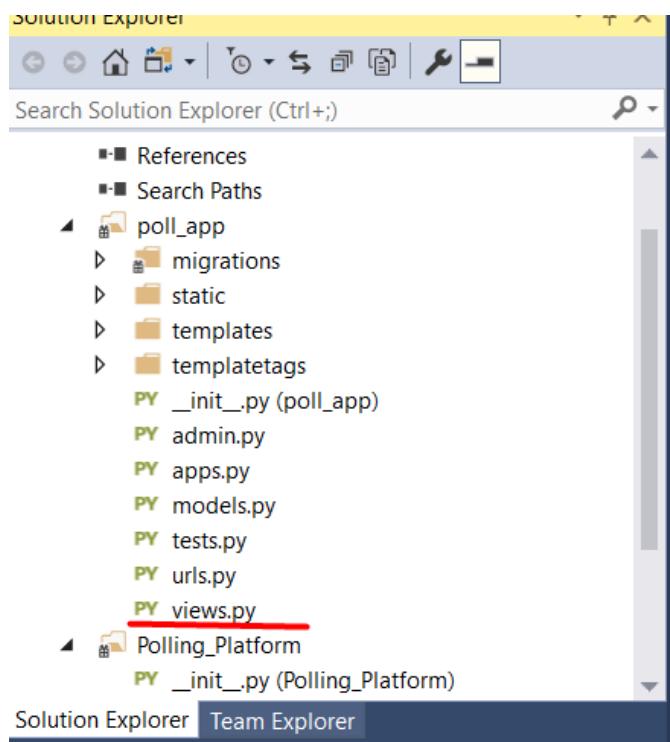
Εικόνα 15: Path με templates της εφαρμογής

Ακόμη, υπάρχει το path `static/<app_name>`(σε κάποιες εκδόσεις του Django δεν δημιουργείται αυτόματα και πρέπει να το δημιουργήσει ο χρήστης και συνήθως έχει τρεις φακέλους:

- css αρχεία για την μορφοποίηση των templates
- js περιέχει javascript αρχεία για να διαχειρίζονται τα διάφορα events στα templates
- images περιέχει εικόνες που χρησιμοποιούν τα templates

Τα αρχεία αυτά πρέπει να φορτωθούν στα html templates στο head tag `{% load staticfiles %}` για να είναι δυνατή η χρησιμοποίηση τους.

Ο χρήστης συχνά μέσω των forms ή links κάνει request στο server. Στο αρχείο του app `views.py` έχουν υλοποιηθεί κλάσεις ή μέθοδοι οι οποίες διαχειρίζονται και επεξεργάζονται τα request των χρηστών και επιστρέφουν κάποιο html template ανάλογα με αν η επεξεργασία του request ήταν επιτυχημένη ή όχι.



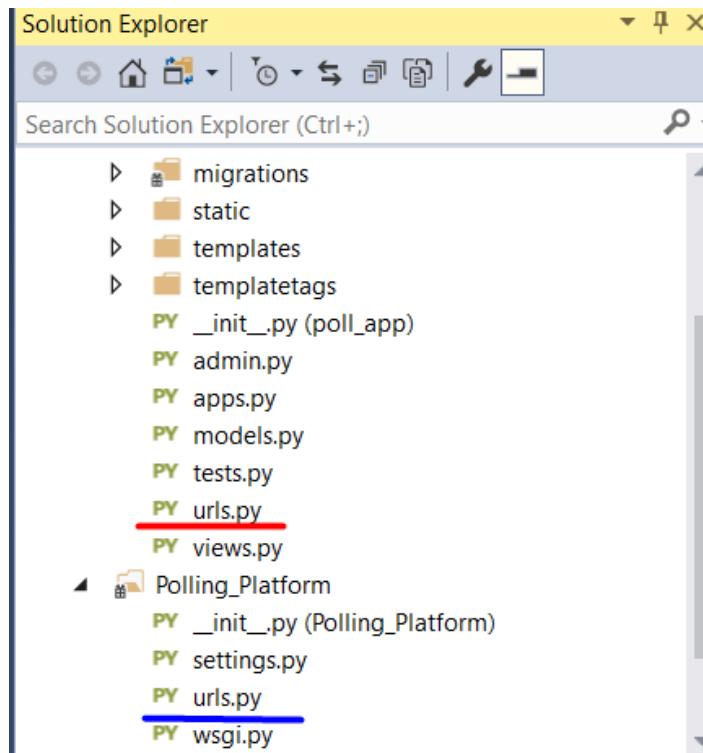
Εικόνα 16: Τοποθεσία αρχείου views.py

Για να ξέρει το app σε ποιο html template θα μεταβεί μετά τη διεκπεραίωση κάποιου request πρέπει να οριστεί στο link ή στο form tag element το κατάλληλο action το οποίο δηλώνεται με χρήση django html template language ως εξής:

```
{% url 'name_app:url_name%'}
```

Για να είναι έγκυρο ένα action και να μπορέσει να διεκπεραιωθεί το request του χρήστη πρέπει να έχει δηλωθεί στο urlpatterns του urls.py ένα python url στοιχείο το οποίο θα ορίζει το όνομα του domain που θα μεταβεί η εφαρμογή μετά τη διεκπεραίωση του request, την συνάρτηση ή κλάση του views.py που θα διαχειριστεί το συγκεκριμένο request και το όνομα με το οποίο θα αναφερόμαστε σε αυτό στο html.

Γενικά το python url object για την διεκπεραίωση ενός request είναι εφικτό να δηλωθεί ως στοιχείο του urlpatterns του urls.py του Django Web Project. Όμως, ένα τέτοιο project μπορεί να έχει πολλά web apps και για αυτό το λόγο, είναι καλή πρακτική κάθε ένα από αυτά να έχει το δικό του urls.py στο οποίο δηλώνεται το app_name και η λίστα urlpatterns. Στη συνέχεια στο urlpattern του urls.py του project κάνουμε include το urls.py(urls κάθε εφαρμογής με τον παρακάτω τρόπο:



Εικόνα 17: Τοποθεσίες αρχείων urls.py . Με κόκκινη γραμμή η τοποθεσία του αρχείου του app και με μπλε γραμμή η τοποθεσία του αρχείου του project

```
urlpatterns = [
    # Examples:
    url(r'^admin/', admin.site.urls),
    url(r'^poll_app/', include('poll_app.urls')),
```

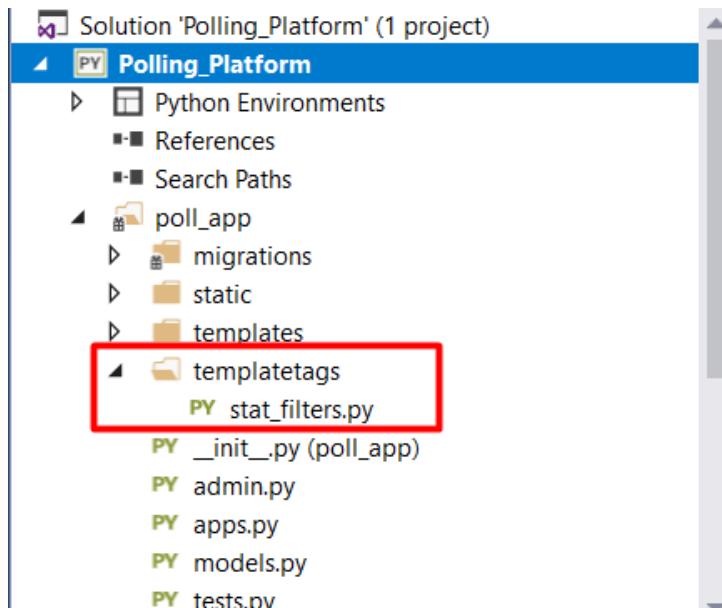
Εικόνα 18: Τρόπος με τον οποίο γίνονται include στο urls.py του project τα urls κάθε εφαρμογής.

Σε ένα html django template μπορούν να χρησιμοποιηθούν δομές επανάληψης και συνθήκες ελέγχου. Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν ο χρήστης υποβάλλει ένα request και ζητάει κάποια δεδομένα. Στην περίπτωση μας, τα δεδομένα που ζητιούνται σε κάθε request της εφαρμογής αποθηκεύονται σε ένα json που γίνεται return από το αντίστοιχο view, που χειρίζεται αυτό το request. Για παράδειγμα, έστω ότι γίνεται εξυπηρέτηση ενός request και επιστρέφεται ένα html template και μια λίστα με δεδομένα. Για να εμφανιστούν τα δεδομένα στο html template πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα forloop.

Σε περίπτωση που απαιτείται να γίνει μια επεξεργασία των δεδομένων μιας τέτοιας λίστας, πριν αυτά εμφανιστούν στο html template, αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι να χρησιμοποιηθεί κάποια συνάρτηση σε javascript ή angular js.

Ωστόσο υπάρχει και ένας δεύτερος ποιος πρακτικός τρόπος που παρέχεται από το Django Framework. Πιο συγκεκριμένα μας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργούμε custom filters με τα οποία μπορούμε να επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα που επιστρέφονται από τις συναρτήσεις των views στα html templates. Τα φίλτρα αυτά είναι απλές συναρτήσεις σε python και δημιουργούνται ως εξής:

1. Φτιάχνουμε ένα φάκελο με όνομα templatetags μέσα στον οποίο δημιουργούμε ένα αρχείο python με τα φίλτρα.
2. Στο αρχείο αυτό υλοποιείται ένα template Library και για κάθε συνάρτηση-φίλτρο που φτιάχνεται, πρέπει να προσδιοριστεί στο template library το όνομα της.



Εικόνα 19: Τοποθεσία φακέλου templatetags που μπορεί να εμπεριέχει ένα ή περισσότερα αρχεία με φίλτρα επεξεργασίας που μπορούν να εφαρμοστούν σε δεδομένα των django html templates

Για να χρησιμοποιηθούν αυτά τα φίλτρα πρέπει να γίνουν load στο head tag του html με τον ίδιο τρόπο που έγιναν load τα static files(αρχεία css, javascript), γράφουμε δηλαδή:

`% load filterfilename.py %`.

Το φίλτρο καλείται με |filter_name:parameters στην μεταβλητή ή στο σημείο που θέλουμε.

5.2.6 Event handling στα html django templates

Στις ιστοσελίδες της εφαρμογής, συμβαίνουν διάφορα events (π.χ. όταν χρήστης πατάει σε κουμπιά ή όταν γράφει κείμενο στα πεδία των φορμών τους). Όταν συμβαίνουν κάποια συγκεκριμένα events , πρέπει να υπάρχει μια συνάρτηση ένα event handler ο οποίος εκτελεί κάποιες ενέργειες. Στο project αυτό για τη διαχείριση τέτοιων events , χρησιμοποιήθηκαν jquery και σε κάποιες περιπτώσεις Angular JS.

Η υλοποίηση event handlers με χρήση του framework Angular JS παρουσιάζει μια ιδιομορφία την οποία θα εξηγήσουμε σε αυτή την παράγραφο. Τα frameworks Angular JS και Django χρησιμοποιούν διπλές αγκύλες για να ορίσουν μεταβλητές σε ένα html template. Ο ίδιος τρόπος ορισμού των μεταβλητών από τα δύο frameworks δημιουργεί σημαντικό πρόβλημα στη διαχείριση events. Το html template αντιλαμβάνεται όλες τις μεταβλητές που ορίζονται με διπλές αγκύλες ως django μεταβλητές, ανεξάρτητα αν είναι ή δεν είναι και έτσι οι μεταβλητές αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιούν από τους

controllers στο script του angular app. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα ορίζεται στην αρχή του script κάθε angular app ότι οι μεταβλητές του στο html θα δηλώνονται ως {\$<variable_name>\$}.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι διαχείριση των events γίνεται με jquery. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες περιπτώσεις που προτιμήθηκε να υλοποιηθεί ένα angular js app για να διαχειριστούμε διάφορα events στα html templates:

- Η αλλαγή της τιμής του πεδίου μιας bootstrap dropdown list, όταν ο χρήστης επιλέγει με click ένα από τα στοιχεία της.
- Εμφάνιση περιεχόμενου popover όταν ο χρήστης κάνει click σε αυτά.
- Εκχώρηση απαντήσεων σε ερωτήματα που επιδέχονται πολλές αριθμητικές απαντήσεις.

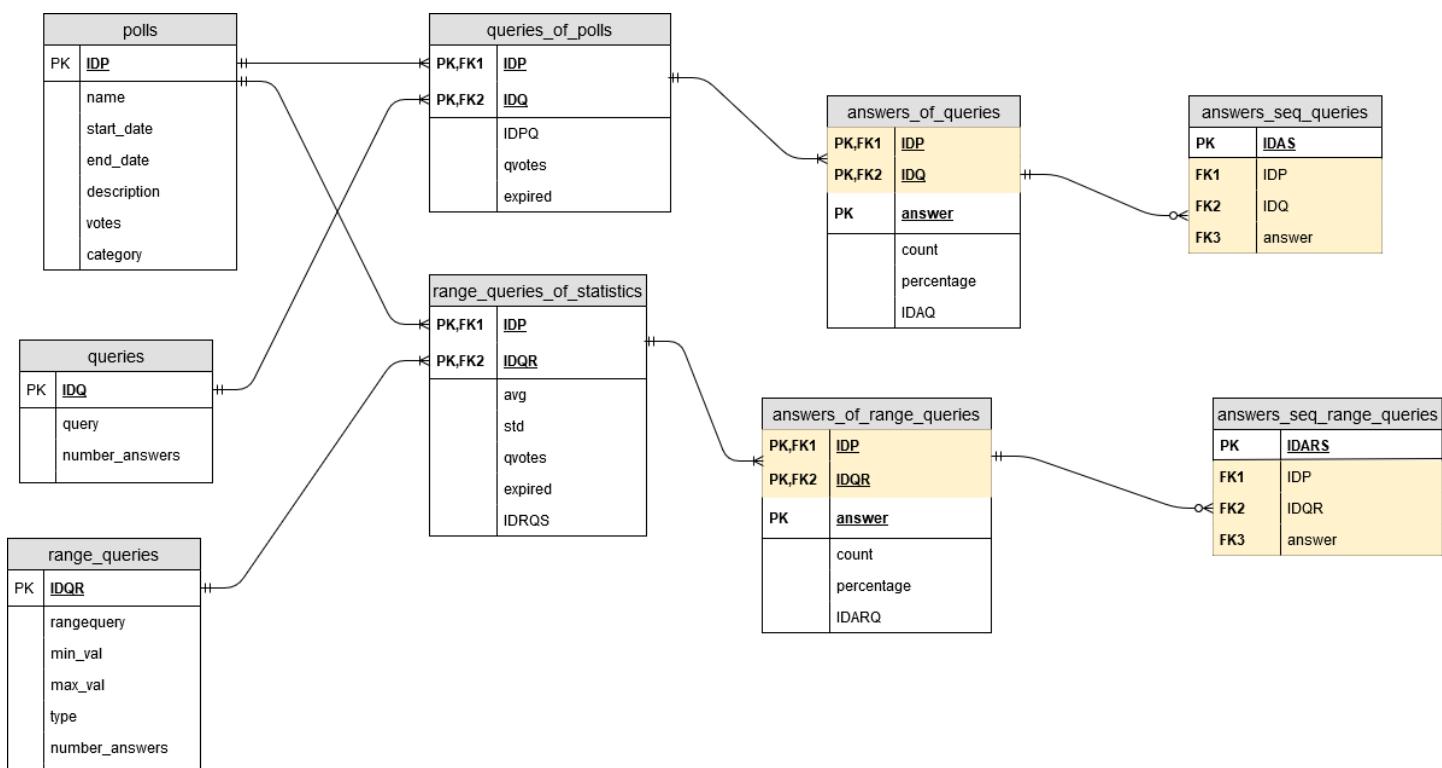
6. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Οι πληροφορίες που παίρνουμε από το πρώτο κεφάλαιο, στο οποίο παρουσιάστηκαν οι λειτουργίες και οι σελίδες της πλατφόρμας δημοσκοπήσεων μας, και αυτές από το δεύτερο κεφάλαιο στο οποίο προσδιορίστηκε το είδος των δεδομένων που θα μαζεύονται από τις δημοσκοπήσεις και ο τρόπος με τον οποίο θα γίνεται η στατιστική τους ανάλυση έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στο σχεδιασμό της ΒΔ που χρησιμοποιεί η εφαρμογή μας. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράφει αυτής της βάσης δεδομένων.

6.1 Βάση Δεδομένων Polling Plarform

6.1.1 Μοντέλο Οντοτήτων-Συσχετίσεων

Η εφαρμογή μας χρησιμοποιεί μια σχεσιακή βάση δεδομένων σε POSTGRESQL με όνομα world_of_polls. Η βάση δεδομένων μας θα έχει το παρακάτω μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων (ER model):



Εικόνα 20:ER model της σχεσιακής βάσης world_of_polls

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι η βάση δεδομένων μας έχει τις παρακάτω οντότητες:

- polls
- queries
- range_queries
- answer_of_queries
- answer_of_range_queries
- answers_seq_queries
- answer_seq_range_queries

Στη βάση δεδομένων μας υπάρχουν πίνακες που αναπαριστούν τις παραπάνω οντότητες. Για να αναπαρασταθούν οι συσχετίσεις των polls με τις ερωτήσεις του (queries,range_queries) υπάρχουν στην βάση δεδομένων οι παρακάτω πίνακες:

- queries_of_polls (συσχέτιση polls με queries)
- range_queries_statistics (συσχέτιση polls με range_queries)

6.1.2 Πίνακες Βάσης Δεδομένων

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν για κάθε πίνακα της βάσης δεδομένων τα χαρακτηριστικά του και οι συσχετίσεις του με τους άλλους πίνακες.

6.1.2.1 polls

Ο πίνακας polls αναπαριστά την ομώνυμη οντότητα του μοντέλου συσχετίσεων της προηγούμενης ενότητας 6.1.1. Περιέχει τα παρακάτω βασικά γνωρίσματα των polls. Τα γνωρίσματα αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

Columns						
	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	name	character varying	50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	description	text			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	category	character varying	20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	start_date	timestamp without time zone			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	end_date	timestamp without time zone			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	votes	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 21: Πίνακας polls

Το πεδίο IDP αποτελεί πρωτεύον κλειδί του πίνακα και αποτελεί ένα κωδικό που χαρακτηρίζει μοναδικά κάθε δημοσκόπηση. Το όνομα (πεδίο name) του πίνακα αυτού είναι unigue δηλαδή υπάρχει μόνο μία εγγραφή στον πίνακα με ένα συγκεκριμένο όνομα. Με άλλα λόγια απαγορεύεται δύο δημοσκοπήσεις να έχουν το ίδιο όνομα. Μια εγγραφή του πίνακα αυτού μπορεί να έχει null το πεδίο description. Επομένως ο πίνακας αυτός δέχεται εγγραφές χωρίς περιγραφή. Το πεδίο votes αναπαριστά πόσα άτομα έχουν ψηφίσει σε κάθε δημοσκόπηση (προεπιλεγμένη αρχική τιμή 0). Το start date και το end date είναι δύο timestamp που δίνουν ημερομηνία/ώρα έναρξης και λήξης της δημοσκόπησης. Το πεδίο category εκφράζει την κατηγορία της δημοσκόπησης (στην φόρμα δημιουργίας poll στην εφαρμογή παίρνει τιμές από ένα dropdown list). Φτιάχτηκαν ευρετήρια (indexes) για τα πεδία name ,description και category (polls_name_idx,poll_category_idx,poll_description_idx).

6.1.2.2 queries

Ο πίνακας queries αναπαριστά την ομώνυμη οντότητα του μοντέλου συσχετίσεων της προηγούμενης ενότητας 6.1.1 και καταγράφει τα ερωτήματα πολλαπλής επιλογής των polls που οι απαντήσεις τους είναι λέξεις ή εκφράσεις. Τα γνωρίσματα αυτού του πίνακα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

Columns						
	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	query	character varying	120		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	number_answers	character varying	25		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 22: Πίνακας queries

Κάθε ερώτημα (πεδίο query) είναι μοναδικό, δηλαδή δεν υπάρχουν δύο ακριβώς ίδια ερωτήματα. Το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα είναι το IDQ. Ο πίνακας όπως

φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα έχει ακόμα ένα πεδίο το number_answers το οποίο μας λέει αν σε αυτή την ερώτηση μπορεί να επιλεγεί μία ή περισσότερες απαντήσεις. Στην εφαρμογή, στη φόρμα εισαγωγής ερωτήσεων στις δημοσκοπήσεις οι τιμές του συγκεκριμένου πεδίου επιλέγονται από ένα dropdown list με δύο τιμές {‘only one answer’, ‘many answers’}. Φτιάχτηκαν indexes για τα πεδία IDQ και query (queries_IDQ_idx, queries_query_idx).

6.1.2.3 queries_of_polls

Ο πίνακας αυτός εκφράζει την συσχέτιση ανάμεσα σε ένα query και σε ένα poll. Κάθε poll έχει ένα ή περισσότερα queries και ένα query μπορεί να ανήκει σε ένα ή περισσότερα polls. Για αυτό ο πίνακας αυτός έχει ως πεδία τα πρωτεύοντα κλειδιά των δύο προηγούμενων οντοτήτων (αυτά τα δύο πεδία αποτελούν το σύνθετο πρωτεύοντα κλειδί αυτού του πίνακα ενώ είναι και ξένα κλειδιά σε αυτόν). Ορίζεται το πεδίο IDPQ το οποίο είναι unique, δηλαδή κάθε έγγραφη του πίνακα έχει διαφορετική τιμή σε αυτό το πεδίο από όλες της υπόλοιπες. Το πεδίο αυτό δεν έχει καμιά φυσική σημασία και αποτελεί ένα βοηθητικό πεδίο για τον ορισμό του αντίστοιχου μοντέλου-πίνακα στο python Django (QueriesOfPolls). Σε αυτό το μοντέλο μάλιστα παίζει το ρόλο του πρωτεύοντος κλειδιού. Υπάρχει το πεδίο qvotes που μετρά πόσοι χρήστες έχουν απαντήσει σε αυτή την ερώτηση του poll. Το πεδίο expired έχει προεπιλεγμένη τιμή false. Η τιμή του πεδίου αυτού γίνεται true σε περίπτωση που ο αλγόριθμος early stopping που χρησιμοποιούμε στην εφαρμογή (Βλέπε ενότητες 3.2.1, 3.2.2 και κεφάλαιο 9) κρίνει ότι τα τρέχοντα αποτελέσματα σε αυτή την ερώτηση είναι τέτοια που μας επιτρέπει να βγάλουμε μια ξεκάθαρη εικόνα για τα τελικά αποτελέσματα. Όταν το expired είναι true η ερώτηση δε φαίνεται στα άτομα που θα απαντήσουν το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης που ανήκει η συγκεκριμένη ερώτηση. Φτιάχτηκε ένα απλό ευρετήριο για το πεδίο IDP(queries_of_polls_idp_idx) και ένα ευρετήριο πολλαπλών στηλών για το συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQ) με όνομα (queries_of_polls_idp_idq_idx). Τα πεδία του πίνακα αυτού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDPQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	qvotes	integer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	expired	boolean			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 23: Πίνακας queries_of_polls

6.1.2.4 answers_of_queries

Στον πίνακα αυτό καταγράφονται οι απαντήσεις των queries των polls. Ένα query έχει τουλάχιστον δύο απαντήσεις. Μια συγκεκριμένη απάντηση μπορεί να υπάρχει σε περισσότερα queries. Υπάρχουν ως ξένα κλειδιά τα πεδία IDP (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο του πίνακα queries_of_polls) και IDQ (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα queries_of_polls). Για να εξασφαλιστεί ότι η κάθε απάντηση σε κάθε ερώτημα ενός poll είναι μοναδική, ορίζεται το σύνθετο πρωτεύον κλειδί (IDP, IDQ, answer). Για κάθε απάντηση κάθε ερωτήματος από κάθε poll καταγράφεται πόσοι και τι ποσοστό την επέλεξαν. Στον πίνακα, ορίζεται το πεδίο IDAQ το οποίο είναι unique, δηλαδή κάθε έγγραφη του πίνακα έχει διαφορετική τιμή σε αυτό το πεδίο από όλες τις υπόλοιπες. Το πεδίο αυτό δεν έχει καμιά φυσική σημασία και αποτελεί ένα βοηθητικό πεδίο για τον ορισμό του αντίστοιχου μοντέλου-πίνακα στο python Django (AnswersOfQueries). Σε αυτό το μοντέλο μάλιστα παίζει το ρόλο του πρωτεύοντος κλειδιού. Εδώ υπάρχουν δύο ευρετήρια πολλαπλών στηλών: answer_of_queries_idp_idq_idx για το συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQ) και το answers_of_queries_idp_idq_answer_idx για τον συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQ, answer). Τα πεδία του πίνακα αυτού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	answer	character varying		80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	count	integer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	percentage	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDAQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 24:Πίνακας answers_of_queries

6.1.2.5 answers_seq_queries

Στον πίνακα αυτό καταγράφονται οι ψήφοι που έχουν κατατεθεί για κάθε ερώτηση με λεκτικές απαντήσεις κάθε δημοσκόπησης του poll. Προφανώς μια απάντηση σε ένα query μπορεί να έχει επιλεγεί από ένα ή περισσότερους ψηφοφόρους. Για αυτό κάθε ψήφος έχει ένα μοναδικό αριθμητικό κωδικό (πεδίο IDAS) ο οποίος είναι και πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Υπάρχουν ως ξένα κλειδιά τα πεδία IDP(παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο του πίνακα answers_of_queries) και IDQ (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα answers_of_queries) και answer (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα answers_of_queries). Υπάρχει ένα απλό ευρετήριο για το πρωτεύον κλειδί IDAS (answers_seq_queries_idas_idx) και ένα ευρετήριο πολλαπλών στηλών answers_seq_queries_idp_idq_idx για το συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQ).

The screenshot shows the 'answers_seq_queries' table in MySQL Workbench. The table structure is as follows:

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDAS	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	answer	character varying	80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 25: answers_seq_queries

6.1.2.6 range_queries

Ο πίνακας αυτός καταγράφει τα ερωτήματα των polls που οι χρήστες πρέπει να επιλέξουν ως απάντηση μια αριθμητική τιμή από ένα εύρος τιμών. Κάθε τέτοιο ερώτημα (πεδίο range_query) είναι μοναδικό (unique), δηλαδή δεν υπάρχουν δύο ακριβώς ίδια ερωτήματα. Το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα είναι το IDQR. Επιπλέον καταγράφεται ο τύπος των αριθμητικών τιμών που μπορούν να δοθούν ως απαντήσεις στο ερώτημα (πεδίο type). Στη φόρμα εισαγωγής ερωτήσεων, υπάρχει ένα dropdown list με τιμές {integer,decimal} για να ορίσουμε την τιμή του πεδίου type. Στον πίνακα range_queries, όπως και στον queries, υπάρχει πεδίο number_answers το οποίο μας λέει αν σε αυτή την ερώτηση μπορεί να επιλεγεί μία ή περισσότερες απαντήσεις. Στην εφαρμογή, στη φόρμα εισαγωγής ερωτήσεων στις δημοσκοπήσεις οι τιμές του συγκεκριμένου πεδίου επιλέγονται από ένα dropdown list με δύο τιμές {'only one answer', 'many answers'}. Βέβαια το συγκεκριμένο πεδίο ίσως θα μπορούσε να παραλειφθεί γιατί συνήθως σε ερωτήσεις τέτοιου τύπου, μόνο μία απάντηση δίνεται. Ακόμη καθορίζονται τρία ακόμη πεδία στον πίνακα, τα όρια του κλειστού διαστήματος του οποίου οι τιμές μπορούν να δοθούν ως απαντήσεις στο ερώτημα(min_val, max_val) και ένα ακόμη χαρακτηριστικό step_val που προσδιορίζει τη διαφορά διαδοχικών απαντήσεων μέσα στο διάστημα αυτό. Φτιάχτηκαν ευρετήρια για τα πεδία IDQR και range_query (range_queries_idqr_idx, range_queries_range_query_idx). Τα πεδία του πίνακα αυτού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQR	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	range_query	character varying	120		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	type	character varying	10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	min_val	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	max_val	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	step_val	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	number_answers	character varying	25		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 26: Πίνακας range_queries

6.1.2.7 range_queries_statistics

Ο πίνακας αυτός απλά καταγράφει την συσχέτιση polls και range_queries. Κάθε poll έχει ένα ή περισσότερα range queries και ένα range query μπορεί να ανήκει σε ένα ή περισσότερα polls. Στον πίνακα αυτό υπάρχουν ως ξένα κλειδιά τα πεδία IDP (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο του πίνακα polls) και IDQ (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα range_queries). Αυτά τα δύο πεδία αποτελούν το σύνθετο πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα. Επίσης για κάθε range query ενός poll καταγράφονται σε αυτό τον πίνακα η μέση τιμή και η διασπορά των απαντήσεων που έχουν δώσει οι χρήστες. Ορίζεται και εδώ όπως και στις υπόλοιπες περιπτώσεις πινάκων με σύνθετα πρωτεύοντα κλειδιά, ένα βιοηθητικό πεδίο για τον ορισμό του αντίστοιχου μοντέλου-πίνακα στο python Django (RangeQueriesStatistics), το οποίο είναι unique. Σε αυτό το μοντέλο μάλιστα παίζει το ρόλο του πρωτεύοντος κλειδιού. Υπάρχει το πεδίο qvotes που μετρά πόσοι χρήστες έχουν απαντήσει σε αυτή την ερώτηση του poll. Το πεδίο expired έχει προεπιλεγμένη τιμή false. Η τιμή του πεδίου αυτού γίνεται true σε περίπτωση που ο αλγόριθμος early stopping που χρησιμοποιούμε στην εφαρμογή (Βλέπε ενότητες 3.2.1,3.2.2 και κεφάλαιο 9) κρίνει ότι τα τρέχοντα αποτελέσματα σε αυτή την ερώτηση είναι τέτοια που μας επιτρέπει να βγάλουμε μια ξεκάθαρή εικόνα για τα τελικά αποτελέσματα. Όταν το expired είναι true, η ερώτηση δε φαίνεται στα άτομα που θα απαντήσουν το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης που ανήκει η συγκεκριμένη ερώτηση. Τέλος, για το συγκεκριμένο πίνακα, φτιάχτηκαν ένα απλό ευρετήριο για το πεδίο IDP(range_queries_statistics_idp_idx) και ένα ευρετήριο πολλαπλών στηλών για το συνδυασμό πεδίων(IDP, IDQR) με όνομα range_queries_statistics_idp_idqr_idx. Τα πεδία του πίνακα αυτού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

range_queries_statistics							
General		Columns	Constraints	Advanced	Parameter	Security	SQL
Inherited from table(s)						Select to inherit from...	
Columns							
	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?	
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQR	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/>	avg	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/>	std	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/>	IDRQS	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/>	qvotes	integer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No	
<input checked="" type="checkbox"/>	expired	boolean			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> No	

Εικόνα 27: Πίνακας range_queries_statistics

6.1.2.8 answer_of_range_queries

Στον πίνακα αυτό καταγράφονται οι απαντήσεις των range_queries των polls. Οι πιθανές απαντήσεις ενός range query (τουλάχιστον 2) βρίσκονται στο κλειστό διάστημα [range_query.min_val,range_query.max]. Δεν εμπεριέχονται όλες οι τιμές του διαστήματος αυτού. Οι πιθανές απαντήσεις της ερώτησης αυτής σε αυτό το κλειστό διάστημα εξαρτώνται από το range_query.step. Υπάρχουν ως ξένα κλειδιά τα πεδία IDP(παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο του πίνακα range_queries_statistics) και IDQ (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα range_queries_statistics). Για να εξασφαλιστεί ότι η κάθε απάντηση σε κάθε ερώτημα ενός poll είναι μοναδική, ορίζεται το σύνθετο πρωτεύον κλειδί (IDP, IDQR, answer). Για κάθε απάντηση κάθε ερωτήματος από κάθε poll καταγράφεται πόσοι και τι ποσοστό την επέλεξαν. Στον πίνακα, ορίζεται το πεδίο IDARQ το οποίο είναι unique, δηλαδή κάθε έγγραφη του πίνακα έχει διαφορετική τιμή σε αυτό το πεδίο από όλες τις υπόλοιπες. Το πεδίο αυτό δεν έχει καμιά φυσική σημασία και αποτελεί ένα βοηθητικό πεδίο για τον ορισμό του αντίστοιχου μοντέλου-πίνακα στο python Django (AnswersOfRangeQueries). Σε αυτό το μοντέλο μάλιστα παίζει το ρόλο του πρωτεύοντος κλειδιού. Εδώ υπάρχουν δύο ευρετήρια πολλαπλών στηλών: answers_of_range_queries_idp_idqr_idx για το συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQR) και το answers_of_range_queries_idp_idqr_answer_idx για τον συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQR, answer). Υπάρχει και ένα απλό ευρετήριο answers_of_range_queries_answer_idx για το πεδίο answer. Τα πεδία του πίνακα αυτού φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQR	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	answer	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	count	integer			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	percentage	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDARQ	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 28: Πίνακας answers_of_range_queries

6.1.2.9 answer_seq_range_queries

Στον πίνακα αυτό καταγράφονται οι ψήφοι που έχουν κατατεθεί για κάθε range_query κάθε δημοσκόπησης του poll. Προφανώς μια απάντηση σε ένα range query μπορεί να έχει επιλεγεί από ένα ή περισσότερους ψηφοφόρους. Κάθε ψήφος έχει ένα αριθμητικό κωδικό (πεδίο IDARS) ο οποίος είναι και πρωτεύον κλειδί του πίνακα. Υπάρχουν ως ξένα κλειδιά τα πεδία IDP(παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο του πίνακα answers_of_range_queries) και IDQR (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα answers_of_range_queries) και answer (παίρνει τιμές από το αντίστοιχο πεδίο στον πίνακα answers_of_range_queries). Υπάρχει ένα απλό ευρετήριο για το πρωτεύον κλειδί IDARS (answer_seq_range_queries_idars_idx) και ένα ευρετήριο πολλαπλών στηλών answer_seq_range_queries_idp_idq_idx για το συνδυασμό πεδίων (IDP, IDQR).

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	IDARS	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDP	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	IDQR	bigint			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	answer	double precision			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Εικόνα 29: answer_seq_range_queries

7. ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΔΗΜΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

7.1 Βασικά Στοιχεία

Υπάρχει ο server της εφαρμογής όπου είναι αποθηκευμένη η βάση δεδομένων POSTGRESQL που παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 6.1. Για κάθε πίνακα, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, υπάρχει το αντίστοιχο μοντέλο στην Django εφαρμογή. Πρακτικά αυτό που γίνεται είναι ότι όταν στην εφαρμογή θέλουμε να κάνουμε μια απλή αναζήτηση σε κάποιο πίνακα της ΒΔ τότε χρησιμοποιείται η κατάλληλη μέθοδος του αντίστοιχου με τον πίνακα μοντέλου. Η αναζήτηση επιστρέφει ένα σύνολο εγγραφών. Κάθε μία από αυτές μετατρέπεται σε ένα στιγμιότυπο της κλάσης μοντέλου, που αντιστοιχεί ο πίνακας της βάσης δεδομένων. Αντίστοιχα για να γίνει μέσω της εφαρμογής insert σε κάποιο πίνακα της βάσης δεδομένων πρέπει να φτιαχτεί ένα αντικείμενο της αντίστοιχης κλάσης μοντέλου και μετά να γίνει save. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και με τις λειτουργίες update και delete. Αρχικά γίνεται ανάκτηση των εγγραφών που θέλουμε να τροποποιήσουμε ή να διαγράψουμε. Στη συνέχεια, οι εγγραφές αυτές μετατρέπονται σε στιγμιότυπα του αντίστοιχου μοντέλου κλάσης του πίνακα στον οποίο ανήκουν. Στη συνέχεια καλείται η μέθοδος delete αυτών των αντικειμένων για να διαγραφούν οι εγγραφές από τον αντίστοιχο πίνακα. Για το update αλλάζουμε τις τιμές στα attributes του αντικειμένου που θέλουμε και το κάνουμε save.

Γενικά, η πλατφόρμα διαθέτει τις ιστοσελίδες που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 1. Κάθε μία από αυτές διαθέτει τη δική της view μέθοδο. Μια view μέθοδο δεν είναι τίποτα άλλο από μια μέθοδος γραμμένη σε python και βρίσκεται στο αρχείο views.py του project. Κάθε τέτοια μέθοδος είναι υπεύθυνη να καθορίσει με βάση κάποια αλγορίθμική διαδικασία το δυναμικό περιεχόμενο της σελίδας, αν η ιστοσελίδα εμπεριέχει τέτοιο δηλαδή δεν είναι στατική, καθώς και να επιστρέψει την σελίδα στο browser του χρήστη. Όταν εκτελείται ένα request σε μια σελίδα, τα request data περνάνε στην αντίστοιχη view μέθοδο η οποία με βάση αυτά καθορίζει το δυναμικό περιεχόμενο της σελίδας που θα επιστρέψει. Με άλλα λόγια για κάθε request που εκτελεί ο χρήστης σε μια ιστοσελίδα της εφαρμογής μας, υπάρχει μια request μέθοδος που το διαχειρίζεται. Στην επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου θα δούμε τους τρόπους αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και θα παρουσιαστεί και ο τρόπος που χειρίζονται οι view μέθοδοι, τα αιτήματα που υποβάλλει ο χρήστης προς το server της εφαρμογής.

7.2 Τρόποι Αλληλεπίδρασης και Διαχείριση Αιτημάτων Χρήστη

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιαστούν οι τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή καθώς και ο τρόπος με τον οποίο διαχειρίζεται ο server τα αιτήματα που στέλνουν οι χρήστες. Για την καλύτερη παρουσίαση τους, χρησιμοποιούνται κατάλληλα διαγράμματα. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε φορά που κάτι δεν έχει πάει καλά με το request που έχει υποβάλλει ο χρήστης στο server μέσω κάποιας σελίδας, πάντα θα γίνεται redirect σε αυτή την σελίδα στην οποία ήταν ο χρήστης, όταν υπέβαλλε το

συγκεκριμένο request . Στη σελίδα αυτή θα αναγράφεται τώρα οι λόγοι για τους οποίους δεν κατέστη εφικτό να εκτελεστεί το αίτημα του. Για λόγους απλότητας των παρακάτω διαγραμμάτων, ο τρόπος διαχείρισης requests τα οποία δεν μπορεί να τα εκτελέσει ο server γιατί έχει προκύψει κάποιο σφάλμα δείχνεται μόνο στο διάγραμμα της ιστοσελίδας δημιουργίας δημοσκόπησης (create poll page).

7.2.1 Μετάβαση στην αρχική σελίδα της εφαρμογής

Αρχικά ανοίγουμε τον server όπου τρέχει η εφαρμογή μας με τον τρόπο που δείξαμε στην ενότητα 5.2.2. Όταν ανοίξει ο server, ο χρήστης μπορεί να μεταβεί στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (home page) αν γράψει στη γραμμή διευθύνσεων του browser, την παρακάτω διεύθυνση:

https://server_address/poll_app/homepage.html

και τότε ο server εκτελεί τη μέθοδο view με όνομα homepage και επιστρέφει την ιστοσελίδα homepage.html. Σε αυτή υπάρχουν δύο κουμπιά Create και Search. Επομένως ο χρήστης έχει δύο επιλογές:

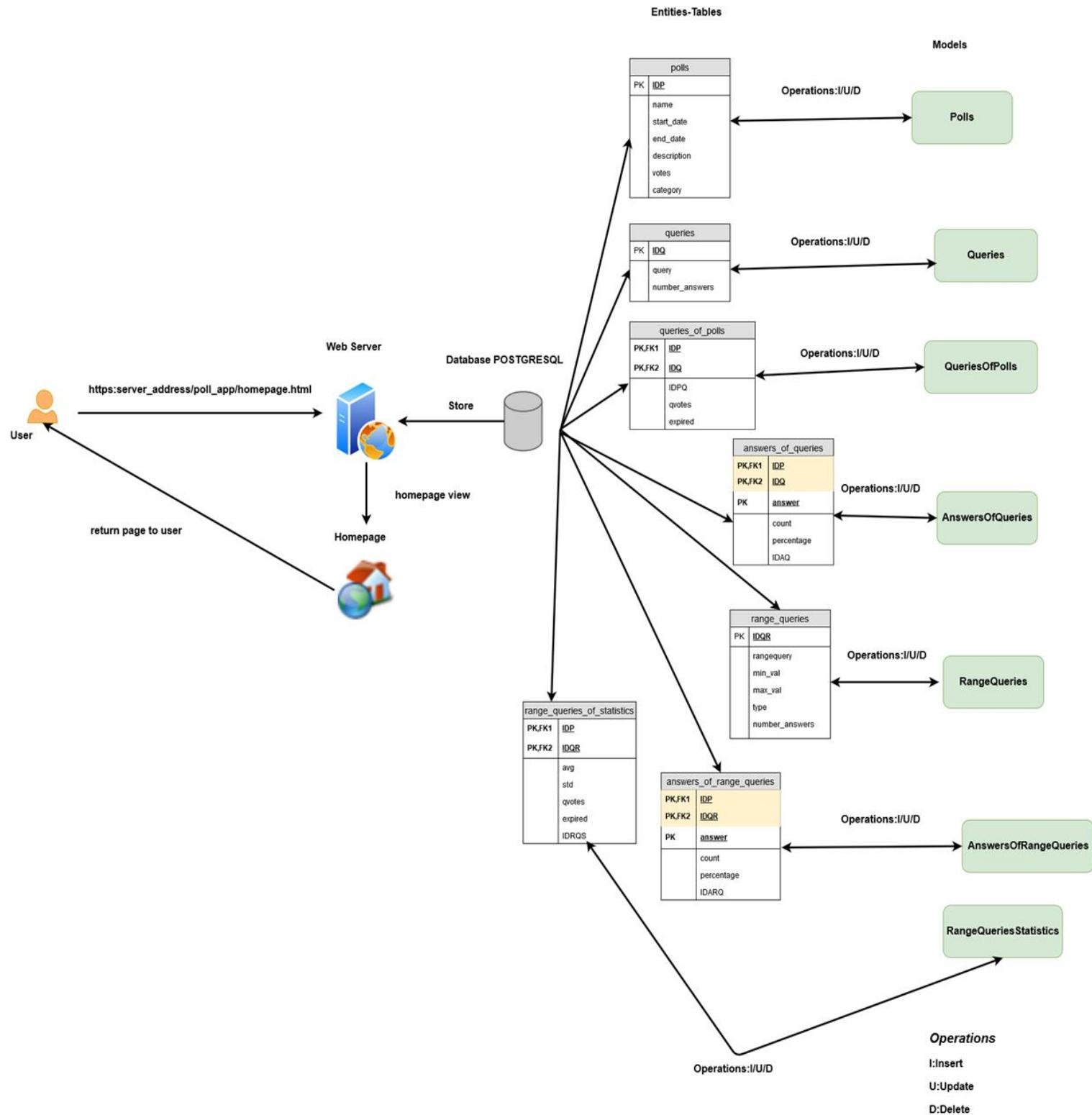
- **Πάτημα στο κουμπί Create:** στέλνει request στο server να εκτελέσει τη μέθοδο-view **show_create_poll** η οποία επιστρέφει την ιστοσελίδα δημιουργίας δημοσκοπήσεων: https://server_address/poll_app/create_poll.html.
- **Πάτημα στο κουμπί Search:** στέλνει request στο server να εκτελέσει τη μέθοδο-view **show_search_poll** η οποία επιστρέφει την σελίδα https://server_address/poll_app/search_poll.html

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω φαίνονται στις εικόνες 30 και 31. Στην εικόνα 30 φαίνεται:

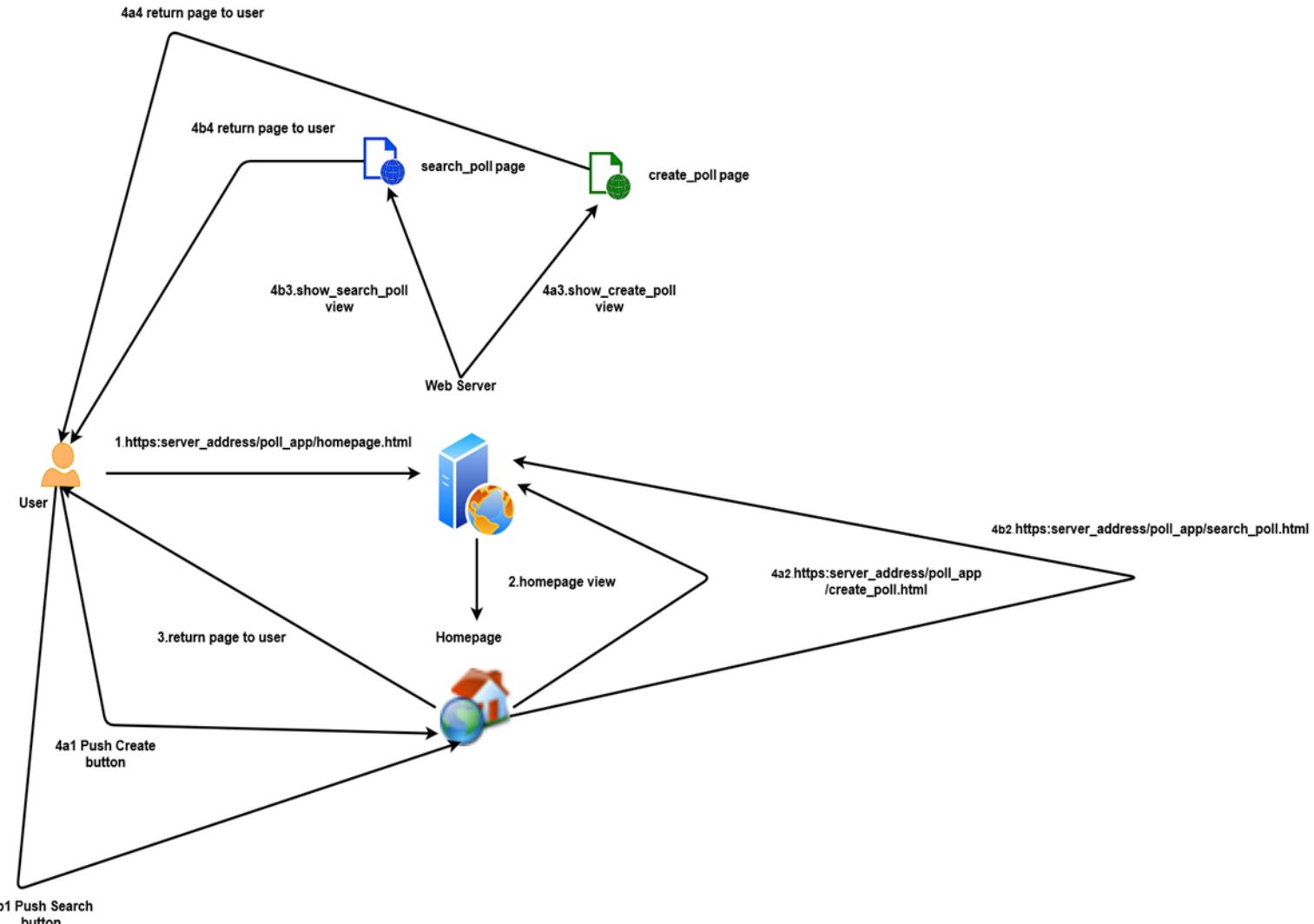
- Η αποθήκευση της βάσης δεδομένων που θα περιέχει τα polls, τις ερωτήσεις τους και τις απαντήσεις των χρηστών σε αυτά στο webserver.
- Η αντιστοίχιση των πινάκων της βάσης δεδομένων με τα μοντέλα-κλάσεις του Django app. Η δημιουργία ενός αντικειμένου μιας κλάσης μοντέλου συνιστά μια εγγραφή που θα μπορούσε να αποθηκευτεί με save στον πίνακα που αντιστοιχεί το μοντέλο(INSERT). Αντίστοιχα με στατικές μεθόδους των κλάσεων-μοντέλων μπορούμε να ανασύρουμε εγγραφές από πίνακες οι οποίες αποθηκεύονται σε μια λίστα με στιγμιότυπα του αντίστοιχου μοντέλου με τον πίνακα(SELECT) .Αν αλλάζουμε τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου και στη συνέχεια το κάνουμε save αλλάζει εκείνη η εγγραφή στον πίνακα που αντιστοιχεί στο μοντέλου του αντικειμένου που αλλάζαμε (UPDATE). Αντίστοιχα μπορούμε να εκτελέσουμε τη μέθοδο delete σε ένα αντικείμενο από αυτά της λίστας ενέργεια που ισοδύναμη με διαγραφή της εγγραφής που αντιστοιχεί σε αυτό το αντικείμενο.

Στην εικόνα 31 βλέπουμε τους δύο τρόπους αλληλεπίδρασης του χρήστη με την αρχική σελίδα (homepage) της εφαρμογής:

- Εκτέλεση της view μεθόδου **show_create_poll** για να γίνει η μετάβαση από την homepage στη σελίδα δημιουργίας δημοσκοπήσεων (create_poll.html).
- Εκτέλεση της view μεθόδου και **search_poll** για να γίνει η μετάβαση από την homepage στη σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων (search_poll.html).



Εικόνα 30: Μετάβαση στην Αρχική Σελίδα



Εικόνα 31: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα `homepage.html`.

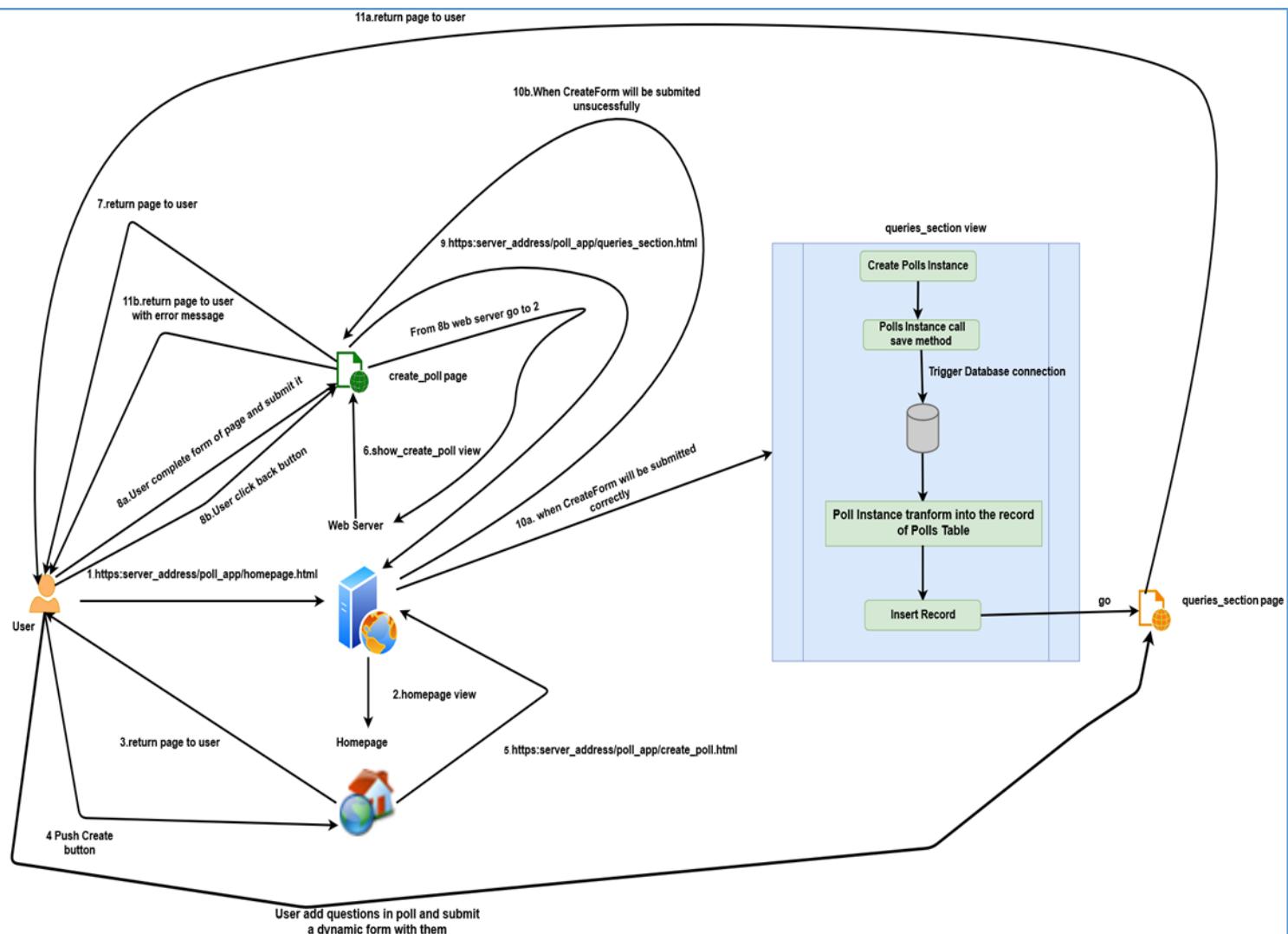
7.2.2 Σελίδα Δημιουργίας Δημοσκοπήσεων

Αφού ο χρήστης πάτησε το κουμπί `Create` στην αρχική σελίδα τότε μεταβαίνει στην ιστοσελίδα `create_poll.html`. Στην ιστοσελίδα υπάρχει η φόρμα δημιουργίας δημοσκοπήσεων και ένα κουμπί `Back`. Ο χρήστης έχει δύο επιλογές:

- Μπορεί να πατήσει το κουμπί `Back` (Βήμα 8b Εικόνας 32) και να μεταβεί στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (εκτέλεση `view` μεθόδου `homepage`) .
- Μπορεί να συμπληρώσει τη φόρμα και αν έχει δώσει έγκυρες τιμές σε όλα τα πεδία, μπορεί να την υποβάλει(Βήμα 8a Εικόνας 32) , κάνοντας έτσι ένα αίτημα στη διεύθυνση (Βήμα 9 Εικόνας 32):

`https://server_address/poll_app/queries_section.html`

Σε αυτή την περίπτωση εκτελείται η view μέθοδος queries_section (Βήμα 10a Εικόνας 28) που φτιάχνει ένα αντικείμενο φόρμας CreateForm που πρακτικά όμως είναι ένα στιγμιότυπο της κλάσης-mοντέλου της Polls. Όταν το αντικείμενο αυτό καλέσει τη μέθοδο save τότε γίνεται σύνδεση με τη βάση δεδομένων και το αντικείμενο μετατρέπεται σε μια εγγραφή που πρόκειται να εισαχθεί στον πίνακα polls. Με την ολοκλήρωση του insert γίνεται μετάβαση στην ιστοσελίδα προσθήκης ερωτήσεων στην δημοσκόπηση(queries_section page). Σε περίπτωση (Βήμα 10b Εικόνας 28) που κατά την υποβολή της φόρμας προκύψει κάποιο σφάλμα τότε γίνεται μετάβαση στη σελίδα create_poll. Ο χρήστης βλέπει την ίδια σελίδα με πριν και σε κάποιο σημείο της υπάρχει ένα ενημερωτικό μήνυμα λάθους που λέει ότι η υποβολή της φόρμας δεν ήταν επιτυχής.



Εικόνα 32:Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests στην ιστοσελίδα create_poll.html

7.2.3 Σελίδα Προσθήκης Ερωτήσεων στη Δημοσκόπηση

Εφόσον η δημοσκόπηση που δημιούργησε ο χρήστης αποθηκευτεί επιτυχώς στη ΒΔ τότε γίνεται μετάβαση στην ιστοσελίδα προσθήκης ερωτήσεων στη δημοσκόπηση(βήμα 11a Εικόνα 31). Στην ιστοσελίδα αυτή έχει περαστεί σαν όρισμα το όνομα του poll.

Στο πάνω μέρος της, ο χρήστης βλέπει ένα ενημερωτικό μήνυμα που του λέει ότι η δημοσκόπηση του δημιουργήθηκε επιτυχώς και ακριβώς από κάτω υπάρχει ένα κουμπί που αν το πατήσει ο χρήστης ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο μπορεί να καταχωρίσει τα στοιχεία της ερώτησης μαζί με τις απαντήσεις της. Σε περίπτωση που ο χρήστης συμπληρώσει όλα τα απαιτούμενα πεδία στη φόρμα του παραθύρου, μπορεί να εκχωρήσει την ερώτηση στη δημοσκόπηση. Στη συνέχεια μπορεί να ξαναπατήσει το κουμπί εισαγωγής ερωτήσεων και να προσθέσει και άλλη ερώτηση στη δημοσκόπηση. Αυτό μπορεί να το κάνει όσες φορές θέλει. Οι ερωτήσεις, που έχει εισάγει ο χρήστης στην δημοσκόπηση, μαζί με τις πληροφορίες τους, φαίνονται στην ίδια ιστοσελίδα σε μια φόρμα κάτω από το κουμπί εισαγωγής ερωτήσεων. Τα πεδία με τα χαρακτηριστικά των ερωτήσεων (queries και range_queries) είναι read_only. Δίπλα σε κάθε ερώτηση σε αυτή τη φόρμα, υπάρχει ένα κουμπί που αν το πατήσει ο χρήστης μπορεί να αφαιρέσει την συγκεκριμένη ερώτηση. Στο κάτω μέρος αυτής της φόρμας υπάρχουν δύο κουμπιά ένα με x, το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης, διαγράφονται οι πληροφορίες όλων των ερωτήσεων που έχει προσθέσει ενώ με το άλλο υποβάλει τη φόρμα και ζητάει να αποθηκευτούν οι ερωτήσεις της δημοσκόπησης μαζί με τις απαντήσεις τους στη βάση δεδομένων.(Βήμα 12 Εικόνα 33) Ο χρήστης υποβάλλοντας τη φόρμα, κάνει ένα request στη διεύθυνση (Βήμα 13 Εικόνα 33):

https://server_address/poll_app/finish.html

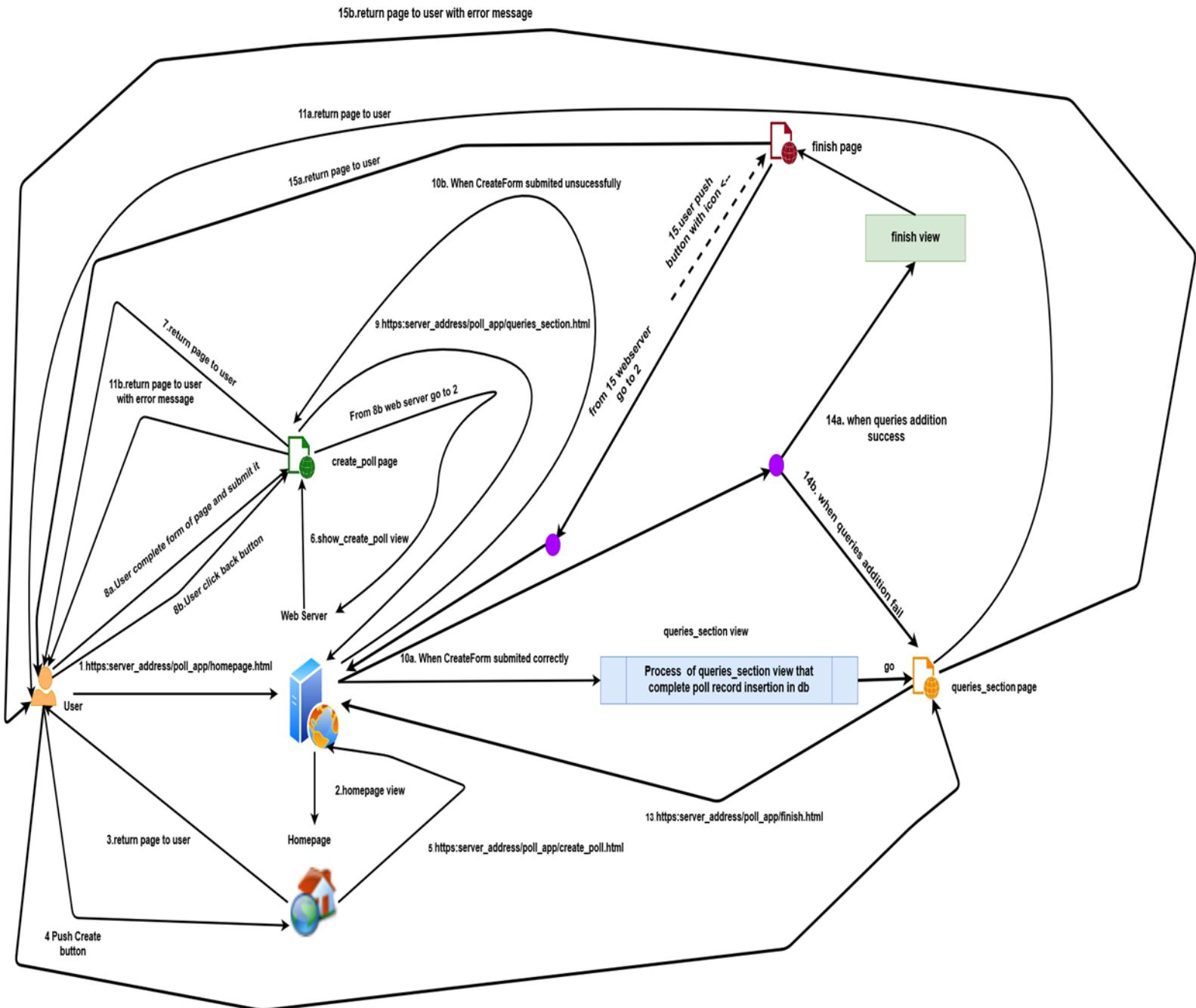
Σε αυτή την περίπτωση εκτελείται η finish_view (Βήμα 14a Εικόνα 33). Η λειτουργία της μεθόδου αυτής φαίνεται στην εικόνα 34 και είναι η εξής:

1. Αρχικά φτιάχνεται το στιγμιότυπο της κάθε ερώτησης(Queries ή RangeQueries).
2. Κάθε τέτοιο στιγμιότυπο καλεί τη μέθοδο save η οποία πυροδοτεί σύνδεση με τη βάση δεδομένων και γίνεται μετατροπή των στιγμιότυπων σε αντίστοιχες εγγραφές των πινάκων queries και range_queries οι οποίες γίνονται τελικά INSERT σε αυτούς.
3. Μετά δημιουργούνται τα αντίστοιχα στιγμιότυπα των κλάσεων QueriesOfPolls και RangeQueriesStatistics.
4. Κάθε τέτοιο στιγμιότυπο καλεί τη μέθοδο save η οποία πυροδοτεί σύνδεση με τη βάση δεδομένων και γίνεται μετατροπή των στιγμιότυπων σε αντίστοιχες εγγραφές των πινάκων queries_of_polls και range_queries_statistics οι οποίες γίνονται τελικά INSERT σε αυτούς.
5. Για τα ερωτήματα Queries, πρέπει να γίνει αποθήκευση των απαντήσεων τους. Για αυτό, για αυτές δημιουργούνται στιγμιότυπα της κλάσης AnswerOfQueries.
6. Στη συνέχεια καθένα από αυτά καλεί τη save μέθοδο με αποτέλεσμα να μετατραπεί σε μια εγγραφή του πίνακα answers_of_queries που γίνεται INSERT στον πίνακα αυτό.

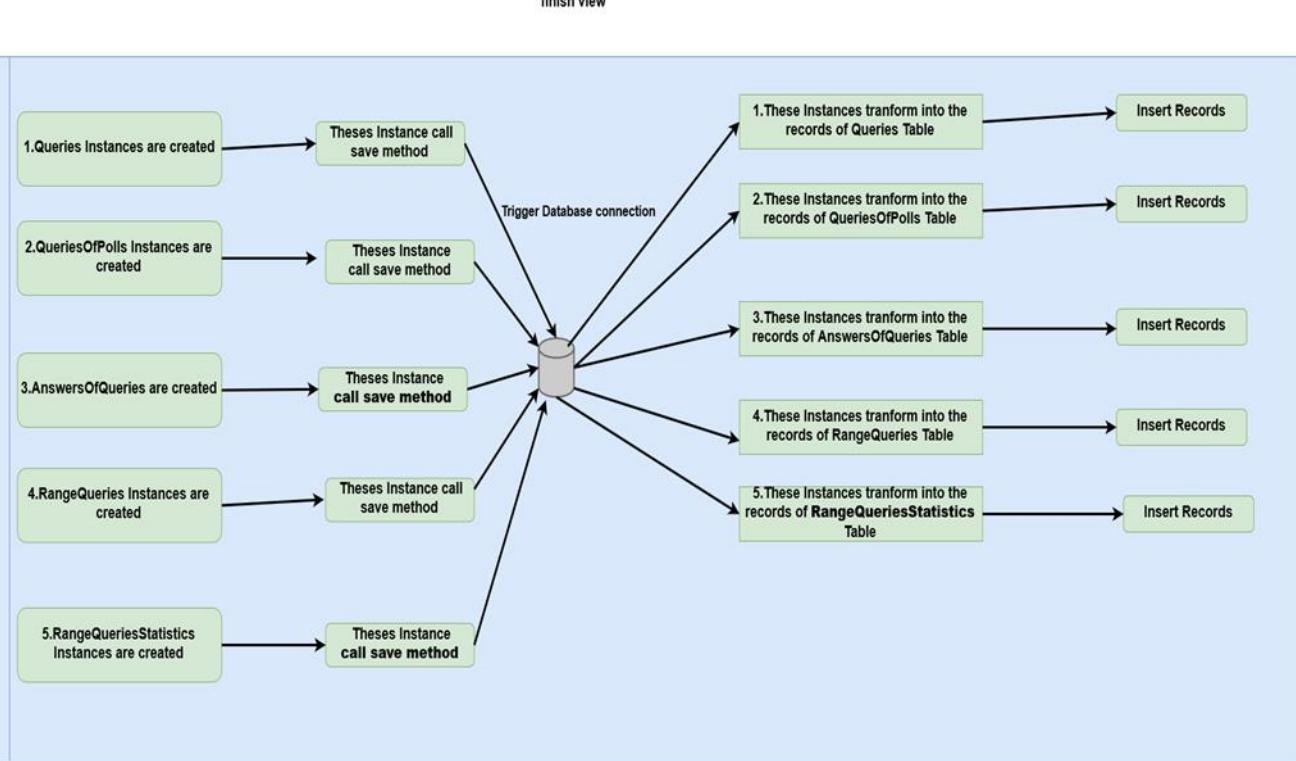
Αν δε δημιουργηθεί κάποιο πρόβλημα οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις τους αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων και πάμε στην σελίδα που βρίσκεται στη διεύθυνση https://server_address/poll_app/finish.html (Βήμα 15a Εικόνα 33) ενώ αν δημιουργηθεί κάποιο θέμα γίνεται επαναφόρτωση της queries section page στην οποία όμως πλέον θα αναγράφεται και ο λόγος που δεν ολοκληρώθηκε η αποθήκευση των ερωτήσεων και των απαντήσεων τους (Βήμα 15b Εικόνα 33).

7.2.4 Σελίδα Ολοκλήρωσης Δημιουργίας poll

Αφού ολοκληρωθεί με επιτυχημένο τρόπο η αποθήκευση των ερωτήσεων & των απαντήσεων που καταχώρησε ο χρήστης, γίνεται μετάβαση στην ιστοσελίδα ολοκλήρωσης δημιουργίας poll (finish.html). Σε αυτή ο χρήστης βλέπει στο πάνω μέρος ένα πλαίσιο με ένα μήνυμα που τον ενημερώνει ότι οι ερωτήσεις εκχωρήθηκαν επιτυχώς στη δημοσκόπηση. Από κάτω από αυτό υπάρχει ένα δεύτερο πλαίσιο με ένα κουμπί με εικονίδιο πίσω βέλος ←. Σε περίπτωση που το πατήσει ο χρήστης κάνει ένα αίτημα για επιστροφή στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (εκτέλεση homepage view από τον webserver).



Εικόνα 33: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα queries_section.html και στην ιστοσελίδα finish.html



Εικόνα 34: Λειτουργία view μεθόδου finish

7.2.5 Σελίδα Αναζήτησης Δημοσκοπήσεων

Ο χρήστης πάτησε στην αρχική σελίδα το κουμπί search και έγινε ένα αίτημα προς το webserver στην διεύθυνση:

https://server_address/poll_app/search_poll.html

Ο webserver εκτέλεσε την view μέθοδο show_search_poll και εμφανίστηκε η ιστοσελίδα που βρίσκεται στην παραπάνω διεύθυνση. Στη σελίδα αυτή υπάρχει μια search bar και ένα dropdown list με το πεδίο αναζήτησης (name, description, category). Η search bar είναι disabled μέχρι να επιλέξει ο χρήστης πεδίο αναζήτησης. Σε περίπτωση που ο χρήστης επέλεξε στο πεδίο αναζήτησης την επιλογή category τότε εμφανίζεται ένα dropdown list με όλες τις κατηγορίες του poll, το search bar εξαφανίζεται από την ιστοσελίδα ενώ παράλληλα το περιεχόμενο του, αν υπάρχει, σβήνεται. Σε περίπτωση που επιλεγεί κάποια από τις δύο άλλες επιλογές το search bar εμφανίζεται αν δεν είναι ορατό και γίνεται enabled, αν δεν είναι. Σε περίπτωση που ο χρήστης ψάχνει με βάση το όνομα ή την περιγραφή τότε ψάχνουμε στη βάση δεδομένων για τα Polls που το όνομα ή περιγραφή τους (εξαρτάται από ποιο πεδίο αναζήτησης έχει επιλεγεί) περιέχει την λέξη ή την έκφραση του searchbar. Καθώς ο χρήστης πληκτρολογεί ή γενικότερα κάνει αλλαγές στο περιεχόμενο του searchbar εμφανίζεται από κάτω μια πτυσσόμενη λίστα με τα polls που το name/to description τους περιέχει την έκφραση του searchbar (λειτουργία searchbar autocomplete). Σε αυτό το σημείο θα περιγραφεί η λειτουργία του autocomplete του searchbar:

1. Ορίζεται ως πεδίο αναζήτησης το όνομα ή περιγραφή τη δημοσκόπησης (poll)
2. Ο χρήστης αρχίζει να γράφει στο searchbar.
3. Όταν η συμβολοσειρά που έχει γράψει είναι πάνω από 2 χαρακτήρες (Βήμα 9.2

Εικόνα 35) τότε στέλνεται ένα ajax request στο server στη διεύθυνση (Βήμα 9.3 Εικόνα 35):

https://server_address/poll_app/ajax_search.html

με παραμέτρους το λήμμα και το κριτήριο αναζήτησης.

4. Σε αυτή την περίπτωση ο webserver εκτελεί τη view method searchbar(Βήμα 9.4 Εικόνα 35) η οποία κοιτάζει στη βάση δεδομένων για τα polls τα οποία περιέχουν στο πεδίο αναζήτησης(όνομα ή περιγραφή) την έκφραση του searchbar και επιστρέφει μια λίστα με polls στη σελίδα ajax_search.html η οποία δεν εμφανίζεται αλλά απλά χρησιμοποιείται από την search.poll.html.
5. Η search_poll.html παίρνει από τη λίστα στοιχείων ajax_search.html τη λίστα με τα ονόματα των προτεινόμενων polls και τα εμφανίζει ως στοιχεία μιας dropdown list.

Έτσι λοιπόν, ο χρήστης καθώς πληκτρολογεί βλέπει τη λίστα με τα προτεινόμενα polls που ταιριάζουν στην αναζήτηση που κάνει, μπορεί να επιλέξει κάποιο αυτά κάνοντας κλικ πάνω του και τότε εμφανίζεται στο search bar το όνομα του poll που επέλεξε (Βήμα 10 Εικόνα 36).

Εφόσον, ο χρήστης έχει ορίσει τις παραμέτρους αναζήτησης poll δηλαδή το πεδίο αναζήτησης και το λήμμα αναζήτησης όταν πρόκειται για όνομα ή περιγραφή ή κάποια επιλογή από την λίστα κατηγοριών (Βήμα 8a Εικόνες 35 & 36) υποβάλλει τη φόρμα αναζήτησης , πατώντας το γαλάζιο κουμπί με το μεγεθυντικό φακό (Βήμα 11 Εικόνα 36) και στέλνει στο webserver ένα request με παραμέτρους το λήμμα και το κριτήριο αναζήτησης στη διεύθυνση (Βήμα 12 Εικόνα 36):

https://server_address/poll_app/search_results.html

Σε αυτή την περίπτωση, ο webserver εκτελεί καλεί την μέθοδο-view search_submit η οποία επιστρέφει τα polls που ταιριάζουν στην αναζήτηση που κάναμε στη σελίδα search_result.html. Η διαδικασία είναι η εξής:

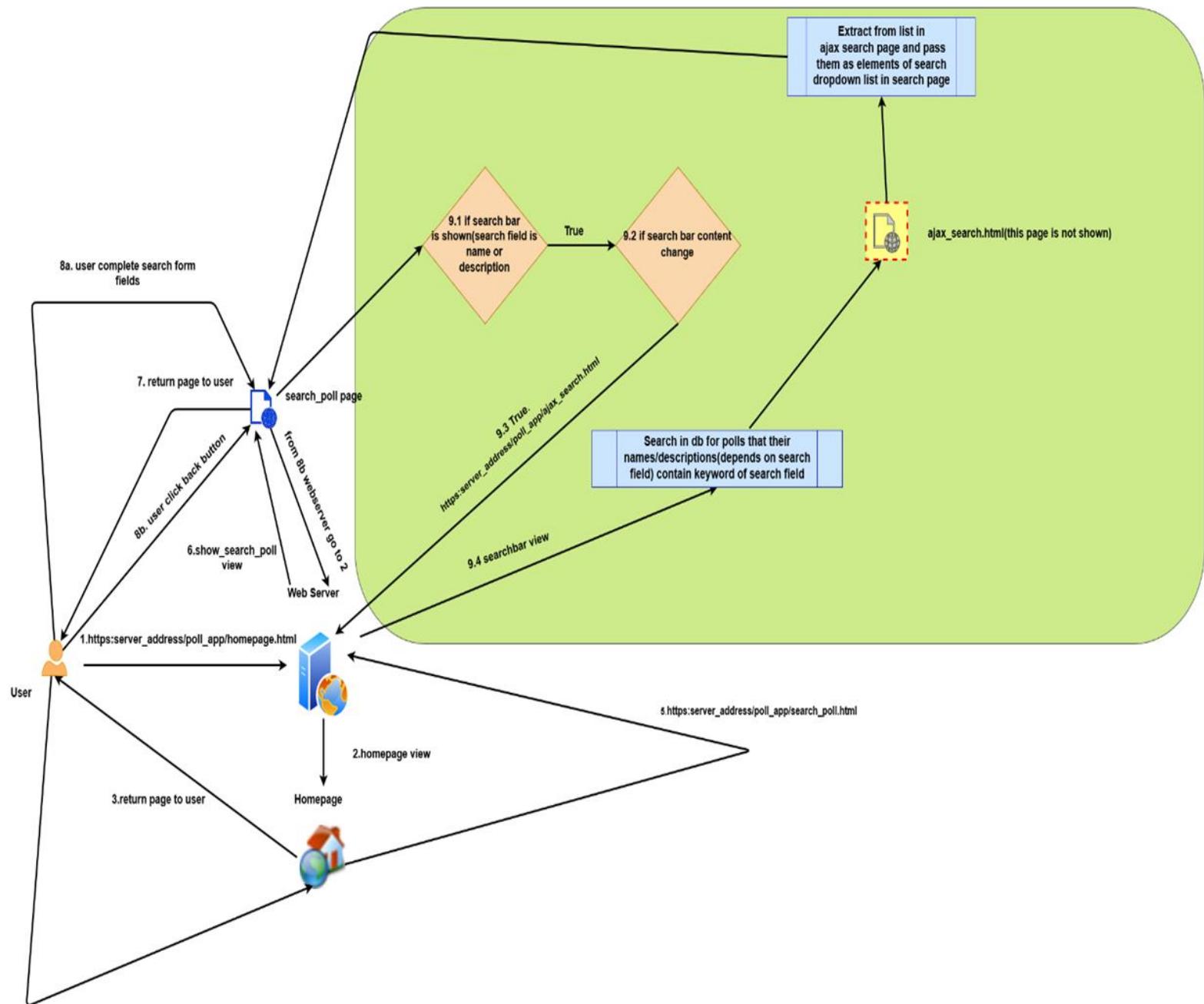
1. Ανάλογα με το πεδίο αναζήτησης, υπάρχουν 2 περιπτώσεις:
 - a. Σε περίπτωση που το πεδίο αναζήτησης είναι το όνομα (name) ή η περιγραφή (description), γίνεται αναζήτηση στη ΒΔ για τα polls που στο επιλεγμένο πεδίο αναζήτηση (όνομα ή περιγραφής) περιέχουν την λέξη ή την έκφραση που είναι γραμμένη στο searchbar (ο τρόπος αναζήτησης είναι ακριβώς ίδιο με αυτόν που κάνει με την view μέθοδο searchbar).
 - b. Σε περίπτωση που το πεδίο αναζήτησης είναι η κατηγορία (category) του poll, τότε ανασύρονται από τη βάση δεδομένων όλα τα polls της κατηγορίας που επέλεξε από το αντίστοιχο dropdown list της φόρμας αναζήτησης ο χρήστης.
2. Από την αναζήτηση που έγινε στο βήμα 1 βρέθηκαν ως αποτελέσματα κάποια polls τα οποία διαχωρίζονται σε δύο λίστες αυτά που είναι σε εξέλιξη και αυτά που έχουν ολοκληρωθεί. Τα polls που δεν έχουν ξεκινήσει ακόμα δεν εμφανίζονται σε καμία από τις δύο λίστες και για αυτό το λόγο δεν μπορεί να τα δει ο χρήστης.

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται στην εικόνα 37. Σε περίπτωση που η παραπάνω διαδικασία ολοκληρωθεί επιτυχώς, οι δύο λίστες με τα στιγμιότυπα της κλάσης Polls περνάνε στην ιστοσελίδα search_results.html (Βήμα 14 Εικόνα 36). Στη συνέχεια, η ιστοσελίδα αυτή με τη λίστα με τα ολοκληρωμένα polls και με τη λίστα με τα polls που είναι σε εξέλιξη , εμφανίζεται στο browser του χρήστη (Βήμα 15 Εικόνα 36). Σε

περίπτωση που κατά την εκτέλεση της διαδικασίας της search_submit, συμβεί κάποιο σφάλμα τότε επιστρέφεται και προβάλλεται στον browser του χρήστη η ιστοσελίδα search_poll.html με ενημερωτικό μήνυμα που εξηγεί γιατί υπήρξε πρόβλημα στην αναζήτηση που έκανε ο χρήστης.

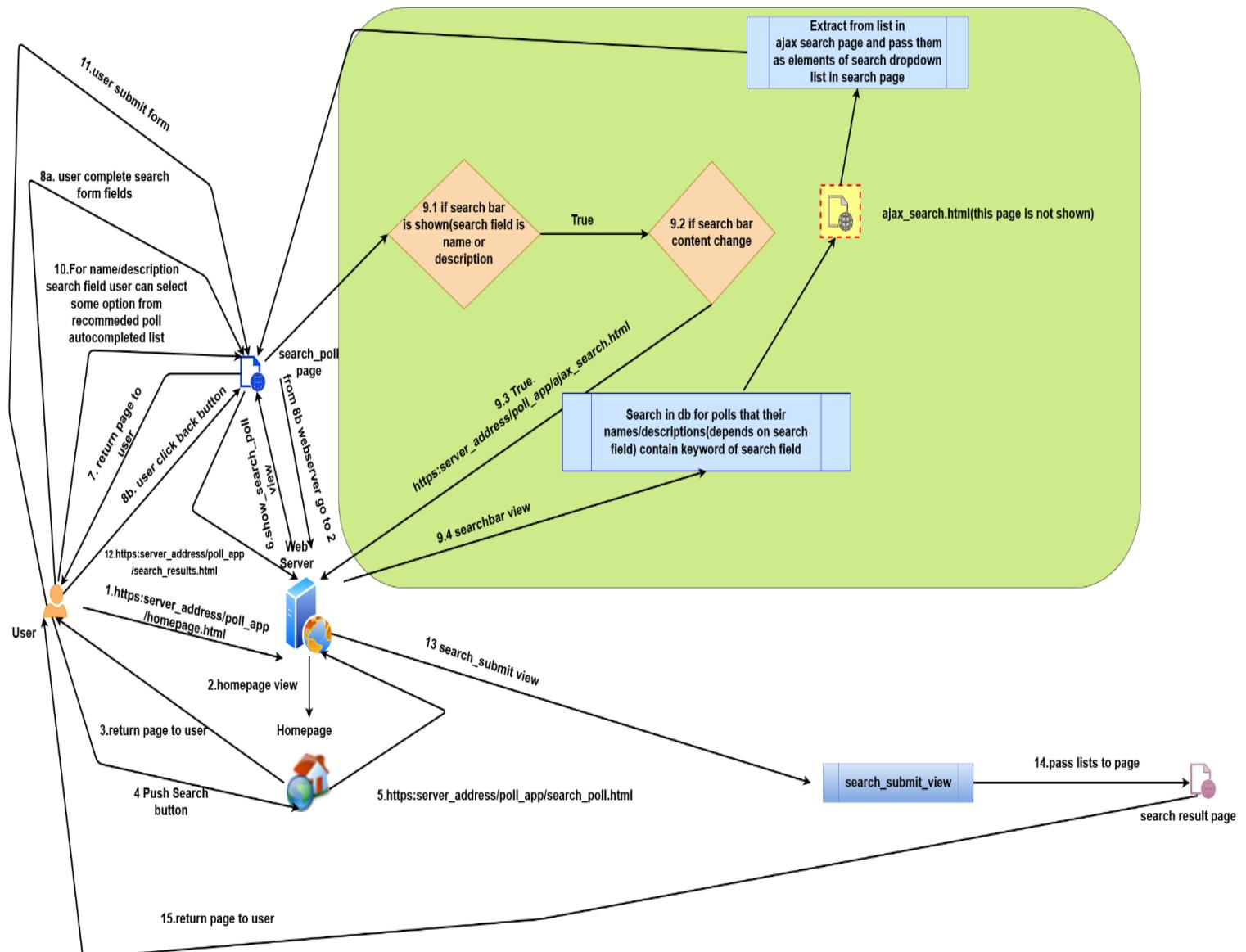
Τέλος στην σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων, ο χρήστης μπορεί να κάνει κλικ στο κουμπί Back (Βήμα 8b Εικόνα 36) τότε πάλει στέλνεται ένα αίτημα στο webserver με την διεύθυνση της αρχικής σελίδας και τότε εκτελεί ο webserver τη μέθοδο homepage για να γίνει η μετάβαση στην αρχική σελίδα.

Autocomplete Searchbar Ajax Request

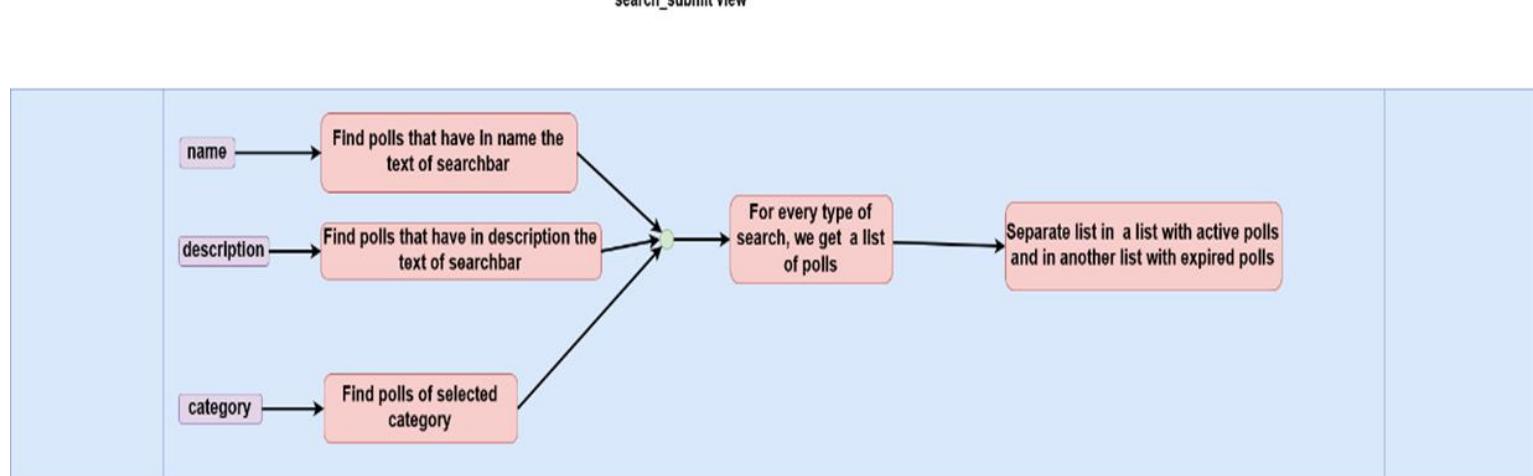


Εικόνα 35: Περιγραφή λειτουργίας autocomplete στο searchbar στη σελίδα αναζήτησης polls

Autocomplete Searchbar Ajax Request



Εικόνα 36: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στην ιστοσελίδα search_poll.html



Εικόνα 37: Λειτουργία view μεθόδου search_submit

7.2.6 Σελίδα Προβολή Αποτελεσμάτων Αναζήτησης

Στη ιστοσελίδα αυτή (search_results.html), υπάρχουν δύο καρτέλες μία με τις ενεργές και μία με τις ολοκληρωμένες δημοσκοπήσεις που βρέθηκαν στα αποτελέσματα της αναζήτησης που έκανε ο χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να πατήσει στα tab και να επιλέξει κάποια δημοσκόπηση (Βήμα 16 Εικόνα 38) και να δει τις πληροφορίες της. Μπορεί να πατήσει στο κουμπί Description για να δει την περιγραφή της. Άκομα μπορεί να πατήσει στο κουμπί Stats και να δει τα αποτελέσματα της. Για τις δημοσκοπήσεις που είναι ενεργές εμφανίζεται το κουμπί Answer το οποίο αν το πατήσουν οι χρήστες μεταβαίνουν σε μια σελίδα με τη φόρμα-ερωτηματολόγιο της επιλεγμένης δημοσκόπησης. Κάτω από τις καρτέλες, υπάρχει στη σελίδα ένα refresh button το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης, στέλνεται ένα αίτημα στη διεύθυνση της search_results.html με τις ίδιες παραμέτρους αναζήτησης στο webserver, ο οποίος με τη σειρά του εκτελεί ξανά την search_submit και επιστρέφει ξανά στον χρήστη τη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης.(Εικόνα 39)

Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να πατήσει το κουμπί Back και να στείλε ένα αίτημα προς το webserver στη διεύθυνση της ιστοσελίδας αναζήτησης δημοσκοπήσεων και τότε ο webserver εκτελεί τη μέθοδο show_search_poll για να γίνει η μετάβαση σε αυτή την σελίδα.

7.2.7 Σελίδα Προβολής Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων

Σε περίπτωση που στη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης, ο χρήστης πατάει, το κουμπί εμφάνισης στατιστικών αποτελεσμάτων κάποιας δημοσκόπησης (Βήμα 17a Εικόνα 38) τότε εκτελείται ένα request με παράμετρο το όνομα του επιλεγμένου poll προς τον webserver στη διεύθυνση (Βήμα 18a Εικόνα 38):

https://server_address/poll_app/poll_stats.html

Ο server με το που λαμβάνει αυτό το αίτημα προβαίνει στην εκτέλεση της μεθόδου-view show_stats για το επιλεγμένο poll (Βήμα 19a Εικόνας 38). Η μέθοδος αυτή (Εικόνα 40) εκτελεί την ακολουθεί διαδικασία:

1. Παίρνει τις εγγραφές του poll από τον πίνακα queries_o_polls.
2. Για κάθε μια από αυτές(για κάθε idq) βρίσκει την αντίστοιχη εγγραφή από τον πίνακα queries.
3. Για κάθε εγγραφή από αυτές που βρέθηκαν στον πίνακα queries, βρίσκει τις απαντήσεις του (εγγραφές από τον πίνακα answers_of_queries)
4. Για κάθε απάντηση κάθε ερώτησης από αυτές που βρέθηκαν στον πίνακα queries, υπολογίζει το διάστημα εμπιστοσύνης της (Βλέπε ενότητα 2.3)
5. Αντίστοιχα με παρόμοιο τρόπο μαζεύονται οι εγγραφές του poll από τον πίνακα range_queries_statistics.
6. Για κάθε μια από αυτές(για κάθε idq) βρίσκει το αντίστοιχη εγγραφή από τον πίνακα range_queries.
7. Για κάθε εγγραφή από αυτές που βρέθηκαν στον πίνακα range_queries, βρίσκει τις απαντήσεις του (εγγραφές από τον πίνακα answers_of_range_queries)
8. Για κάθε εγγραφή από αυτές που βρέθηκαν στον πίνακα range_queries, υπολογίζεται ο λόγος $(\max_val - \min_val)/step_val$.
9. Για κάθε range_query από αυτά που βρέθηκαν, κοιτάει αν ο λόγος $(\max_val - \min_val)/step_val$ είναι μεγαλύτερη από 10:
 - a. Αν είναι μεγαλύτερος από 10 τότε οι εγγραφές των απαντήσεων αυτού του range_query από τον πίνακα answers_of_range_queries, ομαδοποιούνται σε κλάσεις και υπολογίζεται για κάθε κλάση το διάστημα εμπιστοσύνης της.
 - b. Σε περίπτωση που ο λόγος $(\max_val - \min_val)/step_val$ είναι μικρότερος από 10 τότε υπολογίζεται για κάθε εγγραφή-απάντηση αυτού του range_query από τον πίνακα answers_of_range_queries, το διάστημα εμπιστοσύνης της.
10. Για κάθε εγγραφή από αυτές που βρέθηκαν στον πίνακα range_queries_statistics, υπολογίζεται το διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή της.

Σε περίπτωση που η εκτέλεση της συγκεκριμένης μεθόδου, ολοκληρωθεί χωρίς προβλήματα τότε τα στατιστικά αποτελέσματα των ερωτήσεων περνάνε στην poll_stats.html (Βήμα 20a Εικόνα 38) και στη συνέχεια η σελίδα προβάλλεται στο browser του χρήστη (Βήμα 21a Εικόνα 38). Σε περίπτωση που συμβεί κάποιο σφάλμα κατά την εκτέλεση της τότε εμφανίζεται στο browser του χρήστη η ιστοσελίδα search_results.html με ένα ενημερωτικό μήνυμα σφάλματος.

Στην σελίδα με τα αποτελέσματα του poll ο χρήστης μπορεί να πατήσει σε κάποιο άλλο tab και να δει τα αποτελέσματα κάποιας άλλης ερώτησης του poll (μπορεί να πατήσει να δει τα αποτελέσματα κάποιας συγκεκριμένης ερώτηση, της επόμενης ή της προηγούμενης από αυτή που είναι, της πρώτης και της τελευταίας). Ακόμη μπορεί να πατήσει και να δείξει στο διάγραμμα με μικρές οριζόντιες γραμμές τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης των απαντήσεων. Επίσης μπορεί να πατήσει σε ένα κουμπί και να κάνει export τα αποτελέσματα του poll σε pdf. Ο χρήστης μπορεί να πατήσει στο refresh button για να δει τα τελευταία αποτελέσματα για τις ερωτήσεις της δημοσκόπησης. Όταν το πατήσει ο χρήστης στέλνεται ένα αίτημα στη διεύθυνση της poll_stats.html με το όνομα του επιλεγμένου poll στο webserver, ο οποίος με τη σειρά του εκτελεί ξανά την show_stats και επιστρέφει ξανά στον χρήστη τη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης.(Εικόνα 41). Τέλος όπως και σε όλες τις ιστοσελίδες της εφαρμογής υπάρχει ένα κουμπί Back (Βήμα 22a Εικόνα 38) το οποίο με το που το πατάει ο χρήστης στέλνει ένα request στο web server στη διεύθυνση της σελίδας αναζήτησης δημοσκοπήσεων και ο webserver εκτελεί τη μέθοδο show_search_poll και γίνεται μετάβαση στη σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων.

7.2.8 Σελίδα Προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης

Όταν στην καρτέλα με τα ενεργά polls της σελίδας search_results.html, ο χρήστης επιλέξει κάποιο poll και σε αυτό πατήσει το κουμπί Answer (Βήμα 17b Εικόνα 38) τότε στέλνεται request στο server στη διεύθυνση(Βήμα 18b Εικόνα 38) :

https://server_address/poll_app/answer_poll.html μαζί με το όνομα του poll.

Ο server εκτελεί για το συγκεκριμένο poll τη μέθοδο answer_poll (Βήμα 19b Εικόνα 38), η οποία χρησιμοποιείται για να διαμορφώσει το περιεχόμενο της σελίδας προβολής του ερωτηματολογίου μιας δημοσκόπησης. Η μέθοδος αυτή (Εικόνα 42) εκτελεί την ακολουθεί διαδικασία:

1. Μαζεύονται οι εγγραφές του poll από τον πίνακα queries_of_polls.
2. Από αυτές τις εγγραφές του πίνακα queries_of_polls, αποκλείονται αυτές για τις οποίες έχει ήδη διαμορφωθεί κάποια τάση και έχουμε ξεκάθαρο αποτέλεσμα(αυτές έχουν το πεδίο expired=true)
3. Για όσες εγγραφές έμειναν από τον πίνακα queries_of_polls, παίρνουμε τα idq τους και βρίσκουμε τις αντίστοιχες εγγραφές από τον πίνακα queries.
4. Από αυτές τις εγγραφές, παίρνουμε το query και το number_answers
5. Για όσες εγγραφές έμειναν από τον πίνακα queries_of_polls, , παίρνουμε τις εγγραφές των απαντήσεων τους από τον answers_of_queries.
6. Από αυτές τις εγγραφές των απαντήσεων, παίρνουμε το χαρακτηριστικό answer.
7. Την ίδια διαδικασία κάνουμε και για τα RangeQueries. Πιο συγκεκριμένα παίρνουμε για το poll τις εγγραφές από τον πίνακα range_queries_statistics.
8. Από αυτές τις εγγραφές του πίνακα range_queries_statistics, αποκλείονται αυτές για τις οποίες έχει ήδη διαμορφωθεί κάποια τάση και έχουμε ξεκάθαρο αποτέλεσμα(αυτές έχουν το πεδίο expired=true).

9. Για τις εναπομείναντες εγγραφές από τον πίνακα range_queries_statistics παίρνουμε το idqr τους και βρίσκουμε τις αντίστοιχες εγγραφές από range_queries.
10. Με τις πληροφορίες που έχουμε είμαστε σε θέση να διαμορφώσουμε το answersheet του poll. Στο κάτω μέρος στο κάθε ερωτηματολόγιο, προστίθεται ένα toggle button. Ο χρήστη μπορεί να κάνει enable αυτό το toggle button για να δηλώσει ότι ενδεχομένως να επιθυμεί να δει τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης και να το αφήσει disable για να δηλώσει ότι δεν τον ενδιαφέρουν τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης.

Αν η εκτέλεση της παραπάνω μεθόδου ολοκληρωθεί χωρίς πρόβλημα τότε περνιούνται οι ερωτήσεις με τις απαντήσεις τους στη σελίδα προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης (Βήμα 20b Εικόνα 38) και η σελίδα με το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης, εμφανίζεται στο browser του χρήστη (Βήμα 21b Εικόνα 38). ενώ αν σημειωθεί κάποιο σφάλμα στην εκτέλεση αυτής της μεθόδου τότε επιστρέφεται η ιστοσελίδα search_results.html με ενημερωτικό μήνυμα σφάλματος.

Στη σελίδα με το ερωτηματολόγιο κάποιας δημοσκόπησης, ο χρήστης μπορεί να πατήσει το κουμπί Back (Βήμα 22b2 Εικόνα 44) και τότε στέλνεται ένα request στο web server στη διεύθυνση της σελίδας αναζήτησης δημοσκοπήσεων και ο webserver εκτελεί τη μέθοδο show_search_poll και γίνεται μετάβαση στη σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων.

Ο χρήστης μπορεί να συμπληρώσει τη φόρμα του ερωτηματολογίου και να την υποβάλλει (Βήμα 22b1 Εικόνα 39) τότε στέλνεται request στο server στη διεύθυνση:

https://server_address/poll_app/answer_completed.html

μαζί με τις απαντήσεις και το όνομα του poll (Βήμα 23 Εικόνα 44) και τότε ο server αντιλαμβάνεται ότι πρέπει να εκτελέσει από τα views τη μέθοδο submit_answer (Βήμα 24 Εικόνα 44). Η διαδικασία που εκτελεί αυτή η μέθοδος (Εικόνα 43) είναι η ακόλουθη:

1. Παίρνουμε το dictionary με τα πεδία της φόρμας
2. Ανάλογα με το όνομα τους τα διαχωρίζουμε σε queries fields, rangequeries fields, answer-queries fields και answer-range_queries fields.
3. Για τα queries και τα rangequeries fields βρίσκουμε τις αντίστοιχες εγγραφές στους πίνακες queries_of_polls και range_queries_statistics και αυξάνουμε για κάθε ερώτηση το qvotes κατά 1.
4. Για κάθε query field υπάρχει τουλάχιστον δύο ίσως και περισσότερα answer-queries fields και για κάθε ένα από αυτά παίρνουμε τις αντίστοιχες εγγραφές από τον πίνακα answers_of_queries και αυξάνουμε τα counts τους κατά 1.
5. Για κάθε ερώτηση, υπολογίζονται τα ποσοστά όλων των απαντήσεων της.
6. Για όλες τις απαντήσεις των queries εκχωρούνται εγγραφές στον πίνακα answers_seq_queries.
7. Το ίδιο συμβαίνει και για τα rangequeries fields. Για κάθε range_query field, υπάρχει τουλάχιστον δύο ίσως και περισσότερα answer-range_queries fields. Σε περίπτωση που η τιμή ενός answer-rangequery field δεν αντιστοιχεί σε κάποια εγγραφή στον πίνακα answers_of_range_queries τότε δημιουργείται μια τέτοια εγγραφή με count 1 ενώ αν υπάρχει αυξάνεται το count της κατά 1.
8. Για κάθε range_query, υπολογίζονται τα ποσοστά όλων των απαντήσεων της.

9. Για κάθε range query παίρνουμε τις εγγραφές του από τον AnswerRangeQueries και χρησιμοποιούμε τις τιμές των πεδίων answer και των count για να υπολογίσουμε σε κάθε ερώτηση, τη μέση τιμή(mean) και τη διασπορά (std) των απαντήσεων της. Τις τιμές αυτές τις αποθηκεύουμε στα πεδία mean και std των εγγραφών του πίνακα range_queries_statistics που αντιστοιχούν στα range_queries της δημοσκόπησης.
10. Για όλες τις απαντήσεις των range_queries εκχωρούνται εγγραφές στον πίνακα answers_seq_range_queries.
11. Οι ψήφοι που έδωσε ο χρήστης εκχωρήθηκαν επιτυχώς.
12. Για κάθε query και range_query, χρησιμοποιείται κάποια μέθοδο (Βλέπε ενότητες 3.2.1,3.2.2 και κεφάλαιο 9) με την οποία ελέγχεται αν έχει προκύψει κάποιο ξεκάθαρο αποτέλεσμα για την συγκεκριμένη ερώτηση και δε χρειάζεται να ψηφίσουν σε αυτή άλλα άτομα. Σε περίπτωση που η μέθοδος που χρησιμοποιείται, κρίνει ότι κάτι τέτοιο ισχύει για κάποιο query ή range query τότε για την αντίστοιχη εγγραφή της στον queries_of_polls (αν πρόκειται για query) ή στον range_queries_statistics (αν πρόκειται για range_query), το πεδίο expired γίνεται true και η ερώτηση εξαφανίζεται από το ερωτηματολόγιο που προβάλλεται στους χρήστες. Στην περίπτωση που στους πίνακες queries_of_polls και range_queries_statistics, σε όλες οι εγγραφές που ανήκουν σε ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης, το πεδίο expired έχει τιμή true τότε η δημοσκόπηση ολοκληρώνεται (το πεδίο end_date της εγγραφής αυτής της δημοσκόπησης στον πίνακα polls παίρνει σαν τιμή το τρέχον timestamp).
13. Αυξάνεται κατά 1 το πεδίο votes της εγγραφής της δημοσκόπησης από τον πίνακα polls.

Όταν κατά την εκτέλεση της παραπάνω διαδικασίας προκύψει κάποιο πρόβλημα τότε επιστρέφεται στο χρήστη η σελίδα answer_poll.html με κατάλληλο μήνυμα λάθους. Σε περίπτωση που η μέθοδος submit_answers εκτελέστηκε επιτυχώς τότε επιστρέφεται στο χρήστη η ιστοσελίδα answer_completed.html (Βήμα 25 Εικόνα 44).

Η φόρμα του ερωτηματολογίου διαθέτει και ένα πλήκτρο reset το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης η φόρμα επανέρχεται στην αρχική της κατάσταση.

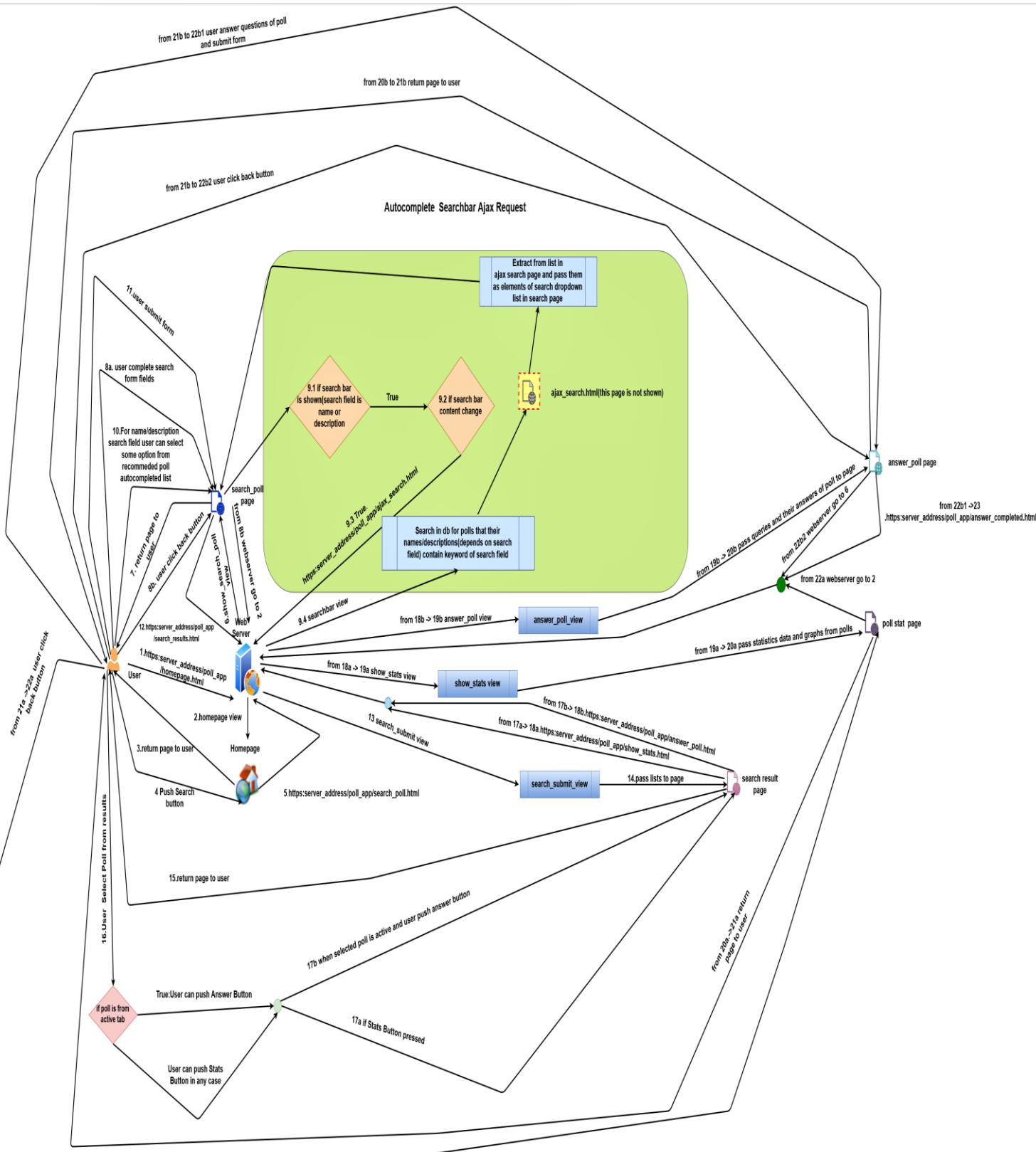
7.2.9 Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου

Ο χρήστης βλέπει την σελίδα answer_completed.html, κάθε φορά που ολοκληρώνεται η συμμετοχή του σε μία δημοσκόπηση. Έχει τη δυνατότητα να πατήσει το κουμπί με το εικονίδιο με το οριζόντιο βέλος με φορά προς τα αριστερά ← (Βήμα 26a Εικόνα 44) και τότε στέλνεται προς τον webserver ένα αίτημα με τη διεύθυνση της αρχικής σελίδας της εφαρμογής. Ο webserver εκτελεί τη μέθοδο homepage και γίνεται μετάβαση στην αρχική σελίδα της εφαρμογής.

Σε περίπτωση που ο χρήστης επέλεξε να κάνει enable το toggle button που εμφανίζόταν στη σελίδα προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης, βλέπει στην σελίδα answer_completed.html ένα ακόμη κουμπί το οποίο αν το πατήσει στέλνει προς τον server ένα request μαζί με το όνομα του poll που μόλις απάντησε στη διεύθυνση (Βήμα 26b Εικόνα 44):

https://server_address/poll_app/poll_stats.html

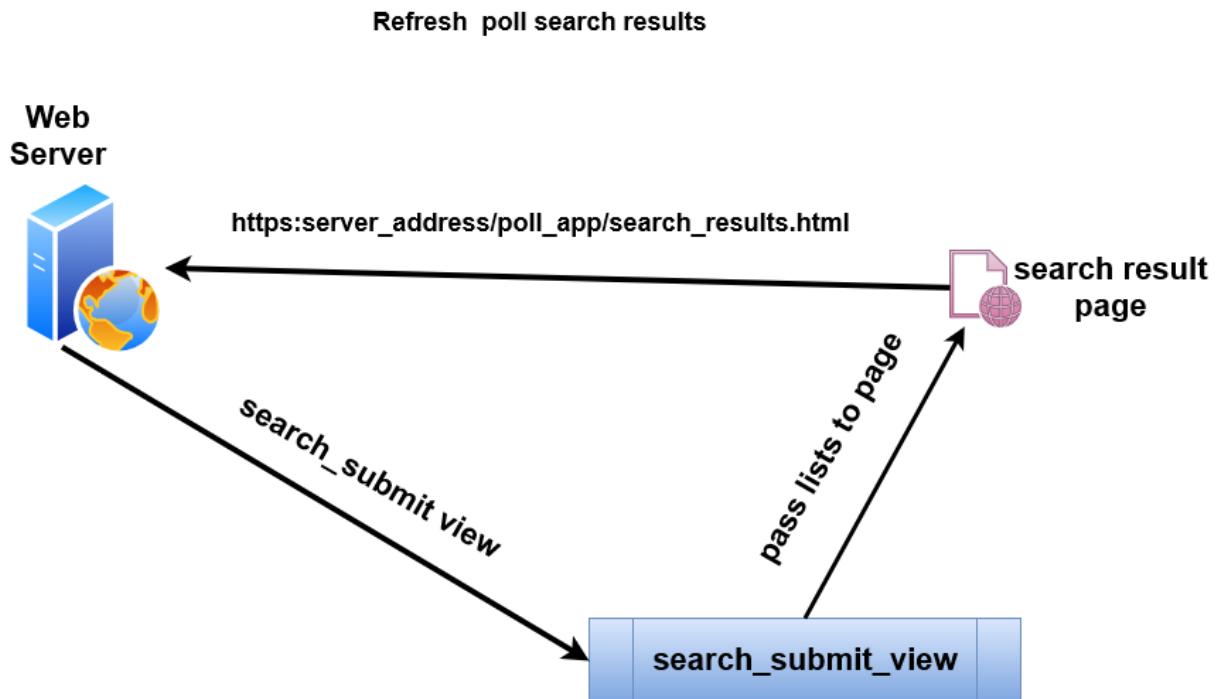
και εκτελείται η μέθοδος show_stats. Όταν εκτελείται επιτυχώς μεταβαίνουμε στη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων δημοσκόπησης, ενώ σε διαφορετική περίπτωση επιστρέφεται η ίδια σελίδα answer_completed.html με κατάλληλο μήνυμα σφάλματος.



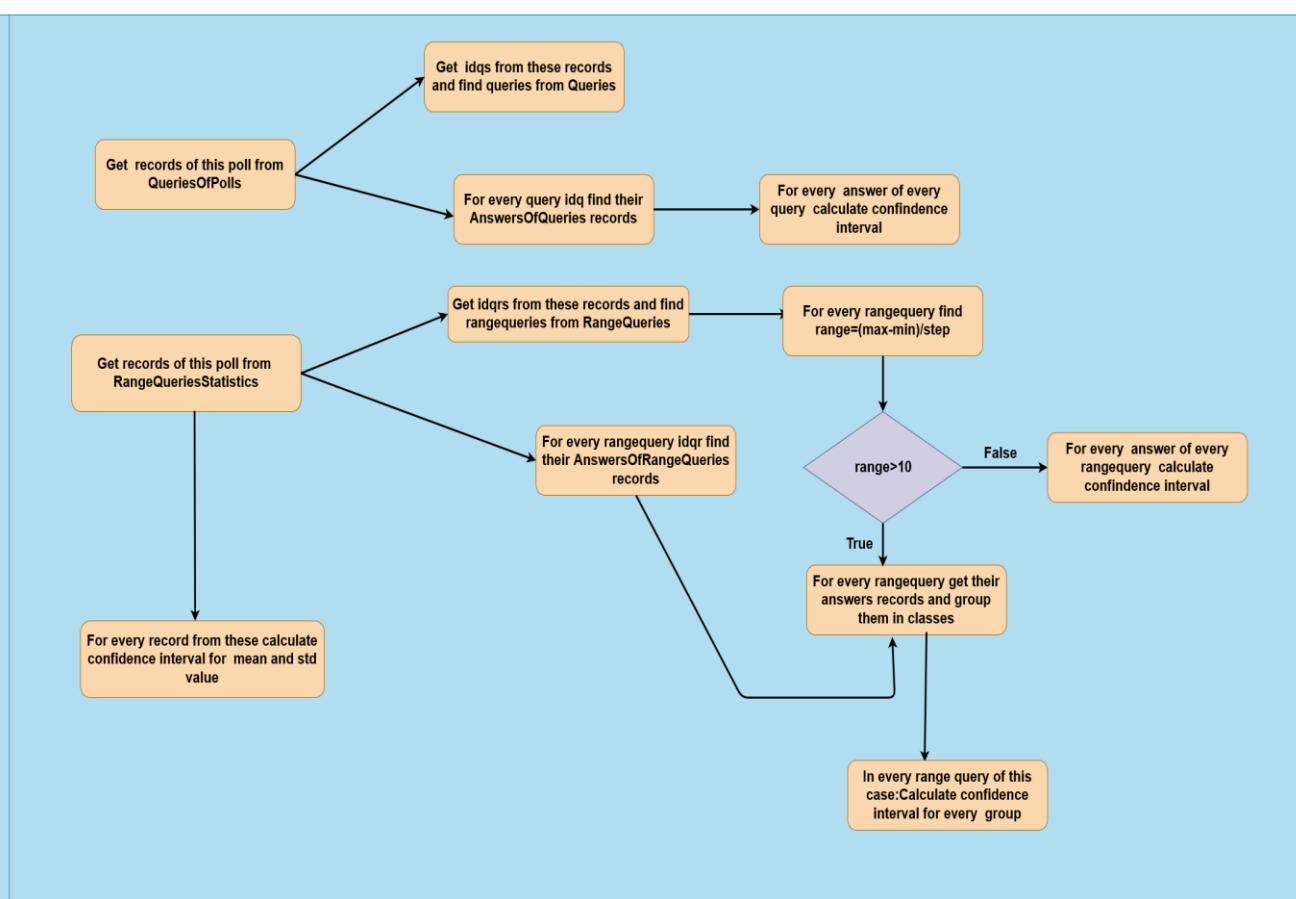
Εικόνα 38: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στις ιστοσελίδες *search_results.html* και *poll_stats.html*

Η παραπάνω εικόνα φαίνεται καλύτερα στο link:

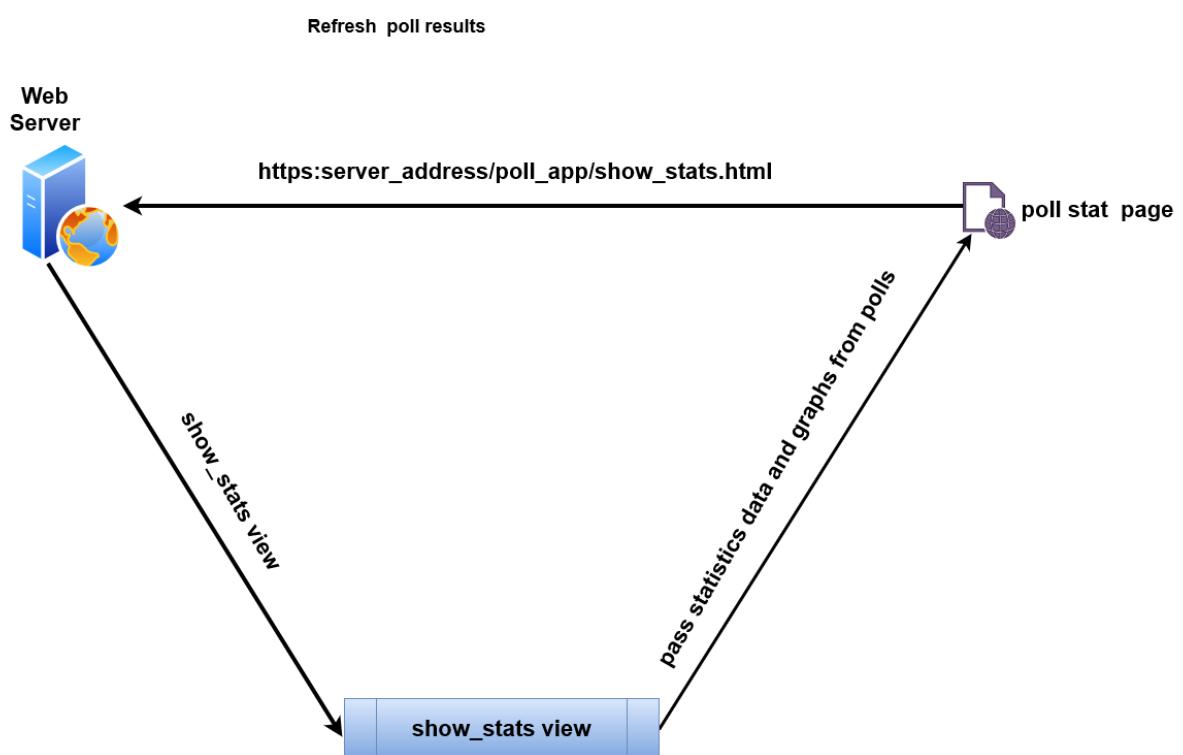
https://drive.google.com/file/d/1xEQPtrUrhtHImVxudvq6v4Of0_SepV9v/view?usp=sharing



Εικόνα 39: Διαδικασία refresh στην ιστοσελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης

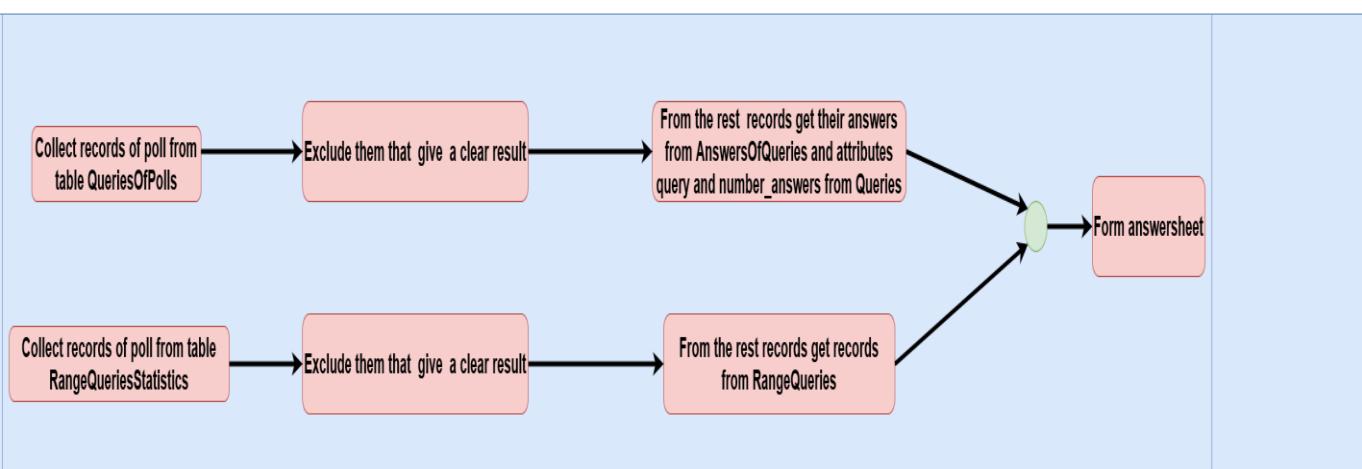


Εικόνα 40: Λειτουργία view μεθόδου `show_stats`



Εικόνα 41: Διαδικασία refresh στην ιστοσελίδα προβολής αποτελεσμάτων δημοσκόπησης

answer_poll_view

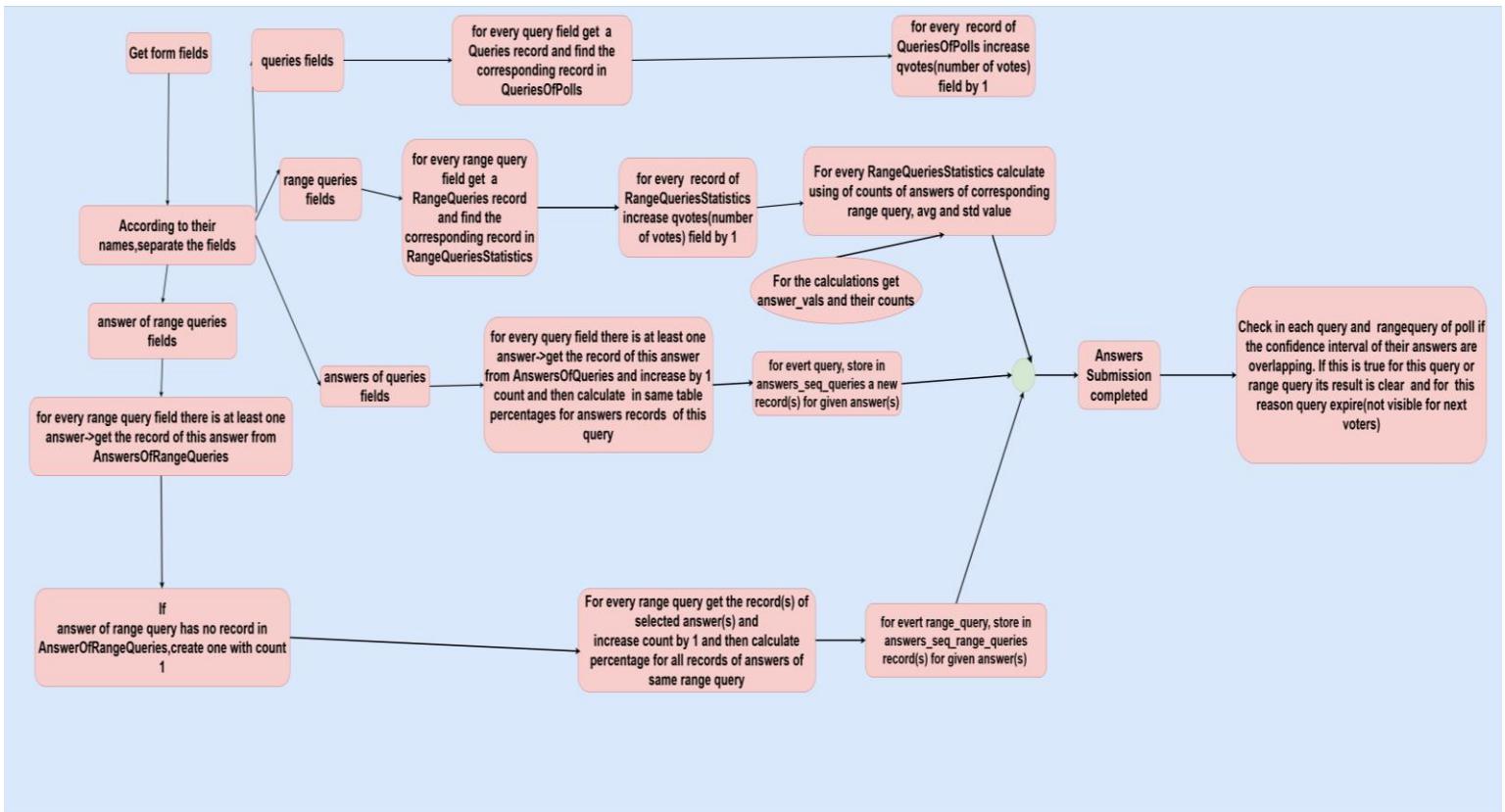


Εικόνα 42: Λειτουργία view μεθόδου answer_poll

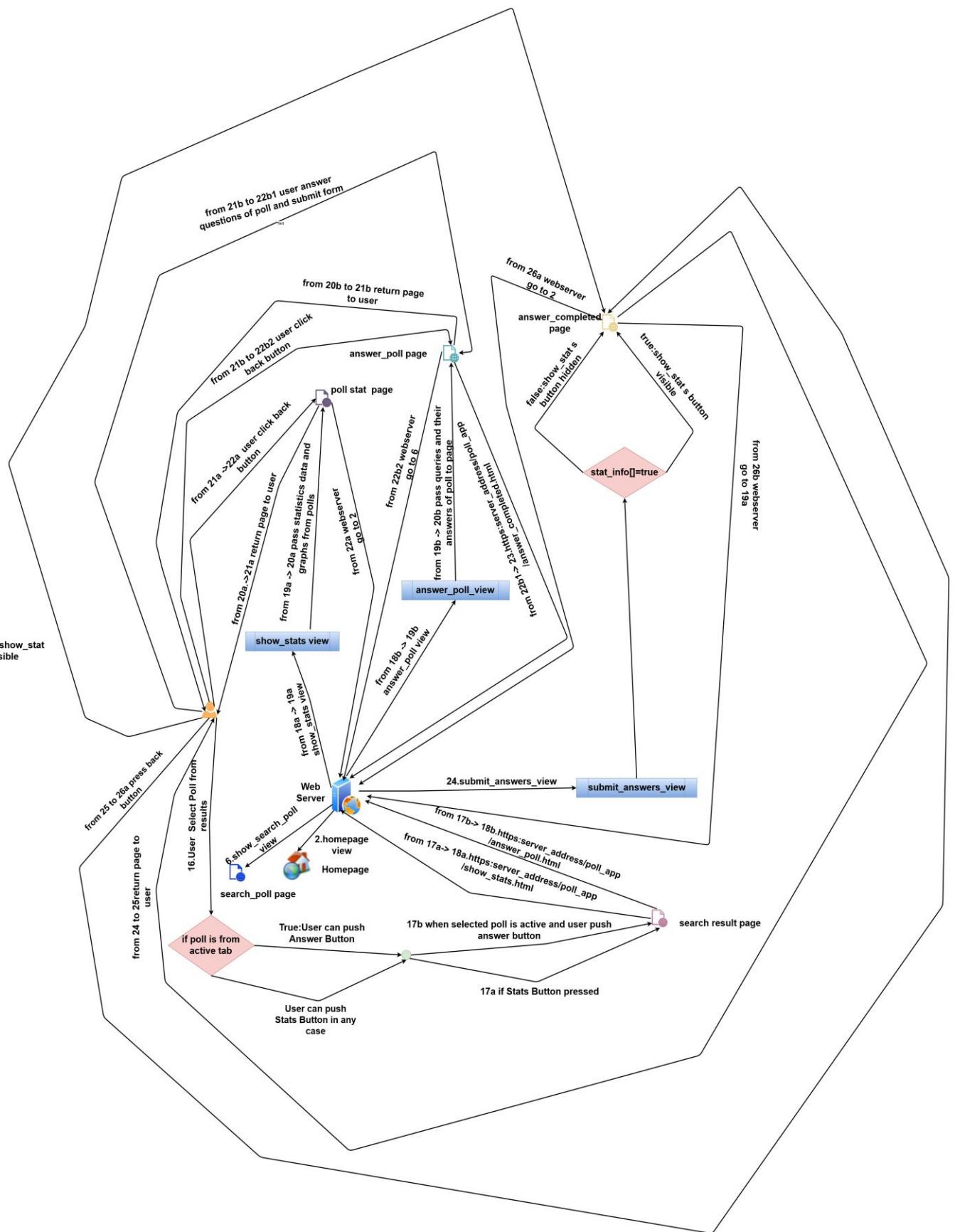
Η παραπάνω εικόνα φαίνεται καλύτερα στο link:

https://drive.google.com/open?id=1u3DApw5_bt2ckDSFzArlxCx5opVaXQ8Q

submit_answers view



Εικόνα 43: Λειτουργία view μεθόδου submit_answer με χρήση early stopping μεθόδου με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων. Για την κατάθεση απαντήσεων με μέθοδο ελέγχου την Group Sequential Design, βλέπε ενότητα 9.3.



Εικόνα 44: Τρόποι αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή και διαχείρισης requests του στις ιστοσελίδες answer_poll.html και answer_completed.html

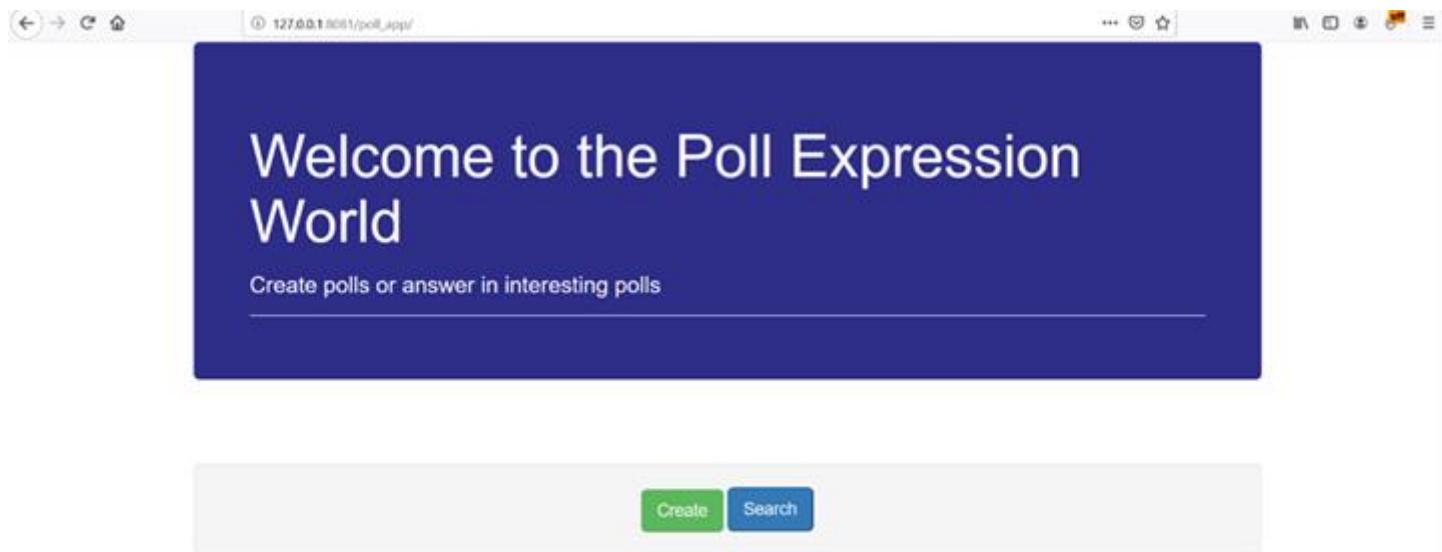
Η παραπάνω εικόνα φαίνεται καλύτερα στο link:

<https://drive.google.com/open?id=11qK9IzGdgO3QfWYiX4KExt6xH9DPmkzu>

8. ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο απλά παρατίθενται κάποια screenshot της εφαρμογής που απεικονίζουν την εκτέλεση των βασικών λειτουργιών της.

Αρχικά τρέχουμε το project με την εφαρμογή με τον τρόπο που περιγράψαμε στην ενότητα 5.2.2 (βλέπε εικόνες 8,9) και μπαίνουμε στην αρχική σελίδα:



Εικόνα 45: Καλωσορίζει τους χρήστες στην εφαρμογή και έχει δυο κουμπιά το ένα για δημιουργία poll και το άλλο για την αναζήτηση τους.

Πατώντας στο Create στο homepage εμφανίζεται η φόρμα δημιουργίας Poll που ζητάει από το χρήστη να δώσει στο poll ένα όνομα, μια περιγραφή(προαιρετικά). Επίσης είναι απαραίτητο να επιλέξει για το poll μια κατηγορία ενώ πρέπει να επιλέξει πατώντας στα κουμπιά ημερολογίων από τα datepickers τις χρονικές στιγμές έναρξης και λήξης του poll. Τα κουμπιά με το x δίπλα σε αυτά με το εικονίδιο ημερολογίου κάνουν reset τα πεδία ημερομηνίας. Το κουμπί clear κάνει reset τη φόρμα. Πατώντας στο κουμπί back γίνεται επιστροφή στην αρχική οθόνη. Η σελίδα με τη φόρμα δημιουργίας ενός poll, φαίνεται παρακάτω:

Poll name:

Description:

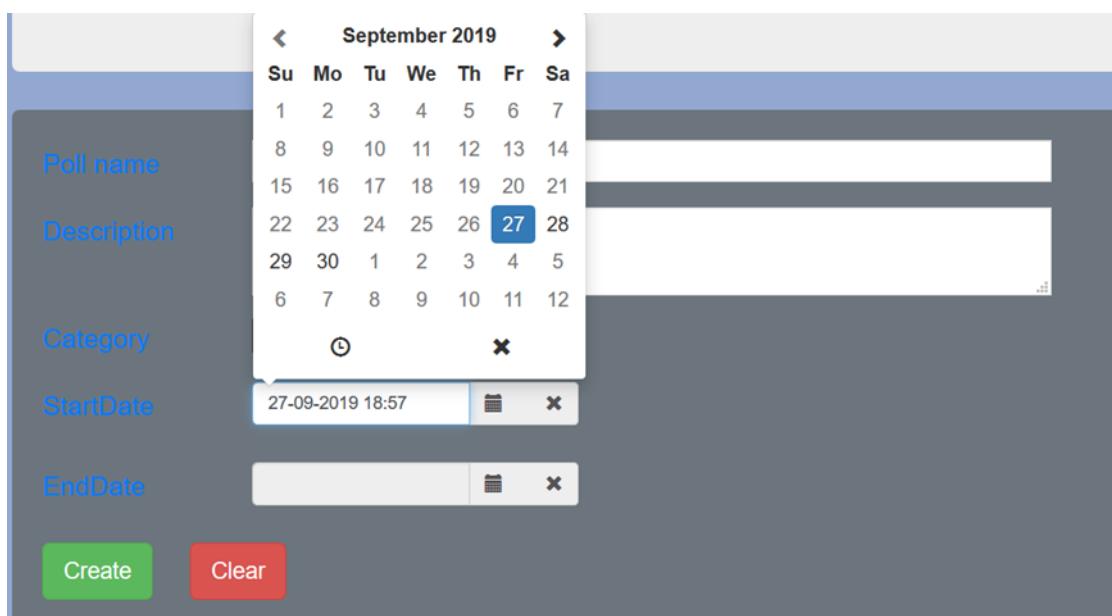
Category:

StartDate:

EndDate:

Εικόνα 46: Σελίδα με τη φόρμα δημιουργίας νέας δημοσκόπησης

Το datepicker για την επιλογή της ημερομηνίας λήξης της δημοσκόπησης είναι ανενεργός μέχρι ο χρήστης να πατήσει και να επιλέξει μια ημερομηνία στο datepicker επιλογής ημερομηνίας έναρξης της δημοσκόπησης. Πατώντας στον datepicker εμφανίζεται ένα ημερολόγιο:



Εικόνα 47: Datepicker ον. Εμφάνιση ημερολογίου επιλογής ημερομηνίας έναρξης/λήξης δημοσκόπησης

Σε περίπτωση που στη φόρμα δημιουργίας poll πατήσουμε στο κουμπί Create δίνεται εντολή δημιουργίας του poll. Αν ο χρήστης συμπληρώσει με έγκυρες τιμές την παραπάνω φόρμα τότε εμφανίζεται η σελίδα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Σε αυτή τη σελίδα, εμφανίζεται στο πάνω μέρος της ένα μήνυμα που ενημερώνει το χρήστη ότι το poll δημιουργήθηκε επιτυχώς και πιο κάτω εμφανίζεται ένα δεύτερο μήνυμα το οποίο ζητάει από το χρήστη να προσθέσει ερωτήσεις στο poll. Ο χρήστης μπορεί να προσθέσει όσες ερωτήσεις θέλει πατώντας στο κόκκινο κουμπί με το +.

Add queries section

Your poll TV experiences has been stored successfully.

Now let's add your questions to your poll.

Click here to add question:



Summary queries

Εικόνα 48:Σελίδα ερωτήσεων της δημοσκόπησης που μόλις έφτιαξε ο χρήστης.

Όταν ο χρήστης πατήσει το κόκκινο κουμπί τότε εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο με μια φόρμα στην οποία χρήστης καλείται να συμπληρώσει τα στοιχεία της ερώτησης:

- Τύπος απαντήσεων ερώτησης (λεκτικές ή αριθμητικές)
- Πλήθος απαντήσεων που θα μπορούν να δώσουν οι χρήστες στην ερώτηση
- Διατύπωση της ερώτησης
- Πεδία με στοιχεία απαντήσεων ερώτησης (βλέπε πιο κάτω)

Το παράθυρο αυτό με τη φόρμα συμπλήρωση στοιχείων μιας ερώτησης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Question

x

Type 

selecttype ▾

Number of answers

selectcount ▾

Query

Query

Confirm Close

Summary queries

Εικόνα 49: Παράθυρο φόρμας συμπλήρωση στοιχείων ερώτησης.

There are two types of questions:

- Textual multiple choice question: each of their answers is a word or sentence or a sequences of sentences
- Arithmetic multiple choice questions:each of their answers is a number

OK

Εικόνα 50: Ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζεται όταν στην ιστοσελίδα της εικόνας 49, ο χρήστης πατάει το i δίπλα από το Type.

Όταν ο χρήστης επιλέξει να δημιουργήσει μια ερώτηση με λεκτικές απαντήσεις τότε η φόρμα της εικόνας 49 γίνεται όπως φαίνεται παρακάτω:

Question

Type ? textual multiple choice question ▾

Number of answers many answers ▾

Query What type of TV show do you like watching

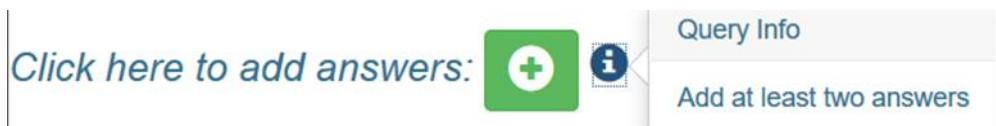
Click here to add answers: + ?

Comedy Series	X
Drama Series	X
News	X
Reality Show	X
Game Show	X
Films	X

Confirm Close

Εικόνα 51: Δημιουργίας ερώτησης με λεκτικές απαντήσεις, στην οποία ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει παραπάνω από μία απάντηση.

Ο χρήστης μπορεί να προσθέτει μια νέα απάντηση στην ερώτηση, πατώντας στο πράσινο κουμπί με το +. Δίπλα σε αυτό υπάρχει ένα κουμπί με ένα i, το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης παίρνει το παρακάτω ενημερωτικό μήνυμα:



Εικόνα 52: Ενημερωτικό μήνυμα που εμφανίζεται αν ο χρήστης πατήσει το κουμπί i δίπλα στο πράσινο κουμπί. Το μήνυμα λέει στο χρήστη ότι μια ερώτηση πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο πιθανές απαντήσεις.

Σημειώνεται ότι ο χρήστης μπορεί να πατήσει στο κόκκινο κουμπί με το x που εμφανίζεται δίπλα στο πεδίο κάθε απάντησης και να τη διαγράψει. Επίσης ο χρήστης μπορεί να πατήσει στο κουμπί close και να κλείσει τη φόρμα, ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές των πεδίων της φόρμας που είχε συμπληρώσει, μένουν αποθηκευμένες και όταν ξαναπατήσει το κόκκινο κουμπί με το + βλέπει τη φόρμα με τις πληροφορίες που είχε συμπληρώσει προηγουμένως.

Σε περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει ότι οι απαντήσεις της ερώτησης είναι αριθμητικές τότε η φόρμα της εικόνας 49 παίρνει τη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Question

Type • arithmetic multiple choice question ▾

Number of answers • only one answer ▾

Query • How many hours do you watch TV?

Answer-number type • integer ▾

Step answer-value • 1

Define range of answers:

Minimum answer-value • 0

Maximum answer-value • 24

Confirm Close

Εικόνα 53: Δημιουργίας ερώτησης με αριθμητικές απαντήσεις, στην οποία ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει μία απάντηση.

Σε ερωτήσεις με αριθμητικές απαντήσεις, ο χρήστης πρέπει να προσδιορίσει τον τύπο των αριθμητικών τιμών (ακέραιοι ή δεκαδικοί). Το κλειστό διάστημα στο οποίο θα εμπεριέχει όλες τις δυνατές αριθμητικές τιμές-απαντήσεις της ερώτησης (η ελάχιστη τιμή είναι το κάτω όριο αυτού του διαστήματος και η μέγιστη τιμή το πάνω όριο αυτού του διαστήματος). Ακόμη είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί το step σε μια τέτοια ερώτηση (διαφορά διαδοχικών αριθμητικών τιμών-απαντήσεων μέσα στο δεδομένο κλειστό διάστημα). Όλα τα πεδία στη συγκεκριμένη φόρμα πρέπει να είναι συμπληρωμένα.

Στην πάνω αριστερή άκρη του παραθύρου της φόρμας συμπλήρωσης στοιχείων ερώτησης υπάρχει ένα x το οποίο μπορεί να το πατήσει και να κλείσει το παράθυρο χωρίς να αποθηκευτεί κανένα από τα στοιχεία που συμπλήρωσε. Όταν πατήσει το x ο χρήστης εμφανίζεται το παρακάτω προειδοποιητικό μήνυμα:

Question

Type • selecttype ▾

Number of answers • selectcount ▾

Query • Query

Discard alert

Are you sure that you want to discard this question?

Yes No

Confirm Close

Εικόνα 54: Παράθυρο με ενημερωτικό μήνυμα που ρωτάει το χρήστη αν είναι σίγουρος ότι θέλει να κλείσει το παράθυρο με τη φόρμα συμπλήρωσης των στοιχείων της ερώτησης.

Αν στο παραπάνω παράθυρο ο χρήστης πατήσει No το παράθυρο κλείνει χωρίς να κλείσει η φόρμα, ενώ αν πατήσει Yes τότε η φόρμα κλείνει. Όταν ο χρήστης πατήσει το

κόκκινο κουμπί με το + τότε θα ανοίξει η φόρμα συμπλήρωσης στοιχείων ερώτησης και θα έχει την ίδια μορφή με αυτή που φαίνεται στην εικόνα 49.

Όταν ο χρήστης συμπληρώσει όλα τα στοιχεία της ερώτησης που ζητάει η φόρμα και τις απαντήσεις τότε μπορεί να πατήσει το κουμπί confirm. Με το πάτημα αυτού του κουμπιού, η ερώτηση μαζί με τις απαντήσεις της εκχωρούνται σε μια φόρμα με read-only πεδία που φαίνεται κάτω από το Summary Queries. Όλες οι ερωτήσεις που θέλει να προσθέσει ο χρήστης στη δημοσκόπηση του φαίνονται σε αυτή τη φόρμα.

The screenshot shows a web-based poll editor. At the top, a green header bar says "Add queries section". Below it, a message says "Your poll TV experiences has been stored successfully." and "Now let's add your questions to your poll." A blue button with a red plus sign and the text "Click here to add question:" is visible. The main area is titled "Summary queries". It contains two sections: "Question 1" and "Question 2".

Question 1

Type	textual multiple choice question
Number of answers	many answers
Query	What type of TV show do you like watching?
Answer 1	Comedy Series
Answer 2	Drama Series
Answer 3	News
Answer 4	Reality Show
Answer 5	Game Show
Answer 6	Films

Question 2

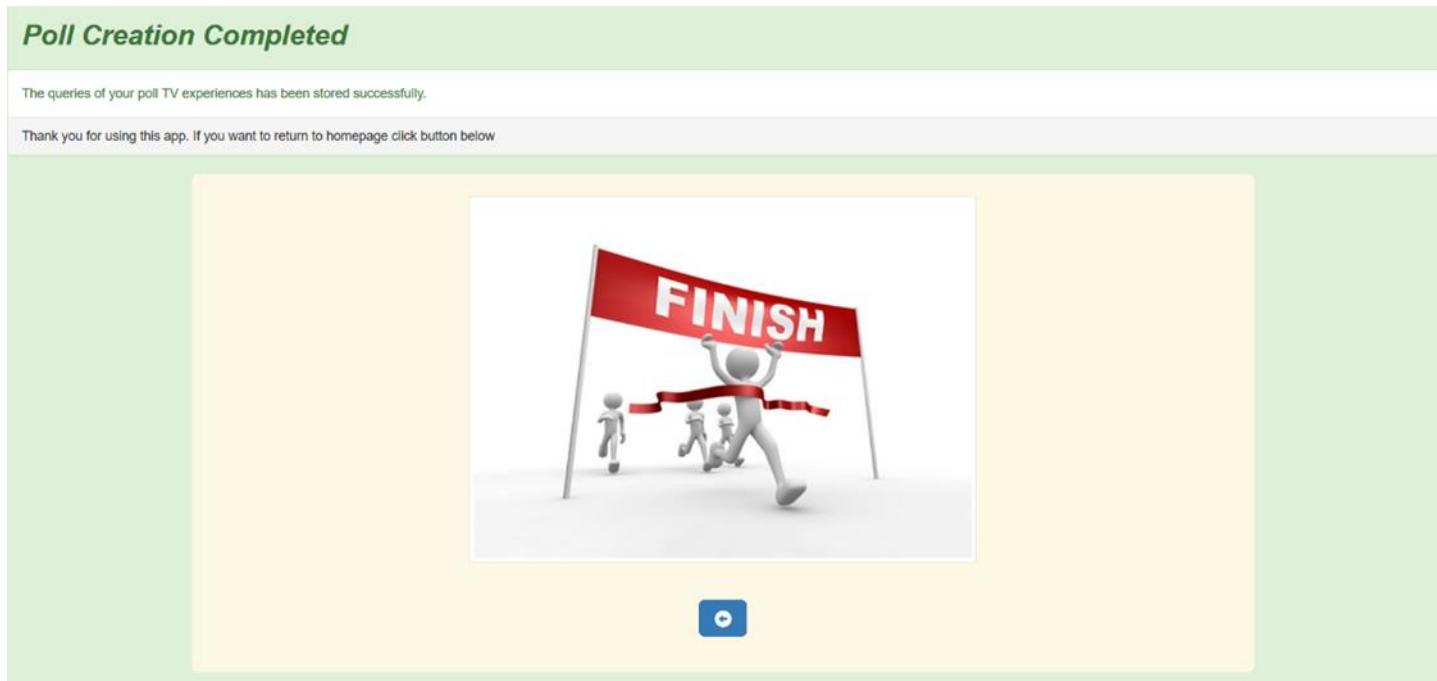
Type	arithmetic multiple choice question
Number of answers	only one answer
Query	How many hours do you watch TV?
Answer-number type	integer
Step answer-value type	1
Minimum answer-value	0
Maximum answer-value	24

At the bottom right of the summary area, there are two buttons: a green checkmark and a red X.

Εικόνα 55: Απεικονίζεται μια φόρμα με read-only πεδία με τα στοιχεία των ερωτήσεων που θέλει να προσθέσει ο χρήστης στη δημοσκόπηση.

Στη φόρμα της εικόνας 55, ο χρήστης ανά πάσα στιγμή μπορεί να διαγράψει μια ερώτηση πατώντας στο αντίστοιχο κόκκινο κουμπί με σύμβολο -. Ο χρήστης μπορεί να

πατήσει το στρογγυλό κόκκινο κουμπί με το χ για να αφαιρέσει όλες τις ερωτήσεις που έχει εκχωρήσει στη read φόρμα μέχρι εκείνη τη στιγμή. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να δώσει εντολή να εκχωρηθούν οι ερωτήσεις που φαίνονται στη read-only φόρμα στο poll, πατώντας το πράσινο κουμπί με το ✓. Αν η εκχώρηση των ερωτήσεων ολοκληρωθεί με επιτυχία στην οθόνη του χρήστη εμφανίζεται η παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 56: Σελίδα Ολοκλήρωσης Δημιουργίας poll

Στην παραπάνω σελίδα υπάρχει ένα μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη ότι οι ερωτήσεις του εκχωρήθηκαν επιτυχώς στη δημοσκόπηση που δημιούργησε. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα ευχαριστήριο μήνυμα το οποίο παράλληλα ενημερώνει τον χρήστη ότι μπορεί να πατήσει το κουμπί που εμφανίζεται παρακάτω για να μεταβεί στην αρχική σελίδα της εφαρμογής (Εικόνα 45).

Στην εικόνα 45 εκτός από το κουμπί Create, υπάρχει και το κουμπί Search το οποίο αν το πατήσει κάποιος τότε γίνεται μετάβαση στη σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων που φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 57: Σελίδα Αναζήτησης Δημοσκοπήσεων

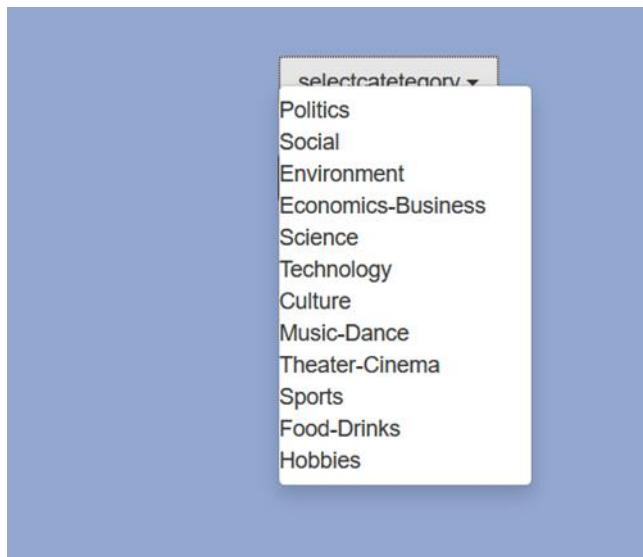
Στην παραπάνω σελίδα όπως και στη σελίδα δημιουργίας δημοσκόπησης, υπάρχει στην κάτω αριστερή άκρη το κουμπί Back, το οποίο μπορεί να το πατήσει ο χρήστης για να μεταβεί στην αρχική σελίδα (Εικόνα 45).

Στη σελίδα αυτή βλέπουμε ότι υπάρχει ένα searchbar το οποίο παραμένει disable μέχρι ο χρήστης να καθορίσει από το κάτω dropdown list το πεδίο της αναζήτησης (name,description,category).



Εικόνα 58: Καθορισμός πεδίου αναζήτησης

Όταν ο χρήστης επιλέγει name ή description τότε searchbar γίνεται enabled, σε περίπτωση που είναι disabled, ενώ σε περίπτωση που επιλεχθεί η επιλογή category τότε το searchbar επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση disabled και εξαφανίζεται από την οθόνη και στη θέση του εμφανίζεται ένα dropdown list με όλες τις πιθανές κατηγορίες των polls(είναι το ίδιο dropdown list με αυτό που εμφανίζεται στη φόρμα δημιουργίας δημοσκόπησης για το πεδίο κατηγορίας).



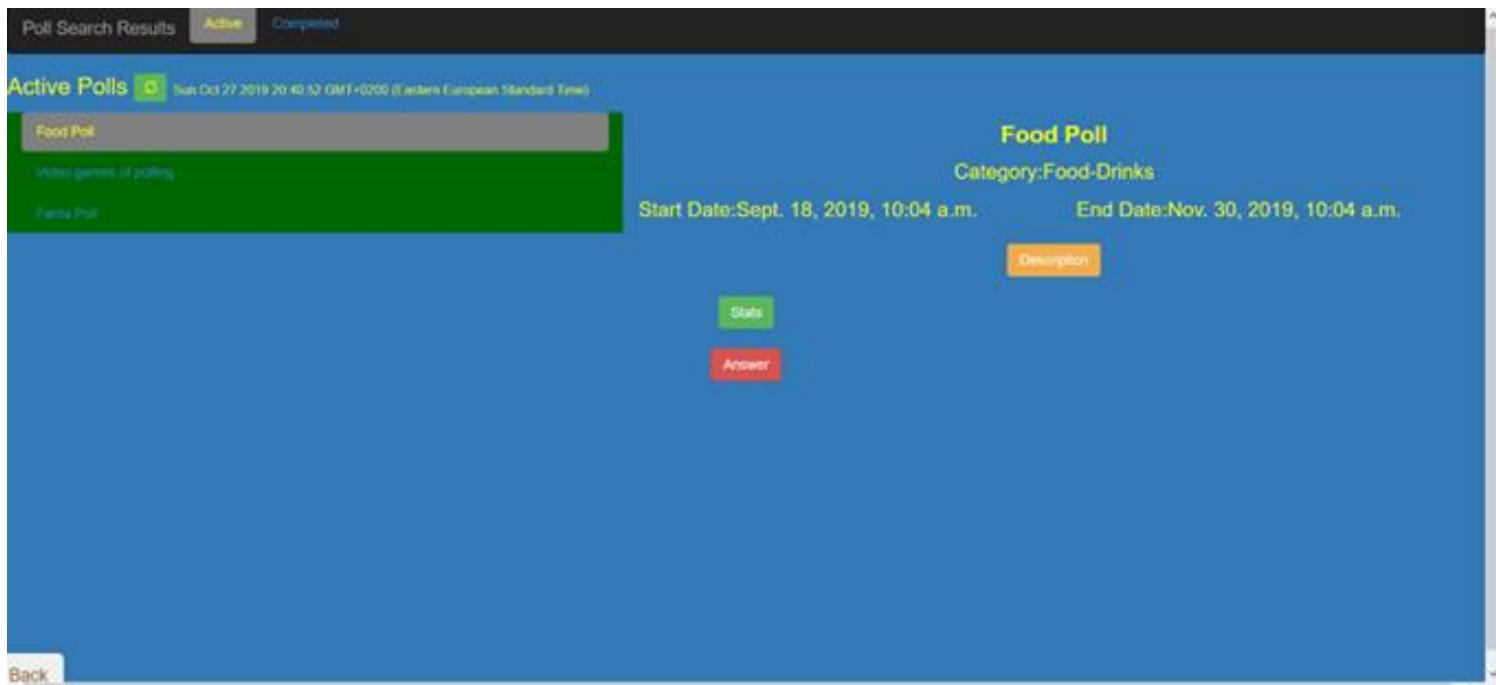
Εικόνα 59: dropdown list με τις κατηγορίες

Για το searchbar της εικόνας 57, όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 7.2.5 έχει υλοποιηθεί λειτουργία autocomplete. Όταν ο χρήστης πληκτρολογεί κάτι στο πεδίο αυτό, τότε από κάτω του εμφανίζεται ένα dropdown list με όλα τα ονόματα των polls που εμπεριέχουν αυτό που έχει γράψει στο searchbar στο καθορισμένο πεδίο αναζήτησης. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει κάποιο από τα poll της dropdown list. Πατώντας στο μπλε κουμπί με το μεγεθυντικό φακό, ο χρήστη δίνει εντολή να ξεκινήσει η διαδικασία αναζήτησης δημοσκοπήσεων που εμπεριέχουν στο όνομα/ περιγραφή το περιεχόμενο του searchbar ή δίνει εντολή να βρεθούν όλες οι δημοσκοπήσεις της κατηγορίας που επέλεξε ο χρήστης.



Εικόνα 60:Λειτουργία autocomplete searchbar

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η σελίδα με τις δημοσκοπήσεις-αποτελέσματα της αναζήτησης που έκανε ο χρήστης(εδώ αναζητήθηκαν οι δημοσκοπήσεις που περιείχαν στο όνομα τους τη λέξη Poll)



Εικόνα 61: Σελίδα με αποτελέσματα-δημοσκοπήσεις της αναζήτησης που έκανε ο χρήστης-καρτέλα ενεργών δημοσκοπήσεων

Στην παραπάνω σελίδα υπάρχουν δύο καρτέλες:

- μία με τα ενεργά polls
- μία με τα ολοκληρωμένα

Σε κάθε καρτέλα, στα αριστερά φαίνονται τα tabs με τα ονόματα των polls και δεξιά τα στοιχεία του poll που έχει επιλέξει εκείνη τη στιγμή. Η μόνη διάφορά στη δομή των δύο καρτελών είναι ότι σε αυτή με τα ολοκληρωμένα δεν εμφανίζεται στο κομμάτι με τα στοιχεία του επιλεγμένου poll, το κόκκινο κουμπί Answer το οποίο όταν το πατήσει ο χρήστης εμφανίζεται το ερωτηματολόγιο του poll και ο χρήστης μπορεί να απαντήσει στις ερωτήσεις του. Εκτός από το κουμπί Answer υπάρχουν δύο ακόμη κουμπιά τα οποία εμφανίζονται στο κομμάτι με τα στοιχεία του επιλεγμένου poll. Το ένα είναι το πορτοκαλί πλήκτρο Description το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης εμφανίζεται η περιγραφή του επιλεγμένου poll και το άλλο είναι το πράσινο κουμπί Stats το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης, γίνεται μετάβαση στη σελίδα με τα αποτελέσματα του επιλεγμένου poll. Τέλος, στο πάνω μέρος κάθε καρτέλας εμφανίζεται ένα κουμπί το οποίο αν το πατήσει ο χρήστης γίνεται ενημέρωση των αποτελεσμάτων της αναζήτησης. Δίπλα από αυτό του κουμπί αναγράφεται το timestamp της τελευταίας ενημέρωσης.

Poll Search Results Active Completed

Completed Polls Sun Oct 27 2019 20:40:52 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

Metal Music Poll	Metal Music Poll
Theater Poll	Category:Music-Dance
	Start Date:Feb. 21, 2017, 3 a.m.
	End Date:June 25, 2017, 9:30 p.m.
	Descripiton
	Stats

[Back](#)

Εικόνα 62: Σελίδα με αποτελέσματα-δημοσκοπήσεις της αναζήτησης που έκανε ο χρήστης-καρτέλα ολοκληρωμένων δημοσκοπήσεων

Poll Search Results Active Completed

Active Polls Sun Oct 27 2019 20:40:52 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

Food Poll	Food Poll
Video games of polling	Category:Food-Drinks
Fanta Poll	Start Date:Sept. 18, 2019, 10:04 a.m.
	End Date:Nov. 30, 2019, 10:04 a.m.
	Descripiton
	Habits of participants in food. Are people interested in discovering new tastes.
	Stats
	Answer

Εικόνα 63: Εμφάνιση περιγραφής του επιλεγμένου poll με το πάτημα του κουμπιού Description

Όταν ο χρήστης πατήσει το κόκκινο κουμπί με το όνομα Answer, εμφανίζεται το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης που έχει επιλέξει. Ο χρήστης πρέπει να απαντήσει σε όλες τις ερωτήσεις που βλέπει στη σελίδα προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης. Στο τέλος κάθε ερωτηματολογίου ζητείται από το χρήστη να δηλώσει αν επιθυμεί να δει τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης δημοσκόπησης. Αν ο χρήστης θέλει να δει τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης στην οποία μόλις συμμετείχε, πρέπει να ενεργοποιήσει το toggle button της τελευταίας ερώτησης του ερωτηματολογίου. Στην κάτω αριστερή γωνία υπάρχει το κουμπί back που αν το πατήσει ο χρήστης επιστρέφει στη σελίδα αναζήτησης δημοσκοπήσεων.

The screenshot shows a mobile application interface for a poll titled "video games of polling". At the top, there is a green ballot box icon with the word "POLL" and a checkmark. Below the title, a sub-instruction says "Let's answer this poll". A yellow banner at the top indicates "Please answer all questions." The main content area contains several questions:

- "Do you play video games?" with options "Yes" and "No".
- "Do you want to play more time?" with options "Yes" and "No".
- "What types of Games do you like?" with categories "Adventure", "Action", "Simulation", "Sports", "Strategy", and "RPG".
- "How much of your leisure time do you spend for playing video games?" with a slider set at 0.7.
- "How many hours do you play video games daily?" with a slider set at 4.5.
- A button labeled "Show statistics after answer poll" with a "Yes" checkbox checked.
- At the bottom right are two buttons: a green checkmark and a red X.

A "Back" button is located at the bottom left.

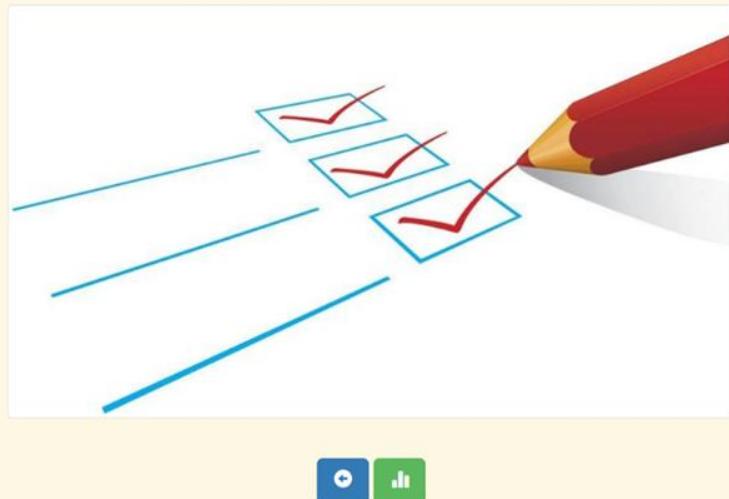
Εικόνα 64:Σελίδα προβολής ερωτηματολογίου δημοσκόπησης(Δημοσκόπηση video games of polling)

Οι ερωτήσεις με λεκτικές απαντήσεις στις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μόνο μία από αυτές, φαίνονται με radio buttons όπως οι δύο πρώτες ερωτήσεις του παραπάνω ερωτηματολογίου. Οι ερωτήσεις με λεκτικές απαντήσεις στις οποίες όμως ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει παραπάνω από μία απαντήσεις φαίνονται όπως η τρίτη ερώτηση της δημοσκόπησης (checkboxes) ενώ όσες ερωτήσεις, έχουν αριθμητικές τιμές ως απαντήσεις, φαίνονται όπως οι ερωτήσεις 3 και 4 του παραπάνω ερωτηματολογίου (input type number). Ο χρήστης μπορεί να υποβάλλει τις απαντήσεις του πατώντας το ✓ ενώ πατώντας το x επαναφέρει την φόρμα στην αρχική της κατάσταση. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ενεργοποιήσει το toggle button εμφάνισης στατιστικών στοιχείων της δημοσκόπησης και υποβάλλει επιτυχώς το ερωτηματολόγιο με τις απαντήσεις του τότε εμφανίζεται η σελίδα επιτυχημένης κατάθεσης ερωτηματολογίου η οποία είναι όπως η σελίδα της εικόνας 65:

Congratulation your answers for poll video games of polling have been recorded

Thank you for using our polling platform.

You can return to homepage for adding new polls or searching and answering another.



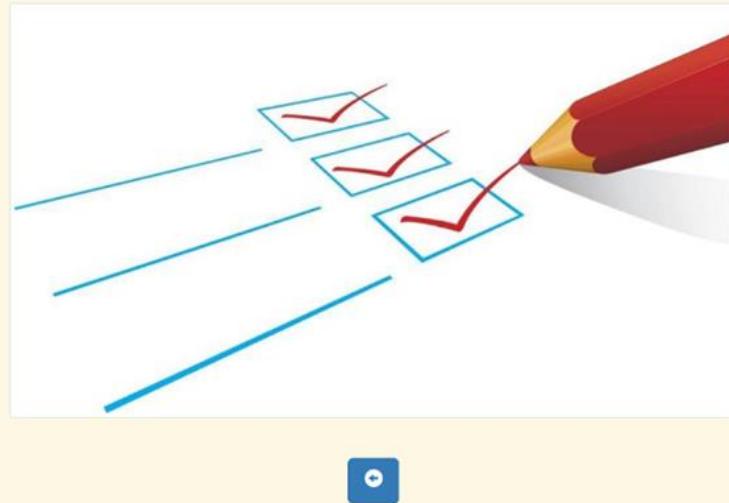
Εικόνα 65: Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου (stats toggle button on)

Στη σελίδα αυτή στο πάνω μέρος της υπάρχει ένα μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη ότι οι απαντήσεις του καταχωρήθηκαν επιτυχώς. Στη συνέχεια ακολουθεί ένα ευχαριστήριο μήνυμα. Στη σελίδα υπάρχουν δύο κουμπιά. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το γαλάζιο κουμπί με το βέλος προς τα πίσω για να επιστρέψει στην αρχική σελίδα ή το πράσινο για να μεταβεί στη σελίδα με τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης στην οποία μόλις συμμετείχε. Σε περίπτωση ο χρήστης είχε δηλώσει ότι επιθυμεί να μην δει τα στατιστικά στοιχεία του poll, η παραπάνω σελίδα εμφανίζεται όπως φαίνεται στην εικόνα 66:

Congratulation your answers for poll video games of polling have been recorded

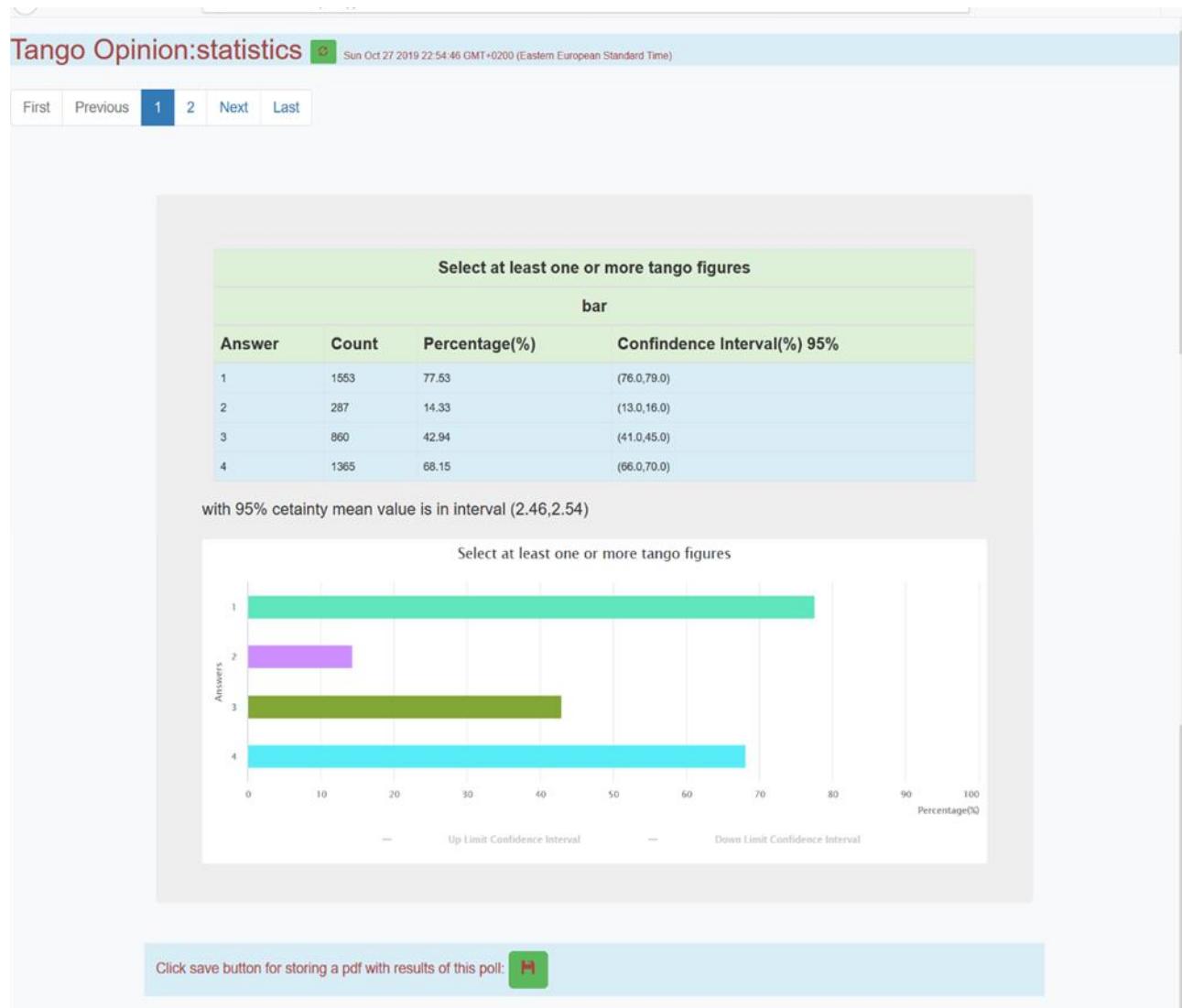
Thank you for using our polling platform.

You can return to homepage for adding new polls or searching and answering another.



Εικόνα 66: Σελίδα Επιτυχημένης Κατάθεση Απαντήσεων ερωτηματολογίου (stats toggle button off)

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει στη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων αναζήτησης να επιλέξει κάποιο poll και να πατήσει το Stat Button για να δει τα διαγράμματα και τα στατιστικά στοιχεία για τις ερωτήσεις του. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται screenshots για τη σελίδα προβολής αποτελεσμάτων δημοσκοπήσεων για τη δημοσκόπηση Tango Opinion.



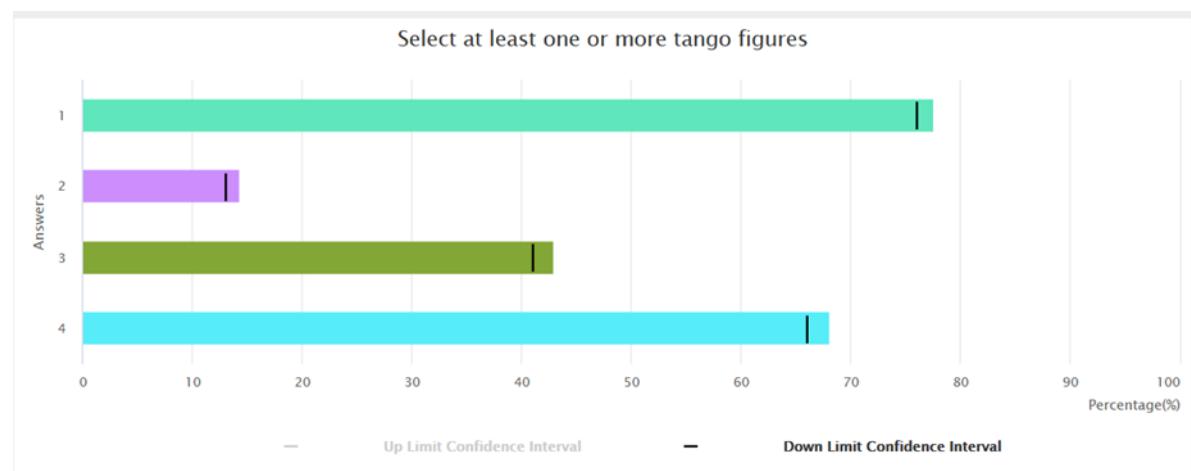
Εικόνα 67: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-πρώτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion

Στο πάνω μέρος της σελίδας εμφανίζεται το όνομα του poll και δίπλα του ένα κουμπί το οποίο ο χρήστης μπορεί να πατήσει για να κάνει refresh τη σελίδα (ανανέωση αποτελεσμάτων δημοσκόπησης) και δίπλα αναγράφεται το timestamp της τελευταίας ενημέρωσης τους. Ακολουθεί ένα δυναμικό τεμένο με καρτέλες των οποίων ο αριθμός εξαρτάται από το πλήθος των ερωτήσεων της κάθε δημοσκόπησης. Εκτός από αυτές υπάρχουν και κάποια κουμπιά πλοήγησης με το First ο χρήστης μεταβαίνει στην πρώτη ερώτηση της δημοσκόπησης, με το Previous μεταβαίνει στην προηγούμενη ερώτηση της δημοσκόπησης (τώρα είμαστε στην πρώτη ερώτηση της δημοσκόπησης για αυτό τα κουμπιά αυτά είναι disabled), με το Next μεταβαίνει στην επόμενη ερώτηση, ενώ με το Last μεταβαίνει στην τελευταία ερώτηση της δημοσκόπησης. Στη συνέχεια υπάρχει ένας πίνακας στην πρώτη γραμμή αναφέρεται η ερώτηση, στη δεύτερη γραμμή αναφέρεται το είδος του γραφήματος, και στη συνέχεια ο πίνακας έχει 4 στήλες:

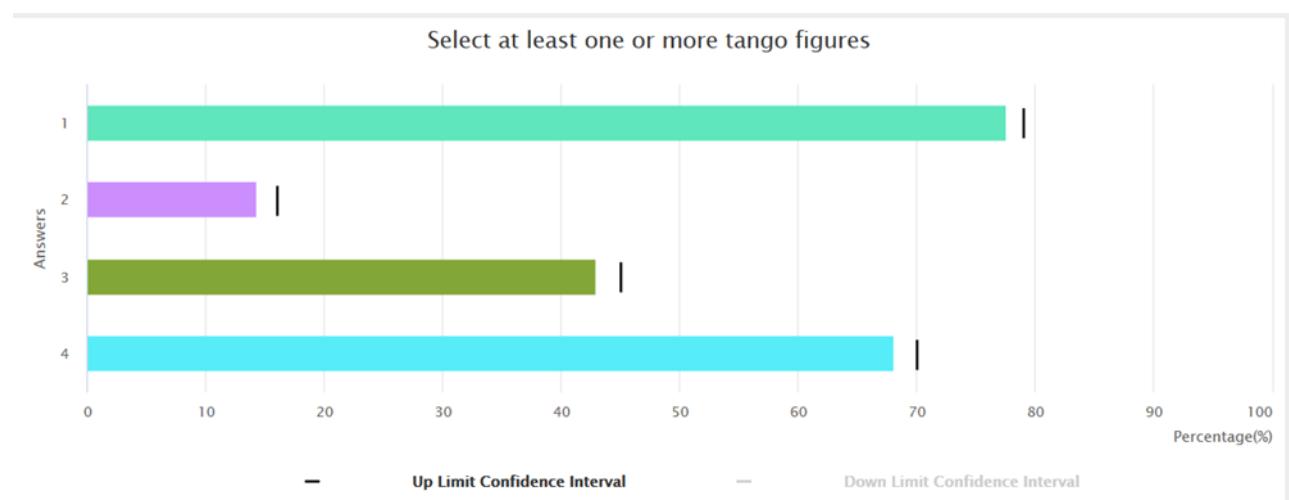
- Στην πρώτη καταγράφονται οι απαντήσεις της ερώτησης
- Στη δεύτερη το πλήθος των ατόμων που επέλεξαν κάθε απάντηση
- Στην τρίτη το ποσοστό των ατόμων που επέλεξαν κάθε απάντηση

- Στην τέταρτη φαίνεται το 95%- δ.ε για κάθε απάντηση (υπολογίζεται με τον τρόπο που έχει αναφερθεί στο 2.3)

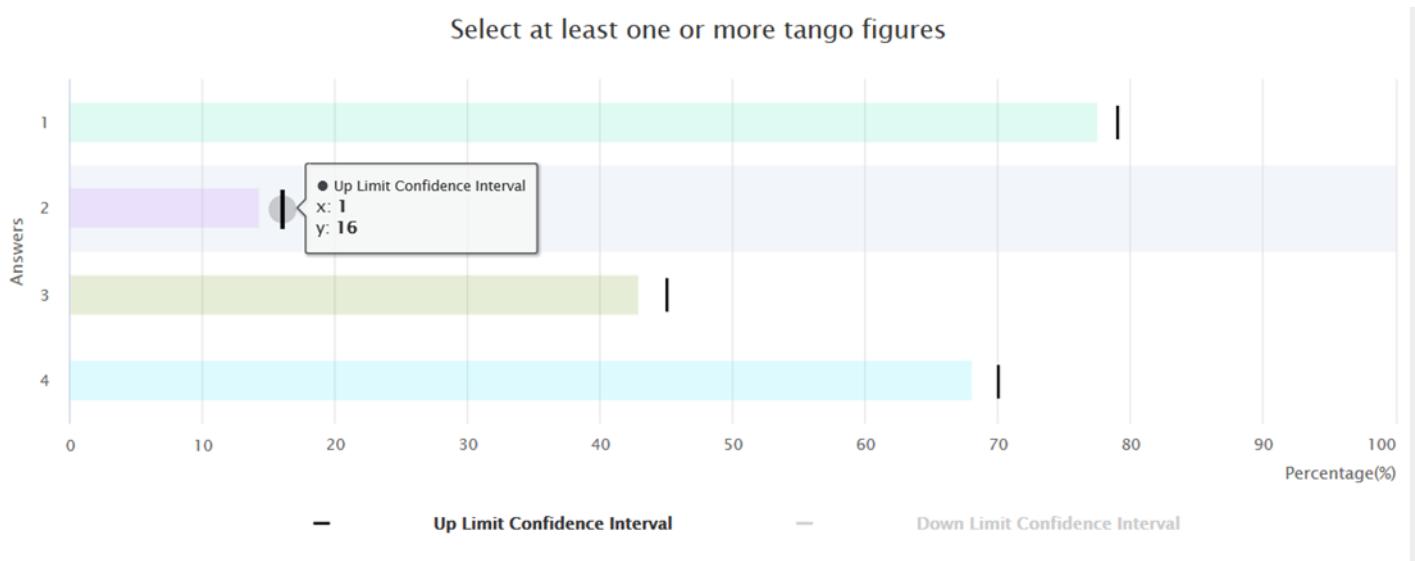
Στη συνέχεια αν η ερώτηση παίρνει αριθμητικές τιμές, υπολογίζουμε το διάστημα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή των απαντήσεων της. Τα αποτελέσματα του πίνακα της σελίδας απεικονίζονται σε ένα διάγραμμα. Σε ερωτήσεις όπου οι χρήστες μπορούν να δίνουν μια απάντηση μόνο, έχουμε διαγράμματα στηλών ενώ σε ερωτήσεις όπου οι χρήστες μπορούν να επιλέγουν περισσότερες από μία απαντήσεις έχουμε διάγραμμα γραμμών. Στα διαγράμματα οι χρήστες μπορούν να πατήσουν στα στοιχεία του υπομνήματος του και έτσι μπορούν να δείξουν τα όρια των διαστημάτων εμπιστοσύνης των απαντήσεων.



Εικόνα 68:Προβολής κάτω άκρων των διαστημάτων εμπιστοσύνης



Εικόνα 69: Προβολής πάνω άκρων των διαστημάτων εμπιστοσύνης



Εικόνα 70: Προβολή τιμής πάνω άκρου δ.ε για την απάντηση 2 του ερωτήματος

Tango Opinion:statistics 🕒 Sun Oct 27 2019 22:54:46 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

First Previous **1** 2 Next Last

Select at least one or more tango figures			
bar			
Answer	Count	Percentage(%)	Confidence Interval(%) 95%
1	1553	77.53	(76.0, 79.0)
2	287	14.33	(13.0, 16.0)
3	860	42.94	(41.0, 45.0)
4	1365	68.15	(66.0, 70.0)

with 95% certainty mean value is in interval (2.46,2.54)

Answers

Percentage(%)

Up Limit Confidence Interval

Down Limit Confidence Interval

Click save button for storing a pdf with results of this poll: 🖨️

[Back](#)

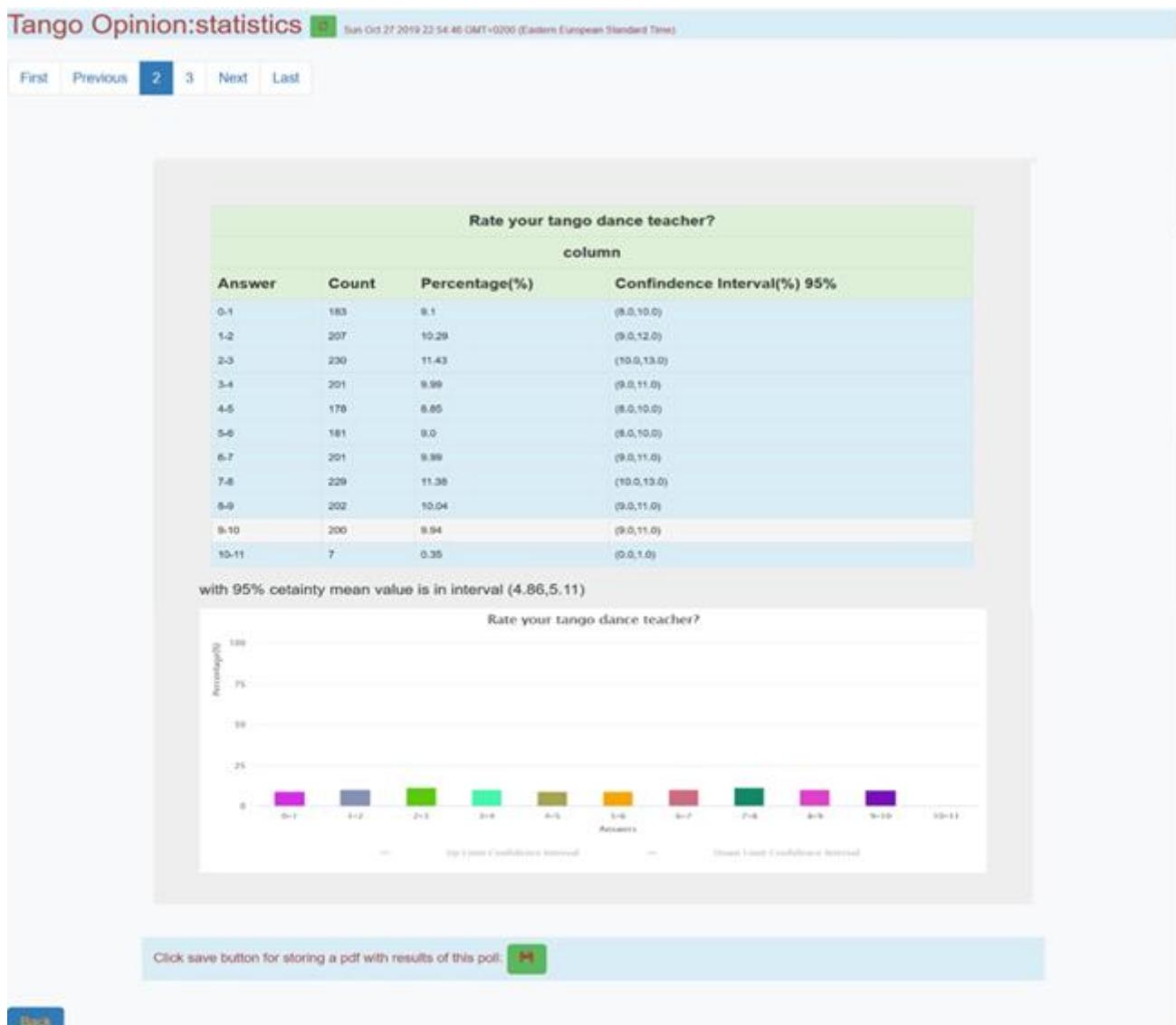
Εικόνα 71: Προβολή άκρων διαστημάτων εμπιστοσύνης

Σημείωση: το χ εκφράζει τη θέση της απάντησης στο διάγραμμα ενώ το γ είναι η τιμή του άκρου του δ.ε

Για ερωτήσεις με αριθμητικές τιμές ως απαντήσεις για τις οποίες ισχύει η παρακάτω ανισότητα:

$$range = \frac{rangequery_{maxval} - rangequery_{minval}}{rangequery_{stepval}} > 10$$

ομαδοποιούμε τις απαντήσεις που έχουν δώσει οι χρήστες σε κλάσεις όπως φαίνεται ότι έχουμε κάνει και για την ερώτηση 2 της δημοσκόπησης Tango Opinion:



Εικόνα 72: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-δεύτερη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion

Δείχνουμε τα αποτελέσματα και για τις άλλες ερωτήσεις του poll:

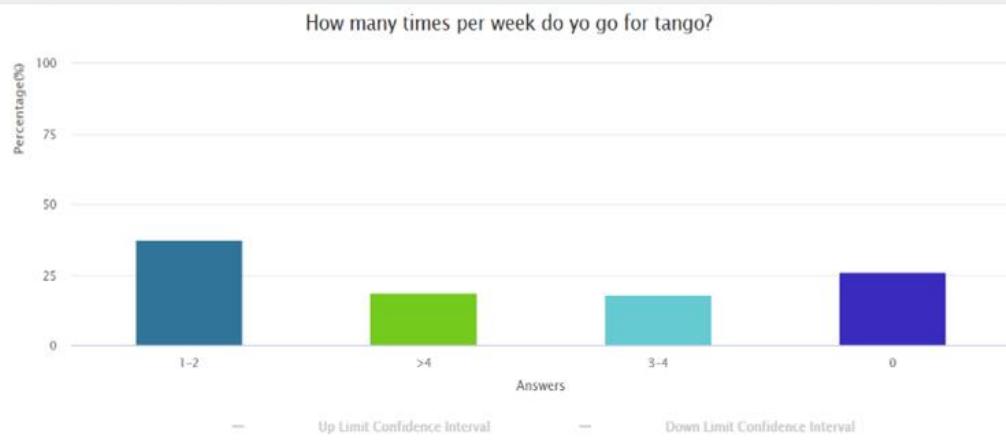
Tango Opinion:statistics



Sun Oct 27 2019 22:54:46 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

First Previous 3 4 Next Last

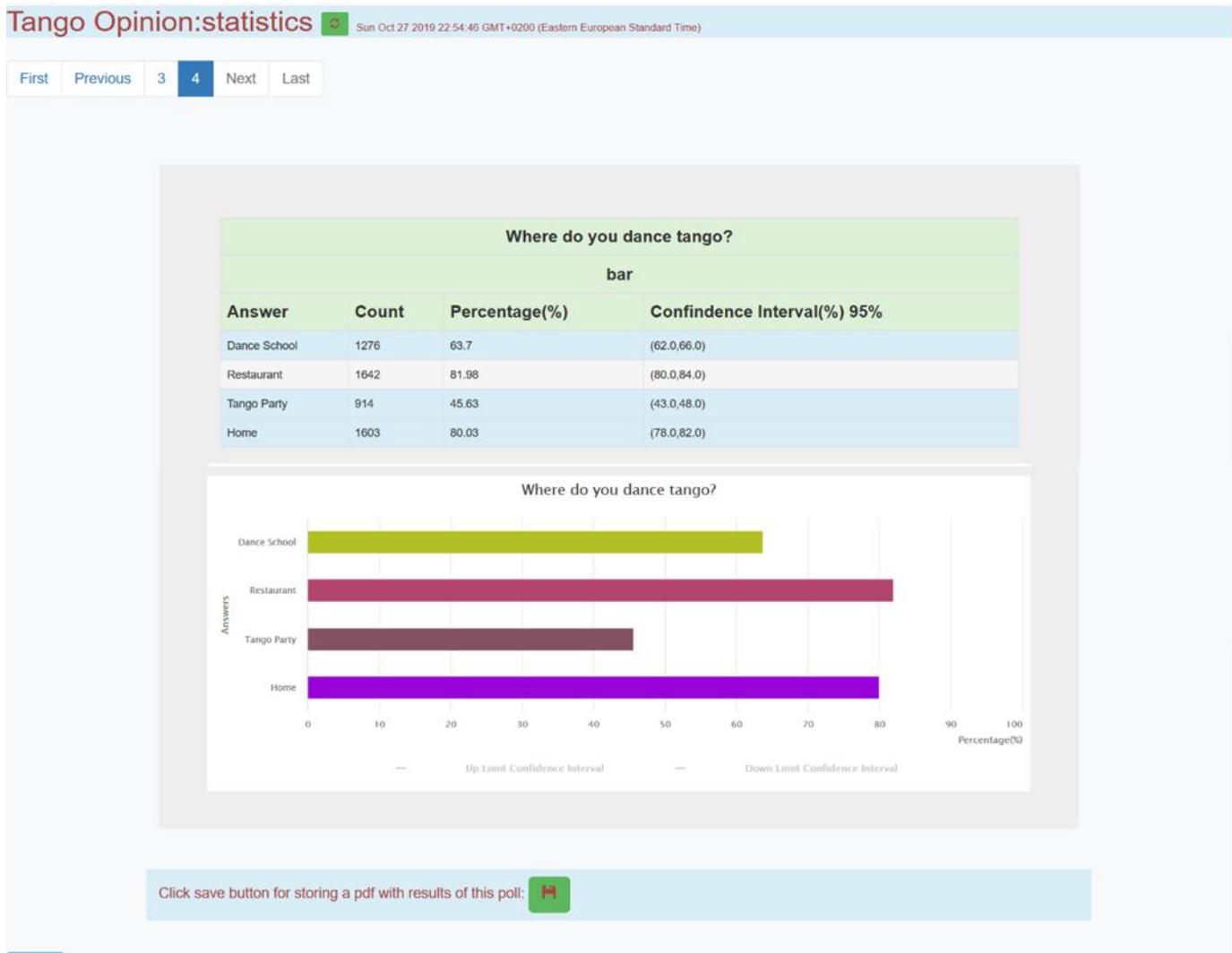
How many times per week do yo go for tango?			
column			
Answer	Count	Percentage(%)	Confidence Interval(%) 95%
1-2	749	37.39	(35.0,40.0)
>4	372	18.57	(17.0,20.0)
3-4	359	17.92	(16.0,20.0)
0	523	26.11	(24.0,28.0)



Click save button for storing a pdf with results of this poll:

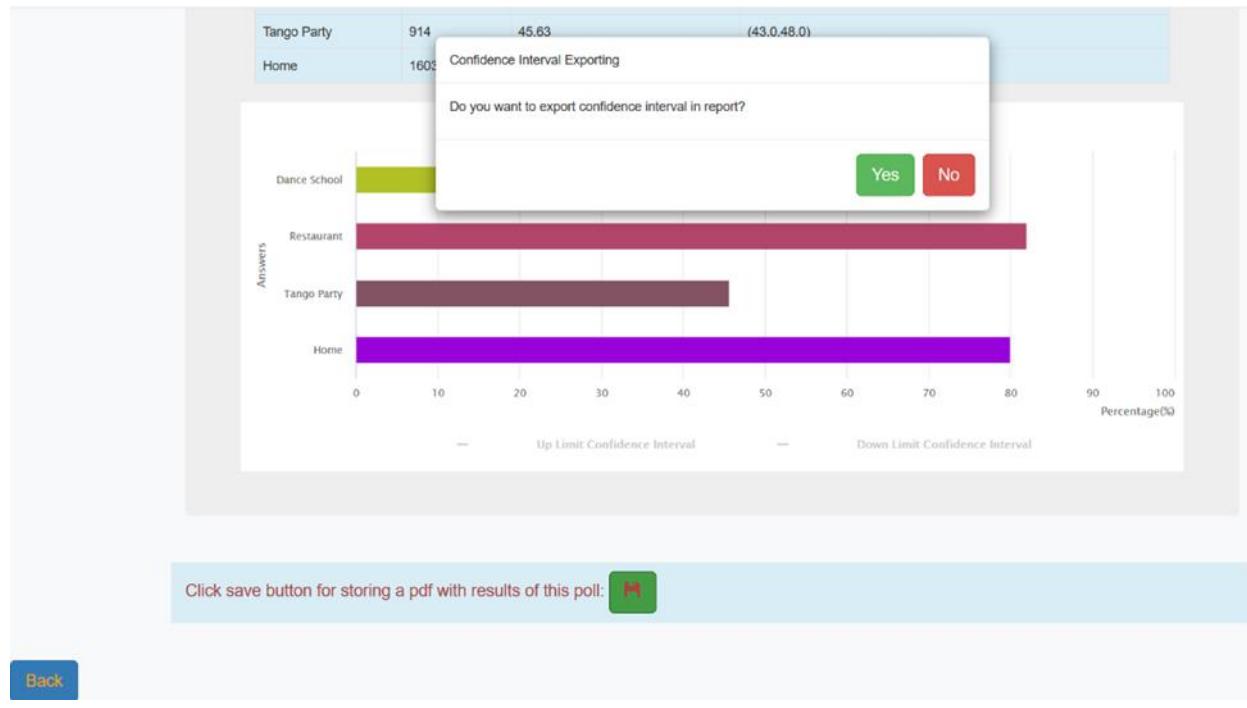
Back

Εικόνα 73: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-τρίτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion



Εικόνα 74: Προβολή Αποτελεσμάτων Δημοσκοπήσεων-τέταρτη ερώτηση δημοσκόπησης Tango Opinion

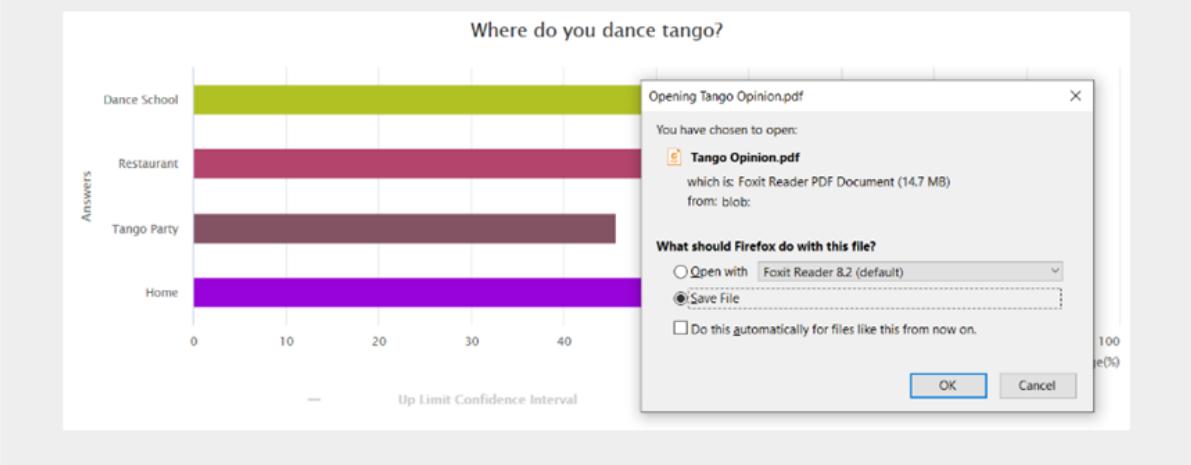
Κάτω από το διάγραμμα υπάρχει ένα κουμπί με μια δισκέτα που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα, να κάνει export και να αποθηκεύσει σε pdf τα αποτελέσματα της εκάστοτε δημοσκόπησης. Όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί αυτό τότε εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 75:Παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται με το πάτημα του store button που βρίσκεται στο γαλάζιο πλαίσιο κάτω από το διάγραμμα

Σε αυτό το παράθυρο διαλόγου, ο χρήστης καλείται να απαντήσει αν θέλει να εμφανίζονται στα διαγράμματα στο pdf τα διαστήματα εμπιστοσύνης ή όχι. Αφού επιλέξει Yes ή No ο χρήστης στο παραπάνω παράθυρο διαλόγου τότε :

Tango Party	914	45.63	(43.0,48.0)
Home	1603	80.03	(78.0,82.0)



Click save button for storing a pdf with results of this poll:

Παρατίθεται link με το pdf που έγινε export:

<https://drive.google.com/file/d/1DRkr21rligGQmoftJO6NuM53lIUtCyxf/view>

9. A/B TESTING KAI EARLY STOPPING ΣΤΗΝ POLLING PLATFORM

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αλγορίθμική περιγραφή των early stopping μεθόδων που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα δημοσκοπήσεων μας και που παρουσιάστηκαν συνοπτικά στις ενότητες 3.2.1 και 3.2.2. Επιπλέον παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα μαζί με κάποια screenshots από την εφαρμογή που αποδεικνύουν την καλή λειτουργία των μεθόδων early stopping που υλοποιήσαμε.

9.1 Υλοποίηση και Παράδειγμα για την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης

Για τα queries, όπου ο χρήστης μπορεί να δώσει μία μόνη απάντηση, ελέγχεται αν υπάρχουν overlaps στα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων τους. Το ίδιο γίνεται και στα range_queries με range ≤ 10 (βλέπε κεφάλαιο 8). Για range queries με range > 10 , υπολογίζονται τα διαστήματα εμπιστοσύνης για τις κλάσεις απαντήσεων και όχι για τις απαντήσεις και στις συνέχεια ελέγχεται αν υπάρχουν overlaps στα διαστήματα εμπιστοσύνης των κλάσεων. Όταν δεν υπάρχουν ανάμεσα στα διαστήματα εμπιστοσύνης αλληλεπικαλύψεις σημαίνει ότι για το συγκεκριμένο query ή range_query έχει διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα οπότε αυτό αφαιρείται από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης που ανήκει, δηλαδή γίνεται expired και δεν παρουσιάζεται στους χρήστες που θα μπουν στο μέλλον να απαντήσουν το poll.

Αυτή η διαδικασία, όπως έχει αναφερθεί στη 3.2.1, εφαρμόζεται σε queries και range_queries όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία μόνη απάντηση, στην περίπτωση που ο χρήστης μπορεί να επιλέξει παραπάνω από μία απαντήσεις, η διαδικασία διαφοροποιείται λίγο. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ελέγχεται για κάθε απάντηση αν υπάρχει overlap ανάμεσα στο διάστημα εμπιστοσύνης να επιλεγεί (το διάστημα αυτό μας λέει ότι μέσα στα όρια του είναι το ποσοστών των ατόμων στο σύνολο του πληθυσμού που θα διάλεγε την απάντηση αυτή) και στο διάστημα εμπιστοσύνης να μην επιλεγεί (το διάστημα αυτό μας λέει ότι μέσα στα όρια του είναι το ποσοστών των ατόμων στο σύνολο του πληθυσμού που δε θα διάλεγε την απάντηση αυτή).

Σε περίπτωση που μετά τους ελέγχους των διαστημάτων εμπιστοσύνης, δεν προκύπτουν overlap στις απαντήσεις όλων των ερωτήσεων των polls, τότε το poll γίνεται expired. Στη συνέχεια παρατίθεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου στη δημοσκόπηση με όνομα Smoking Research. Το πλήρες ερωτηματολόγιο αυτής της δημοσκόπησης, όταν δεν έχει ψηφίσει κανένας σε αυτή ή έχουν ψηφίσει λίγα άτομα, είναι αυτό που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

The screenshot shows a mobile application interface for a poll titled "Smoking Research". At the top left is a green ballot box icon with the word "POLL" and a checkmark. To the right of the title is the text "let's answer this poll". Below the title, a yellow bar displays the message "Please answer all questions." On the left side of the main content area, there is a vertical list of poll questions:

- Are you Smoker?
• Yes • No
- What type of cigarettes do you prefer?
■ None ■ ready cigarettes ■ twisted cigarettes
- What change in the law do you believe is better?
• Smoking Prohibition in all places • Special places for Smokers
• Obligatory installation of excellent ventilation system in all places
- How many cigarettes do you smoke every day?
[Text input field]
- When did you start smoking?
[Text input field]

At the bottom of the screen, there is a yellow button labeled "Show statistics after answer poll" with a "No" option next to it. Below this button are two large buttons: a green one with a checkmark and a red one with an X.

Εικόνα 77:Πλήρες ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Smoking Research

Για να επιβεβαιώσουμε ότι η συγκεκριμένη τεχνική early stopping έχει υλοποιηθεί και δουλεύει σωστά, απαιτείται να δημιουργηθεί μια REST API method που θα μας επιτρέπει να υποβάλλουμε με αυτόματο τρόπο πολλές ψήφους σε μία δημοσκόπηση. Η μέθοδος αυτή λέγεται autoanswer και καλείται όταν υποβάλλουμε ένα request στην διεύθυνση: http://127.0.0.1:8081/poll_app/autoanswer με παραμέτρους το όνομα του poll και τον αριθμό των ψήφων που επιθυμούμε να περαστούν. Αν δοθούν μόνο αυτές οι δύο παράμετροι τότε σε όλες τις ερωτήσεις, επιλέγονται και περνιούνται ψήφοι-απαντήσεις με ψευδοτυχαίο τρόπο (χρησιμοποιείται μια randint για την επιλογή της απάντησης σε κάθε ερώτηση). Υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να δώσει τον κωδικό και τον τύπο της ερώτηση και μια απάντηση ή μια κατανομή απαντήσεων και τότε στη συγκεκριμένη ερώτηση περνιούνται απαντήσεις ανάλογα με την απάντηση/ κατανομή απαντήσεων που έχει δοθεί ενώ για όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις της δημοσκόπησης, η μέθοδος επιλέγει και περνάει απαντήσεις με ψευδοτυχαίο τρόπο, όπως και προηγουμένως. Η γενική λειτουργία αυτής της REST API μεθόδου περιγράφεται παρακάτω:

1. Παίρνει το όνομα του poll και το πλήθος ψήφων που πρέπει να κατατεθούν στο poll.
Σε περίπτωση δεν έχουν δοθεί αυτές οι δύο παράμετροι ή έχουν δοθεί μη έγκυρες τιμές τους, επιστρέφεται ένα json με κατάλληλο μήνυμα λάθους.
2. Παίρνουμε τον κωδικό της ερώτησης και τον αποθηκεύουμε σε μια μεταβλητή. Αν δεν έχει δοθεί κωδικός της ερώτησης τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής ορίζεται να είναι -1.
3. Αποθηκεύουμε σε ένα string τον τύπο της ερώτησης που έχει δοθεί (έγκυρες τιμές query και range_query). Αν δεν έχει δοθεί, το string αυτό είναι κενό.
4. Αποθηκεύουμε σε ένα string την επιλεγμένη απάντηση(πρέπει να είναι έγκυρη απάντηση σε αυτό το ερώτημα) που έχει δοθεί. Αν δεν έχει δοθεί, το string αυτό είναι κενό.
5. Ανάλογα με την ερώτηση, μπορεί να δίνεται μια κατανομή με τόσες τιμές όσες και το πλήθος των απαντήσεων ή το πλήθος των κλάσεων των απαντήσεων. Η κατανομή πρέπει να δίνεται ως ένα string που θα έχει την παρακάτω μορφή:

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$

Όπου X_i είναι ένας αριθμός που εκφράζει το πλήθος των απαντήσεων και N :είναι το πλήθος των απαντήσεων ή το πλήθος των κλάσεων των απαντήσεων (για range_queries με range>10). Τα X_i αποθηκεύονται ως ακέραιοι σε ένα πίνακα.

6. Στη συνέχεια, αν έχουν προσδιοριστεί οι παράμετροι που περιγράφονται στο 2 & 3 και η παράμετρος 4 ή παράμετρος 5 τότε φτιάχνεται για την ερώτηση με κωδικό την παράμετρο 2 μια λίστα απαντήσεων μήκους ίσου με το πλήθος ψήφων που έχει δοθεί. Αν έχει καθοριστεί ότι στη συγκεκριμένη ερώτηση θα δίνεται μια συγκεκριμένη ψήφος (παράμετρος 4) τότε κάθε στοιχείο της λίστας αυτής είναι η παράμετρος 4 ενώ αν δεν έχει δοθεί συγκεκριμένη απάντηση και έχει δοθεί μια κατανομή απαντήσεων τότε η λίστα απαντήσεων γεμίζει με βάση αυτή την κατανομή.
7. Στη συνέχεια ξεκινάει η διαδικασία κατάθεσης ψήφων για τις ερωτήσεις που δεν έχουν λήξει.
8. Πριν την κατάθεση κάθε ψήφου:

a. Υπολογίζεται για κάθε ένα από τα queries και τα range_queries, με κατάλληλο τρόπο τα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων τους όπως έχει περιγραφεί παραπάνω σε αυτή την ενότητα, ανάλογα με το είδος της ερώτησης και το πλήθος απαντήσεων της και ανάλογα με το αν ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ή μία ή περισσότερες απαντήσεις σε αυτήν.

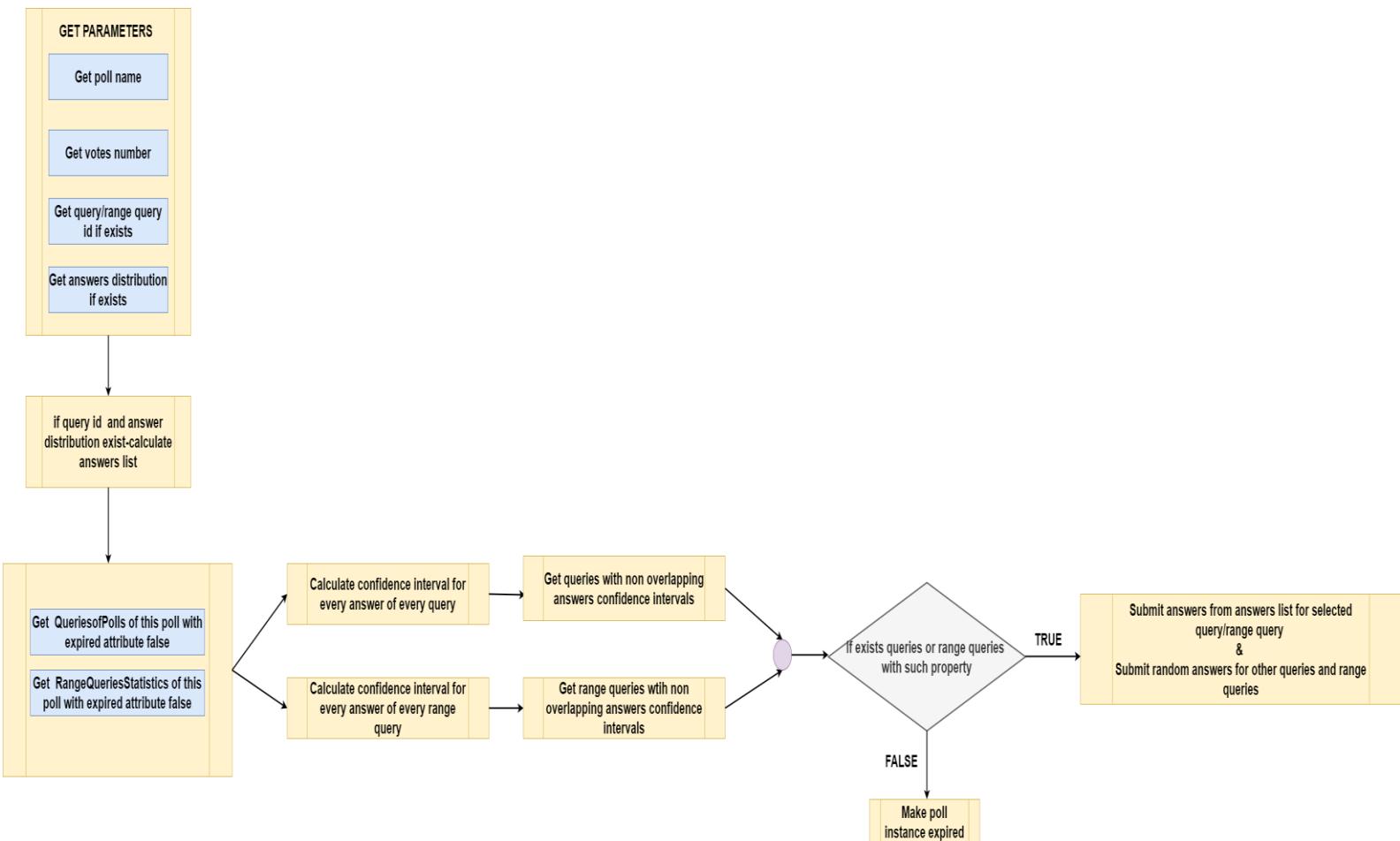
b. Οι ερωτήσεις με μη αλληλεπικαλυπτόμενα δ.ε στις απαντήσεις/ κλάσεις απαντήσεων τους, γίνονται expired. Αν όλες έχουν γίνει expired τότε η δημοσκόπηση γίνεται expired.

9. Για όσες ερωτήσεις δεν έχουν γίνει expired κατατίθενται οι ψήφοι με τον ίδιο τρόπο που έχει περιγραφεί στο 7.2.8

10. Στο τέλος, επιστρέφεται το παρακάτω json ως response:

```
response={"poll_name":poll_name,"sample_size":sample_size,"state":"ok"}
```

Ο τρόπος λειτουργίας αυτής της μεθόδου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



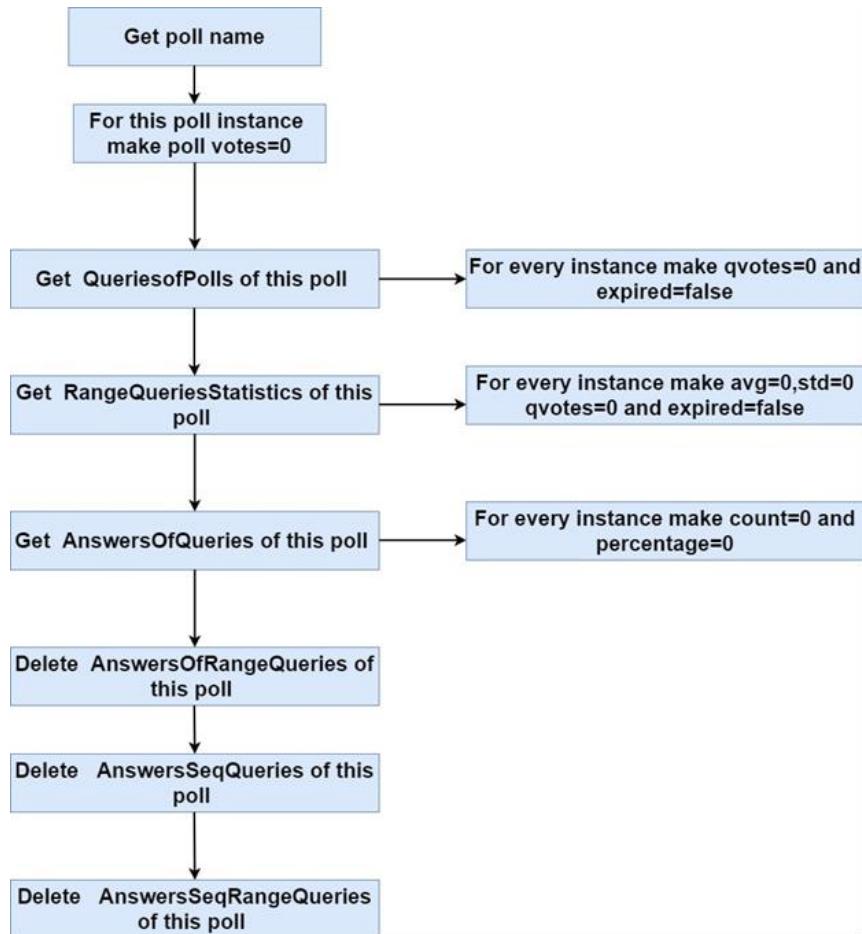
Εικόνα 78: Λειτουργία autoanswer view method

Μια ακόμη μέθοδος RESTAPI που μας διευκόλυνε στη διαδικασία ελέγχου της σωστής λειτουργία αυτής της μεθόδου early stopping, που χρησιμοποιείται στην polling platform μας είναι η deletedata. Η μέθοδος αυτή επαναφέρει τη δημοσκόπηση στην κατάσταση που ήταν αμέσως μετά τη δημιουργία της. Η λειτουργία αυτής της μεθόδου περιγράφεται στη συνέχεια:

1. Παίρνει το όνομα του poll. Σε περίπτωση δεν έχει το όνομα του poll ή έχει διοθεί όνομα poll που δεν είναι έγκυρο, επιστρέφεται ένα json με κατάλληλο μήνυμα λάθους.
2. Μηδενίζει τον αριθμό ψήφων του poll και δίνει στο enddate του ένα μελλοντικό timestamp.
3. Παίρνει για αυτό το poll, όλα τα QueriesOfPolls και τους μηδενίζει το attribute qvotes και κάνει false το attribute expired.
4. Παίρνει για αυτό το poll, όλα τα RangeQueriesStatistics και τους μηδενίζει τα attributes qvotes, avg και std ενώ κάνει false το attribute expired.
5. Παίρνει για αυτό το poll, όλα τα AnswersOfQueries και τους μηδενίζει τα attributes count και percentage.
6. Διαγράφει για αυτό το poll, όλα τα στιγμιότυπα του AnswersOfRangeQueries.
7. Διαγράφει για αυτό το poll, όλα τα στιγμιότυπα του AnswersSeqQueries.
8. Διαγράφει για αυτό το poll, όλα τα στιγμιότυπα του AnswersSeqRangeQueries.

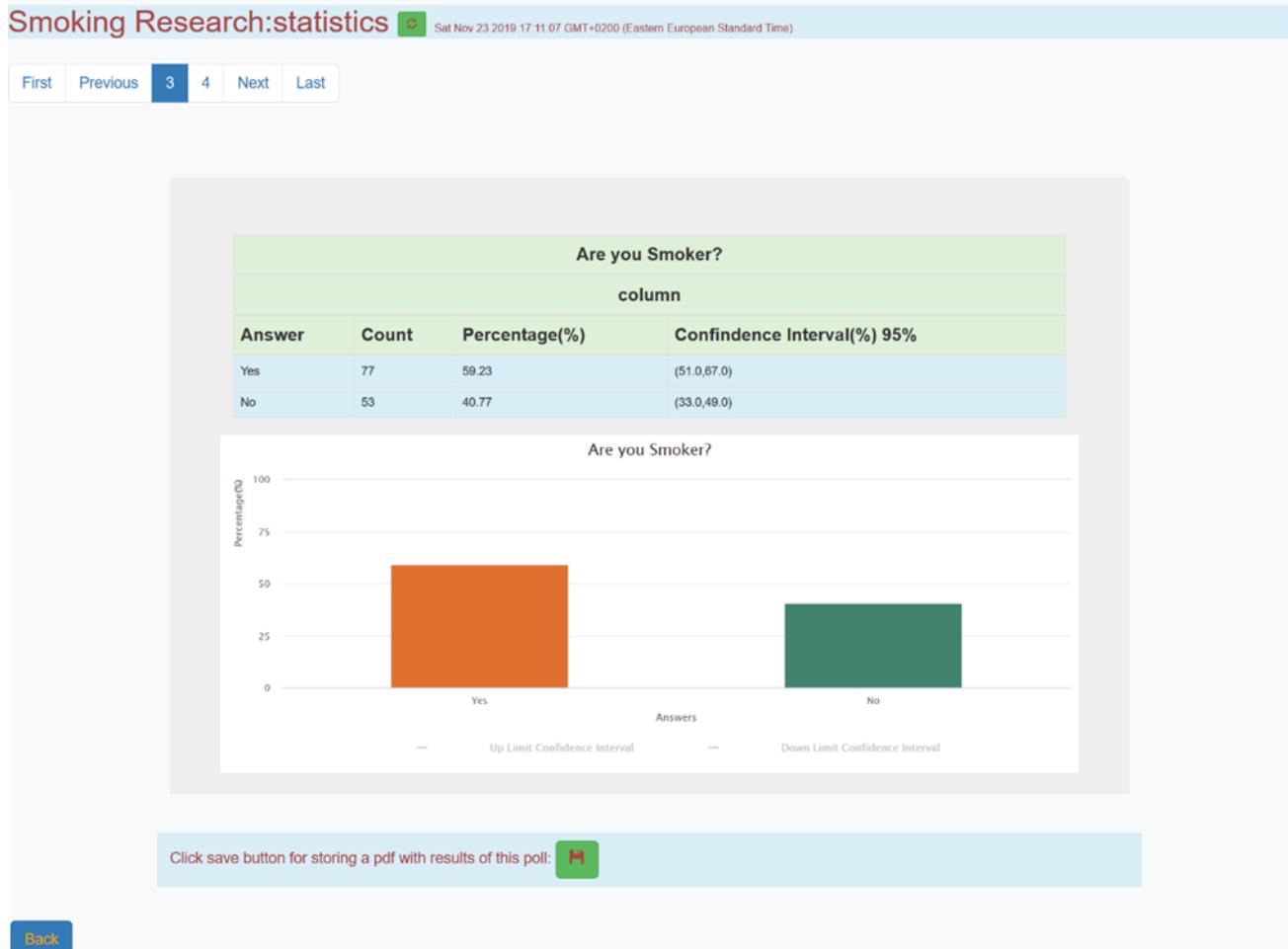
9. Αν η διαδικασία ολοκληρωθεί χωρίς πρόβλημα, επιστρέφεται σαν έξοδος το json {"delete":"completed"}.

Ο τρόπος λειτουργίας αυτής της μεθόδου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 79:Λειτουργία view μεθόδου delete data

Ας επιστρέψουμε στο παράδειγμα εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου early stopping στη δημοσκόπηση με όνομα Smoking Research. Αρχίσαμε να περνάμε 156 ψήφους αυτόματα στέλνοντας request στο http://127.0.0.1:8081/poll_app/autoanswer με παραμέτρους το όνομα του poll και το αριθμό των ψήφων με τη μέθοδο autoanswer της view . Μετά από 130 ψήφους συνολικά, για την ερώτηση Are you Smoker? βγαίνει το παρακάτω αποτέλεσμα:

**Back****Εικόνα 80: Αποτελέσματα για την ερώτηση “Are you Smoker?” μετά την υποβολή 130 ψήφων**

Στην εικόνα 80 βλέπουμε τα αποτελέσματα για μια ερώτηση όπου οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μία από τις δύο απαντήσεις. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης των δύο απαντήσεων δεν κάνουν overlaps και έτσι προκύπτει ένα ξεκάθαρο συμπέρασμα για τη συγκεκριμένη ερώτηση αυτής της δημοσκόπησης το οποίο είναι ότι στην έρευνα αυτή έχουν συμμετάσχει περισσότεροι καπνιστές από μη καπνιστές. Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι η συγκεκριμένη ερώτηση δε χρειάζεται να απαντηθεί από άλλους χρήστες και για αυτό αν δούμε το ερωτηματολόγιο τώρα θα δούμε ότι η ερώτηση αυτή δε φαίνεται:

The screenshot shows a mobile application interface for a poll. At the top left is a green ballot box icon with the word "POLL" and a checkmark. To the right, the title "Smoking Research" is displayed in purple, with the subtitle "let's answer this poll" below it. A yellow header bar at the top contains the text "Please answer all questions." On the right side of the header bar is a small "X" icon. The main content area has a blue background. It contains several poll questions and options:

- What change in the law do you believe is better?**
 - Special places for Smokers
 - Smoking Prohibition in all places
 - Obligatory installation of excellent ventilation system in all places
- What type of cigarettes do you prefer?**
 - Other
 - ready cigarettes
 - twisted cigarettes
- How many cigarettes do you smoke every day?**
A text input field with a placeholder "(0)".
- When did you start smoking?**
A text input field with a placeholder "(0)".
- Show statistics after answer poll** No
- Action buttons:** A yellow button with a green checkmark and a red X.

Εικόνα 81: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “Are you Smoker?”

Εκτελείται το ίδιο request για ακόμη 50 ψήφους. Για την ερώτηση “What change in the law do you believe is better?” μετά από 162 ψήφους συνολικά προκύπτει:

Smoking Research:statistics  Sat Nov 23 2019 18:00:11 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

First Previous **4** [5](#) Next Last

What change in the law do you believe is better?			
column			
Answer	Count	Percentage(%)	Confidence Interval(%) 95%
Special places for Smokers	80	49.38	(42.0,57.0)
Smoking Prohibition in all places	28	17.28	(12.0,24.0)
Obligatory installation of excellent ventilation system in all places	54	33.33	(27.0,41.0)

What change in the law do you believe is better?



Answers

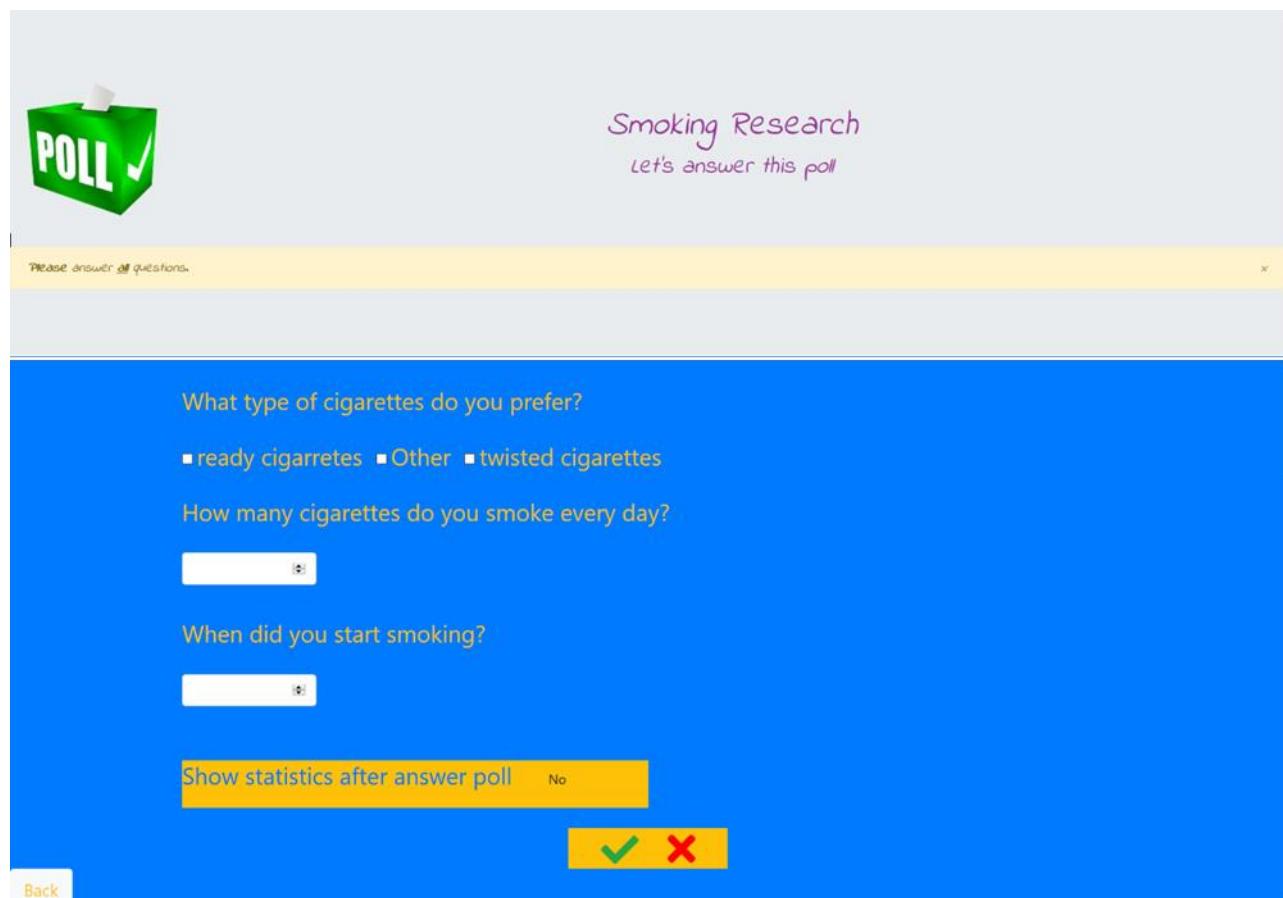
Up Limit Confidence Interval Down Limit Confidence Interval

Click save button for storing a pdf with results of this poll: 

[Back](#)

Εικόνα 82: Αποτελέσματα για την ερώτηση “What change in the law do you believe is better?” μετά την υποβολή 162 ψήφων

Στην εικόνα 82, βλέπουμε τα αποτελέσματα για μια ερώτηση όπου οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν μία από τις τρεις απαντήσεις. Τα διαστήματα εμπιστοσύνης των τριών απαντήσεων δεν κάνουν overlaps και έτσι προκύπτει ένα ξεκάθαρο συμπέρασμα για τη συγκεκριμένη ερώτηση αυτής της δημοσκόπησης. Με βάση το αποτέλεσμα της δημοσκόπησης φαίνεται ότι οι περισσότεροι προτιμούν να αλλάξει ο νόμος και να επιτρέπει δημιουργία ειδικών χώρων για καπνιστές, στη συνέχεια ακολουθεί η πρόταση για υποχρεωτική εγκατάσταση πολύ καλών συστημάτων εξαερισμού σε όλους τους κλειστούς χώρους και στην τελευταία θέση είναι η πρόταση για καθολική απαγόρευση του καπνίσματος σε όλους τους χώρους. Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι αυτό η συγκεκριμένη ερώτηση δε χρειάζεται να απαντηθεί από άλλους χρήστες και για αυτό αν δούμε το ερωτηματολόγιο τώρα θα δούμε ότι η ερώτηση αυτή δε φαίνεται:



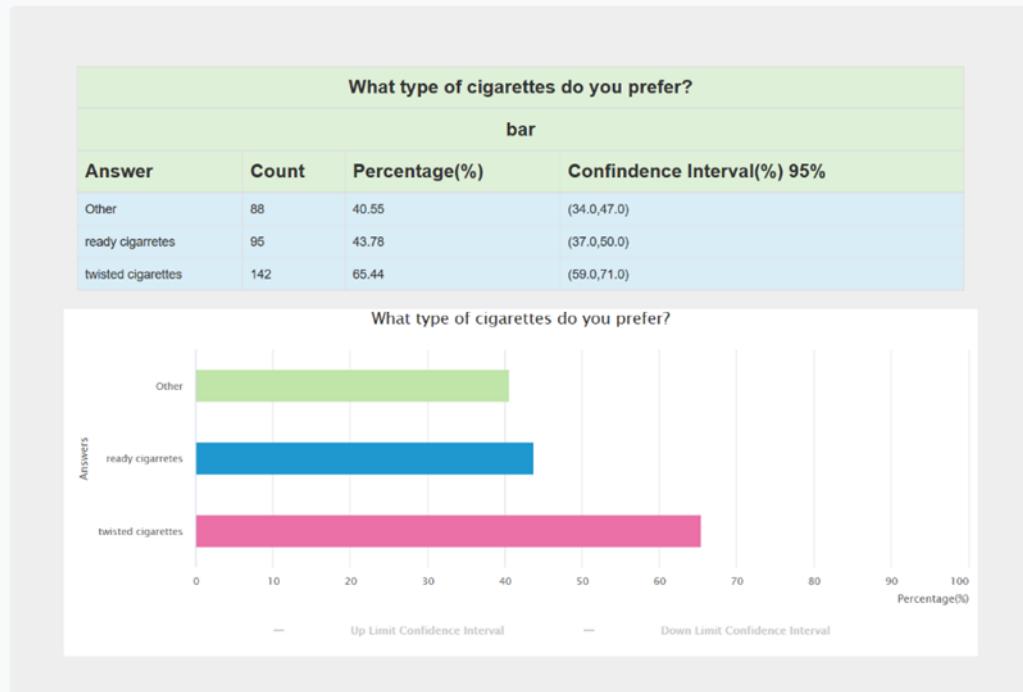
Εικόνα 83: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “What change in the law do you believe is better?”

Σε αντίθεση με τι δύο προηγούμενες ερωτήσεις, στην ερώτηση “What type of cigarettes do you prefer?”, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει περισσότερες απαντήσεις. Χρειάστηκε για να υπάρχει ξεκάθαρο αποτέλεσμα για αυτή την ερώτηση, να μαζευτούν συνολικά 270 ψήφοι δηλαδή να ψηφίσουν ακόμη 108 άτομα. Οι ψήφοι υποβλήθηκαν υποβάλλοντας request με τις κατάλληλες παραμέτρους στη διεύθυνση: http://127.0.0.1:8081/poll_app/autoanswer, το οποίο καλεί τη μέθοδο autoanswer της view. Το αποτέλεσμα για αυτή την ερώτηση είναι το ακόλουθο:

Smoking Research:statistics



Sat Nov 23 2019 19:53:18 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

[First](#) [Previous](#) [4](#) [5](#) [Next](#) [Last](#)


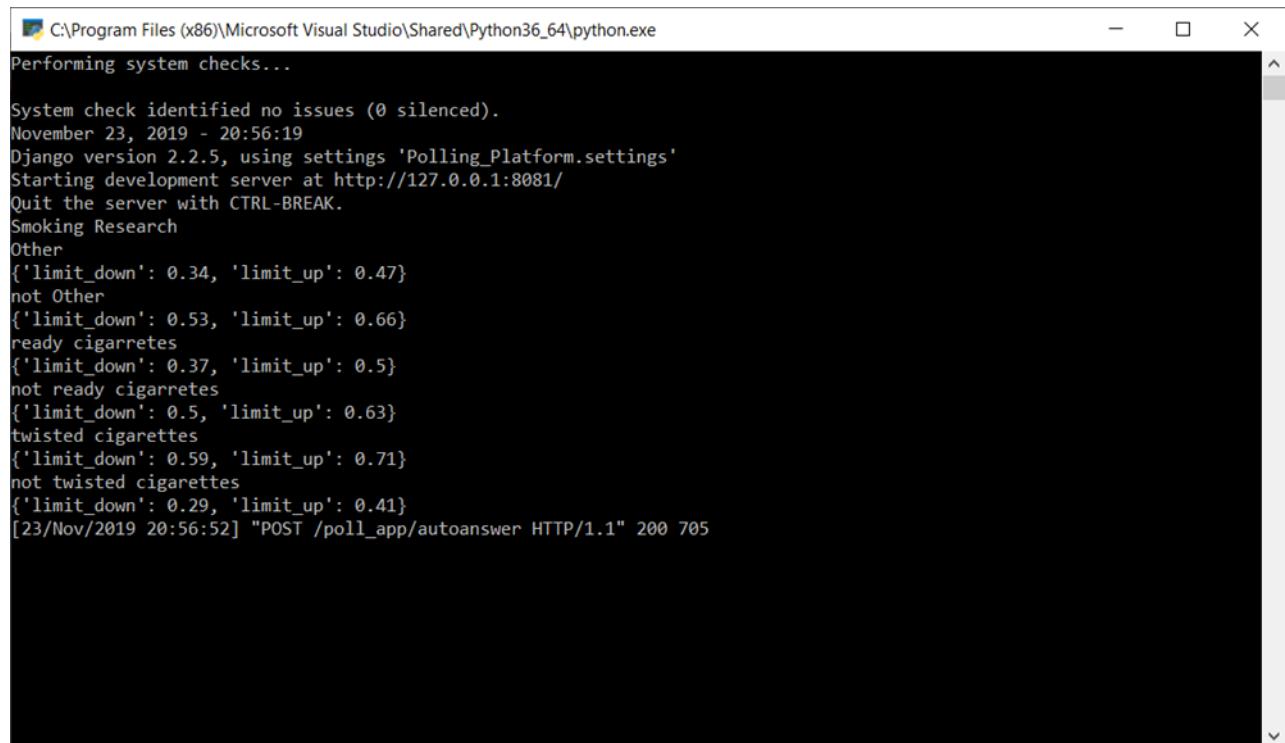
Click save button for storing a pdf with results of this poll:

[Back](#)

Εικόνα 84: Αποτελέσματα για την ερώτηση “What type of cigarettes do you prefer?” μετά την υποβολή 270 ψήφων

Στην εικόνα 84, Υπάρχουν αλληλεπικαλύψεις στα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων. Όμως όπως είναι φανερό το ποσοστό κάθε απάντησης εκφράζει πόσοι επί τοις εκατό χρήστες την επέλεξαν και δεν έχει καμία σχέση με τα ποσοστά των άλλων απαντήσεων. Για αυτό το λόγο και το άθροισμα των ποσοστών δεν είναι 100% και για αυτό δεν εξετάζεται αν υπάρχουν αλληλεπικαλύψεις ανάμεσα στα διαστήματα εμπιστοσύνης των απαντήσεων. Για κάθε απάντηση Α ελέγχεται αν το διάστημα εμπιστοσύνη της έχει αλληλεπικαλύψεις με το διαστήματα εμπιστοσύνης της not A.

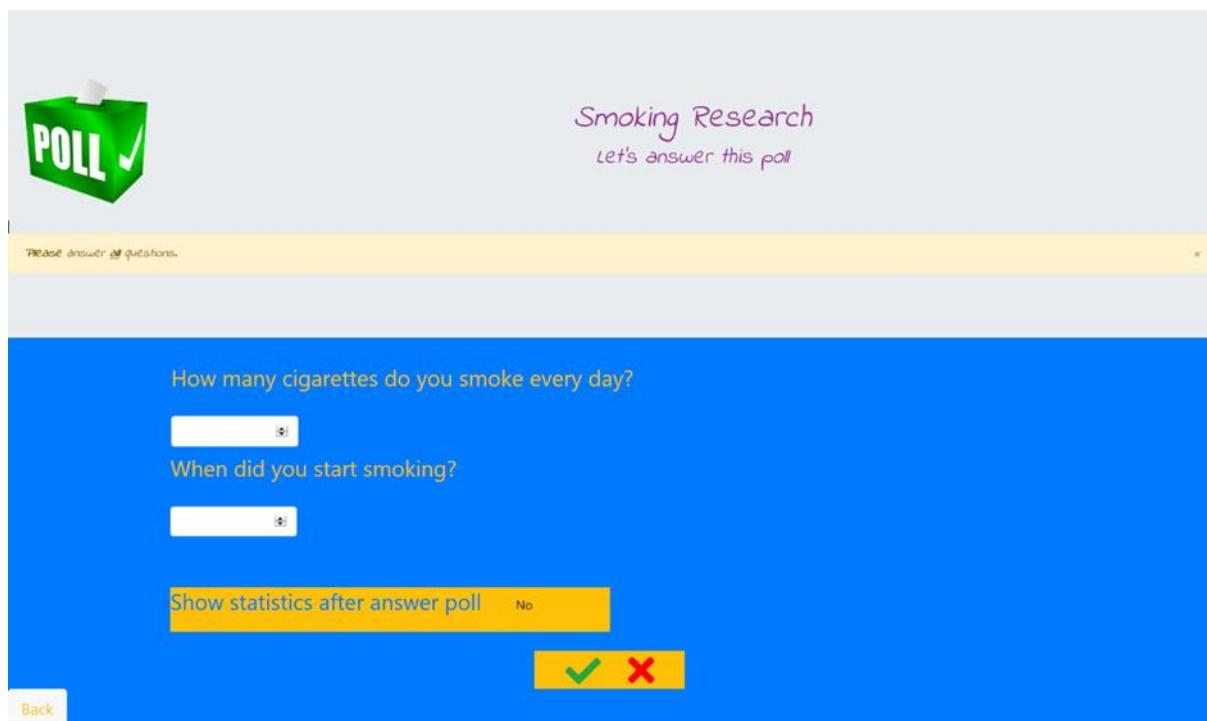
Τα διαστήματα εμπιστοσύνης που μας ενδιαφέρουν φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:



```
C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\Shared\Python36_64\python.exe
Performing system checks...
System check identified no issues (0 silenced).
November 23, 2019 - 20:56:19
Django version 2.2.5, using settings 'Polling_Platform.settings'
Starting development server at http://127.0.0.1:8081/
Quit the server with CTRL-BREAK.
Smoking Research
Other
{'limit_down': 0.34, 'limit_up': 0.47}
not Other
{'limit_down': 0.53, 'limit_up': 0.66}
ready cigarettes
{'limit_down': 0.37, 'limit_up': 0.5}
not ready cigarettes
{'limit_down': 0.5, 'limit_up': 0.63}
twisted cigarettes
{'limit_down': 0.59, 'limit_up': 0.71}
not twisted cigarettes
{'limit_down': 0.29, 'limit_up': 0.41}
[23/Nov/2019 20:56:52] "POST /poll_app/autoanswer HTTP/1.1" 200 705
```

Εικόνα 85: Έλεγχος ύπαρξης overlaps ανάμεσα στο διάστημα εμπιστοσύνης κάθε απάντησης και το αντίστοιχο διάστημα εμπιστοσύνης της συμπληρωματικής της.

Βλέπουμε το ερωτηματολόγιο χωρίς την ερώτηση τι είδους τσιγάρο προτιμούν οι καπνιστές:



The screenshot shows a poll interface with the title "Smoking Research" and the subtitle "Let's answer this poll". On the left is a green "POLL" button. Below the title, there is a yellow bar with the text "Please answer all questions.". The main area contains two questions: "How many cigarettes do you smoke every day?" and "When did you start smoking?", each with a text input field. At the bottom, there is a yellow button labeled "Show statistics after answer poll" with the option "No" checked. To the right of this button are two buttons: a green checkmark and a red X. A "Back" button is located at the bottom left.

Εικόνα 86: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης "What type of cigarettes do you prefer?"

Σε μια ερώτηση, που παίρνει ως απαντήσεις αριθμητικές τιμές (range query), με μεγάλη πιθανότητα θα χρειαστεί να ψηφίσουν πολύ περισσότερα άτομα από ότι σε ένα απλό query για να μην υπάρχουν overlaps ανάμεσα στα δ.ε των απαντήσεων/κλάσεων

απαντήσεων του ερωτήματος. Αυτό συμβαίνει γιατί σε ένα τέτοιο ερώτημα είναι πολύ περισσότερες οι δυνατές απαντήσεις που μπορεί να δώσει ένας χρήστης. Μάλιστα παρατηρήθηκε ότι όσο πιο μεγάλος ο αριθμός των δυνατών απαντήσεων (μεγαλύτερο range στο range query), τόσο μεγαλύτερος και ο αριθμός των ψήφων που είναι πιθανό να χρειαστεί να κατατεθούν για να μην υπάρχουν overlaps ανάμεσα στα δ.ε των απαντήσεων/κλάσεων απαντήσεων του ερωτήματος και κατά συνέπεια, να προκύπτει ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα για την συγκεκριμένη ερώτηση. Στο παράδειγμα μας, στο range query “How many cigarettes do you smoke every day?” χρειάστηκε να υποβληθούν ακόμη 2533 άτομα (συνολικά 2803 ψήφοι) για να προκύψει ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα:

Smoking Research:statistics

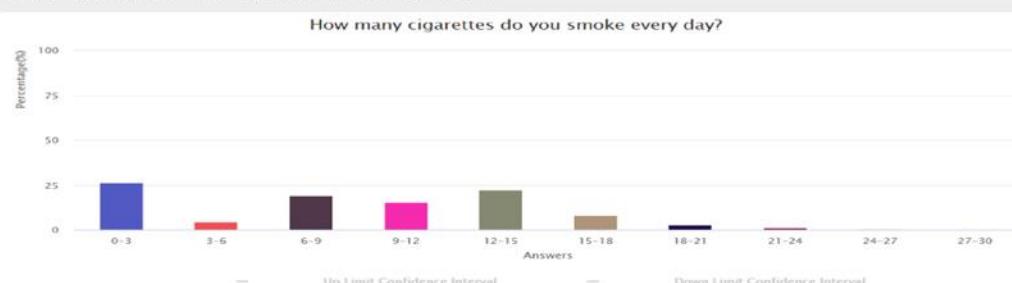


Sat Dec 07 2019 14:48:45 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

[First](#) [Previous](#) [2](#) [3](#) [Next](#) [Last](#)

How many cigarettes do you smoke every day?			
column			
Answer	Count	Percentage(%)	Confidence Interval(%) 95%
0-3	736	26.24	(25.0,28.0)
3-6	126	4.49	(4.0,5.0)
6-9	533	19.0	(18.0,20.0)
9-12	433	15.44	(14.0,17.0)
12-15	628	22.39	(21.0,24.0)
15-18	227	8.09	(7.0,9.0)
18-21	75	2.67	(2.0,3.0)
21-24	35	1.25	(1.0,2.0)
24-27	12	0.43	(0.0,1.0)
27-30	0	0.0	(-0.0,0.0)

with 95% certainty mean value is in interval (8.6,9.03)

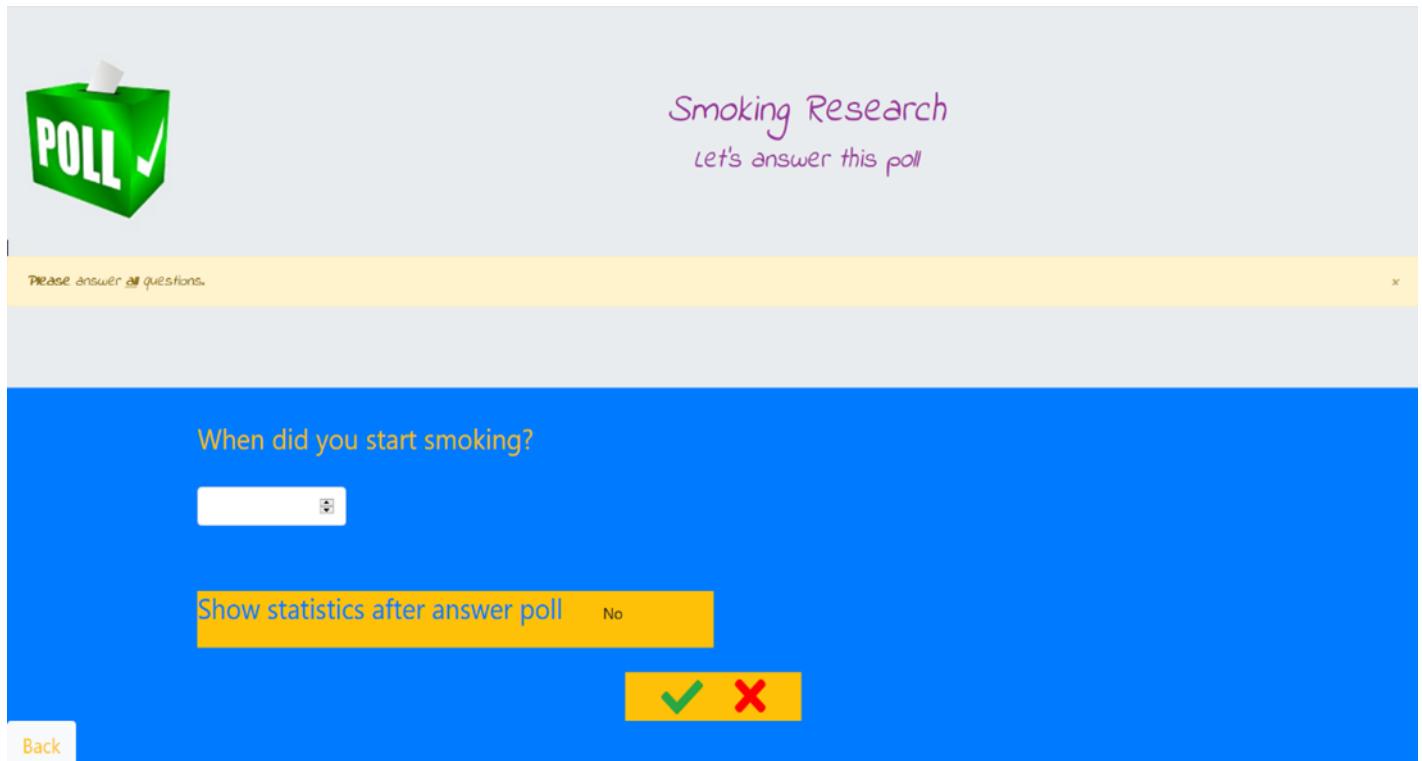


Click save button for storing a pdf with results of this poll:

[Back](#)

Εικόνα 87: Αποτελέσματα για την ερώτηση “How many cigarettes do you smoke every day?” μετά την υποβολή 2803 ψήφων

Η παραπάνω ερώτηση αφαιρείται από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης και έτσι το ερωτηματολόγιο έχει τη μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 88: Ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης μετά την αφαίρεση της ερώτησης “How many cigarettes do you smoke every day?”

This screenshot shows the 'Active Polls' section of the platform. At the top, there are tabs for 'Poll Search Results', 'Active' (which is selected), and 'Completed'. Below this, it says 'Active Polls' with a refresh icon and the date 'Sat Dec 07 2019 15:46:43 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. A progress bar indicates the poll's status. To the right, the poll details are shown: 'Smoking Research' (Category: Social), 'Start Date: Nov. 19, 2019, 10:50 a.m.', and 'End Date: June 17, 2020, 10:50 a.m.'. There are 'Description', 'Stats', and 'Answer' buttons. At the bottom left is a 'Back' button.

Εικόνα 89: Προβολή Στοιχείων δημοσκόπησης Smoking Research

Μετά την υποβολή ακόμη 5227 ψήφων (8030 ψήφοι συνολικά), προέκυψε ξεκάθαρο αποτέλεσμα και για την τελευταία ερώτηση του poll “When did you start smoke?” και το poll ολοκληρώνεται και αν κάνουμε αναζήτηση με όνομα poll Smoking Research παίρνουμε το παρακάτω αποτέλεσμα:

The screenshot shows a web-based poll search interface. At the top, there are three tabs: 'Poll Search Results' (highlighted in grey), 'Active' (highlighted in yellow), and 'Completed'. Below the tabs, it says 'Active Polls' with a clock icon and the date 'Sun Dec 08 2019 02:28:41 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. A message below states 'Unfortunately no active poll found for this search.' In the bottom left corner, there is a 'Back' button.

Εικόνα 90: Αποτέλεσμα αναζήτησης με όνομα poll Smoking Research -καρτέλα ενεργών δημοσκοπίσεων

The screenshot shows a web application interface for a polling platform. At the top, there is a navigation bar with tabs: 'Poll Search Results', 'Active', and 'Completed'. The 'Completed' tab is selected and highlighted in yellow. Below the navigation bar, the page title is 'Completed Polls' with a refresh icon, and the date 'Sun Dec 08 2019 02:28:41 CMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. A large green button labeled 'Smoking Research' is prominently displayed. To the right of the button, the category 'Social' is listed under 'Category: Social'. Below this, the 'Start Date' is 'Nov. 19, 2019, 10:50 a.m.' and the 'End Date' is 'Dec. 8, 2019, 12:22 a.m.'. There are two buttons at the bottom right: a blue 'Description' button and a green 'Stats' button. In the bottom left corner, there is a 'Back' button.

Εικόνα 91: Αποτέλεσμα αναζήτησης με όνομα poll **Smoking Research** -καρτέλα ολοκληρωμένων δημοσκοπήσεων

και τα τελικά αποτελέσματα για την συγκεκριμένη ερώτηση:

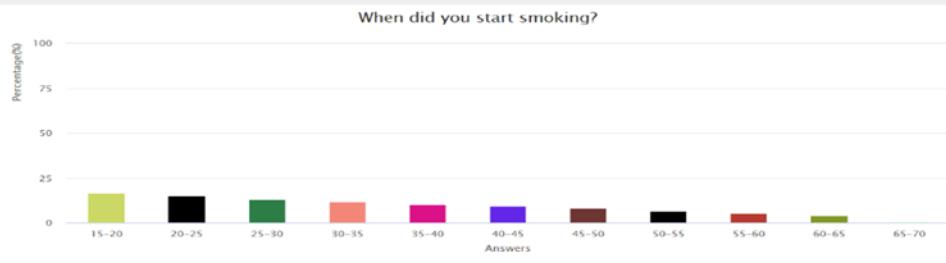
Smoking Research:statistics

Sun Dec 08 2019 02:31:48 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)

First Previous **1** [2](#) Next Last

When did you start smoking?			
column			
Answer	Count	Percentage(%)	Confidence Interval(%) 95%
15-20	1341	16.7	(16.0,18.0)
20-25	1201	14.96	(14.0,16.0)
25-30	1048	13.05	(12.0,14.0)
30-35	932	11.61	(11.0,12.0)
35-40	829	10.32	(10.0,11.0)
40-45	745	9.28	(9.0,10.0)
45-50	642	8.0	(7.0,9.0)
50-55	537	6.69	(6.0,7.0)
55-60	428	5.33	(5.0,6.0)
60-65	327	4.07	(4.0,5.0)
65-70	37	0.46	(0.0,1.0)

with 95% certainty mean value is in interval (33.51,34.11)



Click save button for storing a pdf with results of this poll:

Back

Εικόνα 92: Αποτελέσματα για την ερώτηση “ When did you start smoke?” μετά την υποβολή 8030 ψήφων

9.2 Παρατηρήσεις για την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης απαντήσεων στις ερωτήσεις μιας δημοσκόπησης

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθούν ορισμένες παρατηρήσεις για τη συγκεκριμένη μέθοδο early stopping:

- Η μέθοδος αυτή δεν εγγυάται ότι σε μια ερώτηση, θα προκύψει ξεκάθαρο αποτέλεσμα. Σε περίπτωση που ο αριθμός των ψήφων για όλες τις απαντήσεις της ερώτησης αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό ή με σχεδόν τον ίδιο ρυθμό τότε η κατανομή των ψήφων θα είναι συνεχώς ομοιόμορφη ή σχεδόν ομοιόμορφη και πάντα θα υπάρχουν τουλάχιστον δύο απαντήσεις των οποίων τα δ.ε είναι αλληλεπικαλυπτόμενα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η δημοσκόπηση και η συγκεκριμένη ερώτηση της μένουν ενεργές μέχρι το end timestamp που έχει οριστεί από το δημιουργό τους.
- Η μέθοδος αυτή θεωρεί ότι δε χρειάζεται να ψηφίσουν άλλα άτομα σε μια ερώτηση στην οποία τα δ.ε των απαντήσεων της δεν έχουν αλληλεπικαλύψεις. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει μια πολύ καλή εκτίμηση για το ποια απάντηση στο σύνολο του πληθυσμού συγκεντρώνει τις περισσότερες ψήφους ποια τις λιγότερες κτλ. Με άλλα λόγια, λαμβάνεται μια σαφής εικόνα για την κατάταξη των απαντήσεων της ερώτησης με βάση τις ψήφους που έδωσε ένα δείγμα του συνολικού πληθυσμού. Ωστόσο κάποιες φορές όπως συνέβη και σε κάποιες ερωτήσεις της παραπάνω δημοσκόπησης, προκύπτουν γρήγορα non overlapping confidence intervals για τις απαντήσεις χωρίς να έχουν ψηφίσει σε στη δημοσκόπηση
- πολλοί ψηφοφόροι. Έτσι στην ερώτηση δεν απαντάνε άλλοι ψηφοφόροι και έχουμε μια εικόνα ποια απάντηση είναι πρώτη, ποια δεύτερη, ποια τελευταία κοκ αλλά δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια η διαφορά του πρώτου από το δεύτερου, του δεύτερου με τον τρίτο κοκ και αυτό γιατί στην ερώτηση δεν έχουν ψηφίσει πολλοί χρήστες, τα δ.ε των απαντήσεων είναι αρκετά μεγάλα και συνεπώς δεν είναι εφικτό να εκτιμηθεί το ποσοστό που θα έπαιρνε μια απάντηση στο σύνολο του πληθυσμού.
- ‘Όσο περισσότερες ψήφοι υποβάλλονται σε μια ερώτηση, τόσο πιο στενά γίνονται τα δ.ε των απαντήσεων της και συνεπώς αυξάνεται η πιθανότητα να μην έχουν αλληλεπικαλύψεις. Ακόμη σε τέτοιες εκτός από την κατάταξη των απαντήσεων, βρίσκουμε μια καλή προσέγγιση του ποσοστού που μπορεί να πάρει μια απάντηση στο σύνολο του πληθυσμού. Για αυτό το λόγο καλό είναι να οριστεί ένας ελάχιστος αριθμός χρηστών οι οποίοι θα απαντάνε σε όλες τις ερωτήσεις των δημοσκοπήσεων. Εδώ ορίστηκε 100.
- Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός απαντήσεων μιας ερώτησης, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να υπάρχουν overlaps στα δ.ε των απαντήσεων της ακόμη και αν έχει ψηφίσει ένας μεγάλος αριθμός ψηφοφόρων σε αυτήν.
- Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των ερωτήσεων ενός poll τόσο πιο δύσκολο είναι να ολοκληρωθεί πριν από το end_date του.

9.3 Υλοποίηση και Παράδειγμα για A/B testing με early stopping (Group Sequential Design)

Η αναλυτική αλγορίθμική περιγραφή της μεθόδου που περιγράφηκε στην ενότητα 3.2.2 είναι η παρακάτω:

1. Προσδιορισμός βασικών παραμέτρων της διαδικασία ελέγχου ενός query ή ενός range query:
 - o Significance level α (εδώ $\alpha=0.05$)
 - o Πλήθος ελέγχων R (εδώ=2. Επομένως για κάθε έλεγχο θα υπάρχει ένα κατώφλι B_i (B_1, B_2)
 - o Μέγεθος δείγματος ελέγχου n (εδώ $n=80$ απαντήσεις). Επομένως το συνολικό μέγεθος που θα χρησιμοποιείται, όταν θα γίνονται οι έλεγχοι μας είναι $N=160$ απαντήσεις.
 - o Frequentist method: Pocock.
 - o Ανάλογα με τις τιμές του α και του R , παίρνουμε από τον πίνακα της επιλεγμένης frequentist μεθόδου τις τιμές των B_i . Για frequentist method Pocock με $R=2$ και $\alpha=0.05$, προκύπτει από τον πίνακα 1 του παραρτήματος II ότι $B_1=B_2=2,1783$.
2. Μαζεύουμε για τα queries και τα range_queries κάποιου poll τις αντίστοιχες εγγραφές τους από τους πίνακες queries_of_polls και range_queries_statistics, για τις οποίες το πεδίο expired είναι False.
3. Για κάθε εγγραφή r του πίνακα queries_of_polls από αυτές που βρέθηκαν στο βήμα 2 :
 - i. Ελέγχουμε αν το qvotes (πλήθος ψήφων αυτού του query) είναι 160 ή πολλαπλάσιο του 160 (160m χρήστες, m ∈ N*). Αν δεν είναι συνεχίζουμε στο βήμα 3 με την επόμενη εγγραφή, ενώ αν είναι συνεχίζουμε στο βήμα ii.
 - ii. Παίρνουμε για αυτό το non-expired query της δημοσκόπησης, τις τελευταίες 160 ψήφους από τον πίνακα answer_seq_queries.
 - iii. Το σύνολο των 160 ψήφων χωρίζεται σε δύο ίσα τμήματα με 80 ψήφους το καθένα. Για κάθε τμήμα:
 - a. Υπολογίζεται για κάθε απάντηση a_j της ερώτηση (answer_of_queries) πόσες φορές έχει εμφανιστεί στο σύνολο των 80 ψήφων.
 - b. Αφού έχει υπολογιστεί για κάθε απάντηση η συχνότητα εμφάνισης της, n_j στο σύνολο των 80 ψήφων, εύκολα υπολογίζεται και η πιθανότητα εμφάνισης της, p_j στο σύνολο αυτό.
 - c. Για κάθε ζεύγος απαντήσεων υπολογίζεται το Zscore με βάση τον δεύτερο τύπο της ενότητα 3.1.5. Αν το Zscore είναι πάνω από το B_i , συνεχίζουμε στο c με το επόμενο ζεύγος απαντήσεων ενώ αν είναι κάτω από το B_i τότε συνεχίζουμε με την επόμενη εγγραφή r στο βήμα 3.
 - d. Σε περίπτωση που για όλα τα ζεύγη απαντήσεων, το Zscore είναι πάνω από το B_i , τότε για την τρέχουσα εγγραφή r κάνουμε το πεδίο expired true.

4. Για τα range_queries των polls, η διαδικασία είναι λίγο πιο σύνθετη. Για κάθε εγγραφή r' του πίνακα range_queries_statistics από αυτές που βρέθηκαν στο βήμα 2 :

- i. Ελέγχουμε αν το qvotes (πλήθος ψήφων αυτού του range_query) είναι 160 ή πολλαπλάσιο του 160 (160 m χρήστες, $m \in N^*$). Αν δεν είναι συνεχίζουμε στο βήμα 4 με την επόμενη εγγραφή, ενώ αν είναι συνεχίζουμε στο βήμα ii.
- ii. Υπολογίζουμε το range για αυτό το ερώτημα.
- iii. Παίρνουμε για αυτό το non-expired range_query της δημοσκόπησης, τις τελευταίες 160 ψήφους από τον πίνακα answer_seq_range_queries.
- iv. Το σύνολο των 160 ψήφων χωρίζεται σε δύο ίσα τμήματα με 80 ψήφους το καθένα. Για κάθε τμήμα:
- v. Αν το range<10:
 - I. Υπολογίζεται για κάθε απάντηση a_j της ερώτηση πόσες φορές έχει εμφανιστεί στο σύνολο των 80 ψήφων. Αν κάποια απάντηση δεν έχει εμφανιστεί τότε το πλήθος ψήφων της θεωρείται 0.
 - II. Αφού έχει υπολογιστεί για κάθε απάντηση η συχνότητα εμφάνισης της, n_j στο σύνολο των 80 ψήφων, εύκολα υπολογίζεται και η πιθανότητα εμφάνισης της r_j στο σύνολο αυτό.
 - III. Για κάθε ζεύγος απαντήσεων υπολογίζεται το Z_{score} με βάση τον δεύτερο τύπο της ενότητα 3.1.5. Αν το Z_{score} είναι πάνω από το B_i , συνεχίζουμε στο III με το επόμενο ζεύγος απαντήσεων ενώ αν είναι κάτω από το B_i τότε συνεχίζουμε με την επόμενη εγγραφή r' στο βήμα 4.
 - IV. Σε περίπτωση που για όλα τα ζεύγη απαντήσεων, το Z_{score} είναι πάνω από το B_i , τότε για την τρέχουσα εγγραφή r' κάνουμε το πεδίο expired true.

vi. Αν το range>10 τότε:

- I. Υπολογίζουμε κάθε κλάση απαντήσεων c_j πόσες ψήφους έχει στο σύνολο των 80 ψήφων. Αν δεν έχει ψήφους, τότε το πλήθος ψήφων της θεωρείται 0.
- II. Αφού έχει υπολογιστεί για κάθε κλάση απαντήσεων η συχνότητα εμφάνισης της n_j στο σύνολο των 80 ψήφων, εύκολα υπολογίζεται και η πιθανότητα εμφάνισης της r_j στο σύνολο αυτό.
- III. Για κάθε ζεύγος κλάσεων υπολογίζεται το Z_{score} με βάση τον δεύτερο τύπο της ενότητα 3.1.5. Αν το Z_{score} είναι πάνω από το B_i , συνεχίζουμε στο III με το επόμενο ζεύγος κλάσεων ενώ αν είναι κάτω από το B_i τότε συνεχίζουμε με την επόμενη εγγραφή r' στο βήμα 4.

IV. Σε περίπτωση που για όλα τα ζεύγη κλάσεων, το Z_{score} είναι πάνω από το B_i , τότε για την τρέχουσα εγγραφή r' κάνουμε το πεδίο `expired` true.

5. Σε περίπτωση που όλες οι εγγραφές r και r' , που βρέθηκαν στο βήμα 2, έχουν τιμή True στο πεδίο `expired` τότε το poll δεν έχει άλλες ενεργές ερωτήσεις και για αυτό το λόγο ολοκληρώνεται (το `end_date` αυτού του poll παίρνει την τιμή του τρέχοντος timestamp).

Για τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας της παραπάνω μεθόδου έχει υλοποιηθεί μια REST API method που έχει παρόμοια λειτουργία και δομή με της `autoanswer`. Η συνάρτηση αυτή όπως και η `autoanswer` μας επιτρέπει να υποβάλλουμε με αυτόματο τρόπο πολλές ψήφους σε μία δημοσκόπηση. Η συνάρτηση αυτή λέγεται `responsetest` και καλείται όταν υποβάλλουμε ένα `request` στην διεύθυνση: `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους το όνομα του poll και το αριθμό των ψήφων που επιθυμούμε να περαστούν. Αν δοθούν μόνο αυτές οι δύο παράμετροι τότε σε όλες τις ερωτήσεις, επιλέγονται και περνιούνται ψήφοι-απαντήσεις με ψευδοτυχαίο τρόπο (χρησιμοποιείται μια `randint` για την επιλογή της απάντησης σε κάθε ερώτηση). Υπάρχει η δυνατότητα ο χρήστης να δώσει τον κωδικό, τον τύπο της ερώτηση και μια κατανομή απαντήσεων και τότε στη συγκεκριμένη ερώτηση περνιούνται απαντήσεις ανάλογα με την κατανομή απαντήσεων που έχει δοθεί ενώ για όλες τις υπόλοιπες ερώτησης της δημοσκόπησης, η μέθοδος επιλέγει και περνάει απαντήσεις με ψευδοτυχαίο τρόπο, όπως και προηγουμένως. Η γενική λειτουργία αυτής της REST API μεθόδου περιγράφεται παρακάτω:

1. Παίρνει το όνομα του poll και το πλήθος ψήφων που πρέπει να κατατεθούν στο poll. Σε περίπτωση που δεν έχουν δοθεί αυτές οι δύο παράμετροι ή έχουν δοθεί μη έγκυρες τιμές τους, επιστρέφεται ένα json με κατάλληλο μήνυμα λάθους.
2. Παίρνουμε τον κωδικό της ερώτησης και τον αποθηκεύουμε σε μια μεταβλητή. Αν δεν έχει δοθεί κωδικός της ερώτησης τότε η τιμή της συγκεκριμένης μεταβλητής ορίζεται να είναι -1.
3. Αποθηκεύουμε σε ένα string τον τύπο της ερώτησης που έχει δοθεί (έγκυρες τιμές `query` και `range_query`). Αν δεν έχει δοθεί, το string αυτό είναι κενό.
4. Ανάλογα με την ερώτηση, μπορεί να δίνεται μια κατανομή με τόσες τιμές όσες και το πλήθος των απαντήσεων ή το πλήθος των κλάσεων των απαντήσεων. Η κατανομή πρέπει να δίνεται ως ένα string που θα έχει την παρακάτω μορφή:

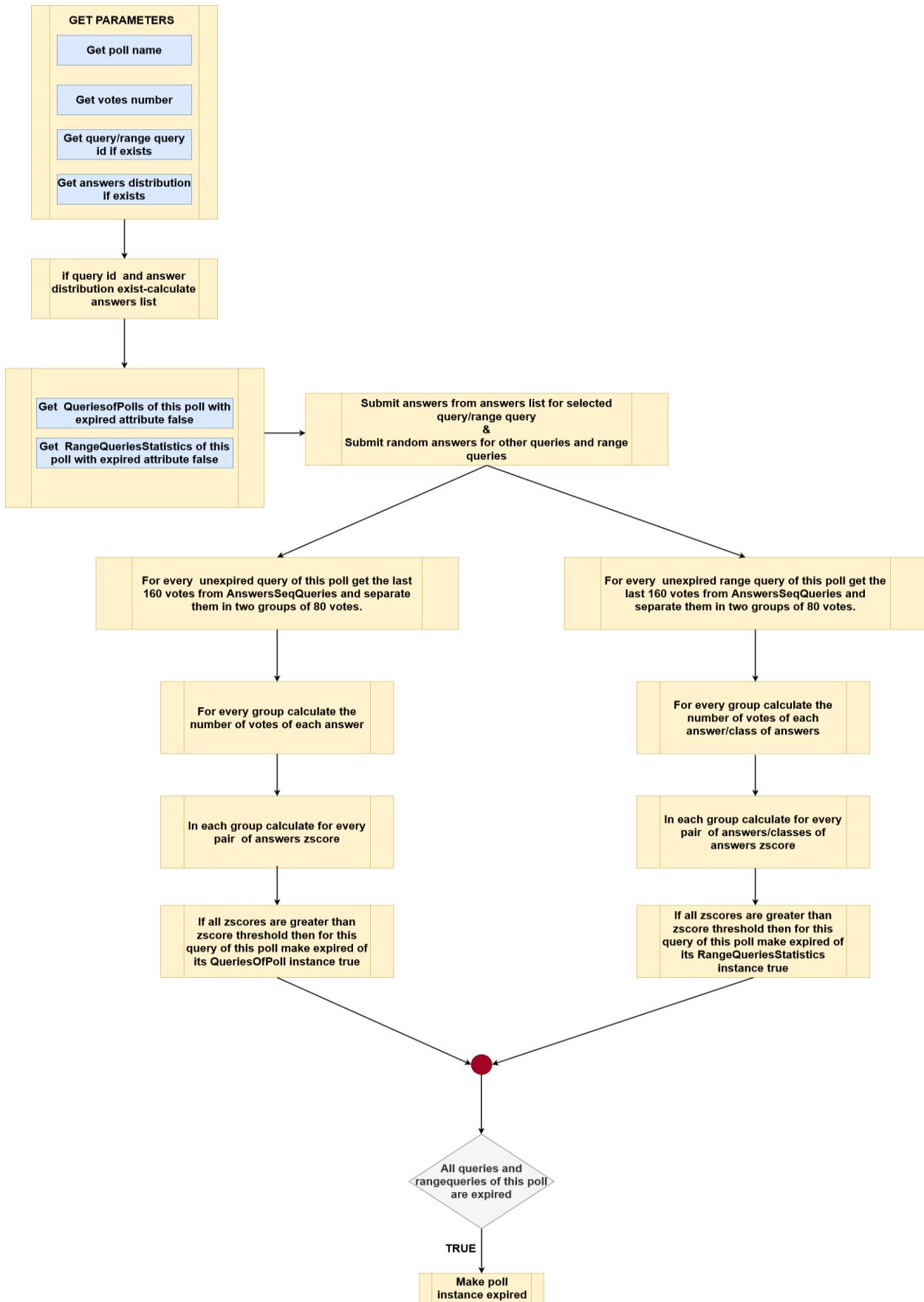
$$\text{"}X_1, X_2, X_3, \dots, X_N\text{"}$$

Όπου X_i είναι ένας αριθμός που εκφράζει το πλήθος των απαντήσεων και N : είναι το πλήθος των απαντήσεων ή το πλήθος των κλάσεων των απαντήσεων (για `range_queries` με `range>10`). Τα X_i αποθηκεύονται ως ακέραιοι σε ένα πίνακα.

5. Στη συνέχεια, αν έχουν προσδιοριστεί οι παράμετροι που περιγράφονται στο 2 & 3 και η παράμετρος 4 τότε φτιάχνεται για την ερώτηση με κωδικό την παράμετρο 2 μια λίστα απαντήσεων. Η λίστα απαντήσεων γεμίζει με βάση τις τιμές του πίνακα κατανομής απαντήσεων.
6. Στη συνέχεια ξεκινάει η διαδικασία κατάθεσης ψήφων για τις ερωτήσεις που δεν έχουν λήξει.
7. Μετά από κάθε κύκλο κατάθεσης ψήφων στο poll, εκτελείται η προσαρμοσμένη μέθοδος `group sequential`, όπως ακριβώς περιγράφηκε παραπάνω για να δούμε αν έχει προκύψει ξεκάθαρο αποτέλεσμα για τα `queries` και `range_queries` του που δεν

έχουν λήξει. Με βάση την παραπάνω μέθοδο, αφαιρούνται από το ερωτηματολόγιο της δημοσκόπησης όσα queries και range_queries των οποίων το αποτέλεσμα θεωρείται ξεκάθαρο. Αν το ερωτηματολόγιο μείνει κενό, το poll ολοκληρώνεται.

Η λειτουργία της παραπάνω μεθόδου φαίνεται στην εικόνα 93.



Εικόνα 93: Λειτουργία response test view method

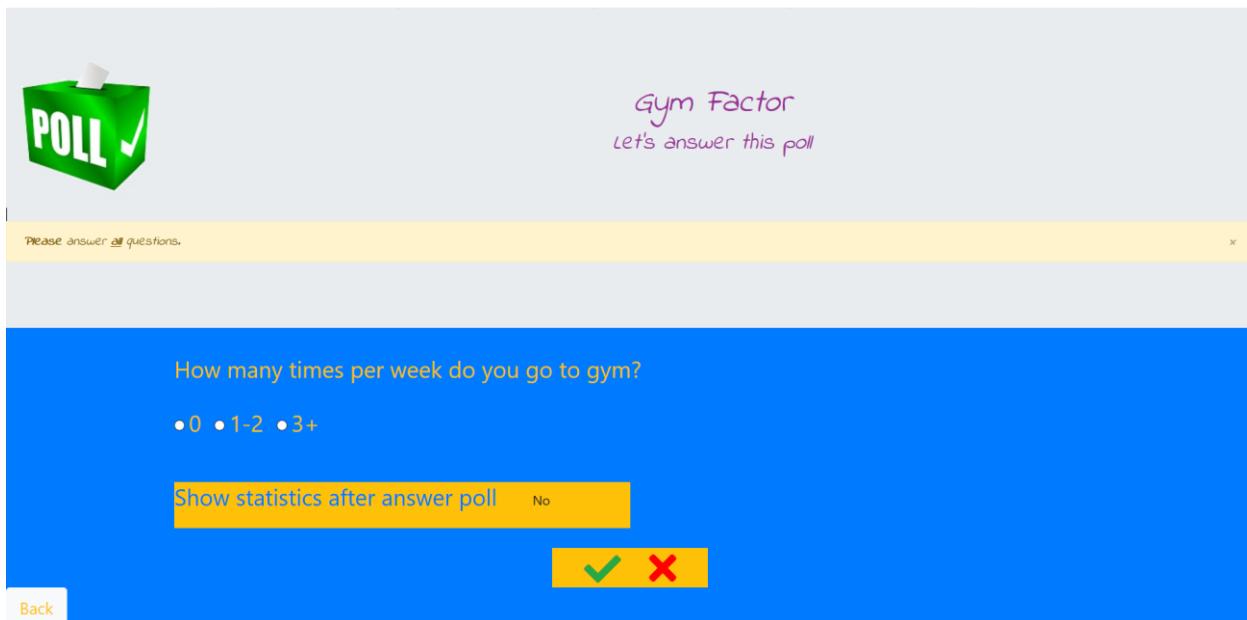
Για να ελέγξουμε αν η συγκεκριμένη μέθοδος δουλεύει, εκτελέσθηκαν τα παρακάτω δύο πειράματα:

9.3.1 Δημοσκόπηση Gym Factor

Δημιουργείται η δημοσκόπηση με όνομα Gym Factor η οποία έχει μόνο μια ερώτηση η οποία εξετάζει τι συχνότητα με την οποία πάει ο κόσμος στο γυμναστήριο. Η δημοσκόπηση έχει το ερωτηματολόγιο που φαίνεται στην εικόνα 95.

The screenshot shows a web-based poll search interface. At the top, there are tabs for 'Poll Search Results', 'Active' (which is selected), and 'Completed'. Below this, a section for 'Active Polls' is displayed, showing a single poll titled 'Gym Factor'. The poll's status is 'Active', and it was created on 'Sun Feb 23 2020 20:18:54 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. The poll is categorized under 'Sports'. The start date is 'Feb. 15, 2020, 10:47 a.m.' and the end date is 'Feb. 29, 2020, 10:47 a.m.'. There are two buttons at the bottom of the poll card: 'Stats' (green) and 'Answer' (red). A 'Description' button is located just above the 'Answer' button. In the bottom left corner of the main content area, there is a 'Back' button.

Εικόνα 94: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Gym Factor- πριν την εκτέλεση του πειράματος



Εικόνα 95: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Gym Factor

Στέλνουμε ένα request στην `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` "Gym Factor" και `sample_size` 160 και καλείται η συνάρτηση `responsetest` που περνάει 160 ψήφους με τυχαίο τρόπο στην ερώτηση του poll με όνομα Gym Factor. Μετά την επιτυχημένη εξυπηρέτηση αυτού του αιτήματος, παίρνουμε μια απάντηση σε μορφή json.

KEY	VALUE	CONTENT TYPE	DESCRIPTION
<input checked="" type="checkbox"/> poll_name	Gym Factor	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> sample_size	160	Auto	
Key	Value	Auto	Description

```
{"poll_name": "Gym Factor", "sample_size": 160, "state": "ok"}
```

Εικόνα 96: Εκτέλεση request `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` "Gym Factor" και `sample size` 160.

Γίνονται οι δύο έλεγχοι στα δύο σύνολα 80 ψήφων με χρήση της τεχνικής που παρουσιάστηκε παραπάνω και όπως φαίνεται και στην εικόνα 97, το πρώτο Zscore που υπολογίστηκε στον πρώτο έλεγχο είχε μικρότερη τιμή από το κατώφλι $B_1=2,1783$.

```
C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\Shared\Python36_64\python.exe
[23/Feb/2020 20:09:45] "POST /poll_app/deletedata HTTP/1.1" 200 23
Gym Factor
[23/Feb/2020 20:10:01] "POST /poll_app/show_stats HTTP/1.1" 200 15236
[23/Feb/2020 20:10:01] "GET /static/poll_app/js/paging.js HTTP/1.1" 304 0
A/B
1/2
z01
0.7419985160044518
```

Εικόνα 97: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design για 160 τυχαίες ψήφους στο Poll Gym Factor

Στέλνουμε ένα request στην `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Gym Factor”, `sample_size` 160, `id`(κωδικός ερώτησης) 1023, `toq`(τύπος ερώτησης) “query” και `distribution` (κατανομή απαντήσεων) “3,28,49”. Με αυτές τις παραμέτρους η μέθοδος response test θα περάσει στο query με κωδικό 1023, που ανήκει στο poll Gym Factor, 2 set από 80 ψήφους όπου σε κάθε ένα από αυτά, κάποια απάντηση θα έχει 49 ψήφους, κάποια άλλη 28 ψήφους και αυτές που απομένουν πάνε στην τρίτη απάντηση. Μετά την επιτυχημένη εξυπηρέτηση αυτού του αιτήματος, παίρνουμε μια απάντηση σε μορφή json.

KEY	VALUE	CONTENT TYPE	DESCRIPTION	...	Bulk Edit
<input checked="" type="checkbox"/> poll_name	Gym Factor	Auto			
<input checked="" type="checkbox"/> sample_size	160	Auto			
<input checked="" type="checkbox"/> distribution	3,28,49	Auto			
<input checked="" type="checkbox"/> id	1023	Auto			
<input checked="" type="checkbox"/> toq	query	Auto			
Key	Value	Auto	Description		

Εικόνα 98: Εκτέλεση request `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Gym Factor” και `sample size` 160, `id` 1023 `toq` “query” και `distribution` “3,28,49”.

Γίνονται οι δύο έλεγχοι στα δύο σύνολα 80 ψήφων με χρήση της τεχνικής που παρουσιάστηκε παραπάνω και όπως φαίνεται και στην εικόνα 99, όλα τα Zscore στον πρώτο έλεγχο παίρνουν τιμές μεγαλύτερες του B₁ και όλα τα Zscore στο δεύτερο έλεγχο παίρνουν τιμές μεγαλύτερες του B₂. Συνεπώς η ερώτηση πρέπει να αφαιρεθεί από το ερωτηματολόγιο και αφού στο ερωτηματολόγιο, δεν υπάρχει άλλη ενεργή ερώτηση το poll ολοκληρώνεται.

```
Gym Factor
A/B
1/2
z01
2.3050494597834983
z02
4.426352063787131
z12
2.2011272658140597
2/2
z01
2.3050494597834983
z02
4.426352063787131
z12
2.2011272658140597
end
[23/Feb/2020 20:20:40] "POST /poll app/responsetest HTTP/1.1" 200 62
```

Εικόνα 99: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design στο Poll Gym Factor για 160 ψήφους όπου σε κάθε set 80 ψήφων, η κατανομή των ψήφων στις διαθέσιμες τρεις απαντήσεις της ερώτησης είναι 3,28,49.

The screenshot shows a web interface for a poll search results page. At the top, there are tabs for 'Poll Search Results', 'Active', and 'Completed'. The 'Completed' tab is selected. Below the tabs, it says 'Completed Polls' and shows the date 'Sun Feb 23 2020 20:20:59 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. On the left, there's a sidebar with a 'Gym Factor' button. The main area displays poll details for 'Gym Factor': Category: Sports, Start Date: Feb. 15, 2020, 10:47 a.m., End Date: Feb. 23, 2020, 6:20 p.m., and a 'Description' button. There's also a 'Stats' button. At the bottom left, there's a 'Back' button.

Εικόνα 100: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Gym Factor- μετά την εκτέλεση του πειράματος.

9.3.2 Δημοσκόπηση Week Relax

Για τη διεξαγωγή του δεύτερου πειράματος, δημιουργείται η δημοσκόπηση με όνομα Week Relax η οποία έχει μόνο μια ερώτηση η οποία εξετάζει πόσες μέρες την εβδομάδα αφιερώνει ο κόσμος για να ξεκουραστεί. Η δημοσκόπηση έχει το ερωτηματολόγιο που φαίνεται στην εικόνα 102.

The screenshot shows the 'Poll Search Results' interface. At the top, there are tabs for 'Active' (which is selected), 'Completed', and 'Upcoming'. Below the tabs, it says 'Active Polls' and shows the date 'Sun Feb 23 2020 20:39:12 GMT+0200 (Eastern European Standard Time)'. A list of polls is shown, with 'Week Relax' being the first item. The poll details are as follows:

- Name:** Week Relax
- Category:** Social
- Start Date:** Feb. 19, 2020, 8:39 a.m.
- End Date:** Oct. 9, 2021, 11:55 p.m.

Below the details are two buttons: 'Stats' (green) and 'Answer' (red). At the bottom left is a 'Back' button.

Εικόνα 101: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Week Relax - πριν την εκτέλεση του πειράματος

The screenshot shows the 'Week Relax' poll interface. It features a green ballot box icon with the word 'POLL' and a checkmark. The title 'Week Relax' is displayed with the subtitle 'let's answer this poll' below it. A yellow banner at the top says 'Please answer ~~all~~ questions.' A blue banner below asks 'How many days do you relax every week?'. There is a text input field with a placeholder 'Type your answer...'. A yellow button at the bottom left says 'Show statistics after answer poll' with the option 'No' checked. At the bottom right are two buttons: a green checkmark and a red X. A 'Back' button is located at the bottom left.

Εικόνα 102: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης Week Relax

Στέλνουμε ένα request στην `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Week Relax” και `sample_size` 160 και καλείται η συνάρτηση `responsetest` που περνάει 160 ψήφους με τυχαίο τρόπο στην ερώτηση του poll με όνομα Week Relax. Μετά την επιτυχημένη εξυπηρέτηση αυτού του αιτήματος, παίρνουμε μια απάντηση σε μορφή json.

KEY	VALUE	CONTENT TYPE	DESCRIPTION
<input checked="" type="checkbox"/> poll_name	Week Relax	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> sample_size	160	Auto	
Key	Value	Auto	Description

Status: 200 OK Time: 9.72s Size: 237 B Save Response

Εικόνα 103: Εκτέλεση request `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Week Relax” και `sample size` 160.

Γίνονται οι δύο έλεγχοι στα δύο σύνολα 80 ψήφων με χρήση της τεχνικής που παρουσιάστηκε παραπάνω και όπως φαίνεται και στην εικόνα 104, το πρώτο Z_{score} που υπολογίστηκε στον πρώτο έλεγχο είχε μικρότερη τιμή από το κατώφλι $B1=2,1783$.

Εικόνα 104: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design για 160 τυχαίες ψήφους στο Poll Week Relax.

Στη συνέχεια, στέλνουμε ένα request στην `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Week Relax”, `sample_size` 160, `id`(κωδικός ερώτησης) 1016, `toq`(τύπος ερώτησης) “range_query” και `distribution` (κατανομή απαντήσεων) “2,27,51”. Με αυτές τις παραμέτρους η μέθοδος response test θα περάσει στο `range_query` με κωδικό 1016, που ανήκει στο poll Week Relax, 2 set από 80 ψήφους όπου σε κάθε ένα από αυτά, κάποια απάντηση θα έχει 51 ψήφους, κάποια άλλη 27 ψήφους και αυτές που απομένουν πάνε στην τρίτη απάντηση. Μετά την επιτυχημένη εξυπηρέτηση αυτού του αιτήματος, παίρνουμε μια απάντηση σε μορφή json.

POST http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest

Params Authorization Headers (9) **Body** Pre-request Script Tests Settings Cookies Code

none form-data x-www-form-urlencoded raw binary GraphQL

KEY	VALUE	CONTENT TYPE	DESCRIPTION
<input checked="" type="checkbox"/> poll_name	Week Relax	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> sample_size	160	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> distribution	2, 27, 51	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> id	1016	Auto	
<input checked="" type="checkbox"/> toq	range_query	Auto	
Key	Value	Auto	Description

Body Cookies Headers (5) Test Results Status: 200 OK Time: 9.01s Size: 237 B Save Response

Pretty Raw Preview Visualize

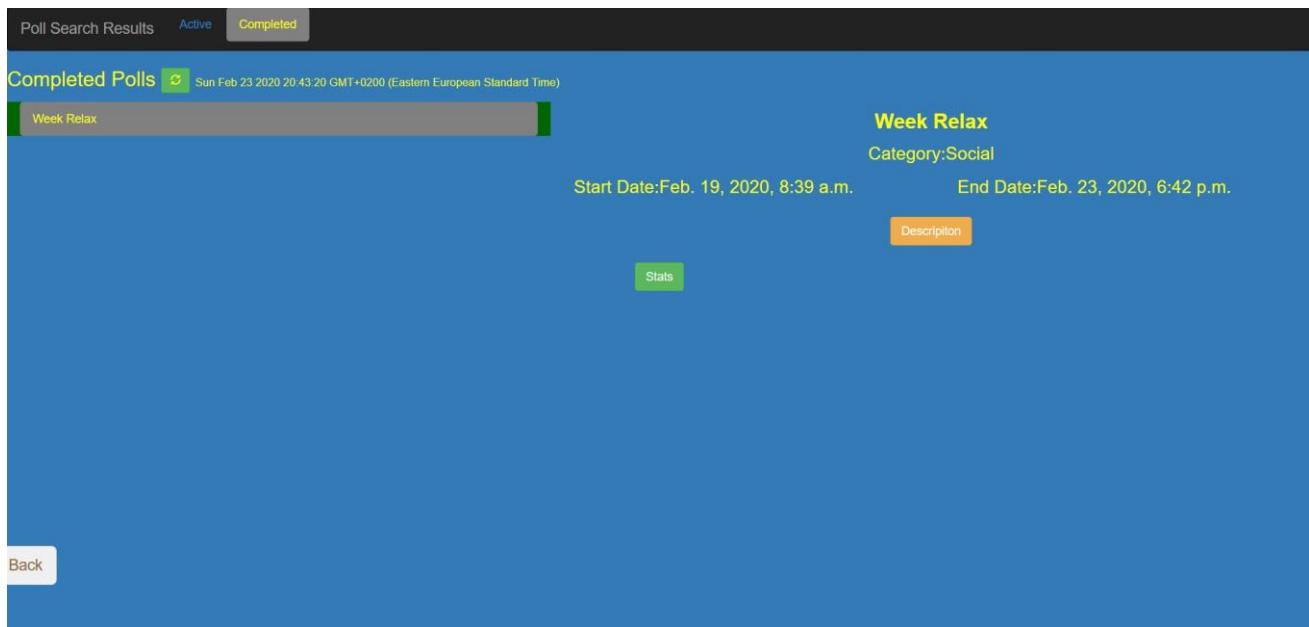
```
{"poll_name": "Week Relax", "sample_size": 160, "state": "ok"}
```

Εικόνα 105: Εκτέλεση request `http://127.0.0.1:8081/poll_app/responsetest` με παραμέτρους `poll_name` “Week Relax” και `sample size` 160, `id` 1016, `toq` “range_query” και `distribution` “2,27,51”.

Γίνονται οι δύο έλεγχοι στα δύο σύνολα 80 ψήφων με χρήση της τεχνικής που παρουσιάστηκε παραπάνω και όπως φαίνεται και στην εικόνα 106, όλα τα Zscore στον πρώτο έλεγχο παίρνουν τιμές μεγαλύτερες του B_1 και όλα τα Zscore στο δεύτερο έλεγχο παίρνουν τιμές μεγαλύτερες του B_2 . Συνεπώς η ερώτηση πρέπει να αφαιρεθεί από το ερωτηματολόγιο και αφού στο ερωτηματολόγιο, δεν υπάρχει άλλη ενεργή ερώτηση το poll ολοκληρώνεται.

C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual Studio\Shared\Python36_64\python.exe
Week Relax
A/B
1/2
z01
2.6503566257963165
z02
4.737008796323751
z12
2.1842601416525946
2/2
z01
2.6503566257963165
z02
4.737008796323751
z12
2.1842601416525946
end
[23/Feb/2020 20:42:02] "POST /poll_app/responsetest HTTP/1.1" 200 62

Εικόνα 106: Αποτελέσματα A/B testing με early stopping με χρήση της μεθόδου Group Sequential Design στο Poll Week Relax για 160 ψήφους όπου σε κάθε set 80 ψήφων, η κατανομή των



Εικόνα 107: Αποτέλεσμα αναζήτησης δημοσκόπησης με όνομα Week Relax- μετά την εκτέλεση του πειράματος

9.4 Παρατηρήσεις για την μέθοδο Group Sequential Design

Πριν εκτελέσουμε τα προηγούμενα πειράματα, εκτελέστηκαν διάφορα πειράματα στα οποία εφαρμόσαμε τη μέθοδο που παρουσιάστηκε στην ενότητα 9.3 για διαφορετικά μεγέθη των δειγμάτων ψήφων N και διαφορετικές τιμές του πλήθους ελέγχων R .

Από τα πειράματα που διεξήχθησαν, καταλήξαμε στις παρακάτω παρατηρήσεις:

- Η μέθοδος αυτή όπως και αυτή που παρουσιάστηκε στην 9.1, δεν εγγυάται ότι σε μια ερώτηση, θα προκύψει ξεκάθαρο αποτέλεσμα. Μπορεί να μην έρθει πρώτε το δείγμα N ψήφων που σε όλους τους ελέγχους, όλα τα Z_{score} θα είναι μεγαλύτερα από το αντίστοιχο B_i .
- Στον έλεγχο που γίνεται εδώ κάθε δείγμα μεγέθους N πρέπει να χωρίζεται σε R ομάδες με ίδιο πλήθος στοιχείων. Επομένως η επιλογή του πλήθους R των ελέγχων εξαρτάται άμεσα από το πλήθος των διαθέσιμων δειγμάτων.
- Ανεξάρτητα του τύπου μιας ερώτησης και του πλήθους των απαντήσεων που έχει, αν στη διαδικασία ελέγχου της με group sequential το n είναι μικρό τότε είναι πιο δύσκολο να προκύψει ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα για αυτή και να επιτευχθεί κάποια συνθήκη τερματισμού της. Με άλλα λόγια αν επιλέξουμε να εφαρμόσουμε την μέθοδος μας σε ένα δείγμα μεγέθους N στοιχείων και επιλέξουμε να κάνουμε R ελέγχους δηλαδή να χωρίσουμε το δείγμα σε R ομάδες με N/R στοιχεία και το πλήθος στοιχείων των ομάδων είναι μικρό τότε είναι λιγότερο πιθανό να είναι όλα τα Z_{score} σε όλους τους ελέγχους μεγαλύτερα από το αντίστοιχο κατώφλι B . Μάλιστα, υπάρχουν περιπτώσεις που για πολύ μικρό n , η πιθανότητα επίτευξης της συνθήκης τερματισμού είναι μηδενική.
- Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των ελέγχων R στο εξεταζόμενο δείγμα N , τόσο μεγαλύτερη είναι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της μεθόδου. Για να εκτελεστεί ένα μεγάλος πλήθος ελέγχων σε ένα δείγμα, αυτό προϋποθέτει ότι το

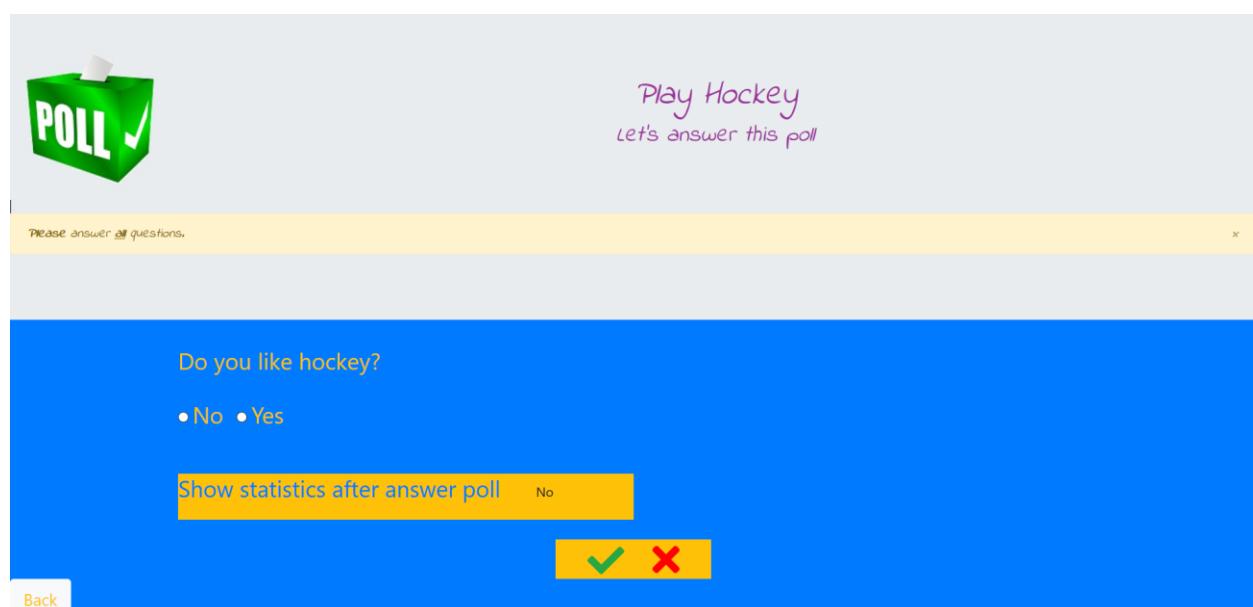
μέγεθος του είναι τέτοιο ώστε η κάθε ομάδα ελέγχου να είναι επαρκώς μεγάλη. Όσο μεγαλύτερο το μέγεθος της ομάδας ελέγχου η, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα επίτευξης της συνθήκης τερματισμού. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο μεγαλύτερο το η τόσες περισσότερες κατανομές απαντήσεων υπάρχουν για τις οποίες όλα τα Zscore είναι μεγαλύτερα από το αντίστοιχο κατώφλι Β σε εκείνη τη φάση ελέγχου.

- Το πλήθος των ομάδων(πλήθος ελέγχων) που θα χωρίσουμε το δείγμα καθορίζει την τιμή του κατωφλιού Β, αλλά η επιλογή του δεν παίζει τόσο μεγάλο ρόλο για την επίτευξη της συνθήκης τερματισμού, κυρίως γιατί όπως φαίνεται και από τον πίνακα του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ II, η τιμή του κατωφλίου για το Zscore αυξάνεται, καθώς αυξάνεται το πλήθος των ελέγχων αλλά αυξάνεται λίγο και μάλιστα το μέγεθος της αύξησης μειώνεται καθώς αυξάνεται το πλήθος των ελέγχων.
- Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των ερωτήσεων ενός poll τόσο πιο δύσκολο είναι να ολοκληρωθεί πριν από το end_date του.

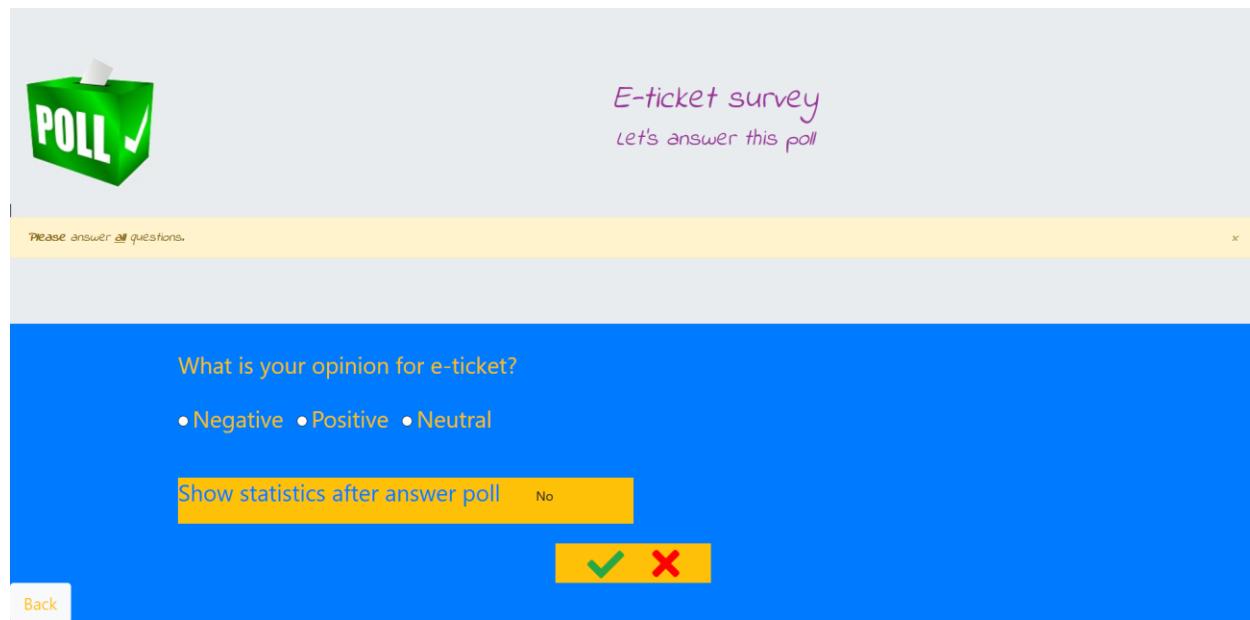
9.5 Σύγκριση των παραπάνω μεθόδων early stopping

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα κάποιων προσομοιώσεων που έγιναν με χρήση της εφαρμογής μας. Οι προσομοιώσεις αυτές έγιναν με στόχο να συγκρίνουμε τις μεθόδους early stopping που υλοποιήθηκαν στη διπλωματική αυτή και παρουσιάστηκαν στις ενότητες 3.2.1, 3.2.2, 9.1 και 9.2 και να αποφανθούμε μια πια από τις δύο τερματίζει πιο γρήγορα μια δημοσκόπηση για την οποία έχει εξαχθεί κάποιο ξεκάθαρο αποτέλεσμα και κάνει μεγαλύτερη οικονομία αποθηκευτικών πόρων.

Για τις προσομοιώσεις, δημιουργήθηκαν δύο δημοσκοπήσεις των οποίων τα ερωτηματολόγια φαίνονται στις παρακάτω εικόνες:



Εικόνα 108: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης με όνομα Play Hockey



Εικόνα 109: Ερωτηματολόγιο δημοσκόπησης με όνομα E-ticket survey

Η μέγιστη διάρκεια κάθε προσομοίωσης ήταν μία εβδομάδα (7 ημέρες). Κάθε ήμερα, γινόταν με αυτοματοποιημένο τρόπο σε κάθε δημοσκόπηση υποβολή 160 ψήφων. Κατά τη διάρκεια κάθε μέρας, ο ρυθμός κατάθεσης ψήφων είναι σταθερός και ομοιόμορφος. Φυσικά, οι δημοσκοπήσεις των προσομοιώσεων μπορούν να τερματιστούν οποιαδήποτε στιγμή μέσα στην εβδομάδα εφόσον ισχύουν για αυτές, οι συνθήκες τερματισμού που ορίζονται από τις αλγορίθμους early stopping που υλοποιήσαμε. Μέγιστος αριθμός χρηστών που μπορούν να απαντήσουν στις δημοσκοπήσεις είναι 1120 άτομα.

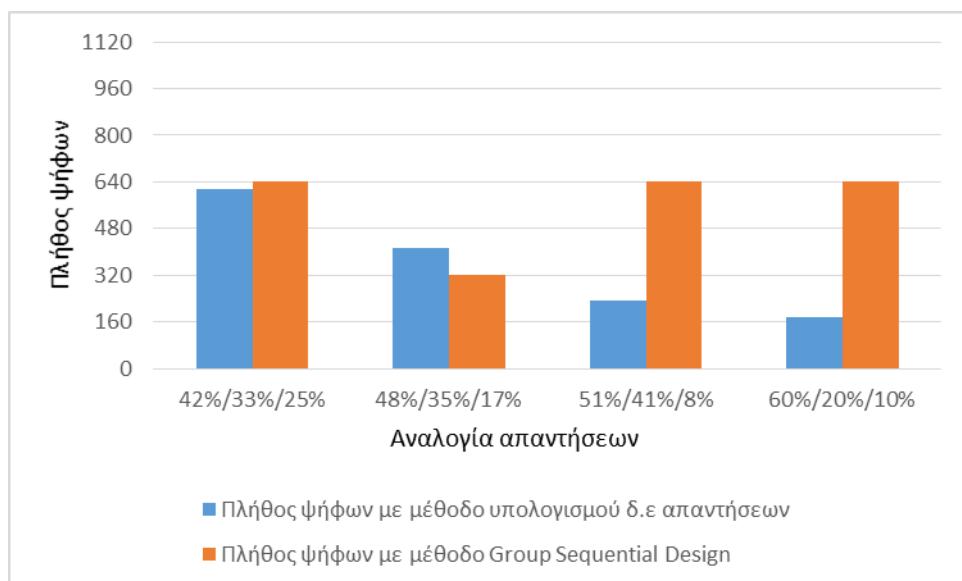
Έγιναν συνολικά 8 προσομοιώσεις για τη δημοσκόπηση Play Hockey. Οι τέσσερις πρώτες χρησιμοποίησαν την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης των απαντήσεων και οι υπόλοιπες τη μέθοδο Group Sequential Design. Σε κάθε προσομοίωση, οι απαντήσεις πάρθηκαν από μία από τις παρακάτω κατανομές:

- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 52% Yes (αντίστοιχα η πιθανότητα η ψήφος να είναι No είναι 48%).
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 55% Yes (αντίστοιχα η πιθανότητα η ψήφος να είναι No είναι 45%).
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 58% Yes (αντίστοιχα η πιθανότητα η ψήφος να είναι No είναι 42%).
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 61% Yes (αντίστοιχα η πιθανότητα η ψήφος να είναι No είναι 39%).

Στον Πίνακα 1 φαίνεται ο αριθμός των χρηστών που απάντησαν σε κάθε προσομοίωση στη δημοσκόπηση Play Hockey μέχρι να επιτευχθεί η συνθήκη τερματισμού της. Γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του πίνακα αυτού γίνεται στην εικόνα 110.

Πίνακας 1: Αριθμός χρηστών που απάντησαν στη δημοσκόπηση Play Hockey

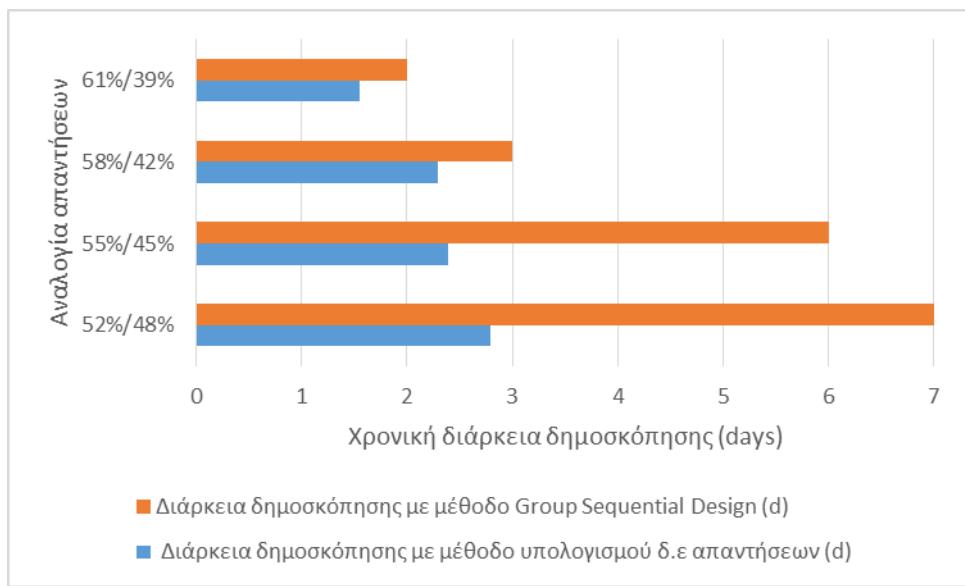
Αναλογία Απαντήσεων Yes/No	Πλήθος ψήφων με μέθοδο υπολογισμού δ.ε απαντήσεων	Πλήθος ψήφων με μέθοδο Group Sequential Design
52%/48%	446 (ποσοστό 39,8%)	1120 (ποσοστό 100%)
55%/45%	383 (ποσοστό 34,2%)	960 (ποσοστό 85,7%)
58%/42%	366 (ποσοστό 32,7%)	480 (ποσοστό 42,9%)
61%/39%	248 (ποσοστό 22,1%)	320 (ποσοστό 28,6%)

**Εικόνα 110: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση Play Hockey-πλήθος ψήφων**

Στον πίνακα 2 φαίνεται για κάθε προσομοίωση, ο χρόνος που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση. Γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του πίνακα αυτού γίνεται στην εικόνα 111.

Πίνακας 2: Χρονική διάρκεια που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση Play Hockey σε κάθε προσομοίωση

Αναλογία Απαντήσεων Yes/No	Διάρκεια δημοσκόπησης με μέθοδο υπολογισμού δ.ε απαντήσεων	Διάρκεια δημοσκόπησης με μέθοδο Group Sequential Design
52%/48%	2 μέρες, 18 ώρες & 54 λεπτά	7 μέρες
55%/45%	2 μέρες, 9 ώρες & 27 λεπτά	6 μέρες
58%/42%	2 μέρες, 6 ώρες & 54 λεπτά	3 μέρες
61%/39%	1 μέρα, 13 ώρες & 12 λεπτά	2 μέρες



Εικόνα 111: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση Play Hockey- διάρκεια προσομοιώσεων

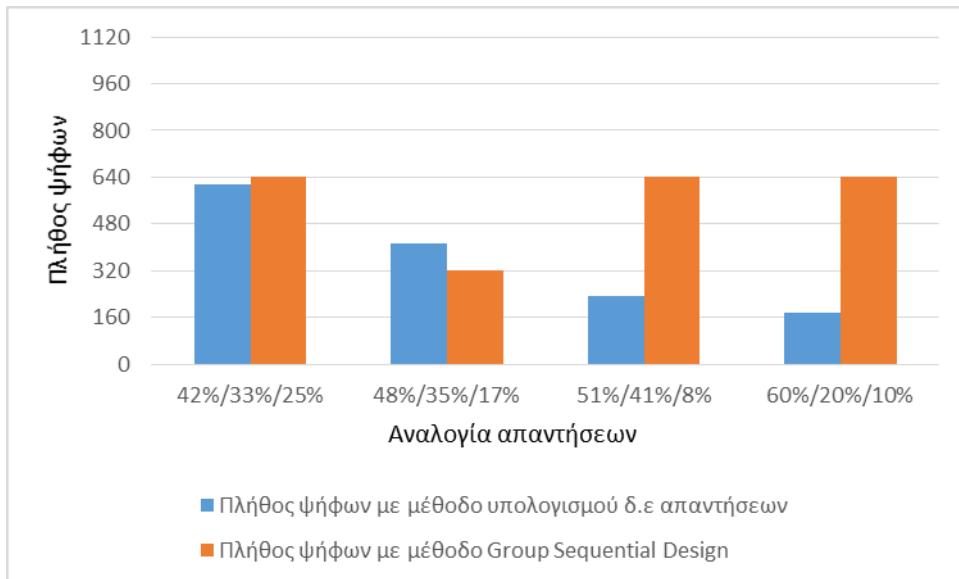
Έγιναν συνολικά 8 προσομοιώσεις για τη δημοσκόπηση E-ticket survey. Οι τέσσερις πρώτες χρησιμοποίησαν την μέθοδο early stopping με υπολογισμό διαστημάτων εμπιστοσύνης των απαντήσεων και οι υπόλοιπες τη μέθοδο Group Sequential Design. Σε κάθε προσομοιώση, οι απαντήσεις πάρθηκαν από μία από τις παρακάτω κατανομές:

- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 42% Positive, 33% Negative και 25% Neutral.
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 48% Positive, 35% Negative και 17% Neutral.
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 51% Positive, 41% Negative και 8% Neutral.
- Η κατανομή αυτή παράγει κάθε φορά μια ψήφο που είναι με πιθανότητα 60% Positive, 20% Negative και 10% Neutral.

Στον Πίνακα 3 φαίνεται ο αριθμός των χρηστών που απάντησαν σε κάθε προσομοίωση στη δημοσκόπηση E-ticket survey μέχρι να επιτευχθεί η συνθήκη τερματισμού της. Γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του πίνακα αυτού γίνεται στην εικόνα 112.

Πίνακας 3: Αριθμός χρηστών που απάντησαν στη δημοσκόπηση E-ticket survey

Αναλογία Απαντήσεων Positive/Negative/Neutral	Πλήθος ψήφων με μέθοδο υπολογισμού δ.ε απαντήσεων	Πλήθος ψήφων με μέθοδο Group Sequential Design
42%/33%/25%	616 (ποσοστό 55%)	640 (ποσοστό 57,1%)
48%/35%/17%	414 (ποσοστό 37%)	320 (ποσοστό 28,6%)
51%/41%/8%	235 (ποσοστό 21%)	640 (ποσοστό 57,1%)
60%/20%/10%	174 (ποσοστό 15%)	640 (ποσοστό 57,1%)

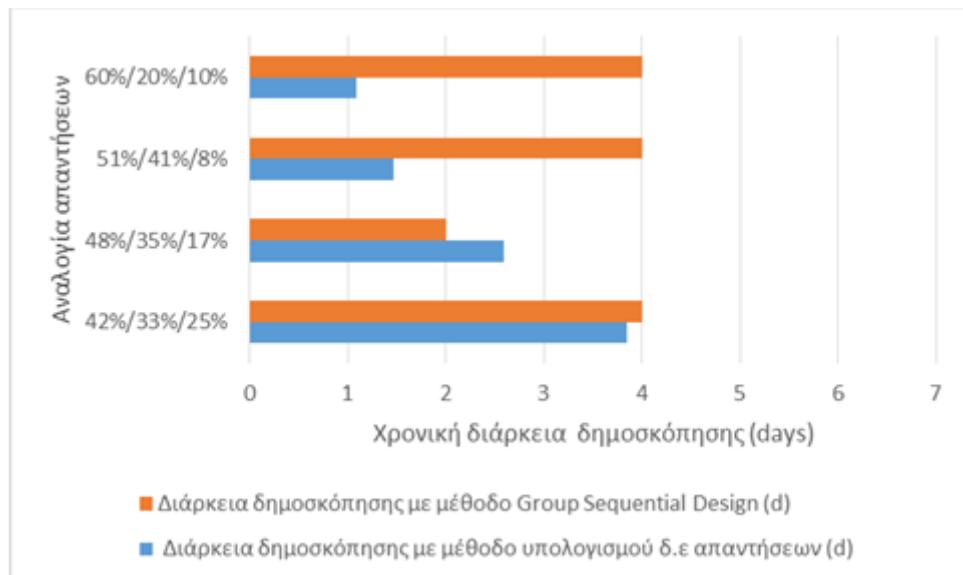


Εικόνα 112: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση E-ticket survey- πλήθος ψήφων

Στον πίνακα 4 φαίνεται για κάθε προσομοίωση, ο χρόνος που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση. Γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του πίνακα αυτού γίνεται στην εικόνα 113.

Πίνακας 4: Χρονική διάρκεια που ήταν ενεργή η δημοσκόπηση E-ticket survey σε κάθε προσομοίωση

Αναλογία Απαντήσεων Positive/Negative/Neutral	Διάρκεια δημοσκόπησης με μέθοδο υπολογισμού δ.ε απαντήσεων	Διάρκεια δημοσκόπησης με μέθοδο Group Sequential Design
42%/33%/25%	3 μέρες, 20 ώρες & 24 λεπτά	4 μέρες
48%/35%/17%	2 μέρες, 14 ώρες & 6 λεπτά	2 μέρες
51%/41%/8%	1 μέρα, 11 ώρες & 15 λεπτά	4 μέρες
60%/20%/10%	1 μέρα, 2 ώρες & 6 λεπτά	4 μέρες



Εικόνα 113: Διαγραμματική Απεικόνιση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων για τη δημοσκόπηση E-ticket survey - διάρκεια προσομοιώσεων

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω προσομοιώσεων προκύπτει ότι σε γενικές γραμμές η μέθοδος early stopping με υπολογισμό δ.ε απαντήσεων καταφέρνει σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο αριθμό ψήφων να εντοπίσει ότι σε μια ερώτηση έχει διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα και να την αφαιρέσει από το ερωτηματολόγιο της εκάστοτε δημοσκόπησης. Μοναδική εξαίρεση είναι η περίπτωση προσομοίωσης της δημοσκόπησης E-ticket survey με κατανομή απαντήσεων 48%/35%/17%. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις, η μέθοδος Group Sequential Design, χρειαζόταν μεγαλύτερο αριθμό ψήφων για να διαπιστώσει ότι το αποτέλεσμα τα ερώτησης είναι ξεκάθαρο και να την αφαιρέσει από το ερωτηματολόγιο της εκάστοτε δημοσκόπησης.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι όσο η κατανομή απαντήσεων πλησιάζει την ομοιόμορφη τόσο μεγαλύτερος είναι και ο αριθμός ψήφων που απαιτείται να κατατεθούν για να διαμορφωθεί ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα το οποίο να είναι ανιχνεύσιμο από τις παραπάνω μεθόδους.

Ο κώδικας του συγκεκριμένης εφαρμογής βρίσκεται :

https://github.com/ntogram/Polling_Platform

10. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτή την ενότητα θα γίνουν ορισμένες προτάσεις για να επεκτείνουμε τις δυνατότητες της πλατφόρμας που υλοποιήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής και θα αναφερθούν ορισμένες προτάσεις ώστε να είναι πιο εύκολη η χρήση της

10.1 Βελτιώσεις Λειτουργιών

Θα μπορούσαν να γίνουν αλλαγές στο γραφικών περιβάλλον της εφαρμογής ώστε να γίνει πιο εύχρηστο και ευχάριστο για τον χρήστη. Για να γίνει αυτό θα πρέπει να δαπανηθεί κάποιος χρόνο ώστε να μαζευτούν κατάλληλα εικονίδια και εικόνες και να φτιαχτούν με κατάλληλο τρόπο τα αρχεία css που θα χρησιμοποιηθούν στις ιστοσελίδες της πλατφόρμας. Ακόμα θα μπορούσε να υλοποιηθεί μια android εφαρμογή για την πλατφόρμα.

10.2 Προσθήκη νέων λειτουργιών

Παρόλο που η εφαρμογή μας έχει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον, καλό θα ήταν να φτιάξουμε ένα μενού βοήθεια με σελίδες που θα δίνουν ακριβείς οδηγίες στο χρήστη για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εκτελέσει μια λειτουργία της εφαρμογής. Εκτός από γραπτές οδηγίες, μπορούν να υπάρχουν βίντεο και εικόνες που θα εξηγούν καλύτερα στο χρήστη πώς να κάνει κάτι στην εφαρμογή.

Μπορεί να προστεθεί ένα recommendation system που θα προτείνει στους χρήστες δημοσκοπήσεις που μπορεί να τους ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα, ένας χρήστης που έχει απαντήσει σε μια δημοσκόπηση για αναψυκτικά, είναι πιθανό να τον ενδιαφέρει να απαντήσει σε μια δημοσκόπηση για τη fanta. Για να γίνει αυτό, σε κάθε ερωτηματολόγιο θα προστίθενται μερικές γενικές ερωτήσεις ώστε να μαζεύονται πληροφορίες για το προφίλ του χρήστη(π.χ ηλικία, επάγγελμα, μόρφωση κ.α) που απάντησε ένα poll. Αυτές οι πληροφορίες θα καταγράφονται σε ένα καινούριο πίνακα μαζί με το poll που απάντησε αυτός ο χρήστης. Στη συνέχεια με βάση τα χαρακτηριστικά, αυτά θα ψάχνουμε να βρούμε στη βάση δεδομένων σε τι polls απάντησαν οι χρήστες με παρόμοια χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια για κάθε ένα από αυτά τα polls θα υπολογίζεται ένα score με βάση πόσο παρόμοια είναι τα χαρακτηριστικά αυτών που το έχουν απαντήσει με το χρήστη. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν recommendations για τον χρήστη, θα του προτείνονται δημοσκοπήσεις που θα είναι στην ίδια κατηγορία με αυτή που απάντησε. Αν τροποποιήσουμε τη λειτουργία της πλατφόρμας και αφήνουμε να έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή, μόνο οι χρήστες που είναι εγγεγραμμένοι σε αυτή τότε καταγράφουμε μία φορά τα στοιχεία του χρήστη, όταν εγγράφεται στην πλατφόρμα και ακόμη μπορούμε να καταγράφουμε στις προτεινόμενες δημοσκοπήσεις εκτός από αυτές που κάνουν οι χρήστες με παρόμοια χαρακτηριστικά και ενδιαφέροντα με το χρήστη και δημοσκοπήσεις που σχετίζονται ή είναι παρόμοιες με κάποιες δημοσκοπήσεις που απάντησε ο χρήστης.

Η εφαρμογή μας έτσι όπως έχει υλοποιηθεί δε δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να φτιάχνει ερωτηματολόγια όπου υπάρχουν ερωτήσεις που συσχετίζονται μεταξύ

τους(δημοσκοπήσεις με δέντρα ερωτήσεων) δηλαδή αν ο χρήστης απάντησε ναι στην ερώτηση «πίνετε αναψυκτικά;» τότε εμφανίζεται η ερώτηση «Πόσο συχνά πίνετε αναψυκτικά;»

Ακόμη θα μπορούσαμε να προσθέσουμε και άλλες δυνατότητες στην σελίδα προβολής των αποτελεσμάτων της δημοσκόπησης. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να προσθέσουμε ένα κουμπί print το οποίο όταν το πατάει ο χρήστης θα τυπωνόντουσαν τα αποτελέσματα της δημοσκόπησης. Θα μπορούσαμε να τροποποιήσουμε τη λειτουργία export ώστε να δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να κάνει export τους πίνακες σε άλλα format αρχείων (π.χ xls) ή να κάνει export τα γραφήματα των αποτελεσμάτων σε εικόνες (π.χ png,jpg).

Σε ερευνητικό επίπεδο, θα μπορούσαμε να δούμε πως δουλεύει η μέθοδος που παρουσιάστηκε στην ενότητα 3.2.2 & 9.3 και βασίζεται στο group sequential design (ενότητα 3.1.7) για διαφορετικές τιμές του significance level α . Επίσης θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τη συμπεριφορά της συγκεκριμένη μεθόδου αν αντί για την Pocock, χρησιμοποιούσαμε κάποια άλλη a-spending function. Μια άλλη πρόταση θα ήταν να μελετηθούν και να υλοποιηθούν και άλλες μέθοδοι με τις οποίες θα ελέγχεται αν έχει προκύψει ξεκάθαρο αποτέλεσμα σε μια ερώτηση.

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ISPP	Intelligent Social Polling Platform
GUI	Graphical User Interface
db	database
ΒΔ	Βάση Δεδομένων
UI	User Interface
PP	Polling Platform
MVC	Model View Controller
DOM	Document Object Model
apps	applications
MTV	Model Template View
VS	Visual Studio
ΣΔΒΔ	Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων
σ.σ	στατιστική συνάρτηση
δ.ε	διάστημα εμπιστοσύνης
ER	Entity-Relationship
ad	Advertisement
MAB	Multi Armed Bandit
RL	Reinforcement Learning
PAC	Probably Approximately Correct
MDP	Markov Decision Process
SVM	Support Vector Machine
RBF	Radial Basis Function
GL	Generalization loss

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

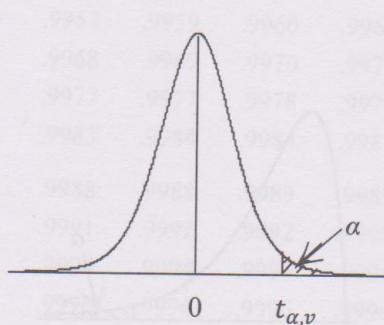
Πίνακας Π1. Αθροιστική συνάρτηση κατανομής,
 $\Phi(z) = P(Z \leq z)$, της τυπικής κανονικής κατανομής

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Εικόνα 114: Πίνακας Αθροιστική Συνάρτηση $\Phi(z)=P(Z \leq z)$ της τυπικής κανονικής κατανομής[42]

Πίνακας Π3. Συμπληρωματικά- α -ποσοστιαία σημεία της κατανομής t_v

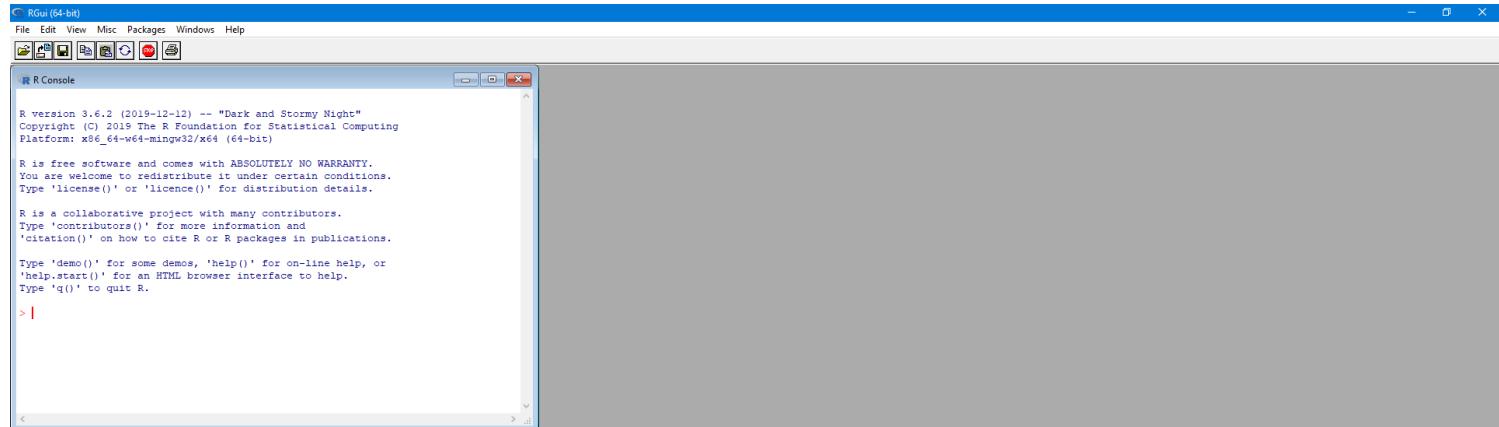
v	$\alpha = 0.100$	$\alpha = 0.050$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.010$	$\alpha = 0.005$
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576



Εικόνα 115: Συμπληρωματικό - α - ποσοστιαία σημεία της κατανομής t_v [43]

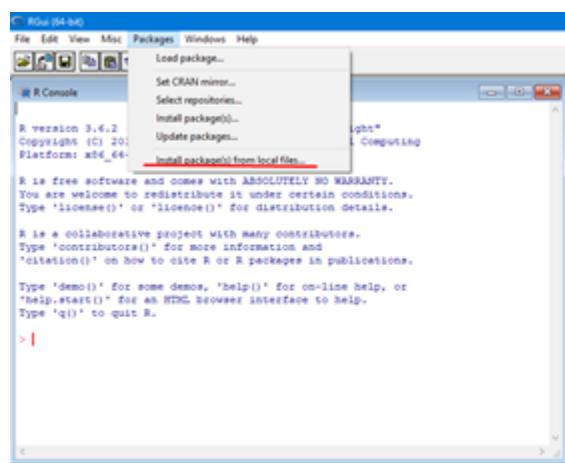
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Κατεβάζουμε την R από το [XI] και στη συνέχεια κατεβάζουμε το GroupSeq από το [XII]. Στη συνέχεια ανοίγουμε το RGUI, το οποίο εγκαθίσταται μαζί με την R.



Εικόνα 116: RGUI

Για να εγκαταστήσουμε το package GroupSeq, επιλέγουμε από το μενού Package την επιλογή Install package from local file και επιλέγουμε το zip ή το tar file του Group Seq.



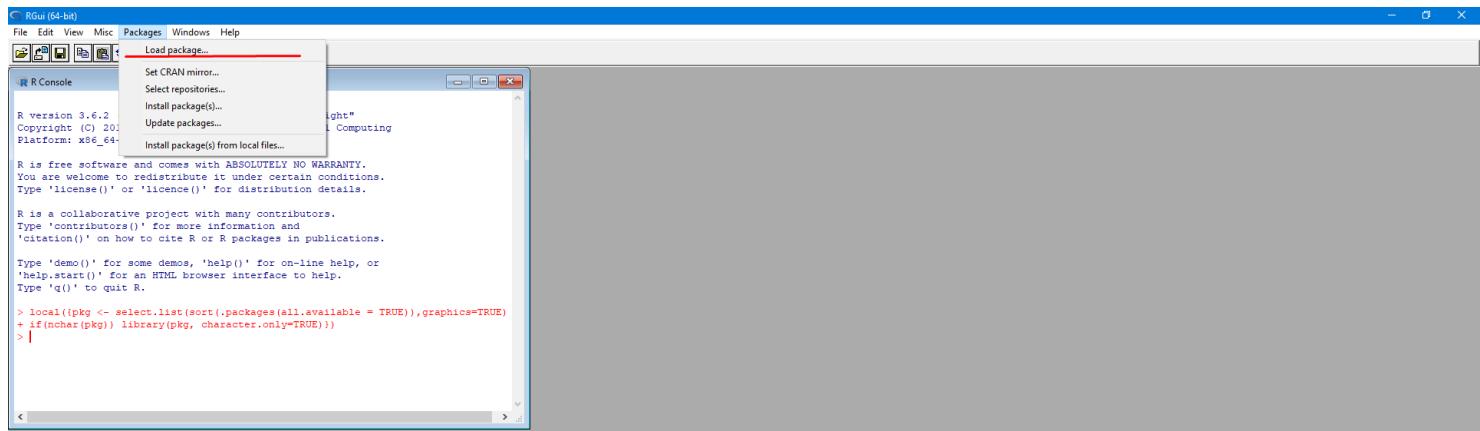
Εικόνα 117: Διαδικασία εγκατάστασης πακέτου GroupSeq

Με την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του πακέτου στην R console εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα:

```
> utils:::menuInstallLocal()
Warning in install.packages(files[zips], .libPaths()[1L], repos = NULL, :
  'lib = "C:/Program Files/R/R-3.6.2/library"' is not writable
package 'GroupSeq' successfully unpacked and MD5 sums checked
```

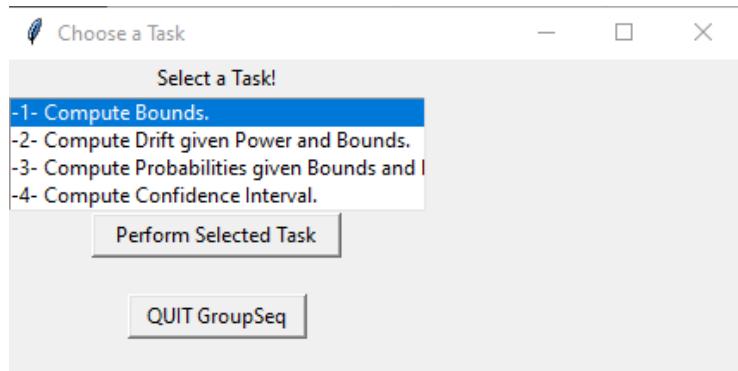
Εικόνα 118:Μήνυμα που εμφανίζεται στην R console μετά την επιτυχημένη εγκατάσταση του πακέτου GroupSeq

Για την φόρτωση του package, επιλέγουμε από το μενού Package την επιλογή Load package και από τη λίστα με τα διαθέσιμα package, διαλέγουμε το GroupSeq.



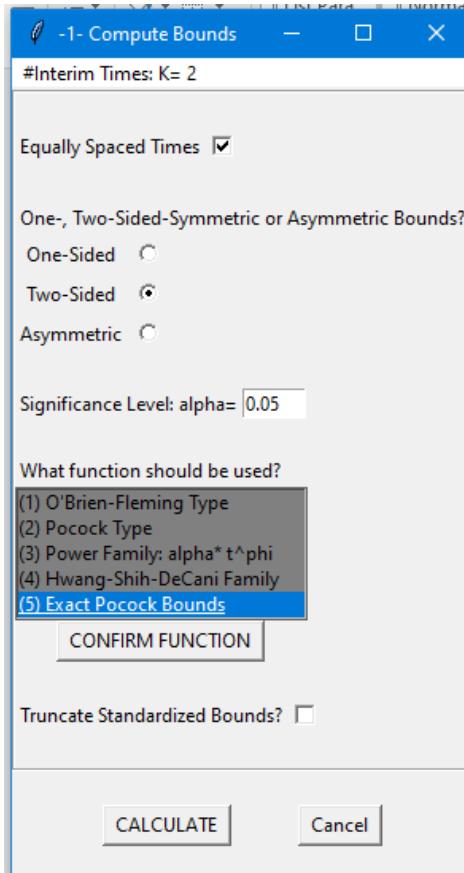
Εικόνα 119: Διαδικασία φόρτωσης πακέτου GroupSeq

To GroupSeq package παρέχει ένα GUI για τον υπολογισμό stopping boundaries .



Εικόνα 120: GroupSeq GUI

Το GUI προσφέρει και άλλες δυνατότητες εκτός από των υπολογισμών κατωφλιών για το Zscore. Εδώ παρουσιάζουμε μόνο την πρώτη λειτουργία (Compute Bounds). Ο χρήστης αφού επιλέξει το task 1 πατάει το κουμπί Perform Selected Task και τότε εμφανίζεται:



Εικόνα 121:GroupSeq ComputeBounds GUI

Στο παραπάνω GUI, ο χρήστης μπορεί να κάνει μια σειρά από επιλογές για να καθορίσει τα κατώφλια για την ποσότητα Z_{score} :

- Interim Times K: καθορίζει το πλήθος των ελέγχων (στα πειράματα μας στην ενότητα 9.3 όπως είδαμε χρησιμοποιούμε $K=2$)
- Significance level alpha: καθορισμός το α ($\alpha=0.05$ όσο αυτό που χρησιμοποιούμε στα πειράματα της ενότητας 9.3)
- What function should be used? ->επιλογή a-spending function που θα χρησιμοποιηθεί (Εμείς χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση Pocock που αντιστοιχεί στην τελευταία επιλογή της λίστας των συναρτήσεων Exact Pocock Bounds). Για να ορίσουμε ότι θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε μια συνάρτηση, πρέπει να την επιλέξουμε και να πατήσουμε στο κουμπί CONFIRM FUNCTION.
- Καθορίζει το είδος του κατωφλιού (One Sided, Two Sided, Assymmetric) ανάλογα με το είδος του ελέγχου που γίνεται στο πείραμα. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής όπως αναφέρθηκε στην 3.1.7, κάνουμε two-sided tests οπότε την παράμετρο αυτή την αγνοούμε.

Αφού επιλέξουμε τις παραμέτρους που θέλουμε πατάμε στο κουμπί CALCULATE και παίρνουμε το παρακάτω αποτέλεσμα:

-1- K= 2 , alpha= 0.05					
K = 2					
alpha = 0.05					
Function: Exact Pocock Bounds					
k	Times	Lower Bounds	Upper Bounds	alpha[i]-alpha[i-1]	cumulative alpha
1	0.5	-2.1783	2.1783	0.029387053	0.029387053
2	1	-2.1783	2.1783	0.0204440295	0.0498310825

Εικόνα 122: Υπολογισμό κατωφλιού Z_{score} με χρήση του GroupSeq GUI για $K=2, \alpha=0.05$ και μέθοδο Pocock-το κατώφλι έχει τιμή 2.1783 σε κάθε έλεγχο

Για λόγους πληρότητας παραθέτουμε για τη μέθοδο Pocock με $\alpha=0.05$, ένα πίνακα με τις υπολογισμένες τιμές των κατωφλιών του Z_{score} για διαφορετικές τιμές του K .

Πίνακας 5: Κατώφλια Z_{score} για Pocock με $\alpha=0,05$

Πλήθος Ελέγχων K	Κατώφλι B_K	$B_{K+1} - B_K$
1	1,9600	0,2183
2	2,1783	0,1111
3	2,2894	0,0719
4	2,3613	0,0518
5	2,4131	0,0401
6	2,4532	0,0322

7	2,4854	0,0269
8	2,5123	0,0229
9	2,5352	0,0198
10	2,5550	0,0174
11	2,5724	0,0155
12	2,5879	0,0140
13	2,6019	0,0126
14	2,6145	0,0116
15	2,6261	0,0106
16	2,6367	0,0098
17	2,6465	0,0091
18	2,6556	0,0084
19	2,6640	0,0080
20	2,6720	0,0740
21	2,6794	0,0070
22	2,6864	0,0066
23	2,6930	0,0063
24	2,6993	0,0059
25	2,7052	-

Η συνάρτηση Rocock που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του B_K , εξαρτάται από το α και το K . Μάλιστα έχουν γίνει και οι εξής παρατηρήσεις:

- { Η τιμή της συνάρτησης και του κατωφλιού αυξάνονται όσο μειώνεται το α .
- Η τιμή της συνάρτησης και του κατωφλιού αυξάνονται όσο αυξάνεται το K .}[44]
- Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται το K , η αύξηση του κατωφλιού γίνεται ολοένα και μικρότερη. Επομένως μετά από ένα αριθμό ελέγχων K , η αύξηση θα είναι αμελητέα και η τιμή του κατωφλιού θα μπορεί να θεωρηθεί σταθερή

ΑΝΑΦΟΡΕΣ MODULES

- [I] <https://gitcdn.github.io/bootstrap-toggle/2.2.2/css/bootstrap-toggle.min.css> [Προσπελάστηκε 22/11/19]
- [II] <https://gitcdn.github.io/bootstrap-toggle/2.2.2/js/bootstrap-toggle.min.js> [Προσπελάστηκε 22/11/19]
- [III] <http://cdn.rawgit.com/Eonasdan/bootstrap-datetimepicker/a549aa8780dbda16f6cff545aeabc3d71073911e/build/css/bootstrap-datetimepicker.css> [Προσπελάστηκε 22/11/19]
- [IV] <http://cdn.rawgit.com/Eonasdan/bootstrap-datetimepicker/a549aa8780dbda16f6cff545aeabc3d71073911e/src/js/bootstrap-datetimepicker.js> [Προσπελάστηκε 22/11/19]
- [V] <https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/moment.js/2.9.0/moment-with-locales.js> [Προσπελάστηκε 22/11/19]
- [VI] <https://www.solodev.com/assets/pagination/jquery.twbsPagination.js> [Προσπελάστηκε 05/12/19]
- [VII] <https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/jspdf/1.4.1/jspdf.debug.js> [Προσπελάστηκε 05/12/19]
- [VIII] <https://unpkg.com/jspdf-autotable@3.2.5/dist/jspdf.plugin.autotable.js> [Προσπελάστηκε 05/12/19]
- [IX] <https://code.highcharts.com/modules/exporting.js> [Προσπελάστηκε 05/12/19]
- [X] <https://code.highcharts.com/modules/offline-exporting.js> [Προσπελάστηκε 05/12/19]
- [XI] <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/> [Προσπελάστηκε 04/02/20]
- [XII] <https://cran.r-project.org/web/packages/GroupSeq/index.html> [Προσπελάστηκε 04/02/20]

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Ι.Α Κουτρουβέλης, Εφαρμοσμένες Πιθανότητες και Στατιστική, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011, Κεφάλαιο 6.1.1 σελίδα 254-255 [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [2] Ι.Α Κουτρουβέλης, Εφαρμοσμένες Πιθανότητες και Στατιστική, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011, Κεφάλαιο 8.2 σελίδα 338 [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [3] Jeff Sauro, James R. Lewis, Estimating Completion Rates from Small Samples using Binomial Confidence Intervals: Comparisons And Recommendations, PROCEEDINGS of the HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY 49th ANNUAL MEETING— Orlando 2005; <https://pdfs.semanticscholar.org/625c/823c95fbe582646ac733a01613b2fafa7d7d.pdf> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [4] Jeff Sauro, James R. Lewis, When 100% Really Isn't 100%: Improving the Accuracy of Small-Sample Estimates of Completion Rates, Journal of Usability Studies, Vol. 1, #3, May 2006, 136-150; <https://pdfs.semanticscholar.org/b28e/19dd46f55511251cfbe99da9dbb827c4ca4a.pdf> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [5] <https://measuringux.com/AdjustedWald.htm> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [6] Ι.Α Κουτρουβέλης, Εφαρμοσμένες Πιθανότητες και Στατιστική, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011, Κεφάλαιο 6.2.1 Μέτρα Θέσης-Μεταβλητότητας σελίδες 261-265 [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [7] <https://www.optimizely.com/optimization-glossary/ab-testing/> [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [8] <https://www.aarondefazio.com/tangentially/?p=83> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [9] <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/probability-and-statistics/z-score/> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [10] <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/raw-score/> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [11] <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/z-test/> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [12] <https://online.stat.psu.edu/stat509/node/80/> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [13] Deepayan Chakrabarti, Ravi Kumar, Filip Radlinski, Eli Upfal, Mortal Multi-Armed Bandits; <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2009/01/MMAB.pdf> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [14] Eyal Even-Dar, Shie Mannor, Yishay Mansour, Action Elimination and Stopping Conditions for the Multi-Armed Bandit and Reinforcement Learning Problems*, Journal of Machine Learning Research 7 (2006), 1079–1105, Published 6/06; <http://jmlr.csail.mit.edu/papers/volume7/evendar06a/evendar06a.pdf> [Προσπελάστηκε 17/01/20]
- [15] Sayan Mukherjee, Ding-Xuan Zhou, Learning coordinate covariances via gradients, Journal of Machine Learning Research 7 (2006) 519–549, Published 3/06; <http://www.jmlr.org/papers/volume7/mukherjee06a/mukherjee06a.pdf> [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [16] Xuemei Dong, Ding-Xuan Zhou, Learning gradients by a gradient descent algorithm, Learning gradients by a gradient descent algorithm, Journal of Mathematical Analysis and Applications Volume 341, Issue 2, 15 May 2008, Pages 1018-1027; <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0022247X07012589?token=49319A9BB8148EB357C97BA764FAC30518631CC7CE16EAE782839D3AFEACC647AE19731C41B8FC7700D101127497749F> [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [17] Sayan Mukherjee, Qiang Wu, Estimation of Gradients and Coordinate Covariation in Classification, Journal of Machine Learning Research 7 (2006) 2481-2514; <http://www.jmlr.org/papers/volume7/mukherjee06b/mukherjee06b.pdf> [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [18] Sayan Mukherjee, Qiang Wu, Ding-Xuan Zhou, Learning gradients on manifolds, Bernoulli 16 (2010) 181–207; https://projecteuclid.org/download/pdfview_1/euclid.bj/1265984708 [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [19] Xin Guo, Learning gradients via an early stopping gradient descent method, Journal of Approximation Theory Volume 162, Issue 11, November 2010, Pages 1919-1944; <https://core.ac.uk/download/pdf/82194807.pdf> [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [20] Tatyana V. BandosGustavo Camps-VallsEmilio Soria-Oliva, Statistical criteria for early-stopping of support vector machines, Neurocomputing 70 (2007) 2588–2592; https://isp.uv.es/papers/Bandos07_NEUCOM.pdf [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [21] Lutz Prechelt, Early Stopping | but when? https://page.mi.fu-berlin.de/prechelt/Biblio/stop_tricks1997.pdf [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [22] Lutz Prechelt, Early Stopping | but when?, Automatic Early Stopping Using Cross Validation: Quantifying the Criteria; http://page.mi.fu-berlin.de/prechelt/Biblio/stop_neurnetw98.pdf [Προσπελάστηκε 10/12/19]
- [23] Humay Anthony W., "intelligent social polling platform", United States December 2013; <http://www.freepatentsonline.com/20130339091.pdf> [Προσπελάστηκε 22/08/19]

- [24] Carolin Schröder, A mobile app for citizen participation, EGOSE 2014: proceedings: International Conference Electronic Governance and Open Society: Challenges in Eurasia: St. Peters urg, Russia, 18-20 November 2014; <https://core.ac.uk/download/pdf/74355687.pdf> [Προσπελάστηκε 22/08/19]
- [25] Noorazlina Mohamid Salih, Muhamad Zulfikre Norsid, Shareen Adlina Shamsuddin, Atzroulnizam Abu, Ahmad Makarimi Abdullah, Mohd Saidi Hanaffi and Mohd Shahrizan Mohd Said, A Design of Voting System by using an Android Apps for Fisherman, NO. 6, MARCH 2017 ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences; http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0317_5852.pdf [Προσπελάστηκε 22/08/19]
- [26] Jenny Lyn V. Abamo, Marc Regin S. Abamo, Theodore Donald L. Valerio, Philippines Smart App Voting System a Mobile Voting System, Volume 6, Issue 3, March 2016 International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering; http://ijarcsse.com/Before_August_2017/docs/papers/Volume_6/3_March2016/V6I3-01301.pdf [Προσπελάστηκε 22/08/19]
- [27] Robert S. Bejan, Kevin P. Centanni, Scott R. Gaertner, William I. Franzblau, Automatic Polling and Display Interactive Entertainment System; <https://patentimages.storage.googleapis.com/6a/3d/30/ff101fb589e517/US5465384.pdf> [Προσπελάστηκε 22/08/19]
- [28] https://www.w3schools.com/bootstrap4/bootstrap_get_started.asp [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [29] <https://getbootstrap.com/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [30] <https://getbootstrap.com/docs/3.4/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [31] <https://f5-studio.com/articles/what-is-bootstrap-and-how-to-use-it-in-web-development/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [32] <https://www.tutorialrepublic.com/javascript-tutorial/javascript-ajax.php> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [33] <https://jquery.com/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [34] https://www.w3schools.com/jquery/jquery_intro.asp [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [35] <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-angularjs/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [36] <https://www.tutorialspoint.com/highcharts/index.htm> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [37] https://www.tutorialspoint.com/highcharts/highcharts_overview.htm [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [38] <https://www.djangoproject.com/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [39] <https://docs.djangoproject.com/en/dev/faq/general/#django-appears-to-be-a-mvc-framework-but-you-call-the-controller-the-view-and-the-view-the-template-how-come-you-don-t-use-the-standard-names> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [40] <https://byteacademy.co/blog/django-python-framework> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [41] <https://realpython.com/tutorials/django/> [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [42] Ι.Α Κουτρουβέλης, Εφαρμοσμένες Πιθανότητες και Στατιστική, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011, Πίνακας Π1 σελίδα 572 [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [43] Ι.Α Κουτρουβέλης, Εφαρμοσμένες Πιθανότητες και Στατιστική, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2011, Πίνακας Π3 σελίδα 574 [Προσπελάστηκε 27/11/19]
- [44] http://www.biostat.umn.edu/~josephk/courses/pubh8482_fall2012/lecture_notes/pubh8482_week3.pdf [Προσπελάστηκε 17/01/20]