



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΓΡΑΦΕΩΣ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ
ΤΗΣ ΝΕΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΩΤΣΑΛΑΣ

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Παπαοδυσσεύς
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάρτιος 2021



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΜΕΛΕΤΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΓΡΑΦΕΩΣ
ΣΗΜΑΝΤΙΚΩΝ ΚΕΙΜΕΝΩΝ
ΤΗΣ ΝΕΟΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΩΤΣΑΛΑΣ

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Παπαοδυσσεύς
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 10^η Μαρτίου 2021.

.....

.....

.....

Κωνσταντίνος Παπαοδυσσεύς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ηλίας Κουκούτσης
Επ.Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθανάσιος Παναγόπουλος
Αν.Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Μάρτιος 2021

.....
Παναγιώτης Κωτσαλάς

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Παναγιώτης Κωτσαλάς, 2021

Copyright © Κωνσταντίνος Παπαποδυσσεύς, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτούν ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου.

Ευχαριστίες

Με το πέρας της διπλωματικής μου εργασίας ολοκληρώνεται το ταξίδι της φοίτησής μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ένα ταξίδι που μου αφήνει όμορφες αναμνήσεις και με δίδαξε, πέραν από τις ακαδημαϊκές γνώσεις, μαθήματα ζωής, τα οποία αποτελούν σημαντική βάση της μετέπειτα πορείας μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους εκείνους, οι οποίοι συνέβαλαν σε αυτό το επίτευγμα και στάθηκαν δίπλα μου ακόμα και τις δύσκολες στιγμές.

Αρχικά οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου Καθηγητή Ε.Μ.Π. κύριο Κωνσταντίνο Παπαουδυσσέα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου ένα κομμάτι από το τόσο σημαντικό έργο της ερευνητικής μας ομάδας, καθώς και για την αμέριστη καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Ήταν μεγάλη μου τιμή να συμβάλλω με την προσπάθειά μου στη μελέτη των κειμένων του εμπνευστή της Ελληνικής Επανάστασης, μέγα Ρήγα Φεραίου, καθώς και ιδιαίτερη χαρά μου να παρουσιάσω τη σχετική διπλωματική εργασία τον μήνα της επετείου των 200 χρόνων από την έναρξή της. Επιπλέον, ευχαριστώ θερμά το φίλο και συνεργάτη υποψήφιο Διδάκτωρ Θανάση Μαματσή, διότι συνέβαλλε σημαντικά στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας, αλλά και καθ' όλη την πορεία μου στη σχολή υπήρξε κινητήριο δύναμη. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους τρεις ακόμα φίλους και συνοδοιπόρους μου σε αυτό το ταξίδι, Δήμητρα, Αναστασία και Στράτο, για όλη την πολύτιμη αρωγή και στήριξή τους τα τελευταία αυτά χρόνια.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που με βοήθησε να ολοκληρώσω τη δοκιμασία της φοίτησής μου, καθώς στέκεται στο πλάι μου για να υποστηρίξει ηθικά και υλικά τις επιλογές και τις προκλήσεις μου. Τέλος, ξεχωριστά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κοπέλα μου, Ευγενία, για την ενθαρρυντική και πρακτική στήριξή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, καθώς ήταν δίπλα μου εξ' αρχής και η προσφορά της συνέβαλε στη διεκπεραίωσή της.

Παναγιώτης Κωτσαλάς
Αθήνα, Μάρτιος 2021

Περίληψη

Οι σύγχρονες εξελίξεις στην επιστήμη του Μηχανικού Υπολογιστών και ιδιαίτερα στην Αναγνώριση Προτύπων και την Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας ανοίγουν νέους δρόμους σε πολλές άλλες Επιστήμες, μεταξύ των οποίων είναι η και Αρχαιομετρία και Παλαιογραφία. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, κατ' αρχάς εφαρμόζεται μία διαδικασία αυτόματης κατάτμησης εικόνων, με σκοπό την εξαγωγή του καθαρού σώματος και του περιγράμματος υλοποιήσεων συμβόλων της ελληνικής αλφαβήτου. Εν συνεχεία, με βάση τα προαναφερθέντα, εφαρμόζονται προηγμένες αλγοριθμικές και μαθηματικές μέθοδοι, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε αυτόματη αναγνώριση του γραφέα ενός κειμένου. Οι μέθοδοι αυτές έχουν πρωτοπαρουσιαστεί σε δημοσιεύσεις και διδακτορικά που έγιναν στο συγκεκριμένο εργαστήριο της ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ. Ειδικότερα, ελέγχθηκε εάν οι υλοποιήσεις των συμβολογραμμάτων "σ" και "α", οι οποίες απαντώνται σε τρία (3) κείμενα, έχουν γραφεί από τον μεγάλο Ρήγα Φεραίο. Τα σχετικά αποτελέσματα φαίνεται να δίνουν πολύ "καθαρά" συμπεράσματα που παρουσιάζονται στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: Αυτόματη Κατάτμηση Εικόνας, Διαχωρισμός γράμματος από το Υπόβαθρο, Αυτόματη Εξαγωγή Περιγράμματος από Γράμμα, Αφφινικοί Μετασχηματισμοί, Αυτόματη Αναγνώριση Γραφέα, Ομαδοποίηση Κειμένων Βάσει του Γραφέα τους.

Abstract

The evolution of the contemporary Computer Engineering discipline and in particular of the scientific fields of Pattern Recognition and Digital Image Processing, open new frontiers and opportunities to many other scientific disciplines, as for example Archaeometry and Palaeography. In the present dissertation, at first, a method for automatic segmentation of images is applied, aiming at extracting the main clear body and the contour of realizations of various Greek alphabet symbols. At a next step, the aforementioned main letter body and contour will be used, in order to achieve automatic classification of a text to the proper writer. These methods have been, for the first time, introduced from members of the Laboratory to which the dissertation supervisor belongs, in various publications in International Journals, Conferences and Ph.D. theses. More specifically, in the present dissertation, it has been tested if the two greek letters "σ" and "α", appearing in three distinct texts, belong to the Great Rigas Feraios or not. The associated results seem to offer quite clear corresponding inferences, which are presented in the last section of the present work.

Keywords: Automatic Image Segmentation, Separation of the body of a letter from its background, Automatic Contour Extraction, Affine Transformations, Automatic Writer Identification, Documents Classification According to their Writer.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη	7
Abstract.....	8
Πίνακας Περιεχομένων.....	9
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	11
1.A. Η μεγάλη σημασία της ταυτοποίησης γραφέα ενός αρχαίου είτε παλαιού κειμένου.....	11
1.B. Η πρωτότυπη τεχνική αυτόματης ταυτοποίησης γραφέα	15
1.Γ. Ο Ρήγας, το έργο του και τα προς μελέτη κείμενα.....	17
Κεφάλαιο 2. Οι τεχνικές αυτόματης αναγνώρισης γραφέα και οι δυσκολίες	26
2.A. The state of art: off-line and on-line methods	26
2.B. Οι εγγενείς δυσκολίες της αυτόματης αναγνώρισης γραφέα.....	28
Κεφάλαιο 3. Εξαγωγή περιγράμματος και σώματος τυχούσης υλοποίησης συμβολογράμματος από το κείμενο στο οποίο βρίσκεται.....	34
3.A. Η χρησιμοποιηθείσα μέθοδος αυτόματης κατάτμησης των εξαχθέντων μεμονωμένων υλοποιήσεων.....	34
3.B. Η εξαγωγή του περιγράμματος ενός συμβόλου από την κατατμημένη εικόνα..	41
Κεφάλαιο 4. Η μέθοδος σύγκρισης υλοποιήσεων ενός συμβολογράμματος με βέλτιστη προσαρμογή τους	43
4.A. Η θεωρητική βάση της μεθόδου	43
4.B. Αναλυτικός - “κλειστός” υπολογισμός του ελαχίστου του κριτηρίου ϵ	47

Κεφάλαιο 5. Στατιστικά κριτήρια ομοιότητας των υλοποιήσεων των συμβολογραμμάτων στη θέση βέλτιστης προσαρμογής	52
5.A. Τα βήματα της στατιστικής ανάλυσης.....	52
5.B. Πιθανοφάνεια και στατιστικές υποθέσεις στη βέλτιστη θέση προσαρμογής....	58
Κεφάλαιο 6. Εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτόματης αναγνώρισης στα κείμενα του Ρήγα Φεραίου και οπτική απόδοση	60
6.A. Παραδείγματα περιγραμμάτων και σύγκρισης εμβαδών των υλοποιήσεων ανάμεσα στα προς μελέτη κείμενα για το συμβολόγραμμα “σ”	62
6.B. Παραδείγματα περιγραμμάτων και σύγκρισης εμβαδών των υλοποιήσεων ανάμεσα στα προς μελέτη κείμενα για το συμβολόγραμμα “α”	74
Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία	86

1.Εισαγωγή:

1.A. Η μεγάλη σημασία της ταυτοποίησης γραφέα ενός αρχαίου είτε παλαιού κειμένου

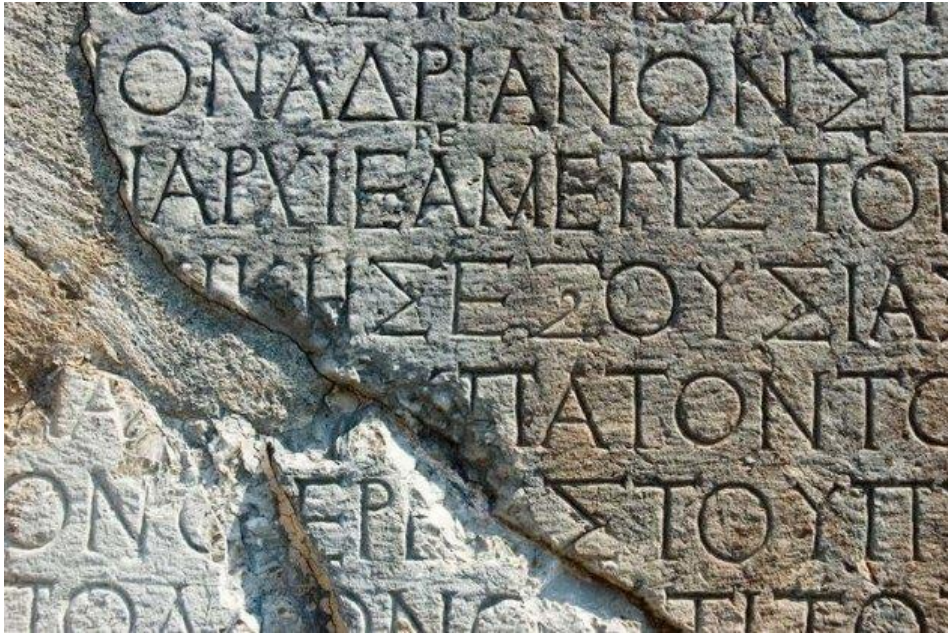
Η επιστήμη της Ιστορίας στηρίζεται κατά κύριο λόγο στα διασωθέντα κείμενα, είτε αυτά προέρχονται από λίθινες πλάκες (αρχαίων χρόνων) είτε από χειρόγραφα μεταγενέστερων χρόνων. Για την κατά το μέγιστο δυνατή αξιοποίηση αυτών των πηγών πληροφορίας, σύμφωνα με τους περισσότερους ιστορικούς, είναι απαραίτητη η χρονολόγηση των κειμένων. Όπως και χαρακτηριστικά αναφέρει ο καθηγητής ιστορίας Christian Habicht: «Η σωστή χρήση των επιγραφών για ιστορικούς λόγους γίνεται μόνο μέσω ορθής χρονολόγησης». Συνεπώς, ο κλάδος της επιγραφολογίας, στον οποίο υπάγεται και το αντικείμενο της παρούσας εργασίας έχει μεγάλο πεδίο εφαρμογής σε παγκόσμιο επίπεδο με σημασία καθοριστική για την ορθή καταγραφή και χρονολόγηση της ιστορίας.

Η ανάγκη αυτή της χρονολόγησης προκύπτει από το γεγονός ότι οι γραφείς δεν υπέγραφαν, ούτε σημείωναν ημερομηνία στα κείμενά τους, τόσο στις αρχαίες επιγραφές όσο και σε χειρόγραφα κείμενα περγαμηνών και παπύρων. Η αξία αυτών των κειμένων είναι ανεκτίμητη, αν αναλογιστεί κανείς πως αποτέλεσαν το μοναδικό μέσο διάδοσης των γνώσεων της κάθε εποχής από τους κλάδους τόσο της λογοτεχνίας, όσο και της φιλοσοφίας και των θετικών επιστημών. Μέσα από τα διασωθέντα κείμενα αρχαίων επιγραφών έχουμε πληροφορίες για αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους, ιστορικές μάχες, την μυθοπλασία και άλλες ανθρωπιστικές επιστήμες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα έπη του Ομήρου τα οποία περνώντας μέσα από τους αιώνες αναπαρήχθησαν σε κάθε εποχή από τα διαθέσιμα μέσα καταγραφής μέχρις ότου να διασωθούν από την τελική χειρόγραφη μορφή τους τον ενδέκατο αιώνα στη Βυζαντινή Αυτοκρατορία. Η κληρονομιά των επιγραφών, ωστόσο, δεν αφορά μόνο όσες σχετίζονται με τον ελληνικό πολιτισμό, καθότι σημαντικά κείμενα εξάγονται και από άλλες περιοχές με σημαντική ανάπτυξη πολιτισμών στο πέρασ των αιώνων, όπως στη Μεσοποταμία, την Αίγυπτο, την Ιταλία.



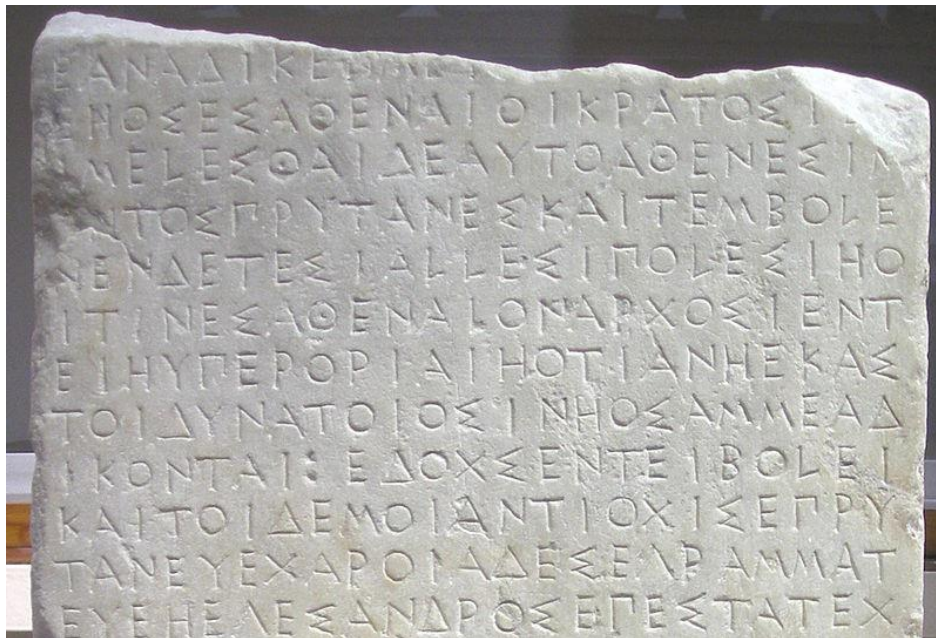
Εικόνα 1.1

Βυζαντινός Πάπυρος με απόσπασμα από την Ιλιάδα.



Εικόνα 1.2

Δείγμα Αρχαίας Επιγραφής εκ των Δελφών



Εικόνα 1.3

Κομμάτι από τις Επιγραφές του Διογένη στα Οινόανδα

Η κατάταξη αυτών των κειμένων μέχρι σήμερα γινόταν με συγκριτικές χρονολογήσεις και την εμπειρία των αρχαιολόγων. Οι υπάρχουσες μέθοδοι, επομένως, δεν έδιναν αντικειμενικά και αδιαμφισβήτητα αποτελέσματα, καθότι υπόκεινται στον παράγοντα υποκειμενικότητας του εκάστοτε μελετητή. Κρίνεται λοιπόν αναγκαία η ύπαρξη μαθηματικοποιημένων κριτηρίων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων που θα συμβάλλουν στην αντικειμενικότερη ομαδοποίηση, κατάταξη και χρονολόγηση των επιγραφών.

Η καινοτομία που αναπτύχθηκε από την ερευνητική ομάδα του κ. Παπαοδυσσέα, μέλος της οποίας αποτελώ, ανέδειξε ένα νέο τρόπο ταυτοποίησης γραφέα επιγραφών και χειρόγραφων κειμένων μέσω ποσοτικής ανάλυσης και χρήση της επιστήμης των υπολογιστών [1-3]. Οι πρωταρχικές προσπάθειες ταυτοποίησης είχαν τις εξής δημοσιευμένες μεθόδους:

- Αναγνώριση γραφέα από μια λέξη που τη γράφουν διαφορετικά άτομα
- Επικύρωση γραφέα αγγλικού κειμένου με κάποιο κείμενο αναφοράς, χρήση συνεκτικών συνόλων και συγκεκριμένων χαρακτήρων και γραφημάτων
- Επικύρωση γραφέα κινέζικων ιδεογραμμάτων
- Αναγνώριση γραφέα με τη χρήση Hidden Markov Models.

1.B. Η πρωτότυπη τεχνική αυτόματης ταυτοποίησης γραφέα

Στην παρούσα διπλωματική γίνεται η πρακτική εφαρμογή της τεχνικής αυτόματης ταυτοποίησης γραφέα σε κείμενα του Ρήγα Φεραίου, η οποία είχε ήδη χρησιμοποιηθεί σε λίθινες αρχαίες επιγραφές, αλλά και σε βυζαντινά διασωθέντα χειρόγραφα. Οι λιθοξόοι της εποχής, οι οποίοι σκάλιζαν τις λίθινες πλάκες, όπως και οι γραφείς μεταγενέστερων χρόνων μέχρι την εποχή του 13^{ου} με 14^{ου} αιώνα και της μαζικής γραφής, ασκούσαν επαγγελματικά αυτή τους τη δραστηριότητα, περιορίζοντας έτσι το πλήθος των διαφορετικών επιλογών. Ειδικότερα στην αρχαιότητα που ο αριθμός των λιθοξόων είναι αρκετά μικρός μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- i. Οι δεκάδες χιλιάδες επιγραφές που ανακαλύφθηκαν στον ελλαδικό χώρο, έχουν γραφεί από κάποιες εκατοντάδες διαφορετικούς γραφείς.
- ii. Το μεγάλο σύνολο επιγραφών που αναλογούν σε ένα γραφέα αυξάνει τις πιθανότητες για επιτυχή χρονολόγηση της περιόδου ενεργής επαγγελματικής του καριέρας. Αυτό συμβαίνει από το γεγονός ότι αντλούμε από το περιεχόμενο τουλάχιστον μιας επιγραφής.
- iii. Αν βρεθεί μια νέα επιγραφή προς χρονολόγηση βάσει του περιεχομένου της, αλλά αντιστοιχιστεί σε κάποιο γραφέα, αυτομάτως θα αποδίδεται χρονικά στην περίοδο κατά την οποία ο γραφέας ήταν ενεργός. Αυτή η περίοδος αφορά διάρκεια είκοσι έως εικοσιπέντε ετών, καθώς τα προβλήματα όρασης μετά από κάποια ηλικία καθιστούσαν δύσκολη την άσκηση του επαγγέλματος

Με παρόμοιο τρόπο θα μπορούσαμε να θέσουμε και κριτήρια για τη χρονολόγηση μεταγενέστερων κειμένων, της Βυζαντινής περιόδου, κατά την οποία οι γραφείς που αντέγραψαν αρχαία κείμενα σε παπύρους και άλλα ήδη γραφικής ύλης ήταν μερικές δεκάδες. Πολλοί μάλιστα εισήγαγαν και σχόλια στα κείμενά τους, από τα οποία μπορούμε να συλλέξουμε αρκετές πληροφορίες ιδίως με τη χρονολογική κατάταξη τους βάσει του γραφέα στον οποίο ανήκουν.

Η αναγκαιότητα για μια πιο αυτοματοποιημένη και σωστή μέθοδο ταυτοποίησης γραφέα και εν συνεχεία χρονολόγησης των κειμένων οδήγησε στην ανάπτυξη ενός πληροφοριακού συστήματος, που ενσωματώνει ένα αριθμό πρότυπων στατιστικών

μεθόδων στην κατεύθυνση αυτή. Αυτό και πραγματοποιήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα εισάγοντας ένα αριθμό νέων στοιχείων με βελτιωμένες επιδόσεις σε σχέση με τις ήδη υπάρχουσες μεθόδους. Ειδικότερα, όταν η νέα αυτή μέθοδος επιτυγχάνει να επιβεβαιώσει ήδη γνωστά αποτελέσματα από άλλες, ενισχύεται η ορθότητα και η εγκυρότητά τους. Επιπλέον, η καινοτομία αφορά και το μειωμένο πλήθος δειγμάτων που απαιτούνται για τη σύγκριση, μιας και η νέα μέθοδος έχει εξαιρετικά αποτελέσματα και με πολύ μικρό αριθμό διαθέσιμων υλοποιήσεων ενός γράμματος. Σε αυτό έρχεται να προστεθεί και η νέα προοπτική που αναδεικνύεται με τη δυνατότητα εφαρμογής αυτής της μεθόδου, όχι μόνο σε αρχαίες επιγραφές αλλά και σε χειρόγραφα βυζαντινών χρόνων και μετέπειτα σε νεότερων που θα δούμε στη συνέχεια ως δείγμα στην παρούσα διπλωματική.

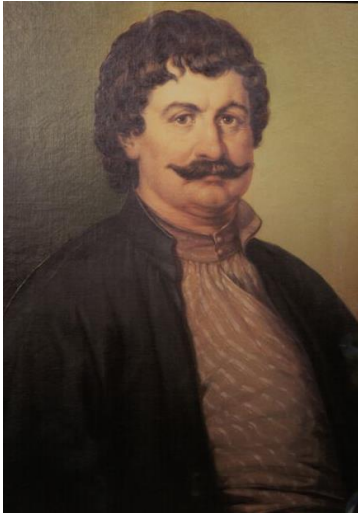
Στον επακριβή προσδιορισμό της προέλευσης του κειμένου, μη έχοντας γνώση για τη χρονολογία, τον τόπο γραφής αλλά ή/και το συγγραφέα, συνέβαλαν κάποια δεδομένα που κατοχύρωναν ότι:

- Το περιεχόμενο ενός κειμένου ή ορισμένο τμήμα αυτού έχει γραφεί αποκλειστικά και μόνο από τον ίδιο γραφέα. Η πληροφορία αυτή αντλείται από τις θέσεις ειδικών ερευνητών των Κλασικών Σπουδών που θεωρούν δεδομένο ότι οι αυτόνομες μονάδες κειμένων ανήκουν σε ένα γραφέα. Η μονάδα αυτή μπορεί να αποτελεί μια επιγραφή είτε ένα πάπυρο, αλλά σε κάθε περίπτωση τα μαθηματικοποιημένα κριτήρια αποδεικνύουν τη στατιστική υπόθεση ύπαρξης ενός δημιουργού.
- Διαθέτουμε πλήρη γνώση των διαθέσιμων συμβόλων του εκάστοτε αλφαβήτου που χρησιμοποιήθηκε στο προς μελέτη κείμενο. Το αλφάβητο αυτό θα μπορούσε να είναι το Ελληνικό, το Λατινικό, το Ετρουσκικό είτε κάποιου άλλου που περιέχεται στο κείμενο που τίθεται προς εξέταση.

Αξιοποιώντας λοιπόν τη χρήση του πληροφοριακού συστήματος που έχει ήδη εφαρμοστεί σε πληθώρα κειμένων δίνοντας μέσω ποσοτικών αποτελεσμάτων την ταυτοποίηση ενός γραφέα, θα εξετάσουμε το γραφικό χαρακτήρα του γραφέα του κειμένου "Σαγανάκι της Τρέλλας". Το παρόν κείμενο φημολογείται ότι ανήκει στο Ρήγα Φεραίο, πράγμα που περιορίζει αρκετά τις πιθανές επιλογές γραφέων, εστιάζοντας για αρχή σε αυτόν.

1.Γ. Ο Ρήγας, το έργο του και τα προς μελέτη κείμενα

Ο ΒΙΟΣ



Ο Ρήγας Βελεστινλής ή Ρήγας Φεραίος γεννήθηκε το 1757 και απεβίωσε στο Βελιγράδι στις 24 Ιουνίου 1798. Γεννήθηκε συγκεκριμένα στο Βελεστίνο, τις αρχαίες Φερές, από εύπορη οικογένεια, ήταν Έλληνας συγγραφέας, πολιτικός, στοχαστής και επαναστάτης. Θεωρείται εθνομάρτυρας και πρόδρομος της Ελληνικής Επανάστασης του 1821, αφού παρουσίασε πλούσιο συγγραφικό έργο το οποίο συνετέλεσε και ως φορέας του Ευρωπαϊκού Διαφωτισμού που προσπαθούσε να διεισδύσει και στον ελληνικό κόσμο, επιφέροντας σταδιακά τον Νεοελληνικό Διαφωτισμό. Η πρώτη επαφή με τον κόσμο των γραμμάτων έγινε από ιερέα του Βελεστίνου και κατόπιν στη Ζαγορά, στην πορεία έγινε δάσκαλος στην κοινότητα Κισσού Πηλίου και στην ηλικία των είκοσι ετών σκότωσε στο Βελεστίνο έναν Τούρκο πρόκριτο όπου και έκτοτε κατατάχθηκε στο σώμα του αρματολού θείου του Σπύρου Ζήρα στην Βόρεια Ελλάδα. Αργότερα στο Άγιο Όρος, αναπτύσσει φιλία με τον ηγούμενο της μονής Βατοπεδίου, Κοσμά, όπου έμεινε πολύ λίγο ταξιδεύοντας έπειτα στην Κωνσταντινούπολη, μετά από πρόσκληση του Πρέσβη της Ρωσίας για σπουδές, στην οικία του οποίου γνώρισε τον Πρίγκιπα Αλέξανδρο Υψηλάντη με τον οποίο κινείται προς τη Βλαχία. Ο Μαυρογένης ως Οσποδάρος της Βλαχίας, διαλέγει τον Ρήγα και τον διορίζει κατά μία εκδοχή έπαρχο της Κραϊόβας. Μετά τον Ρωσοτουρκικό πόλεμο και την ήττα της Τουρκίας το 1790, ο Μαυρογένης αποκεφαλίστηκε ως υπαίτιος της ήττας και ο Ρήγας κατέφυγε στη Βιέννη, την οποία έκανε έδρα της επαναστατικής δράσης του.

Συνεργάτες του ήταν κυρίως Έλληνες έμποροι ή σπουδαστές. Ο Ρήγας απέβλεπε στην απελευθέρωση και ενοποίηση όλων των Βαλκανικών λαών και φυσικά όλου του ελληνικού στοιχείου που ήταν διασκορπισμένο στην Ανατολή και τα ευρωπαϊκά κέντρα. Επηρεασμένος από τον ευρωπαϊκό Διαφωτισμό, πίστεψε βαθιά στην ανάγκη της επαφής των Ελλήνων με τις νέες ιδέες που σάρωναν και άλλαζαν όλη την

Ευρώπη. Η εκδοτική δραστηριότητά του επιδίωκε να σπείρει το σπόρο μιας επαναστατικής προσπάθειας που θα ανέτρεπε τον οθωμανικό δεσποτισμό και θα επιτύγχανε την απελευθέρωση των Ελλήνων και των βαλκανικών λαών. Δεν απέβλεπε μόνο στα εκσυγχρονισμένα στρώματα της ελληνικής κοινωνίας και τη φωτισμένη διάνοηση. Απευθυνόταν και στις πλατιές μάζες του πληθυσμού, μεταδίδοντας το μήνυμα της εθνικής απολύτρωσης σε μια γλώσσα που ήταν οικεία σ' αυτές, την ελληνική.



Εικόνα 1.4

Πίνακας του Θεόφιλου , " Ο Ρήγας Φεραίος και ο Αδαμάντιος Κοραής υποβαστάζουν την Ελλάδα "

Ο Ρήγας, εν τέλει, συνελήφθη στην Τεργέστη, στις 19 Δεκεμβρίου του 1797. Σκόπευε την ίδια εκείνη ημέρα να επισκεφθεί τον Γάλλο πρόξενο της πόλης Μπρεσέ, από τον οποίο θα ζητούσε προστασία, όμως δεν πρόλαβε. Φυλακίστηκε στη Βιέννη, στις 14 Φεβρουαρίου 1798, όπου ανακρίθηκε μαζί με τους υπόλοιπους συντρόφους του. Εκεί, ύστερα από συνεχή βασανιστήρια, στις 24 Ιουνίου του 1798, στραγγαλίστηκαν και τα σώματά τους ρίχτηκαν στον Δούναβη, σύμφωνα με τα επίσημα Αυστριακά έγγραφα. Εικάζεται ότι αιτία για τη θανάτωσή τους υπήρξε η πεποίθηση των Αυστριακών και Τουρκικών Αρχών πως ο Ρήγας και οι σύντροφοί του είχαν στενές σχέσεις με το Ναπολέοντα Α΄, θεωρούμενοι έτσι ως άκρως επικίνδυνοι.

ΤΟ ΕΡΓΟ ΤΟΥ

Το έργο του Ρ. Φεραίου- Βελεστινλή θεωρείται πολύπλευρο και πολυσήμαντο, αναδεικνύει τις πτυχές της προσωπικότητάς του και τη συμβολή του τόσο σε επαναστατικό όσο και σε πολιτιστικό και πολιτικό επίπεδο γι' αυτό και ποικίλλει, από ποιήματα, άρθρα συνταγματικής μορφής έως και θεατρικά κωμικά έργα. Ανακαλύπτει κανείς έργα με έντονο το στοιχείο του Διαφωτισμού όπου γράφει τη φυσική του σε "*απλούν ύφος*" για να είναι κατανοητή από τον λαό και να καταπολεμήσει έτσι τις προλήψεις και δεισιδαιμονίες για τη χρήση της γλώσσας και να μεταφέρει τη γνώση του Γαλλικού και Ευρωπαϊκού πνεύματος. Επιγραμματικά αναφέρονται κάποια έργα του με την πολιτισμική πλευρά αυτής της συμβολής τους: το βιβλίο "*Σχολείον των ντελικάτων εραστών*", το οποίο είναι μετάφραση από το βιβλίο του *Retif de la Bretonne* (1734-1806), ή το "*Les Contemporaines*", που θεωρείται ως το πρώτο βιβλίο από το νέο είδος λογοτεχνικού έργου, του μυθιστορήματος, στον ελληνικό χώρο. Στόχος του τελικός ήταν να αναλάβει "*το πεπτωκός Ελληνικόν γένος*", να φθάσει στην πρότερή του θέση, στην παιδεία και στη μόρφωση. Το έργο του επίσης ως Πολιτικός Νους διαφαίνεται με το επαναστατικό κείμενο "*Νέα Πολιτική Διοίκησης*", που το μεγαλύτερο μέρος είναι μετάφραση από το Γαλλικό Σύνταγμα του 1793. Ήταν γνώστης της διπλωματίας και της σημασίας του ψυχολογικού παράγοντα στην έκβαση ιδιαίτερα των επαναστατικών κινημάτων και είχε προνοήσει, με την κήρυξη της επανάστασής του, να έχει έτοιμη την *Επαναστατική Προκήρυξη*, όπου διατυπώνει το δίκαιον της ένοπλης εξέγερσης κατά της τυραννικής εξουσίας του Σουλτάνου.

Η επαναστατική φύση του έργου αναδεικνύεται ενδόξως με τον Ρήγα ως τον επαναστάτη που προσπαθεί να δείξει στους συμπατριώτες του τη μεγάλη κληρονομιά, που είχαν από τους αρχαίους "Ελληνες, το μεγαλείο των ελληνικών πόλεων, την οικονομική και πολιτική τους δύναμη και την ανδρεία των προπατόρων τους. Ο Ρήγας τυπώνει το 1797, σε ένα φύλλο, διαστάσεων 44.7 εκ. X 29 εκ., την εικόνα του Μεγάλου Αλεξάνδρου, που πλαισιώνεται από τις μορφές των τεσσάρων στρατηγών του, τον Αντίγονο, τον Σέλευκο, τον Κάσσαδρο και τον Πτολεμαίο, μνημονεύοντας παράλληλα τα κατορθώματα του Μ. Αλεξάνδρου. Μετέφρασε και εξέδωσε επίσης το μεγαλύτερο μέρος από τον τέταρτο τόμο "*Νέος Ανάχαρσις*", έργο του Γάλλου συγγραφέως *J.J.Barthelemy*, "*Voyage du jeune Anacharsis en Grece*". Την έκδοση εμπλούτισε με πολλές υποσημειώσεις και παρατηρήσεις, όπου τονίζει στους Ελληνες την αρχαία δόξα και τη σημαντική καταγωγή τους. Συνέθεσε τον

παιάνα με τίτλο "Θούριος", εξέδωσε την "Χάρτα της Ελλάδος", από δώδεκα φύλλα, τα οποία αν συνενωθούν στην αρμόζουσα θέση σχηματίζεται τότε ένας μεγάλος χάρτης της Ελλάδος και του Βαλκανικού χώρου, διαστάσεων περίπου δύο επί δύο μέτρων κλπ.



Εικόνα 1.5

Η Χάρτα του Ρήγα Φεραίου

Επιγραμματικά αναφέρεται και το υπόλοιπο έργο του:

Το Σαγανάκι της Τρέλλας, 1786 (Για το έργο αυτό τελικά υπάρχουν επιχειρήματα υπέρ και κατά της πατρότητας του Ρήγα) , Ο Στρατηγός Κεβενχύλλερ ή Στρατιωτικόν Εγκόλπιον, Επιπεδογραφία της Κωνσταντινουπόλεως, Βιέννη, 1796, Χαλκογραφία του Μεγάλου Αλεξάνδρου, Βιέννη, 1797, Νέα Χάρτα της Βλαχίας και μέρους της Τρανσυλβανίας, Βιέννη, 1797, Γενική Χάρτα της Μολδαβίας, Βιέννη 1797, Ηθικός Τρίπους, Βιέννη 1797 : Περιλάμβανε τέσσερα τμήματα: α. Επαναστατική Προκήρυξις Υπέρ των νόμων και της πατρίδος, β. Τα Δίκαια του ανθρώπου σε 35 άρθρα, γ. Το Σύνταγμα της Ελληνικής Δημοκρατίας, σε 124 άρθρα, δ. Θούριος. «Αγαθάγγελος» ή «Οπτασία του μακαρίου ιερομονάχου Αγαθαγγέλου»

ΤΟ ΣΥΝΤΑΓΜΑ ΤΟΥ Ρ. ΦΕΡΡΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟ ΣΑΓΑΝΑΚΙ ΤΗΣ ΤΡΕΛΛΑΣ

Το Σύνταγμα άρχιζε με την τετρασέλιδη προκήρυξη με τον τίτλο *Υπέρ των Νόμων και της Πατρίδος*, Ελευθερία, Ισοτιμία, αδελφότης και καλούσε σε εξέγερση το λαό, «απόγονο των Ελλήνων» και όλους «όσοι στενάζουν υπό την δυσφορωτάτην τυραννίαν του Οθωμανικού βδελυρωτάτου δεσποτισμού». Πίστευε ότι όλα τα δεινά των σκλαβωμένων προέρχονταν από την «κακήν και αχρειεστάτην διοίκησιν από την στέρησιν καλών νόμων». Ακολουθούν: *Τα δίκαια του ανθρώπου*, 35 άρθρα συνολικά, όσα και στο γαλλικό πρότυπο της Διακήρυξης των δικαιωμάτων του ανθρώπου. «Αυτά τα φυσικά δίκαια είναι: πρώτον το να είμεθα όλοι Ίσοι, και όχι ο ένας ανώτερος από τον άλλον. Δεύτερον να είμεθα ελεύθεροι, και όχι ο ένας σκλάβος του αλλουνού. Τρίτον να είμεθα σίγουροι εις την ζωήν μας και κανένας να μην ημπορή να μας την πάρη αδίκως και κατά την φαντασίαν του. Και τέταρτον, τα κτήματα οπού έχομεν κανένας να μην ημπορή να μας τα εγγίξη, αλλ' είναι δικά μας και των κληρονόμων μας». [άρθρ. 2] Στα υπόλοιπα άρθρα γινόταν λόγος για: ισότητα, φυσική και νομική ατομική ελευθερία, βασισμένη στη φύση, ελευθερία έκφρασης των ιδεών, του λόγου, του συνέρχεσθαι, του τύπου, απαγόρευση των βασανιστηρίων, κατάργηση της δουλείας, ελευθερία των θρησκευτικών πεποιθήσεων, σεβασμός της γλώσσας και της πίστης κάθε λαού, ισότητα ανδρών και γυναικών, υποχρεωτική δημόσια εκπαίδευση αγοριών και κοριτσιών. Τέλος, το άρθρο 35 μιλά για το αναφαίρετο δικαίωμα των ανθρώπων στην επανάσταση όταν το κράτος παραβιάζει τα δικάια τους και δεν εισακούει τα παράπονά τους.

Το «σαγανάκι της τρέλας» είναι ένα θεατρικό έργο , που δεν ανέβηκε ποτέ στην σκηνή και είναι επηρεασμένο εμφανώς από τον Μολιέρο. Ξεχειλίζει από χιούμορ, εμπνέεται από τον τρόπο γραφής του Μολιέρο και καταφέρνει να τον ξεπεράσει. Από το “σαγανάκι της Τρέλλας”, σώζονται δύο πράξεις. Ωστόσο εκφράστηκαν ορισμένες επιφυλάξεις ως προς την επιχειρηματολογία που ακολουθήθηκε στην απόδοση του έργου αυτού στο Ρήγα, επιφυλάξεις που εξέφρασε κυρίως ο ακαδημαϊκός και θεατρολόγος κύριος Σπύρος Α. Ευαγγελάτος. Έκτοτε, και με πιο εμπεριστατωμένη μελέτη του κειμένου, οι επιφυλάξεις αυτές έχουν τροποποιηθεί και εμφανίστηκαν και νέα επιχειρήματα υπέρ και κατά της πατρότητας του Ρήγα. Πριν αποφανθεί κανείς οριστικά, βέβαια, πρέπει να παρουσιαστεί το κείμενο σε μια κανονικά σχολιασμένη έκδοση με λεπτομερειακό υπομνηματισμό, γιατί αυτό που παρουσιάζει η φιλόλογος κυρία Lia Brad Chisacof προς το παρόν είναι μια λιγότερο ή περισσότερο πιστή μεταγραφή του χειρόγραφου κώδικα, με όλες τις αβλεψίες, τις ιδιοτροπίες του γραφέα ή αντιγραφέα, τις ανακολουθίες στην ορθογραφία κτλ. το εγχείρημα αυτό καθίσταται ακόμα επιτακτικότερο, γιατί το κείμενο βρίθεται από ιδιωματισμούς, τουρκικές και βλάχικες λέξεις και εκφράσεις, που δυσχεραίνουν, σε ορισμένα σημεία ματαιώνουν, τη σωστή κατανόηση του κειμένου.

ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ L.B. CHICASOF

Η κυρία Lia Brad Chisacof είναι ελληνίστρια εκ Ρουμανίας, επιστημονική ερευνήτρια στο Ινστιτούτο Νοτιοανατολικών Σπουδών της Ρουμανικής Ακαδημίας. Το διδακτορικό της είχε τίτλο «*Προβλήματα από την επαφή μεταξύ της ρουμανικής και της ελληνικής γλώσσας στο τέλος του 18ου και αρχές του 19ου αιώνα*» η Ρουμάννα ελληνίστρια ιστορικός κυρία LiaBradChisacof είχε παρουσιάσει ένα χειρόγραφο, το οποίο, όπως υποστήριζε στο επιλογικό κείμενό της, ήταν έργο του Ρήγα. Η έκδοση έγινε από το Ινστιτούτο Μελετών Νότιο-Ανατολικής Ευρώπης της Ρουμανικής Ακαδημίας και ήταν δίγλωσση ελληνικά-ρουμανικά με τίτλο «*Ρήγας, Ανέκδοτα έργα - Rigas, Scrieri inedite*» («*Η δοκιμασμένη φίλια*» και μια κωμωδία «*Το σαγανάκι της Τρέλλας*»). Πρόσφατα, το 2011, από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κύπρου και τις εκδόσεις Gutenberg επανεκδόθηκε το χειρόγραφο στην Αθήνα σε έκδοση με τίτλο «*Ρήγας, ανέκδοτα έργα*».

Τα επιχειρήματα της κυρίας Chisacof σχετικά με την πατρότητα του κειμένου “*Το σαγανάκι της Τρέλλας*” και η ενδεχόμενη αναίρεσή τους μέσα από τις ανάλογες παρατηρήσεις μπορούν να συνοψιστούν στις εξής θέσεις:

1. Ένα στοιχείο αποτελεί το σημείωμα επάνω στο “φάκελο” του χειρογράφου (στην πραγματικότητα ένα φύλλο διπλωμένο σε σχήμα φακέλου), με το εξής περιεχόμενο: *Des papiers appartenant a monsieur Le Roy secretaire de Me le Prince Brancowan a Bucoreste pris en de'po't de 25 Juillet 1786*. Ο φάκελος φέρει τη βούλα του αυστριακού προξενείου του Βουκουρεστίου. Το όνομα *Le Roy* αποτελεί μετάφραση του ονόματος του Ρήγα.
2. Μια παλαιογραφική εξέταση και σύγκριση με αυτόγραφα του Ρήγα προσκόμισε ορισμένες ομοιότητες: στον τρόπο γραφής των «ο», «στ», «ων» και «είναι» για το σκοπό της σύγκρισης παρατίθεται στο τέλος, εκτός από τις φωτογραφίες του κώδικα, και ένα αυτόγραφο του Ρήγα από το 1796.
3. Στο έργο υπάρχει ένα πρόσωπο, αποκαλούμενο «*Φεραρής*», που είναι «*κλουτσιάρης*» («αξιωματικός που ασχολείτο με τον εφοδιασμό της ηγεμονικής αυλής») του Νικόλαου Μαυρογένη, του ηγεμόνα της Βλαχίας (1786-1790), στον οποίο εστιάζεται η ανελέητη σάτιρα του συγγραφέα της κωμωδίας.
4. Η θεωρία του *alter ego*, στηρίζεται σε ένα άλλο σημείο, όπου ο Φεραρής αναφέρει τον ίδιο το Ρήγα ως «*τζοκόϊ*» («νεόπλουτο» στα ρουμανικά, κατά την εκδότρια), «γραμματέα της ηγεμονικής καγκελαρίας, τυπολάτρη και γι' αυτό αντιπαθητικό στους υφισταμένους».
5. Ως επιχείρημα της πατρότητας του Ρήγα αναφέρεται επίσης πως οι «σκηνικές παραπομπές και τα σχόλια» γίνονται υποσελιδίως, όπως στο Σχολείον των ντελικάτων εραστών και σε άλλες μεταφράσεις του Ρήγα.
6. Τα πολλά «οχ» και «αχ» που συνηθίζει ο Ρήγας.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ ΥΠΕΡ ΠΑΤΡΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ Ρ. ΦΕΡΡΑΙΟΥ

- Η ημερομηνία 25 Ιουλίου 1786 δεν αναγράφεται επάνω στο ανώνυμο αχρονολόγητο χειρόγραφο, αλλά στο «φάκελο», που περιέχει το χειρόγραφο. Όπως σημειώνει η κ. Chisacof είναι «στην πραγματικότητα ένα φύλλο διπλωμένο σε σχήμα φακέλου», στο οποίο είναι γραμμένο το γαλλικό κείμενο με την ημερομηνία. Όμως το χειρόγραφο και ο «φάκελος» μπορεί να είναι

άσχετα μεταξύ τους. Πιθανόν κάποια στιγμή να τέθηκε το χειρόγραφο στον φάκελο. Ρήγας είναι μικρό όνομα, όχι επίθετο· ως επίθετο ο Ρήγας χρησιμοποιεί πάντα το καταγωγικό «Βελεστινλής», ποτέ «Φεραίος». Επίσης σε ξενόγλωσσες πηγές ο Ρήγας αναφέρεται πάντα ως «Rhigas». Έχει ενδιαφέρον να παρουσιαστεί και ένα άλλο πρόσωπο με το όνομα Le Roy, εκτός από τον καθηγητή Ιατρικής του Μονπελιέ, που αναφέρθηκε από την κ. Chisacof. Πρόκειται για ένα Γάλλο ναυπηγό με το όνομα Le Roy, ο οποίος το 1786 βρίσκονταν στην Πόλη και σε δύο επιστολές του αναφέρεται στην κατασκευή πλοίων.

- Ο Μαυρογένης έφτασε στο Βουκουρέστι στις 17/28 Μαΐου 1786, όπως σημειώνει η κ. Chisacof και το υπό εξέταση χειρόγραφο παραδόθηκε στο αυστριακό προξενείο στις 25 Ιουλίου 1786, δηλαδή σχεδόν μετά δύο μήνες. Το χρονικό αυτό διάστημα των δύο μηνών μας φαίνεται ότι είναι πολύ μικρό για την αναγνώριση πρώτα της προσωπικότητας του Μαυρογένη, μετά την εγκατάστασή του στην Ηγεμονία.
- Το δεύτερο επιχείρημα της κας Chisacof υπέρ της απόψεως, πως πρόκειται για αυτόγραφο του Ρήγα, απαιτεί περισσότερες αποδείξεις: τα γραφικά συμπλέγματα για το «ο» (κυρίως συγκρινόμενο με το ρητό «*όποιος ελεύθερα συλλογάζεται, συλλογάζεται καλά*» στην έκδοση του Βρανούση 1968), το «στ», «ων» και «είναι» δεν είναι ικανά να αποτελέσουν κάτι τέτοιο, γιατί τέτοιες «συντομογραφίες» υπάρχουν από τα βυζαντινά χρόνια. Οι φωτογραφίες του χειρόγραφου και η μία φωτογραφία αυτόγραφου του Ρήγα από το 1796 δεν οδηγούν σε ασφαλή συμπεράσματα. Το όνομα «Φεραρής» δεν είναι το alter ego του συγγραφέα, όπως υποστηρίζεται από την κ. Chisacof, αλλά έχει να κάνει με τον «*Γιαννακάκη Τζανέτο*», ο οποίος είχε καταφύγει στους Ρώσους, (φιραρής =φυγάς).
- Η αναφορά στο χειρόγραφο του όρου «ηλεκτρισμός» δεν μπορεί να αποτελέσει στοιχείο ταυτότητας του έργου, επειδή και ο Ρήγας μνημονεύει τον όρο στο «*Φυσικής απάνθισμα*». Ο ηλεκτρισμός ήταν κάτι γνωστό από χρόνια διότι διδάσκονταν στη Φυσική του Νικηφόρου Θεοτόκη στα 1757. Επισημαίνουμε ωστόσο ότι ο όρος «*ηλεκτρισμός*» δεν απαντάται για πρώτη φορά στο «*Φυσικής απάνθισμα*» του 1790.

- Τα επιφωνήματα «αχ», «οχ» κτλ. είναι χαρακτηριστικά του ύφους της *littérature sentimentale*, της αισθηματικής λογοτεχνίας εν γένει, όχι μόνο του Σχολείου των ντελικάτων εραστών του Ρήγα.

Να αναφερθεί ότι στο χειρόγραφο έσκυψαν επίσης: ο καθηγητής Σπύρος Ευαγγελάτος, ο θεατρολόγος Βάλτερ Πούχνερ και ο εκδότης φαναριώτικης λογοτεχνίας Δημήτρης Στάθης. Ο κ.Ευαγγελάτος αμφισβήτησε την πατρότητα του κειμένου, ο δε κ.Πούχνερ δεν απέκλεισε πως συγγραφέας του έργου θα μπορούσε να είναι ο Ρήγας, ενώ ο κ.Στάθης θεώρησε ότι το έργο ήταν ένα ανώνυμο φαναριώτικο κείμενο που όμως είχε ένα πολλαπλό ενδιαφέρον. Ωστόσο στον αντίποδα των παραπάνω αμφισβητήσεων ήρθε και η ταυτοποίηση του χειρογράφου έπειτα από έρευνα της έγκυρης γραφολόγου κας Μάγδας Καμπούρη, την οποία ανέλαβε το 2005 μετά τις δύο επιστολές του Γεωργίου Σούρλα, τότε β' αντιπρόεδρου της Βουλής των Ελλήνων. Σήμερα παραδίδεται στο ελληνικό κοινό με την απαραίτητη φόρτιση και συγκίνηση.

2 Οι τεχνικές αυτόματης αναγνώρισης γραφέα και οι δυσκολίες

2.A. The state of art: off-line and on-line methods

Αντικείμενο εξαιρετικού ενδιαφέροντος αποτελεί η αυτόματη αναγνώριση και ταυτοποίηση ενός γραφέα όπως προαναφέρθηκε, ενώ σταδιακά έχει παρατηρηθεί μεγάλη ανάπτυξη των μεθόδων επίτευξης. Σημαντικότερη και εντονότερη φαίνεται να είναι η εφαρμογή σε χειρόγραφα κείμενα ποικίλων επιστημονικών πεδίων. Η Αναγνώριση γραφέα χωρίζεται σε δύο βασικούς κλάδους: την online και την offline τεχνοτροπία.

Η on-line, ή αλλιώς επί τόπου, αναγνώριση αναλύει δείγματα γραφής που έχουν παρθεί κατά τη διάρκεια της παραγωγής με διάφορες μεθόδους δυναμικής αναγνώρισης. Εξαιτίας της πρόσφατης έναρξης εφαρμογής on-line μεθόδων για την αναγνώριση γραφέα, μιας που αποτελεί καινοτόμο τεχνοτροπία, ο αριθμός των αναπτυσσόμενων μεθόδων είναι περιορισμένος σε σχέση με την προϋπάρχουσα off-line, ή αλλιώς εκ των υστέρων. Ωστόσο, η online αναγνώριση γραφέα παρουσιάζει υψηλότερη ακρίβεια σε σχέση με τις αμιγώς offline τεχνικές, όπως επίσης και οι συμπληρωματικές πληροφορίες που είναι διαθέσιμες την καθιστούν γενικά ανώτερη.

Αναφορικά θα επισημάνουμε μερικές μεθόδους on-line, καθώς και τις πηγές που εντοπίζονται. Για παράδειγμα:

- η [12] προτείνει μία μέθοδος δυναμικής αναγνώρισης γραφέα, η οποία χρησιμοποιεί σχέσεις μεταξύ στατικών και δυναμικών στοιχείων χειρόγραφων κειμένων,
- στην [13] γίνεται χρήση της Beta - Elliptic, ένα νέο μοντέλο για την εξαγωγή πληροφοριών περί διάφορων τεχνοτροπιών γραφής από αραβικά κείμενα, ενώ η κατάταξη αυτών επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός Νευρωνικού Δικτύου Μίας Κατεύθυνσης (Feed Forward Neural Network),
- στην [14] γίνεται ο προσδιορισμός των Τυχαίων Υβριδικών Χτυπημάτων (Random Hybrid Strokes), τα οποία περιγράφουν τις κινήσεις του εργαλείου γραφής κατά τη διάρκεια παραγωγής ενός κειμένου.

Εν αντιθέσει με τα παραπάνω, ο off-line εντοπισμός γραφέα χρησιμοποιεί μόνο μετρήσεις που προέρχονται από την στατική εικόνα της ολοκληρωμένης υλοποίησης ενός συμβόλου. Όπως ήταν αναμενόμενο ο τομέας της εκ των υστέρων (off – line) αναγνώρισης και επαλήθευσης γραφέα έχει σημειώσει μεγαλύτερη πρόοδο σε σχέση με το νεοσύστατο on-line τομέα λόγω της πολυετούς ερευνητικής του εφαρμογής.

Αναφορικά θα επισημάνουμε, και σε αυτό το σημείο, μερικές μεθόδους off-line, καθώς και τις πηγές που εντοπίζονται. Για παράδειγμα:

- στην [15] υπάρχουν μέθοδοι οι οποίες εφαρμόζουν μορφολογικές προσεγγίσεις,
- στην [16] παρουσιάζονται τα φίλτρα Gabor και ομοιότητας αποχρώσεων του γκρι,
- στη [17] βλέπουμε κάποιες τεχνικές αναγνώρισης υφής,
- οι [18 – 20] βασίζονται σε τεχνικές εξαγωγής χαρακτηριστικών,
- ενώ οι [21 – 23] εφαρμόζονται μοντέλα Hidden Markov
- στην [24] έχουμε τη μέθοδο Γενικευμένης Πυκνότητας Gauss (Generalized Gaussian Density) (GGD), η οποία βασίζεται σε wavelets.

Πολλοί ερευνητές βέβαια αξιοποίησαν άλλες τεχνικές, όπως ορισμένες που εκμεταλλεύονται τοπικά χαρακτηριστικά του κειμένου, είτε χρησιμοποιείται ο μετασχηματισμός Fourier ή ο μετασχηματισμός διχοτόμησης.

Αρκετά δημοφιλής τα τελευταία χρόνια στην off-line αυτόματη αναγνώριση είναι η χρήση codebooks, τα οποία αποτελούν σύνολα διαφόρων χαρακτηριστικών τα οποία μεταβάλλονται εντός των κειμένων που μελετώνται και ο τρόπος δημιουργίας τους ποικίλει. Ένα codebook μπορεί να δημιουργηθεί με πληροφορίες από το ιστόγραμμα συχνότητας εμφάνισης των διαφόρων σχημάτων, είτε από χαρακτηριστικά στο στάδιο εκπαίδευσης του συστήματος [SIFT Descriptors], είτε από δομικές μονάδες γραφής (graphemes). Επιπλέον, μία ξεχωριστή κατηγορία στην εκ των υστέρων (off – line) αναγνώριση και επαλήθευση γραφέα συναποτελούν μέθοδοι οι οποίες βασίζονται στα Gaussian Mixture Model Supervectors (GMM Supervectors) για την κωδικοποίηση και την περιγραφή χαρακτηριστικών της εκάστοτε τεχνοτροπίας γραφής. Τέλος, υπάρχουν και άλλες διαθέσιμες offline μέθοδοι, μια εκ των οποίων έχει προταθεί προσφάτως για την κατανομή προτύπων συνεχόμενων χαρακτήρων με τη χρήση του αλγορίθμου fuzzy c – means.

2.B. Οι εγγενείς δυσκολίες της αυτόματης αναγνώρισης γραφέα

Η εφαρμογή της νέας τεχνοτροπίας αναγνώρισης γραφέα πέρα από τις συνήθεις δυσκολίες, ανέδειξε και κάποιες νέες, μια εκ των οποίων είναι η έλλειψη δεδομένων για την εκπαίδευση του συστήματος. Εν αντιθέσει με τις περισσότερες τεχνικές ταυτοποίησης που έχουν χρησιμοποιηθεί ως τώρα, δεν υπάρχει κείμενο αναφοράς σαν οδηγός. Σε πρώτη φάση, το αναπτυχθέν σύστημα κλήθηκε να αποδώσει τον γραφέα χωρίς να υπάρχει μια αρχική βάση δεδομένων με πιθανούς γραφείς, ούτε ήδη αναγνωρισμένα κείμενα. Αλλά αντιμετωπίστηκε το πρόβλημα της ταξινόμησης αρχαίων επιγραφών, άγνωστου αριθμού διαφορετικών γραφέων, χωρίς να υπάρχει η παραμικρή πληροφορία σύνδεσης μεταξύ των δύο συνόλων. Το μόνο στοιχείο που ήταν γνωστό και λειτούργησε ως βασικό εργαλείο για το διαχωρισμό των επιγραφών (και μετέπειτα των χειρόγραφων) είναι πως κάθε μία ανήκε σε έναν και μόνο γραφέα. Με γνώμονα αυτό αρχικά βρέθηκε το πλήθος των διαφορετικών γραφέων και έπειτα έγινε η ομαδοποίηση των όσων είχαν τον ίδιο δημιουργό.

Όπως είναι φυσικό, τροχοπέδη στην αναγνώριση γραφέα κειμένων παλαιότερων χρόνων είναι η φθορά των υλικών πάνω στα οποία βρίσκονται. Τα επίπεδα φθοράς εξαρτώνται από το πως είχαν συντηρηθεί. Για αρχή οι αρχαίες λίθινες επιγραφές παραδείγματος χάριν μαρμάρινες πλάκες, συχνά είχαν χρησιμοποιηθεί πρωτίτερα ως υλικά για πεζοδρόμηση, έτσι δεν χαραζόνταν εις βάθος με αποτέλεσμα ορισμένα γράμματα να έχουν αλλοιωθεί. Σε αυτό το σημείο να αναφερθεί η τεχνική χάραξης των πλακών περιλάμβανε το χτύπημα του πετρώδες υλικού με καλέμι και σφυρί (Εικόνα 2.1), δημιουργώντας κύτη μέσα στην οποία τοποθετούνταν χρώμα, ξεχωρίζοντας έτσι κάθε πρόταση. Συνεπώς, με την πάροδο των χρόνων, των καιρικών συνθηκών και ορισμένων εξωτερικών παρεμβάσεων, δημιουργήθηκαν αλλοιώσεις στις επιφάνειες, ακόμα και θραύσματα ή ραγίσματα σε άλλες, δυσχεραίνοντας τόσο την ανάγνωσή τους, πόσο μάλλον τη συλλογή επακριβών λεπτομερειών για τη μέθοδο χάραξης του γραφέα.

Παρόμοιες δυσκολίες συναντήθηκαν και στα χειρόγραφα κείμενα. Τα χειρόγραφα συνήθως μέχρι τον 12ο περίπου αιώνα διασώθηκαν σε περγαμηνές και παπύρους, μιας και το χαρτί που εφευρέθηκε από τους Κινέζους δεν είχε ακόμα διαδοθεί στον ελλαδικό χώρο. Υπήρξαν και άλλες μέθοδοι γραφής, χάραξη πάνω σε ξύλο, μολύβδινες ή κέρινες επιφάνειες (Εικόνα 2.3, 2.4), ωστόσο δεν ευνοούν τα ανακαλυφθέντα αντικείμενα τη μελέτη (Εικόνα 2.2). Ο πάπυρος, οποίος εισήχθη κατά τον 6ο αιώνα π.Χ. από την Αίγυπτο και έπειτα η περγαμηνή εισαγόμενη από την Πέργαμο περί τον 2ο αιώνα π.Χ. αποτέλεσαν τα κυρίαρχα υλικά για τη συγγραφή των αρχαίων κειμένων. Ωστόσο, η ελλιπής γνώση και μέσων συντήρησης ανάγκασε με το πέρασμα των αιώνων την αναπαραγωγή αντιγράφων, τα τελευταία των οποίων παρουσιάζονται γύρω στο 12αίωμα όταν οι Βυζαντινοί γραφείς αντέγραψαν κείμενα όπως η Ιλιάδα. Σαν αποτέλεσμα αυτού είναι η απώλεια πολλών πρωτότυπων κειμένων, είτε η εύρεση τους σε αποκόμματα ή με ξεθωριασμένη γραφική ύλη (Εικόνα 2.5). Σημαντικό ρόλο στην υπέρβαση αυτής της δυσκολίας συντέλεσε η Βιβλιοθήκη της Αιγύπτου, καθώς πολλά από τα διασωθέντα κείμενα βρίσκονται σε άρτια κατάσταση προς μελέτη. Ένα δείγμα κειμένων της έχει γίνει άλλωστε και αντικείμενο μελέτης της αυτόματης ταυτοποίησης.



Εικόνα 2.1

Μελανόμορφη απεικόνιση Λιθοξόου τη στιγμή της χάραξης επιγραφής



Εικόνα 2.2

Υλικά γραφής Αρχαίων Ελλήνων σε πάπυρο και ξύλινη επιφάνεια



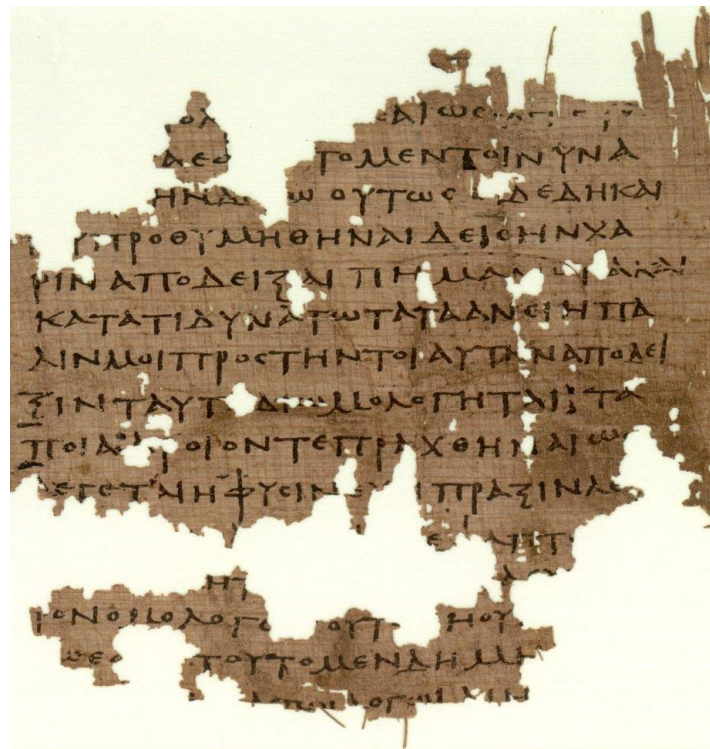
Εικόνα 2.3

Ο κατάδεσμος της Πέλλας. Μια ερωτική μαγική επωδός γραμμένη σε φύλλο μόλυβδου, χρονολογείται στον 4ο π.Χ



Εικόνα 2.4

Μολύβδινο Πινάκιο Κατάρας (περίπου 2^ο αιώνα π.Χ.) από τη Σικελία.



Εικόνα 2.5

Απόσπασμα από την Πολιτεία του Πλάτωνα (πάπυρος)



Εικόνα 2.6

Στην πρώτη εικόνα Μουσικοδιδάσκαλος ξετυλίγει πάπυρο ποιήματος, στη δεύτερη ο Γραμματιστής διδάσκει γραφή ή διορθώνει το πυξίον του μαθητή χρησιμοποιώντας γραφίδα

Πέραν όμως από τις δυσκολίες σχετικά με τη δομική υφή των υλικών και την ευδιάκριτη ανάγνωση των γραμμάτων, η ιδιομορφία του γραφικού χαρακτήρα κάθε λιθοξόου ή γραφέα εισήγαγε προβλήματα αναγνώρισης. Πολλές φορές δύο γράμματα ενός χαρακτήρα μπορεί να παρουσίαζαν μικρότερη ομοιότητα από ότι δύο διαφορετικών χαρακτών. Αυτό είχε να κάνει και με τους μεταβλητούς παράγοντες χάραξης λόγω της τυχαιότητας της συγκεκριμένης τεχνοτροπίας. Αντίθετα στα χειρόγραφα κείμενα ο γραφικός χαρακτήρας κάθε γραφέα είναι πιο ευδιάκριτος διευκολύνοντας σημαντικά το έργο της αναγνώρισης.

Η ιδιομορφία δεν αφορά όμως μόνο τους διαφορετικούς γραφείς, καθώς πολλές φορές και οι υλοποιήσεις του ίδιου γράμματος είναι δύσκολο να εντοπιστούν στο κείμενο ενός γραφέα. Για παράδειγμα, στο ίδιο χειρόγραφο ένα πλήθος υλοποιήσεων του “ω” μπορεί να είναι κλειστό, ενώ ένα άλλο πλήθος μπορεί να είναι ανοικτό (Εικόνα 2.7). Το ίδιο μπορούμε να παρατηρήσουμε να ισχύει και για το γράμμα “σ”, το οποίο ανάλογα το γράμμα που ακολουθεί (π.χ. “ση” ή “στ”) αλλάζει σχήμα λόγω κεκτημένης ταχύτητας και καλλιγραφίας (Εικόνα 2.8). Ομοίως, σε πολλές αρχαίες επιγραφές, στο γράμμα Α ο ίδιος λιθοξόος συνδέει τη μεσαία τραβέρσα μόνο με το αριστερό πόδι, ενώ άλλες φορές μόνο με το δεξί πόδι, ενώ μερικές φορές δεν το συνδέει και έχει μικρή απόσταση και από τα δύο. Σε γενικές γραμμές, συνεπώς, η μορφή του συμβολογράμματος που εκτελείται από το γραφέα έχει να κάνει με τη

θέση που εμφανίζεται αυτό μέσα σε μια λέξη (μέσα στη λέξη ή στο τέλος), ποιο γράμμα προηγείται ή ακολουθεί καθώς επίσης την ποσότητα της γραφικής ύλης (μελάνι γραφίδας στα χειρόγραφα) τη στιγμή της γραφής του ή την πίεση που άσκησε στα εργαλεία (σφυρί και καλέμι στις λίθινες επιγραφές) για τη χάραξή τους.



Εικόνα 2.7



Εικόνα 2.8

Παρά τη σταθερότητα, βέβαια, που μπορεί να παρουσιάζει η μορφή του συμβολογράμματος, ο θόρυβος του περιγράμματος δυσκολεύει την εξαγωγή ενός πυρήνα σε κάθε υλοποίηση των σύμβολων της αλφάβητου που να παραμένει αναλλοίωτος. Ο παραγόμενος λοιπόν θόρυβος, εξαρτάται κυρίως από την κούραση, τη διάθεση και την ηλικία του γραφέα, τα χρησιμοποιηθέντα μέσα όπως την ποιότητα του μαρμάρου ή του υποθέματος γραφής, την κατάσταση του οργάνου γραφής (μολύβι, σμίλη κλπ) και από τη φθορά του κειμένου.

Εν τέλει ξεπερνώντας όλα τα παραπάνω εμπόδια στοχεύουμε στην κατά το μέγιστο δυνατή ταυτοποίηση των συμβολογραμμάτων τριών κειμένων για να αποφανθούμε περί κοινού δημιουργού. Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων με σκοπό τη μεγιστοποίηση του βαθμού εμπιστοσύνης πλησιέστερο στη μονάδα. Η καινοτόμος αυτή μέθοδος έχει δείξει ως τώρα πως εξασφαλίζει τη μέγιστη πιθανοφάνεια για απόδοση ενός κειμένου σε έναν γραφέα.

3. Εξαγωγή περιγράμματος και σώματος τυχούσης υλοποιήσεως συμβολογράμματος από το κείμενο στο οποίο βρίσκεται

3.A. Η χρησιμοποιηθείσα μέθοδος αυτόματης κατάτμησης των εξαχθέντων μεμονωμένων υλοποιήσεων

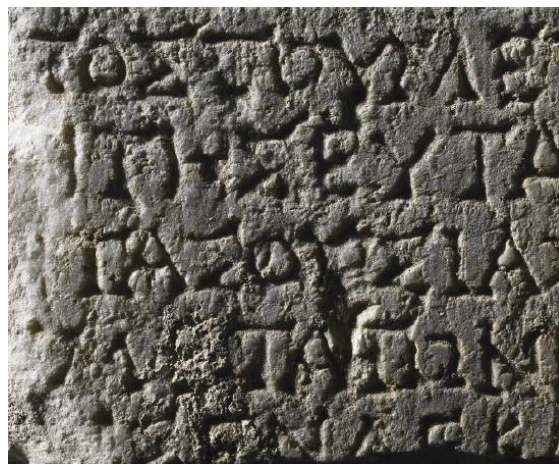
Καταρχάς μας δόθηκαν οι φωτογραφίες τριών κειμένων, του “Φυσικής Απάνθισμα”, του “Σαγανάκι της Τρέλλας” και του “Σύνταγμα”, σε ανάλυση 300dpi η κάθε μία. Οι φωτογραφίες προέρχονται από τη Βιβλιοθήκη της Ρουμανίας, όπου και φυλάσσονται τα πρωτότυπα χειρόγραφα. Ακολουθούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα φωτογραφιών, με λεπτομερειακή εστίαση, κάποιες από τις οποίες μελετήθηκαν και αποτέλεσαν πηγή συλλογής πληροφοριών. Η πρόσφατη υλοποίηση των έργων (σε σχέση με τα αρχαία κείμενα που είχε πρωτύτερα εφαρμοστεί η αυτόματη αναγνώριση), η συντήρηση και η τεχνοτροπία που είχε ανακαλυφθεί τον 18^ο αιώνα, συνέβαλλε σημαντικά στη μείωση του θορύβου.

Οι αλγόριθμοι κατάτμησης που εφαρμόστηκαν στην εν λόγω διπλωματική, έχουν χρησιμοποιηθεί τόσο στην αναγνώριση γραφέα αρχαίων επιγραφών και βυζαντινών εγγράφων, όσο και στην κατάτμηση τοιχογραφιών της Θήρας. Για την επεξεργασία των γραμμάτων της εκάστοτε μελέτης γίνεται εξαγωγή τους από το υπόβαθρο του κειμένου. Η αρχική επεξεργασία έγινε σε έγχρωμες εικόνες, ωστόσο με την εφαρμογή των αλγορίθμων παρήχθησαν φωτογραφίες σε διαβαθμίσεις του γκρι. Προς διαπίστωση της διαφοράς του επιπέδου του θορύβου παρατίθεται και ένα δείγμα αρχαίας επιγραφής που μελετήθηκε, με εμφανή σημάδια φθοράς, αλλοίωσης γραμμάτων και μικρότερης ευκρίνειας ψηφιακής εικόνας. Η εξαγωγή του περιγράμματος κάθε γράμματος καθίσταται δυσκολότερη, καθώς η πέτρα έχει δεχθεί και σημάδια φθοράς, τα οποία αλλοίωσαν τον ακριβή σχηματισμό του γράμματος και κάποια δείχνουν να συγχέονται. Αντίθετα στο χειρόγραφο έχουμε καλύτερη ευκρίνεια, με κυρίαρχο παράγοντα δυσκολίας την καλλιγραφία.



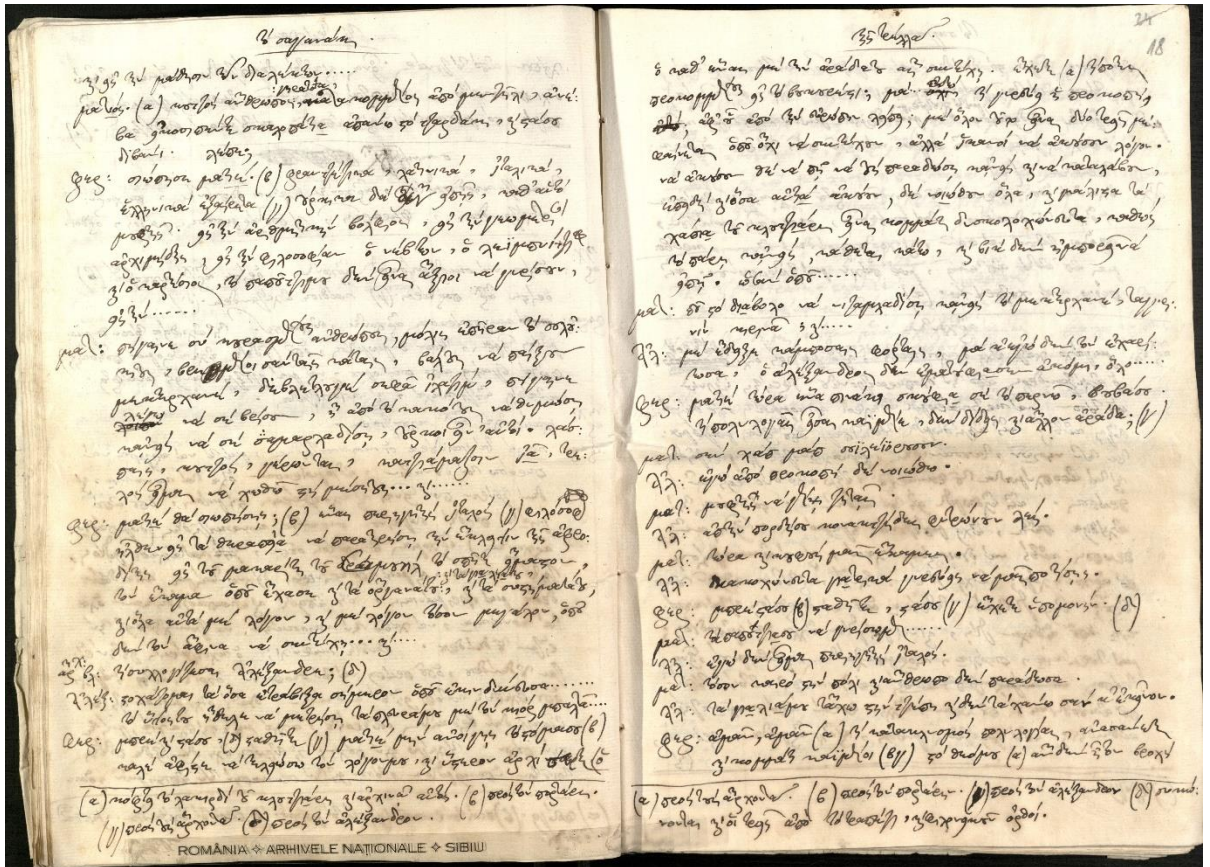
Εικόνα 3.1

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας που μελετήθηκε



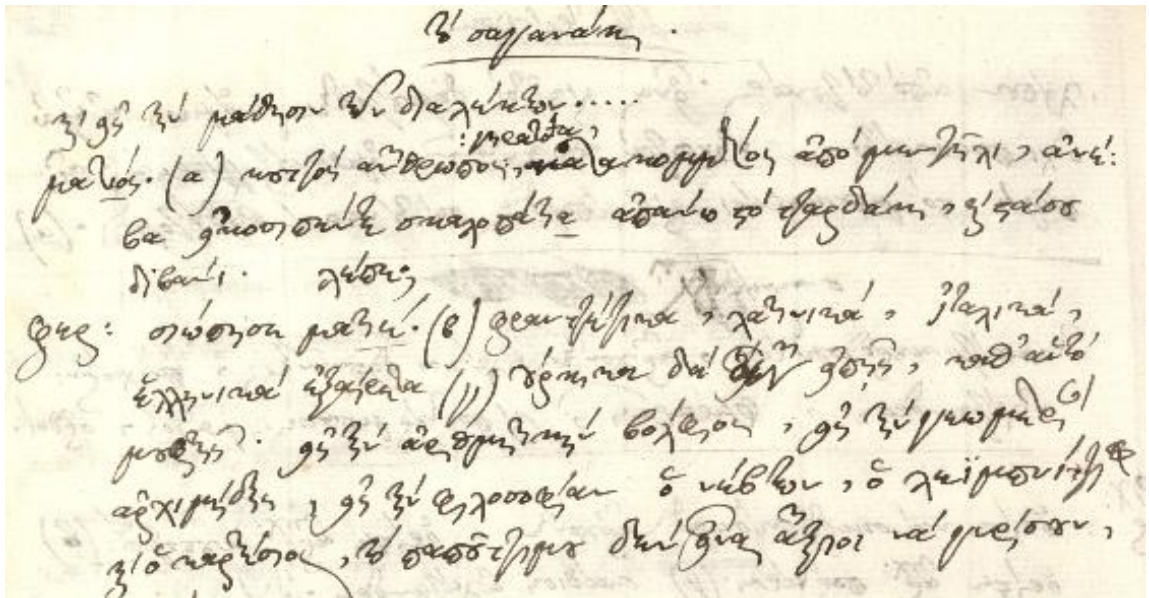
Εικόνα 3.1λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων



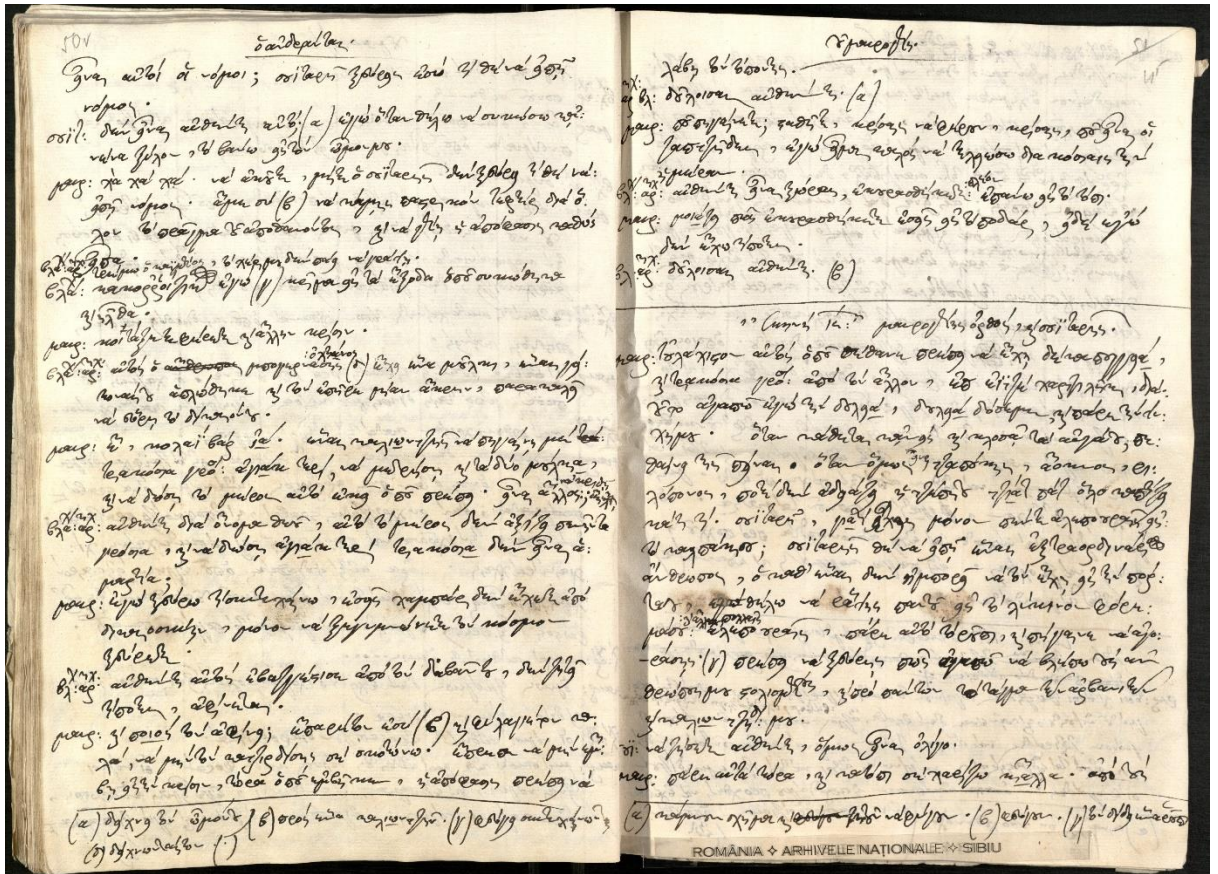
Εικόνα 3.2

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας από το «Σαγανάκι της Τρέλλας» (Σελ.21)



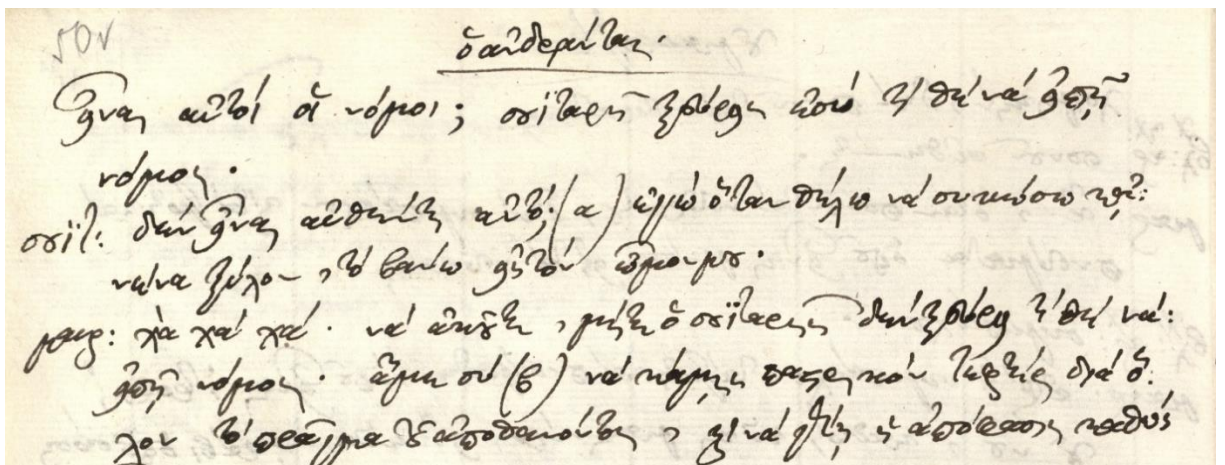
Εικόνα 3.2λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων



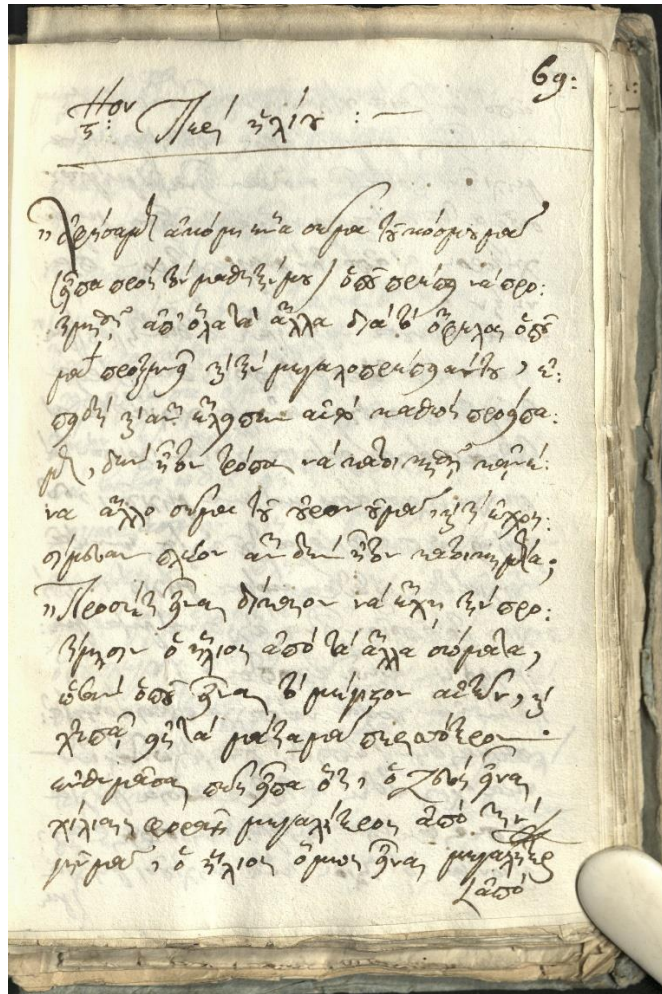
Εικόνα 3.3

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας από το «Σαγανάκι της Τρέλλας» (Σελ.48)



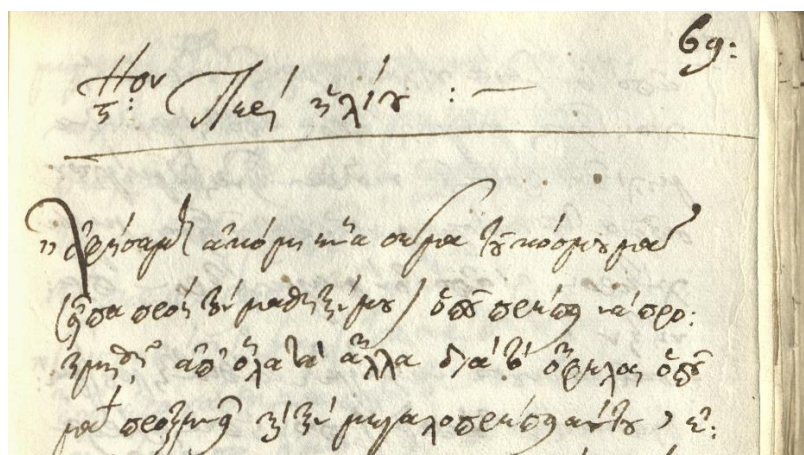
Εικόνα 3.3λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων



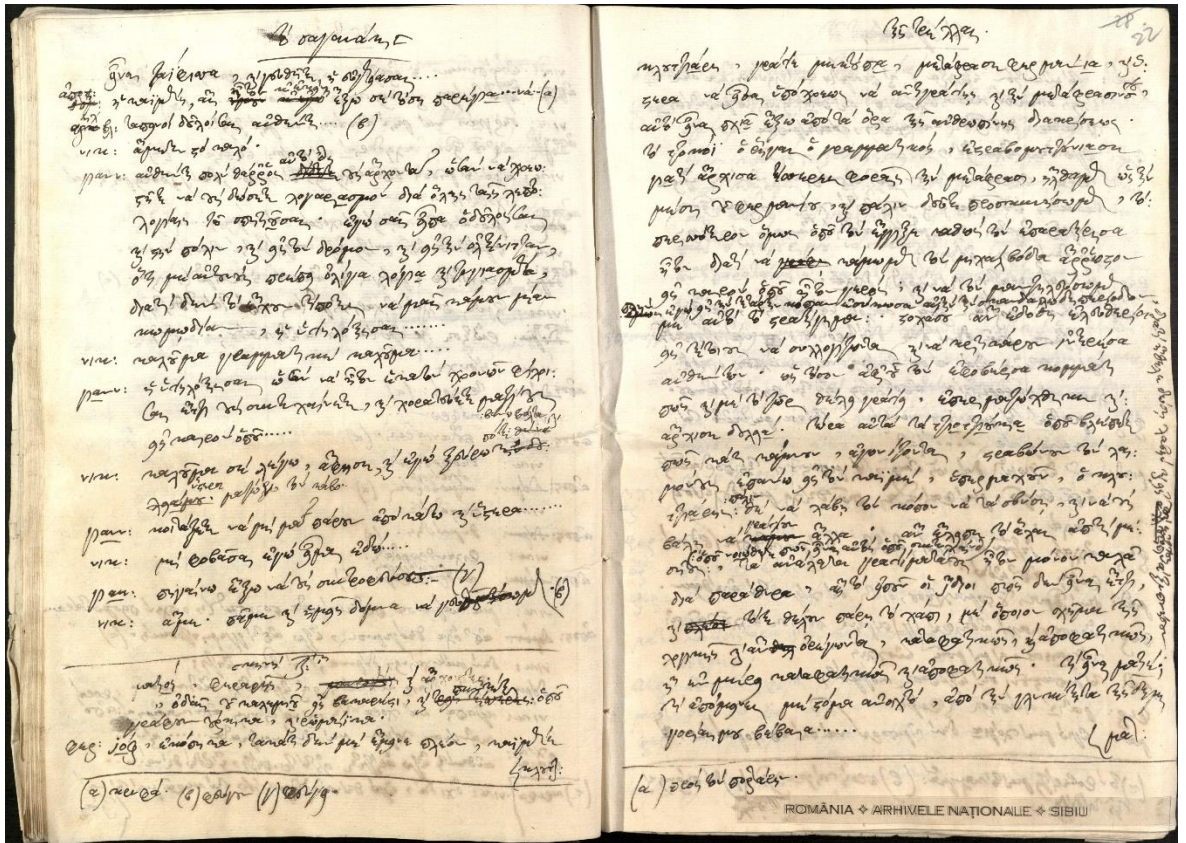
Εικόνα 3.4

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας από το «Φυσικής Απάνθισμα» (Σελ.31)



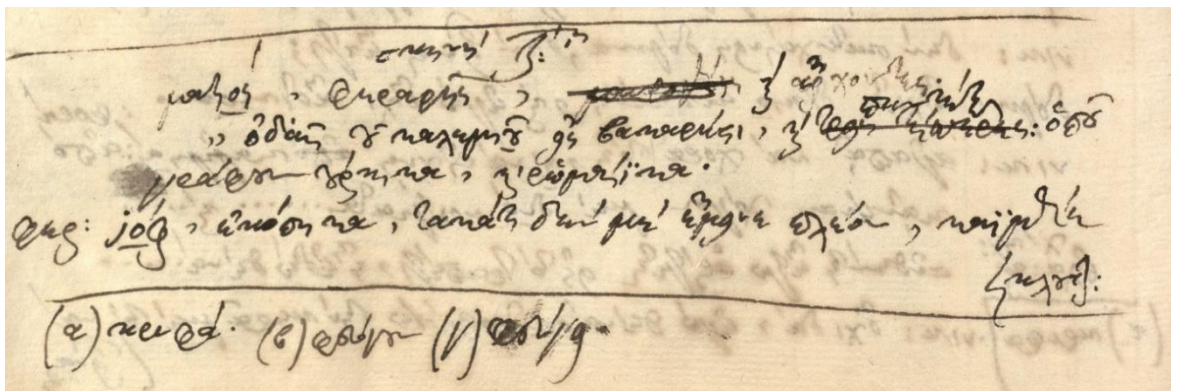
Εικόνα 3.4λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων



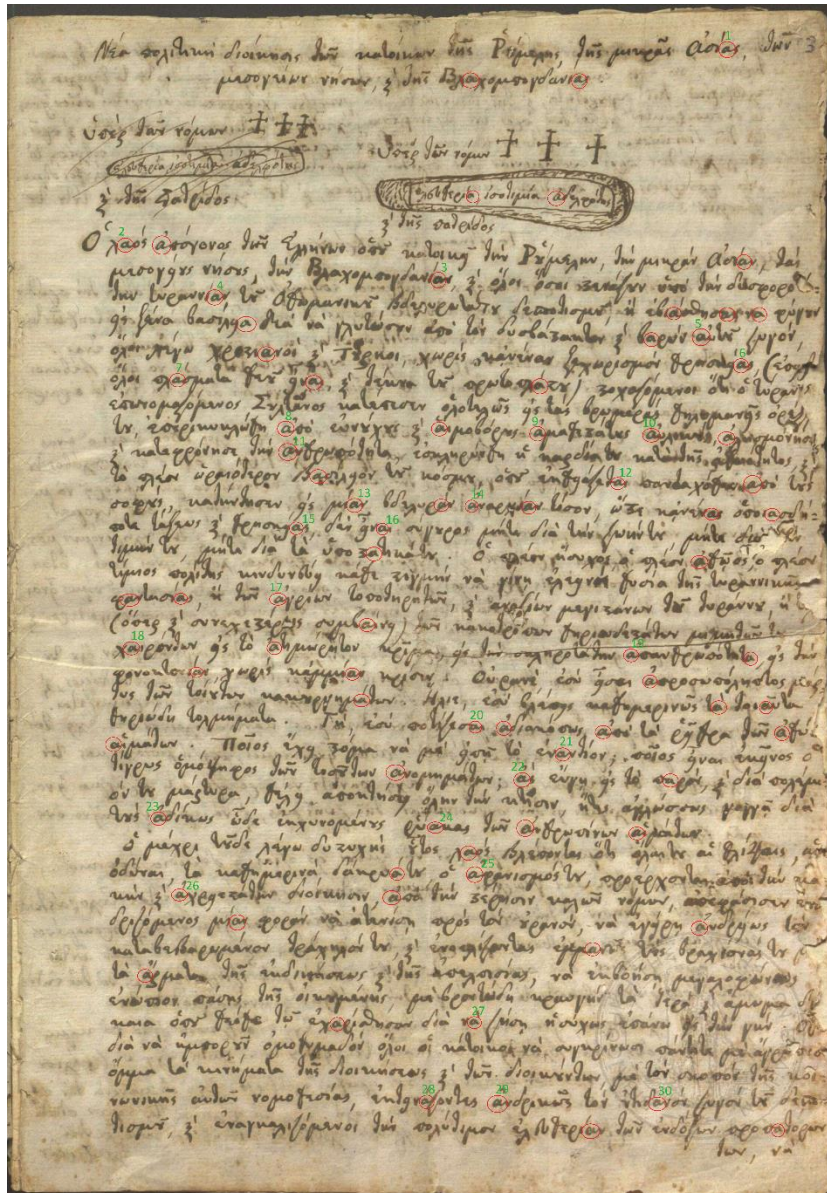
Εικόνα 3.5

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας από το «Σαγανάκι της Τρέλλας» (Σελ.25)



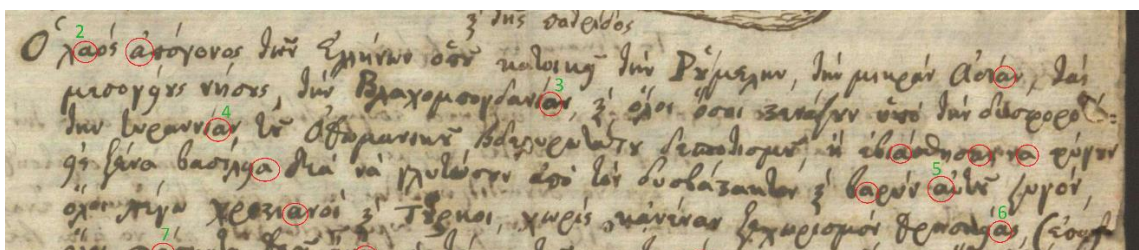
Εικόνα 3.5λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων



Εικόνα 3.6

Δείγμα ψηφιακής φωτογραφίας από το «Σύνταγμα» (Σελ.3)



Εικόνα 3.6λ

Εστίαση για λεπτομερειακή συλλογή δεδομένων

3.B. Η εξαγωγή του περιγράμματος ενός συμβόλου από την κατατμημένη εικόνα

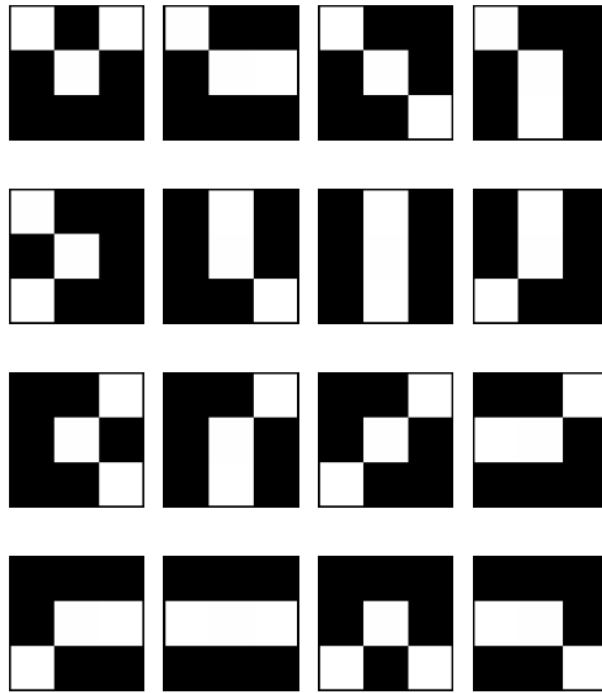
Κάθε περίγραμμα που θα εξάγεται από τις εφαρμογές της κατάτμησης πάνω στα συμβολογράμματα πρέπει να έχει συγκεκριμένη μορφή και να πληροί συγκεκριμένα κριτήρια. Δηλαδή:

1. Κάθε εικονοστοιχείο πρέπει να συνορεύει με ακριβώς δύο γειτονικά στοιχεία.

(Επεξήγηση: θεωρώντας τυχόν εικονοστοιχείο κέντρο μιας διάταξης 3x3 pixels, περιοχή συνεκτικότητας Σ8, τότε μόνο δύο pixel βρίσκονται εντός της ορισμένης περιοχής)

2. Οι σχηματισμοί περιγράμματος πρέπει να είναι μόνο τριών εικονοστοιχείων και να βρίσκονται εντός της Σ8
3. Τα pixel έχουν ωρολογιακή αρίθμηση στη φυσικής του σειρά, πράγμα που σημαίνει ότι το πρώτο σε αρίθμηση pixel είναι αυτό που βρίσκεται αριστερότερα και ψηλότερα. Για παράδειγμα το υπ' αριθμόν n pixel είναι δεξιότερα ή πιο κάτω από το γειτονικό n-1, ενώ αριστερότερα ή πιο πάνω από το υπ' αριθμόν n+1
4. Υπάρχει απαγόρευση ύπαρξης συμπλεγμάτων μεμονωμένων pixels με αριθμό μικρότερο από ένα κατώφλι (5% συνήθως, του συνόλου των pixel του περιγράμματος)

Από τα παραπάνω κριτήρια προκύπτουν οι επιτρεπτοί συνδυασμοί εικονοστοιχείων σε συνεκτικότητα Σ8 που παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.7. Τα περιγράμματα αυτά όμως είναι αδύνατον να επιτευχθούν από οποιαδήποτε τεχνική κατάτμησης εικόνας, για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε πρωτότυπος κώδικας και έγινε χρήση μορφολογικών μετασχηματισμών. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε χρήση του κώδικα αυτού, ώστε από την κατατμημένη εικόνα να εξάγεται περίγραμμα που θα ικανοποιεί τις ανωτέρω τέσσερις συνθήκες. Στη συνέχεια παρατίθενται παραδείγματα αυτόματης κατάτμησης εικόνας και η εξαγωγή περιγράμματος από την υλοποίηση σε συμβολογράμματα των κειμένων “Σαγανάκι της Τρέλλας”, του “Φυσικής Απάνθισμα” και “Σύνταγμα”.



Εικόνα 3.7

Επιτρεπτοί συνδυασμοί pixels (λευκό χρώμα το περίγραμμα)

1	2	3
8	0	4
7	6	5

Εικόνα 3.8

Αρίθμηση της περιοχής συνεκτικότητας Σ8

4.Η μέθοδος σύγκρισης υλοποιήσεων ενός συμβολογράμματος με βέλτιστη προσαρμογή τους

4Α. Η θεωρητική βάση της μεθόδου

Έχοντας εξάγει τα περιγράμματα των γραμμάτων προς σύγκριση, καλούμαστε να εξετάσουμε το βαθμό ομοιότητας των υλοποιήσεων είτε σε μία επιγραφή, είτε σε ένα χειρόγραφο όπως στην παρούσα εργασία. Η προσέγγιση αυτού του ελέγχου ομοιότητας των περιγραμμάτων βασίζεται στην βέλτιστη προσαρμογή δύο υλοποιήσεων του ίδιου συμβολογράμματος, καθώς και την εκτίμηση του σφάλματος της προσαρμογής. Στις αρχαίες επιγραφές οι ενδογενείς δυσκολίες για την επίτευξη της βέλτιστης προσαρμογής είναι εμφανώς περισσότερες λόγω διαφορετικού προσανατολισμού και μεγέθους των υλοποιήσεων. Ωστόσο, στα χειρόγραφα που μελετώνται στην παρούσα διπλωματική οι δυσκολίες εντοπίζονται κυρίως στην καλλιγραφία και την ακολουθία του γράμματος/υλοποίησης που εξετάζεται με το προηγούμενο ή και το επόμενο. Βέβαια ακόμα και στην περίπτωση των πλέον σύγχρονων κειμένων, όπως αυτών που μελετώνται εδώ, η διακύμανση του μεγέθους των υλοποιήσεων του ίδιου συμβολογράμματος, καθώς και του προσανατολισμού αυτών παραμένει. Συνεπώς, παραμένουν και τα σχετικά προβλήματα που αφορούν τις αρχαίες επιγραφές, με μόνη ενδεχομένη διαφορά το βαθμό της διακύμανσης.

Προκειμένου να εξαλειφθεί η τυχαιότητα που προκύπτει από τις διαφορετικές υλοποιήσεις, αναπτύχθηκε η ακόλουθη καινοτόμος μέθοδος, η οποία δημοσιεύθηκε για πρώτη φορά από την ερευνητική μας ομάδα και φαίνεται στις [1-3] και [29-40]. Η μέθοδος, αυτή, ακολουθώντας ορισμένα βήματα επιτυγχάνει τη βέλτιστη προσαρμογή των δύο συγκρινόμενων περιγραμμάτων ενός συμβολογράμματος. Πράγματι:

α) Τα περιγράμματα πρέπει να τοποθετηθούν σε έναν κοινό καμβά(πλαίσιο) ώστε να μπορέσουν να ταυτιστούν τα κέντρα βάρους τους για τη σύγκριση.

β) Το ένα εκ των δύο περιγραμμάτων διατηρείται σταθερό, θεωρείται η καμπύλη αναφοράς.

γ) Αντιθέτως το περίγραμμα της άλλης υλοποίησης είναι αυτό που θα υποστεί επεξεργασία ως προς την προσαρμογή μέσω ομοιοθεσίας, περιστροφής και παράλληλης μετατόπισης ως προς και τους δύο άξονες.

δ) Ορίζεται επιπλέον το μέτρο απόστασης των δύο περιγραμμάτων και αναζητείται ο σχηματισμός που δίνει το μικρότερο σφάλμα προσαρμογής.

ε) Έπειτα, σε όλες τις σχετικές θέσεις των δύο περιγραμμάτων, οι οποίες προκύπτουν από την εφαρμογή των προηγούμενων βημάτων, εφαρμόζεται ένα επιπλέον κριτήριο προσαρμογής των δύο υλοποιήσεων που θα αναλυθεί παρακάτω.

Αναλυτικότερη προσέγγιση των αφινικών μετασχηματισμών (περιστροφή, ομοιοθεσία και παράλληλη μετατόπιση) που θα εφαρμοστούν στο περίγραμμα προσαρμογής (Π_2) παρουσιάζονται παρακάτω, καθώς και τα κριτήρια προσαρμογής των δύο υλοποιήσεων. Ως περίγραμμα αναφοράς ορίζεται το Π_1 , το οποίο παραμένει αναλλοίωτο και κατά τη διάρκεια της προσαρμογής.

1.Περιστροφή: Σε πρώτη φάση σημειώνουμε τα κέντρα βάρους των περιγραμμάτων των δύο υλοποιήσεων του συμβολογράμματος που μελετάμε ως KB_1 και KB_2 . Προκειμένου το κέντρο βάρους του περιγράμματος Π_2 να συμπίπτει με την αρχή των αξόνων O , αφαιρούμε από κάθε σημείο το διάνυσμα $\overrightarrow{OKB_2}$. Με σκοπό να «ευθυγραμμίσουμε» τα δύο περιγράμματα, πραγματοποιούμε περιστροφές του μετατοπισμένου πλέον Π_2 , πολλαπλασιάζοντας κάθε σημείο αυτού με τη μήτρα περιστροφής. Το αποτέλεσμα κάθε μιας εξ αυτών των περιστροφών είναι η καμπύλη $\Pi_{R2}(\theta)$, όπου θ η γωνία περιστροφής.

$$\text{Μήτρα Περιστροφής: } R = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

2. Ομοιοθεσία: Τα δύο περιγράμματα ενδεχομένως να έχουν διαφορετικό μέγεθος, λόγω του ουσιωδώς τυχαίου τρόπου με τον οποίο υλοποιεί συμβολογράμματα ο εκάστοτε γραφέας. Συνεπώς, επιτελούμε την ομοιοθεσία του $\Pi_{R2}(\theta)$ με κέντρο το σημείο τομής των αξόνων O . Για την επίτευξη αυτού, γίνεται πολλαπλασιασμός κάθε συνιστώσας όλων των σημείων του περιγράμματος με ένα θετικό πραγματικό αριθμό λ , όπου $\lambda > 1$ για μεγέθυνση ενώ $\lambda < 1$ για σμίκρυνση. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι το περίγραμμα $\Pi_{RO2}(\theta, \lambda)$, μια παραλλαγμένη εκδοχή του περιγράμματος Π_2 ως προς το μέγεθος και τον προσανατολισμό.

3. Παράλληλη μετατόπιση: Αφού προηγήθηκαν οι παραπάνω μετασχηματισμοί το περίγραμμα $\Pi_{RO2}(\theta, \lambda)$ θα μετατοπιστεί παράλληλα στο KB_1 . Εν συνεχεία αφήνοντας το $\Pi_{RO2}(\theta, \lambda)$ να κινηθεί κατά $\delta x, \delta y$ γύρω από το KB_1 λαμβάνουμε το τελικά επεξεργασμένο προς προσαρμογή περίγραμμα $\Pi_{ROP2}(\theta, \lambda, \delta x, \delta y)$.

Κριτήριο Προσαρμογής Περιγραμμάτων:

Έχοντας εξάγει τα τελικά δύο περιγράμματα προς σύγκριση, το περίγραμμα αναφοράς Π_1 το οποίο δεν υπέστη καμία μεταβολή και βρίσκεται στην αρχική του θέση και το $\Pi_{ROP2}(\theta, \lambda, \delta x, \delta y)$ που είναι το αποτέλεσμα των αφινικών μετασχηματισμών, στοχεύουμε στον εντοπισμό της βέλτιστης προσαρμογής. Έστω $\Pi_{ROP2}^{\beta}(\theta^{\beta}, \lambda^{\beta}, \delta x^{\beta}, \delta y^{\beta})$ το μετασχηματισμένο περίγραμμα του Π_2 στην βέλτιστη θέση προσαρμογής του στο Π_1 . Στη θέση αυτή της βέλτιστης προσαρμογής, το κριτήριο της απόστασης μεταξύ των Π_1 και $\Pi_{ROP2}^{\beta}(\theta^{\beta}, \lambda^{\beta}, \delta x^{\beta}, \delta y^{\beta})$ προέκυψε από τον υπολογισμό της Ευκλείδειας απόστασης κάθε pixel του ενός περιγράμματος από το άλλο και των συνεπακόλουθων τελικό μέσο όρο των αποστάσεων. Ωστόσο, η γειτνίαση που παρατηρήθηκε μεταξύ των υλοποιήσεων δεν έδωσε και πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα μιας και παρά την προκαθορισμένη μορφή ενός συμβολογράμματος, κάθε υλοποίηση μπορεί να διαφέρει όπως έχουμε προαναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Άρα το κριτήριο της απόστασης μεταξύ των Π_1 και $\Pi_{ROP2}^\beta(\theta^\beta, \lambda^\beta, \delta x^\beta, \delta y^\beta)$ ορίζεται ως:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N d(P_i, \Pi_1) \quad (4.2)$$

Όπου,

P_i : το τυχόν i -οστό σημείο του μετασχηματισμένου περιγράμματος $\Pi_{ROP2}(\theta, \lambda, \delta x, \delta y)$,

N : ο αριθμός των σημείων του Π_2 ,

$d(P_i, \Pi_1)$: η απόσταση του υπ' αριθμόν i σημείου P_i από το αμετάβλητο περίγραμμα αναφοράς Π_1 .

Η ελαχιστοποίηση του ανωτέρω κριτηρίου ε , προσφέρει μια αρκετά ικανοποιητική προσέγγιση της βέλτιστης θέσης προσαρμογής των περιγραμμάτων Π_1 και $\Pi_{ROP2}(\theta, \lambda, \delta x, \delta y)$. Όμως, χρησιμοποιώντας αυτή την αρχική θέση προσαρμογής, θα επιτύχουμε τον εντοπισμό της όντως βέλτιστης θέσης των Π_1 και $\Pi_{ROP2}(\theta, \lambda, \delta x, \delta y)$, με τον τρόπο που θα περιγραφεί στο επόμενο κεφάλαιο 5.

4.B. Αναλυτικός - “κλειστός” υπολογισμός του ελαχίστου του κριτηρίου ε

Καλούμεθα τώρα να υλοποιήσουμε τους αφινικούς μετασχηματισμούς που μελετήθηκαν στην προηγούμενη υπο-ενότητα 4.A., καθώς και να προσδιορίσουμε τα κριτήρια βέλτιστης προσαρμογής μεταξύ δύο υλοποιήσεων του ίδιου συμβολογράμματος. Οι αντίστοιχες πληροφορίες και το σχετικό λήμμα που χρησιμοποιήθηκε και αποδεικνύεται παρακάτω προέρχεται από τις διατριβές [37-39] και τις δημοσιεύσεις [1-3] και [29-36]. Ακολουθεί το λήμμα καθώς και η απόδειξή του.

Λήμμα 1: Έστωσαν δύο ισοπληθή και ομοεπίπεδα σύνολα σημείων (x_i, y_i) και (p_i, q_i) με $i = 1, 2, \dots, N$. Θα χρησιμοποιούμε το σύμβολο C_{xy} για το πρώτο σύνολο σημείων και αντιστοίχως C_{pq} για το δεύτερο.

Ας υποτεθεί ότι η διακριτή καμπύλη C_{xy} θεωρείται ως πρότυπη χωρίς να μετασχηματίζεται καθόλου, σε αντίθεση με την C_{pq} που υφίσταται τους αφινικούς μετασχηματισμούς $(\varphi, dx, dy, \lambda)$.

Η γωνία φ^0 , η μετατόπιση κατά τον άξονα των x , x_δ^0 , η μετατόπιση κατά τον άξονα των y , y_δ^0 , και ο συντελεστής ομοιοθεσίας λ^0 που όταν δράσουν στην καμπύλη (p_i, q_i) την προσαρμόζουν βέλτιστα στην (x_i, y_i) κατά την έννοια των ελαχίστων τετραγώνων, δίνονται από τις σχέσεις (4.3), (4.4), (4.5) και (4.6) κατωτέρω.

$$\tan\varphi^0 = \frac{\sum_{i=1}^N \{(y_i - \bar{y})p_i - (x_i - \bar{x})q_i\}}{\sum_{i=1}^N \{(x_i - \bar{x})p_i + (y_i - \bar{y})q_i\}} \quad (4.3)$$

$$x_\delta^0 = \bar{x} - \bar{p}\cos\varphi + \bar{q}\sin\varphi \quad (4.4)$$

$$y_\delta^0 = \bar{y} - \bar{p}\sin\varphi - \bar{q}\cos\varphi \quad (4.5)$$

$$\lambda^0 = \frac{\sum_{i=1}^N \{|(x_i - \bar{a})(a_i - \bar{a})| + |(y_i - \bar{\beta})(\beta_i - \bar{\beta})|\}}{\sum_{i=1}^N \{(a_i - \bar{a})^2 + (\beta_i - \bar{\beta})^2\}} \quad (4.6),$$

όπου

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}, \quad \bar{y} = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{N}, \quad \bar{p} = \sum_{i=1}^N \frac{p_i}{N}, \quad \bar{q} = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{N},$$

ενώ επιπλέον

$$\begin{bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_i \\ q_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_\delta \\ y_\delta \end{bmatrix},$$

Και

$$\bar{\alpha} = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_i}{N}, \bar{\beta} = \sum_{i=1}^N \frac{\beta_i}{N}.$$

□

Απόδειξη:

Θεωρούμε γνωστό ότι η ομοιοθεσία είναι ανεξάρτητη από την παράλληλη μετατόπιση και τη στροφή. Συνεπώς βάσει αυτής της παρατήρησης, που θα επιβεβαιωθεί παρακάτω, ξεκινάμε την απόδειξη.

Αν πραγματοποιήσουμε στροφή των σημείων (p_i, q_i) κατά γωνία φ και παράλληλη μετατόπιση της εστραμμένης αυτής καμπύλης κατά (x_δ, y_δ) , προκύπτει η ψηφιακή καμπύλη (α_i, β_i) με $i = 1, 2, \dots, N$ μέσω των σχέσεων

$$\begin{bmatrix} \alpha_i \\ \beta_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_i \\ q_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_\delta \\ y_\delta \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

Τότε η συνάρτηση τετραγωνικού λάθους προσαρμογής της εστραμμένης και μετατοπισμένης διακριτής καμπύλης C_{pq} στην πρότυπη καμπύλη C_{xy} δίνεται από τη σχέση:

$$\varepsilon_{RT} = \sum_{i=1}^N \{ (x_i - p_i \cos \varphi + q_i \sin \varphi - x_\delta)^2 + (y_i - p_i \sin \varphi - q_i \cos \varphi - y_\delta)^2 \} \quad (4.8)$$

Επειδή η συνάρτηση λάθους είναι συνεχώς παραγωγίσιμη και φραγμένη κάτω από το μηδέν, σύμφωνα με το αξίωμα του Αρχιμήδη θα έχει τουλάχιστον σε ένα σημείο ολικό ελάχιστο, στο οποίο και θα ισχύει $\nabla \varepsilon_{RT} = 0$. Άρα θα ισχύει,

$$\frac{\partial \varepsilon_{RT}}{\partial x_\delta} = \sum_{i=1}^N \{ (x_i - p_i \cos \varphi + q_i \sin \varphi - x_\delta) \} = 0 \quad (4.9)$$

$$\frac{\partial \varepsilon_{RT}}{\partial y_\delta} = \sum_{i=1}^N \{ (y_i - p_i \sin \varphi - q_i \cos \varphi - y_\delta) \} = 0 \quad (4.10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varepsilon_{RT}}{\partial \varphi} &= \sum_{i=1}^N 2 \{ (p_i \sin \varphi + q_i \cos \varphi) (x_i - p_i \cos \varphi + q_i \sin \varphi - x_\delta) \} + \\ &\sum_{i=1}^N 2 \{ (-p_i \cos \varphi + q_i \sin \varphi) (y_i - p_i \sin \varphi - q_i \cos \varphi - y_\delta) \} = 0 \end{aligned} \quad (4.11)$$

Από τις (4.14) και (4.15):

$$x_{\delta} = \bar{x} - \bar{p}\cos\phi + \bar{q}\sin\phi \quad (4.12)$$

και

$$y_{\delta} = \bar{y} - \bar{p}\sin\phi - \bar{q}\cos\phi \quad (4.13)$$

όπου $\bar{x}, \bar{y}, \bar{p}, \bar{q}$ είναι τα βαρύκεντρα των αντιστοιχών ψηφιακών καμπυλών, δηλαδή

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}, \quad \bar{y} = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{N}, \quad \bar{p} = \sum_{i=1}^N \frac{p_i}{N}, \quad \bar{q} = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{N}. \quad (4.14)$$

Αντικαθιστώντας τις (4.12) και (4.13) στην (4.11) προκύπτει:

$$\sum_{i=1}^N \{ (x_i - \bar{x}) (p_i \sin\phi + q_i \cos\phi) + (y_i - \bar{y}) (-p_i \cos\phi + q_i \sin\phi) \} = 0 \quad (4.15)$$

- $\cos\phi \neq 0$ από την (4.15) προκύπτει:

$$\tan\phi = \frac{\sum_{i=1}^N \{ (y_i - \bar{y}) p_i - (x_i - \bar{x}) q_i \}}{\sum_{i=1}^N \{ (x_i - \bar{x}) p_i + (y_i - \bar{y}) q_i \}} \quad (4.16) \equiv (4.3)$$

- $\cos\phi = 0$ αντικατάσταση στην (4.16) για επαλήθευση με $\phi = \pm\pi/2$

Για να βρούμε την επιθυμητή γωνία ϕ , εφαρμόζουμε atan στην (4.16). Τότε το αποτέλεσμα που προκύπτει αφορά τόσο τη γωνία ϕ , όσο και την $\phi + \pi$ καθώς το tan έχει την ίδια τιμή για αυτές τις δύο γωνίες. Εφαρμόζοντας και τα δύο αποτελέσματα στο κριτήριο βέλτιστης προσαρμογής για στροφή και παράλληλη μετατόπιση της C_{pq} , τελικά επιλέγουμε ως ϕ^0 τη γωνία εκείνη που ελαχιστοποιεί περισσότερο την ε_{RT} .

$$\varepsilon_{RT}(\phi^0, x_{\delta}, y_{\delta}) = \sum_{i=1}^N \{ (x_i - p_i \cos\phi + q_i \sin\phi - x_{\delta})^2 + (y_i - p_i \sin\phi - q_i \cos\phi - y_{\delta})^2 \} \quad (4.17)$$

Όπου

ϕ^0 : η προαναφερθείσα βέλτιστη γωνία περιστροφής και

x_{δ}, y_{δ} : οι παράλληλες μετατοπίσεις κατά τον αντίστοιχο άξονα

Αφού ολοκληρώθηκε η βέλτιστη προσαρμογή των καμπυλών με στροφή και παράλληλη μετατόπιση, αναζητούμε την τελική προσαρμογή της μετασχηματισμένης C_{pq} στην C_{xy} με το βέλτιστο συντελεστή ομοιοθεσίας λ^o . Ωστόσο, για να είναι επιτυχημένη η ομοιοθεσία, θα πρέπει να μην καταστρατηγεί την προηγουμένως επιτευχθείσα προσαρμογή των καμπυλών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διατήρηση του κέντρου βάρους της ομοιοθετούμενης καμπύλης. Παρουσιάζονται βέβαια ορισμένες ιδιαιτερότητες, οι οποίες είναι δυνατόν να αποφευχθούν με τη χρήση της συνάρτησης $sign(x, a)$.

Για παράδειγμα η καμπύλη (p_i, q_i) μετά τη βέλτιστη στροφή και μετατόπισή της παράγει την καμπύλη (a_i, β_i) με κέντρο βάρους το $(\bar{a}, \bar{\beta})$ και συντελεστή ομοιοθεσίας $\lambda \in R^+$ ώστε να προσεγγίσει τη (x_i, y_i) βέλτιστα κατά την έννοια των ελαχίστων τετραγώνων. Σε περίπτωση που για κάποιο i οι ποσότητες $(x_i - \bar{a})$ και $(a_i - \bar{a})$ είναι ετερόσημες, τότε για κάθε ομοιοθεσία η ποσότητα $\varepsilon_1 = (x_i - \bar{a}) - \lambda(a_i - \bar{a})$ αυξάνεται απολύτως, εφ' όσον οι ποσότητες $(x_i - \bar{a})$ και $-\lambda(a_i - \bar{a})$ είναι ομόσημες. Το ίδιο συμβαίνει και εάν οι ποσότητες $(y_i - \bar{\beta})$ και $(\beta_i - \bar{\beta})$ είναι ετερόσημες. Η δυσκολία αυτή παρακάμπτεται, όπως προείπαμε, με τη χρήση της $sign(x, a)$, η οποία εκφράζει το ομόσημο και ετερόσημο των ποσοτήτων x, a δηλαδή:

$$sign(x, a) = \begin{cases} 1 & \text{αν } xa \geq 0 \\ -1 & \text{αν } xa < 0 \end{cases} \quad (4.18)$$

Η ελαχιστοποίηση της ποσότητας ε_{RTO} είναι το βέλτιστο κριτήριο προσαρμογής και προκύπτει για συντελεστή ομοιοθεσίας λ , όπου $\frac{\partial \varepsilon_{RTO}}{\partial \lambda} = 0$.

$$\varepsilon_{RTO}(\lambda) = \sum_{i=1}^N \left\{ (x_i - \lambda sign(x_i, a_i - \bar{a})(a_i - \bar{a}) - \bar{a})^2 + (y_i - \lambda sign(y_i, \beta_i - \bar{\beta})(\beta_i - \bar{\beta}) - \bar{\beta})^2 \right\} \quad (4.19)$$

και

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^N \{ |(x_i - \bar{a})(a_i - \bar{a})| + |(y_i - \bar{\beta})(\beta_i - \bar{\beta})| \}}{\sum_{i=1}^N \{ (a_i - \bar{a})^2 + (\beta_i - \bar{\beta})^2 \}} \quad (4.20)$$

$$\text{όπου } \bar{a} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \text{ και } \bar{\beta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \beta_i \quad \square$$

Με τη χρήση, επομένως, του παραπάνω λήμματος επιτυγχάνεται η ταχύτερη και ακριβέστερη προσαρμογή δύο υλοποιήσεων ενός συμβολογράμματος, όπου η μία υλοποίηση παίζει το ρόλο της προτύπου καμπύλης C_{xy} , ενώ η δεύτερη αυτών της C_{pq} . Ένας άλλος τρόπος για τη βέλτιστη προσαρμογή θα ήταν η χρήση ενός αλγορίθμου ελαχιστοποίησης συναρτήσεων επί την βάση των σχέσεων (4.1) και (4.2). Ωστόσο οι αλγόριθμοι ελαχιστοποίησης εκ φύσεως δεν παρέχουν εγγυημένα τη βέλτιστη τοποθέτηση των δύο περιγραμμάτων, αλλά συνήθως μια τοποθέτηση πλησίον της βέλτιστης καθώς η σύγκλισή τους εξαρτάται καθοριστικά από την επιλογή των αρχικών συνθηκών. Η αναζήτηση της θέσεως βέλτιστης προσαρμογής είναι ιδιαίτερα απαιτητική ως προς την ακρίβεια και αρκετά χρονοβόρα δεδομένου του πλήθους των τιμών γωνίας φ και συντελεστή ομοιοθεσίας λ που πρέπει να εξεταστούν.

5. Στατιστικά κριτήρια ομοιότητας των υλοποιήσεων των συμβολογραμμάτων στη θέση βέλτιστης προσαρμογής

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας εφαρμογής των αφινικών μετασχηματισμών των τρεχόντων περιγραμμάτων που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε το σύνολο των στατιστικών κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της ομοιότητας δύο υλοποιήσεων του ιδίου συμβολογράμματος. Η στατιστική επεξεργασία που εφαρμόστηκε στις υλοποιήσεις των γραμμάτων των προς μελέτη κειμένων "Σαγανάκι της Τρέλλας", "Φυσικής Απάνθισμα" και "Σύνταγμα" βασίζεται στην πρωτότυπη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε και περιγράφεται στις δημοσιεύσεις [1-3], [29-36] και στα διδακτορικά [37-39]. Η προτεινόμενη μεθοδολογία έχει ευρεία εφαρμοσιμότητα και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως στην αυτόματη ταυτοποίηση γραφέα τόσο αρχαίων επιγραφών όσο και βυζαντινών χειρόγραφων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήσαμε αυτόματη κατάτμηση μεμονωμένων υλοποιήσεων συμβολογραμμάτων, καθώς και μια περιορισμένη σύγκριση υλοποιήσεων των γραμμάτων "α", "σ" με τελικό στόχο τη θεμελιωμένη απάντηση στο ερώτημα εάν τα τρία προαναφερθέντα κείμενα εγγράφηκαν δια της χειρός του μεγάλου Ρήγα Φεραίου.

5.A. Τα βήματα της στατιστικής ανάλυσης

Θεωρούμε δύο τυχαίες υλοποιήσεις του ιδίου συμβολογράμματος, έστω η υλοποίηση Y^I (πρότυπη-αναφοράς) και Y^T (τρέχουσα). Κάθε μία από αυτές τις υλοποιήσεις αποτελείται από ένα, δύο (εσωτερικό και εξωτερικό) ή και παραπάνω καμπύλες περιγραμμάτων. Για παράδειγμα, η υλοποίηση του γράμματος "λ" αποτελείται από ένα περίγραμμα, του "σ" από δύο, ενώ του "β" από τρία, μιας και εξαρτάται από τον αριθμό των κοιλοτήτων που σχηματίζει ένα γράμμα κατά την υλοποίησή του.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθούν ορισμένες εικόνες υλοποιήσεων συμβολογραμμάτων καθώς και τα περιγράμματά τους. Για λόγους καλής εποπτείας κάθε περίγραμμα αναπαρίσταται με διαφορετικό χρώμα.



Εικόνα 5.1

Περιγράμματα από υλοποιήσεις διαφορετικών συμβολογραμμάτων

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται ο τρόπος που αξιοποιούνται τα περιγράμματα που έχουν εξαχθεί από τις υλοποιήσεις για να επιτύχουμε τη βέλτιστη θέση προσαρμογής και σύγκρισης. Οι κλειστές καμπύλες των περιγραμμάτων που καθορίζουν το σχήμα μιας υλοποίησης χωρίζουν το επίπεδο σε συνεκτικά χωρία ένα ή περισσότερα εσωτερικά, E^I για το πρότυπο γράμμα και E^T για το τρέχον γράμμα, τα οποία είναι και τα απαιτούμενα χωρία για τη σύγκριση του εκάστοτε προτύπου με το εκάστοτε τρέχον γράμμα. Σε αυτό το σημείο ορίζεται μία ποσότητα δE η οποία είναι πηλίκο δύο εμβαδών, της τομής των δύο υλοποιήσεων E^I και E^T προς την ένωση τους.

$$\delta E = \frac{\text{εμβαδόν της } E^I \cap E^T}{\text{εμβαδόν της } E^I \cup E^T} = \frac{EMB(E^I \cap E^T)}{EMB(E^I \cup E^T)} \quad (5.1)$$



Εικόνα 5.2

Παράδειγμα συγκρινόμενου ζεύγους υλοποιήσεων

Στην ιδανική περίπτωση που ο γραφέας αναπαρήγαγε τέλεια το συμβολόγραμμα σε κάθε μία διαφορετική υλοποίηση, τότε η ποσότητα δE θα ισούτο με ένα για κάθε ζευγάρι συγκρινόμενων υλοποιήσεων. Όμως, όπως προαναφέρθηκε οι υλοποιήσεις του ίδιου συμβολογράμματος που προέρχονται από το ίδιο χέρι διαφοροποιούνται σημαντικά εξ αιτίας πολλών παραγόντων (που αναφέρθηκαν στην υποπαράγραφο 2.B.). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την απόκλιση των αριθμών δE από τη μονάδα προς μικρότερες τιμές, καθώς είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί ακόμα και από τον ίδιο γραφέα απόλυτα όμοια υλοποίηση σε σχήμα, μέγεθος και προσανατολισμό, ώστε η τομή και η ένωση των δύο χωρίων να ταυτίζονται. Από την άλλη πλευρά, όταν οι υλοποιήσεις του συμβολογράμματος E^I και E^T προέρχονται από διαφορετικά χέρια, φαίνεται λίαν εύλογο και αναμενόμενο οι ποσότητες δE να είναι στατιστικά πολύ μικρότερες από αντίστοιχες που έχουν τον ίδιο δημιουργό. Για να ποσοτικοποιήσουμε αυτή την παρατήρηση, πραγματοποιήσαμε τα εξής βήματα, τα οποία αναφέρονται αναλυτικότερα στο [38].

Βήμα 1: Υπολογισμός των ποσοτήτων δE αναφορικά με τις υλοποιήσεις ενός συμβολογράμματος επί του ίδιου κειμένου.

Έστω μια σελίδα με αριθμό I ενός κειμένου, επί της οποίας υπάρχουν N_I υλοποιήσεις ενός συμβολογράμματος, έστω του "σ". Η πρώτη υλοποίηση θεωρείται η πρότυπη και επ' αυτής γίνεται η βέλτιστη προσαρμογή των υπολοίπων διαδοχικά σύμφωνα με τη μέθοδο που περιεγράφη στο κεφάλαιο 4. Σε κάθε μία τέτοια βέλτιστη προσαρμογή υπολογίζουμε την ποσότητα δE όπως αυτή ορίστηκε στη σχέση (5.1) και τις ονομάζουμε $\delta E_{1,j}$ με $j = 2, \dots, N_I$. Εν συνεχεία θεωρούμε σαν πρότυπο τη δεύτερη υλοποίηση του "σ" της επιγραφής I και υπολογίζουμε τις ποσότητες $\delta E_{2,j}$ $j = 3, \dots, N_I$ κ.ο.κ.

Έπειτα από την ανεύρεση των παραπάνω ποσοτήτων, υπολογίζουμε το μέσο όρο τους καθώς και τη δειγματική διασπορά τους :

$$\delta E^{\sigma,I} = \frac{1}{N_I-1} \sum_{i=1}^{N_I-1} \frac{1}{N_I-i} \sum_{j=i+1}^{N_I} \delta E_{i,j} \quad (5.2)$$

$$SE^{\sigma,I} = \sqrt{\frac{1}{N_I-1} \sum_{i=1}^{N_I-1} \frac{1}{N_I-i} \sum_{j=i+1}^{N_I} (\delta E_{i,j} - \delta E^{\sigma,I})^2} \quad (5.3)$$

Όπου ο πρώτος άνω δείκτης, εν προκειμένω το “σ”, εκπροσωπεί το εξεταζόμενο σύμβολο της αλφαβήτου, ενώ ο δεύτερος άνω δείκτης τον αριθμό της σελίδας που μελετάμε.

Βήμα 2:Υπολογισμός των ποσοτήτων δE για τη σύγκριση των υλοποιήσεων του ίδιου συμβολογράμματος σε δύο διαφορετικά κείμενα.

Έστω ένα κείμενο με αριθμό σελίδας I , επί της οποίας υπάρχουν N_I υλοποιήσεις ενός συμβολογράμματος, και ένα δεύτερο κείμενο με αριθμό σελίδας J και N_J υλοποιήσεις του ίδιου συμβολογράμματος επ’ αυτής. Θεωρούμε την πρώτη υλοποίηση της I σαν πρότυπο και προσαρμόζουμε βέλτιστα όλες τις υλοποιήσεις της J σε αυτήν διαδοχικά με τη μέθοδο που περιγράψαμε στο κεφάλαιο 4. Σε κάθε μία τέτοια βέλτιστη προσαρμογή υπολογίζουμε την ποσότητα δE όπως αυτή έχει οριστεί στη σχέση (5.1) και την ονομάζουμε $\delta E_{1,j}$ $j = 1, \dots, N_J$. Εν συνεχεία θεωρούμε σαν πρότυπο τη δεύτερη υλοποίηση του “σ” της σελίδας I και υπολογίζουμε τις ποσότητες $\delta E_{2,j}$ $j = 1, \dots, N_J$ κ.ο.κ. , έως ότου όλες οι N_I υλοποιήσεις του “σ” από το κείμενο με σελίδα I έχουν λάβει τη θέση της πρότυπης υλοποίησης.

Εν συνεχεία υπολογίζουμε το μέσο όρο των ανωτέρω ποσοτήτων καθώς και τη δειγματική διασπορά τους δηλαδή τις εξισώσεις:

$$\delta E^{\sigma,I,J} = \frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} \frac{1}{N_J} \sum_{j=1}^{N_J} \delta E_{i,j} \quad (5.4)$$

$$SE^{\sigma,I,J} = \sqrt{\frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} \frac{1}{N_J} \sum_{j=1}^{N_J} (\delta E_{i,j} - \delta E^{\sigma,I,J})^2} \quad (5.5)$$

Η διαφοροποίηση των εξισώσεων 5.2, 5.3 με αυτές των 5.4, 5.5 έγκειται στο γεγονός ότι οι ποσότητες δE αφορούν τη σύγκριση δύο διαφορετικών κειμένων πράγμα που εντοπίζεται στην ύπαρξη τριών άνω δεικτών όπου ο πρώτος συμβολίζει το γράμμα της αλφαβήτου, εν προκειμένω το “σ”, ο δεύτερος την επιγραφή αναφοράς και ο τρίτος την τρέχουσα. Επίσης, ο αριθμός των συγκρίσεων που αφορούν τις υλοποιήσεις της ίδιας σελίδας I είναι $\frac{N^I(N^I-1)}{2}$, όπου N^I το σύνολο υλοποιήσεων της I σελίδας, ενώ μεταξύ των σελίδων I, J είναι $N^I N^J$.

Βήμα 3: Ένα μέτρο για να εκτιμήσουμε εάν δύο διαφορετικά κείμενα προέρχονται από τον ίδιο γραφέα.

Είναι εύλογο να υποθέσουμε ότι όταν τα κείμενα με σελίδες I και J προέρχονται από τον ίδιο γραφέα, οι ποσότητες που αφορούν έστω το συμβολόγραμμα “σ”, $\delta E^{\sigma,I}$ και $\delta E^{\sigma,I,J}$, θα έχουν πιο παραπλήσιες τιμές για κάθε σελίδα, απ’ όταν οι I και J προέρχονται από διαφορετικό χέρι. Η ποσοτικοποίηση αυτής της παρατήρησης βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε μία ποσότητα δE_i είναι ένα ποσοστό (καθώς λαμβάνει τιμή πάντοτε μεταξύ 0 και 1) και όταν $N_I \geq 5$ και $N_J \geq 5$ τότε η ποσότητα ακολουθεί κατά προσέγγιση κανονική κατανομή. Η υπόθεση αυτή δεν απορρίφθηκε από τα σχετικά τεστ Kolmogorov-Smirnoff ($\alpha=0.001$). Επίσης, εάν οι σελίδες I και J προέρχονται από τον ίδιο γραφέα, τότε οι πληθυσμιακές μέσες τιμές των ποσοτήτων $\delta E^{\sigma,I}$ και $\delta E^{\sigma,I,J}$ πρέπει να είναι θεωρητικά ίσες. Άρα, ένα μέτρο που ποσοτικά περιγράφει το αν δύο κείμενα προέρχονται από το ίδιο χέρι ή όχι όσον αφορά το συμβολόγραμμα “σ” και μόνον επιλέγεται να είναι το σύνολο των ποσοτήτων:

$$\delta^{\sigma,I,J} = \frac{\delta E^{\sigma,I} - \delta E^{\sigma,I,J}}{\sqrt{\frac{(SE^{\sigma,I})^2}{N_I(N_I-1)/2} + \frac{(SE^{\sigma,I,J})^2}{N_I N_J}}} \quad (5.6)$$

Όπου I, J δύο τυχούσες σελίδες των υπό μελέτη κειμένων.

Όσο πιο κοντά στο μηδέν είναι η ποσότητα $\delta^{\sigma,I,J}$ τόσο περισσότερο αναμένεται ότι οι σελίδες I και J να προέρχονται από τον ίδιο γραφέα, όσον αφορά το συμβολόγραμμα “σ” και μόνον. Αντιθέτως εάν οι σελίδες I και J προέρχονται από διαφορετικό δημιουργό, αναμένεται ικανός αριθμός υλοποιήσεων ενός συνόλου συμβόλου της αλφαβήτου να διαφέρει στατιστικά σημαντικά. Επειδή οι ποσότητες του αριθμητή ακολουθούν κανονική κατανομή όπως προαναφέρθηκε, η ποσότητα $\delta^{\sigma,I,J}$ ακολουθεί κατανομή Student ή για $N_I \geq 5$ και $N_J \geq 5$ ακολουθεί με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση τυπική κανονική κατανομή.

Σε περίπτωση που έχουμε κατανομή Student και εάν οι διασπορές $(SE^{\sigma,I})^2$ και $(SE^{\sigma,I,J})^2$ είναι ίσες τότε οι βαθμοί ελευθερίας της κατανομής είναι

$$d^{\sigma,I,J} = N_I N_J + \frac{N_I(N_I-1)}{2} - 2 \quad (5.7)$$

ενώ αν οι διασπορές είναι άνισες και θέτουμε $N_{I I} = N_I(N_I - 1)2$ και $N_{I J} = N_I N_J$ τότε ισχύει

$$d^{\sigma, I, J} = \frac{\left(\frac{(SE^{\sigma, I})^2}{N_{I I}} + \frac{(SE^{\sigma, I, J})^2}{N_{I J}} \right)^2}{\frac{\left(\frac{(SE^{\sigma, I})^2}{N_{I I}} \right)^2}{N_{I I} - 1} + \frac{\left(\frac{(SE^{\sigma, I, J})^2}{N_{I J}} \right)^2}{N_{I J} - 1}} \quad (5.8)$$

Εφ' όσον δεν γνωρίζουμε *a priori* αν οι πληθυσμιακές διασπορές των ποσοτήτων $\delta^{\sigma, I, J}$ είναι ίσες ή άνισες, διαλέγουμε τη σχέση (5.8) για τους βαθμούς ελευθερίας της Student, διότι καλύπτει και τις δύο περιπτώσεις.

5.B. Πιθανοφάνεια και στατιστικές υποθέσεις στη βέλτιστη θέση προσαρμογής

Ας θεωρήσουμε τις υλοποιήσεις ενός συμβόλου της αλφαβήτου, έστω του “σ”, οι οποίες εμφανίζονται επί του αγνώστου γραφέα κειμένου I_u και έστω ότι θέλουμε περαιτέρω να ελέγξουμε εάν τα I_u και I_l προέρχονται από το ίδιο χέρι τουλάχιστον όσον αφορά το συγκεκριμένο γράμμα. Ακολουθώντας τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 4, θεωρούμε όλα τα “σ” του I_l σαν πρότυπες υλοποιήσεις και προσαρμόζουμε βέλτιστα τις υλοποιήσεις του “σ” του προς μελέτη κειμένου I_u στις πρότυπες. Όπως θεμελιώθηκε στο 5.A. ένα μέτρο που ποσοτικά περιγράφει το αν δύο κείμενα προέρχονται από το ίδιο χέρι ή όχι επελέγη να είναι το σύνολο των ποσοτήτων

$$\delta^{\sigma, I_u, I_l} = \frac{\delta E^{\sigma, I_l} - \delta E^{\sigma, I_l, I_u}}{\sqrt{\frac{(SE^{\sigma, I_l})^2}{N_{I_l}(N_{I_l}-1)/2} + \frac{(SE^{\sigma, I_l, I_u})^2}{N_{I_l}N_{I_u}}}} \quad (5.6)$$

οι οποίες ακολουθούν κατανομή Student, ή για συνολικό πλήθος συγκρίσεων μεγαλύτερο του 30 τυπική κανονική κατανομή με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση και με συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας έστω $g(z)$. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας αυτής της κατανομής στα σημεία $\delta^{\sigma, I_u, I_l}$, τόσο περισσότερο αναμένεται τα κείμενα I_l και I_u να προέρχονται από τον ίδιο γραφέα. Αντιστρόφως εάν τα κείμενα I_l και I_u προέρχονται από διαφορετικό γραφέα, αναμένεται να υπάρχει ικανός αριθμός υλοποιήσεων των συμβόλων της αλφαβήτου, έστω L , στις οποίες οι ποσότητες $g(\delta^{\sigma, I_u, I_l})$ θα είναι πολύ μικρές.

Με βάση αυτή την παρατήρηση μπορούν να διατυπωθούν στατιστικές υποθέσεις και οι εναλλακτικές τους, ώστε επί τη βάση των γνωστών θεωρημάτων

της Επαγωγικής Στατιστικής αναφορικά με την αποδοχή ή απόρριψη υποθέσεων, να αποδεχτούμε ότι ένα σύμβολο της αλφαβήτου ή ένα δεδομένο σύνολο συμβόλων της αλφαβήτου έχουν γραφεί από το ίδιο χέρι ή όχι.

Κατά ανάλογο τρόπο μπορεί από ένα συγκεκριμένο σύνολο συμβόλων της αλφαβήτου να διατυπώσουμε από ποιο χέρι έχει γραφεί το σύνολο αυτών των γραμμάτων, με βάση την Αρχή της Μέγιστης Πιθανοφάνειας.

6. Εφαρμογή της μεθοδολογίας αυτόματης αναγνώρισης στα κείμενα του Ρήγα Φεραίου και οπτική απόδοση

Στο παρόν κεφάλαιο παραθέτουμε ένα δείγμα αποτελεσμάτων της εφαρμογής της θεωρητικής ανάλυσης που παρουσιάστηκε στα Κεφάλαια 4 και 5 με απώτερο σκοπό την αναγνώριση των γραφέα του κειμένου “Σαγανάκι της Τρέλλας”, που αναμένεται να ανήκει στο Ρήγα Φεραίο. Στην παρούσα διπλωματική εργασία δε θα γίνει κάποια τοποθέτηση επί του θέματος, αλλά μια δειγματική εφαρμογή της μεθοδολογίας για τα γράμματα “α” και “σ”. Πληροφορίες σχετικά με τα προς μελέτη κείμενα αναφέρονται στην υπο-ενότητα 1.Γ, όπως και μια αναφορά στο μεγάλο Ρήγα Φεραίο και το Έργο του.

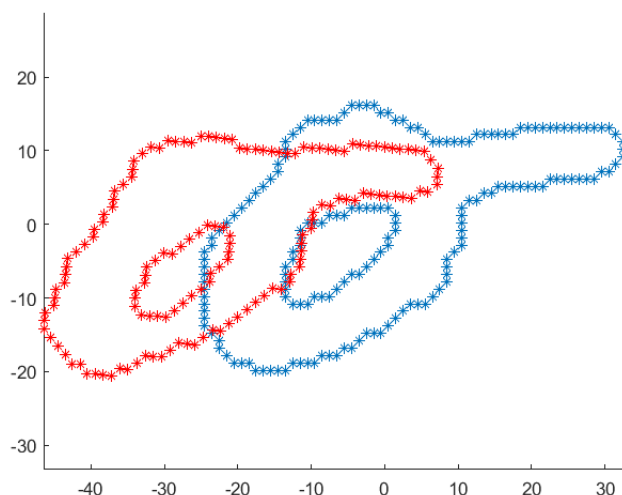
Ακολουθούν κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα βέλτιστης προσαρμογής διαφόρων περιγραμμάτων υλοποιήσεων των συμβολογραμμάτων “α” και “σ” επί σελίδων των κειμένων “Φυσικής Απάνθισμα”, «Σαγανάκι της Τρέλλας” και “Σύνταγμα”. Για κάθε ζευγάρι υλοποιήσεων που συγκρίνεται με σκοπό τη βέλτιστη προσαρμογή και ποσοτικοποίηση της συσχέτισης τους, παρατίθενται οι πρότυπες υλοποιήσεις με το εξαχθέν περίγραμμα, η αρχική σύγκριση των περιγραμμάτων, η τελική συσχέτιση μετά την εφαρμογή των αφινικών μετασχηματισμών επί της τρέχουσας υλοποίησης, καθώς και το εμβαδόν της τομής τους. Επελέγησαν για τις συγκρινόμενες σελίδες των κειμένων το ζεύγος υλοποιήσεων με το μεγαλύτερο ποσοστό ταύτισης δE . Υπενθυμίζουμε τον τύπο της ποσότητας δE :

$$\delta E = \frac{\text{εμβαδόν της } E^I \cap E^T}{\text{εμβαδόν της } E^I \cup E^T} = \frac{EMB(E^I \cap E^T)}{EMB(E^I \cup E^T)} \quad (5.1)$$

Με μπλε χρώμα παρουσιάζεται το περίγραμμα της υλοποίησης του συμβολογράμματος αναφοράς, ενώ με κόκκινο το τρέχον περίγραμμα που υφίσταται αφινικούς μετασχηματισμούς για τη βέλτιστη προσαρμογή του στο πρότυπο. Επιπλέον, με μωβ χρώμα αναπαρίσταται το εμβαδόν της τομής των υλοποιήσεων των δύο συμβολογραμμάτων, ενώ το εμβαδόν της ένωσης προκύπτει αν προσθέσουμε σε αυτό της τομής και τις κόκκινες και μπλε περιοχές. Τέλος, σε κάθε ζεύγος συγκρινόμενων σελίδων παραθέτουμε το μέσο όρο του ποσοστού ταύτισης των υλοποιήσεων καθώς και το μέγιστο ποσοστό. Στις σελίδες από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” για το “σ” και σε όλες τις υλοποιήσεις του “α” , παρατίθενται και οι πρωτότυπες υλοποιήσεις του κειμένου με το εξαχθέν περίγραμμα.

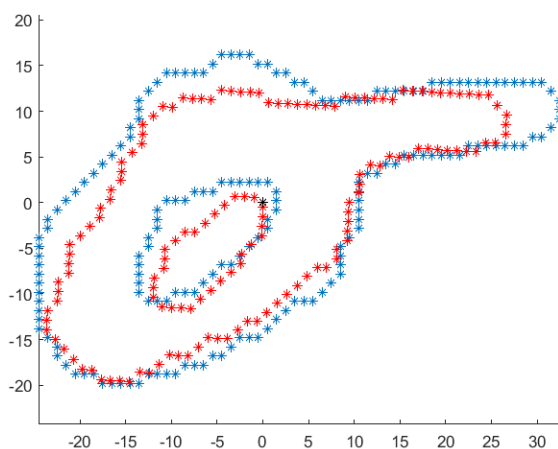
6.A. Παραδείγματα περιγραμμάτων και σύγκρισης εμβαδών των υλοποιήσεων ανάμεσα στα προς μελέτη κείμενα για το συμβολόγραμμα “σ”

- 1. Σελίδα 39 “Φυσικής Απάνθισμα” με τη σελίδα 93 του ιδίου κειμένου



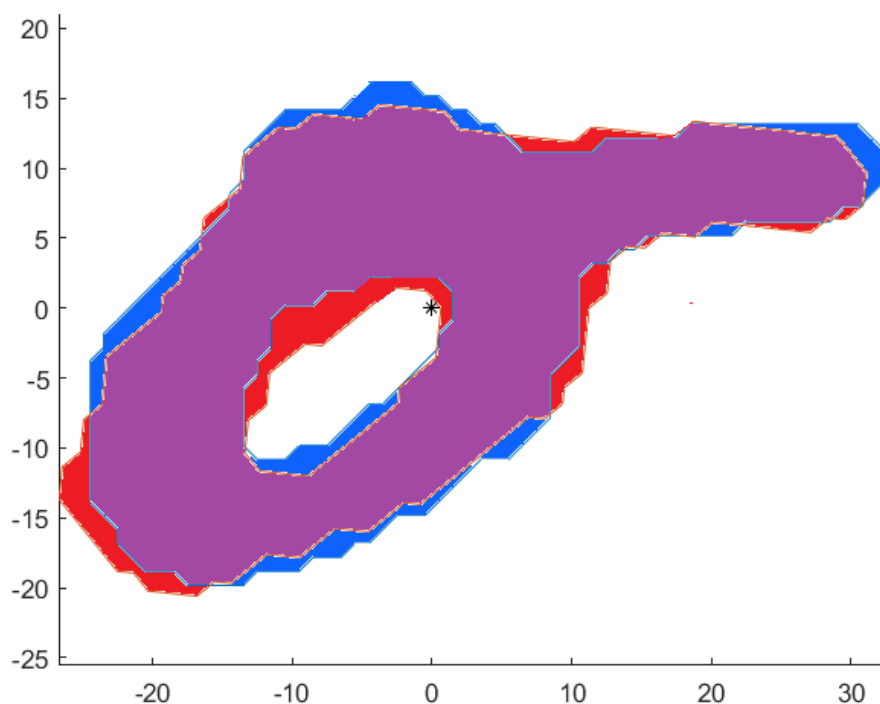
Εικόνα 6.A.1.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 39, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 93.



Εικόνα 6.A.1.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

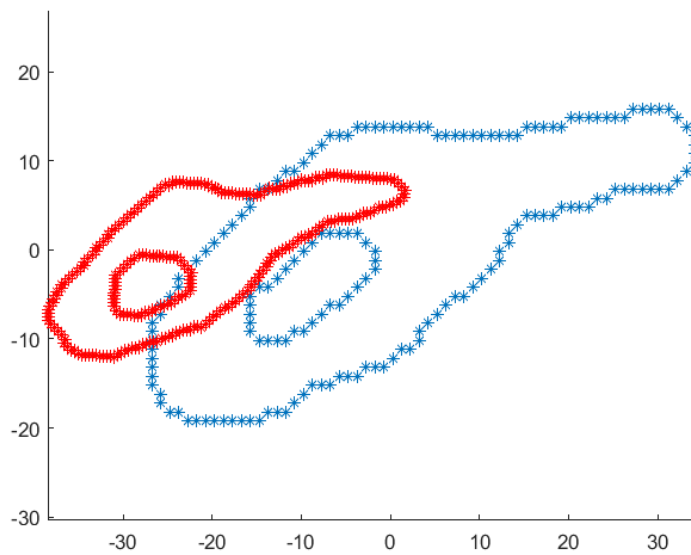


Εικόνα 6.A.1.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

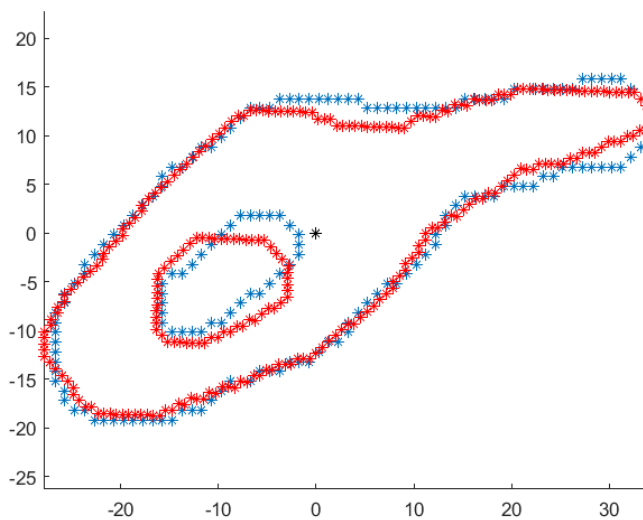
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 39 από το “Φυσικής απάνθισμα” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 93 του ίδιου κειμένου. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8516$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.7584.

- 2. Σελίδα 39 “Φυσικής Απάνθισμα” με τη σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας”



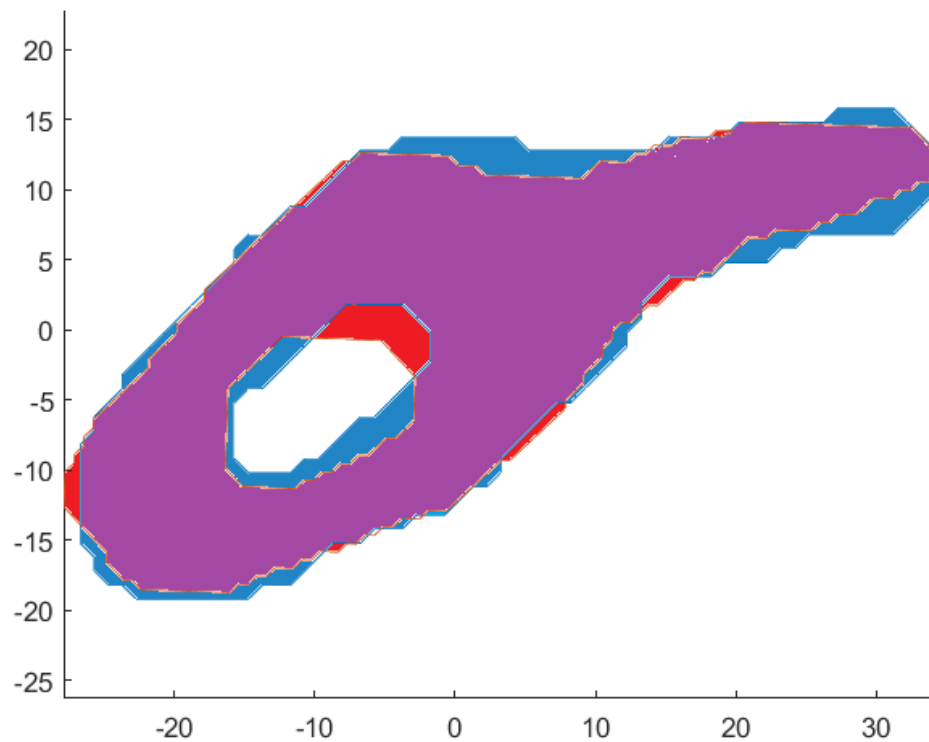
Εικόνα 6.A.2.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 39 του κειμένου “Φυσικής Απάνθισμα”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας”.



Εικόνα 6.A.2.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποιήσεως καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

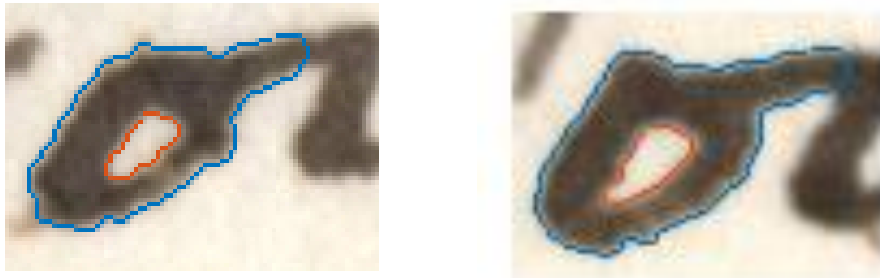


Εικόνα 6.A.2.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

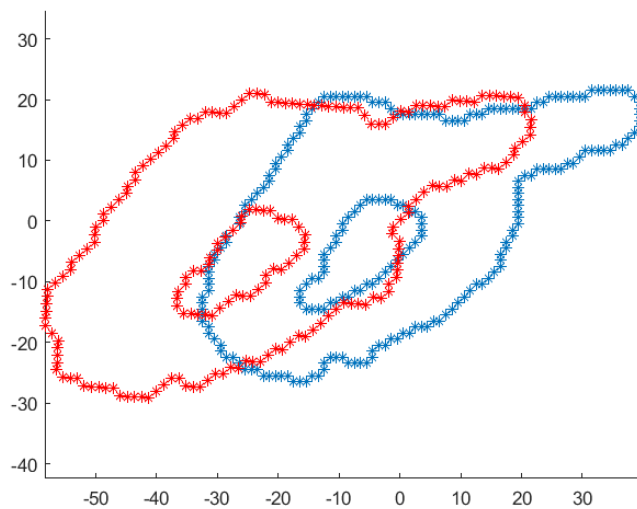
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 39 από το “Φυσικής απάνθισμα” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας”. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.86$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.7259.

- 3. Σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας” υλοποιήσεις της ίδιας σελίδας



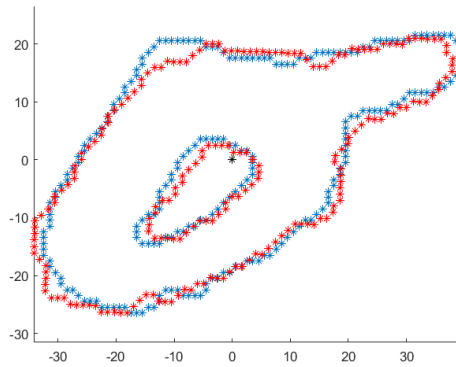
Εικόνες 6.A.3.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από την ίδια σελίδα.



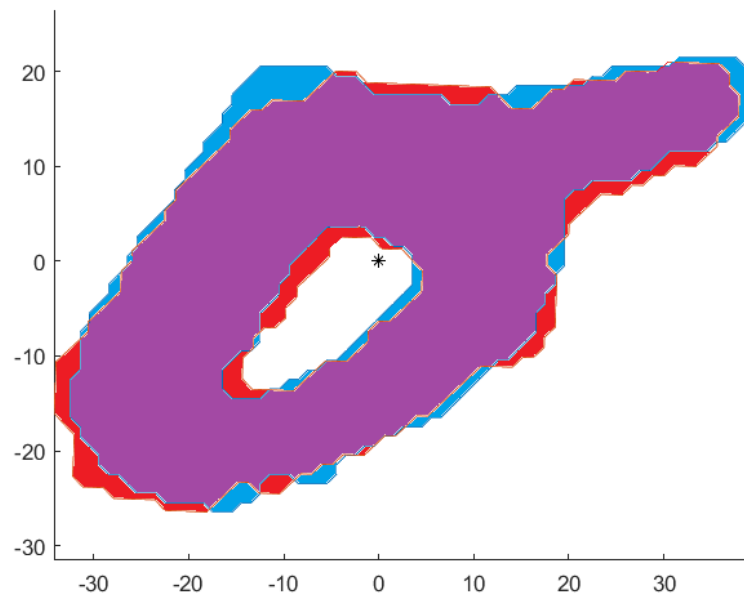
Εικόνα 6.A.3.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα.



Εικόνα 6.A.3.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

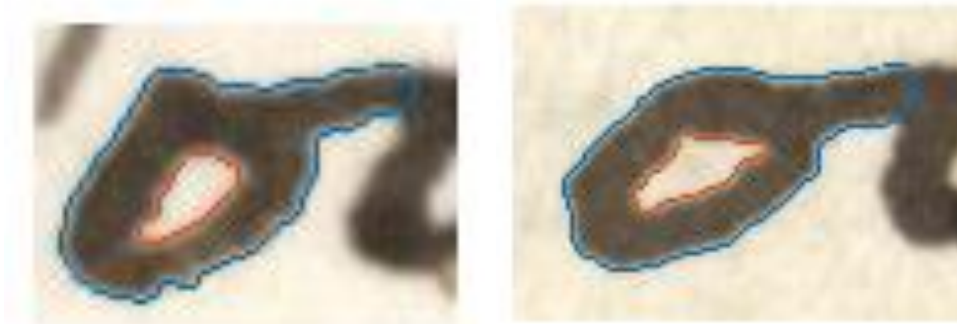


Εικόνα 6.A.3.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

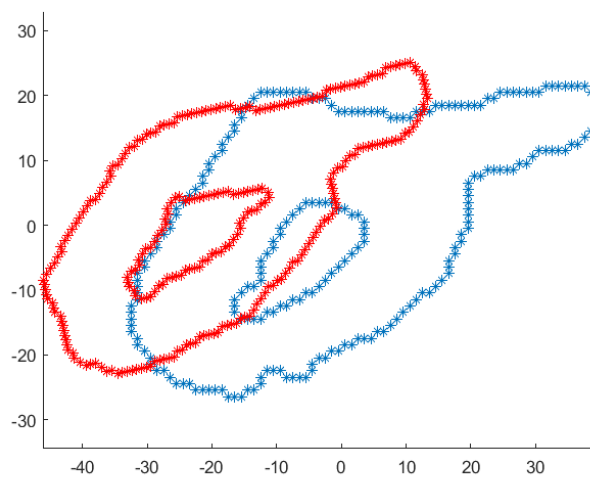
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας”. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8690$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.7369.

- 4. Σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 25 του ίδιου κειμένου



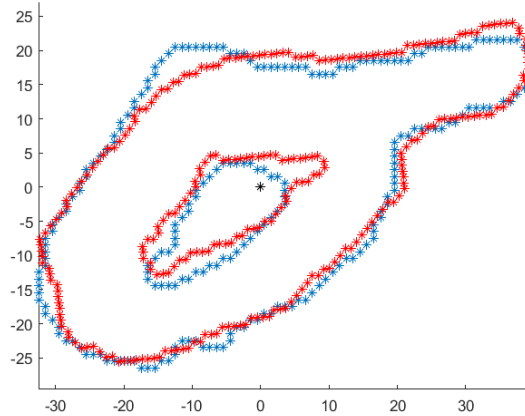
Εικόνες 6.A.4.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 25 του ίδιου κειμένου.



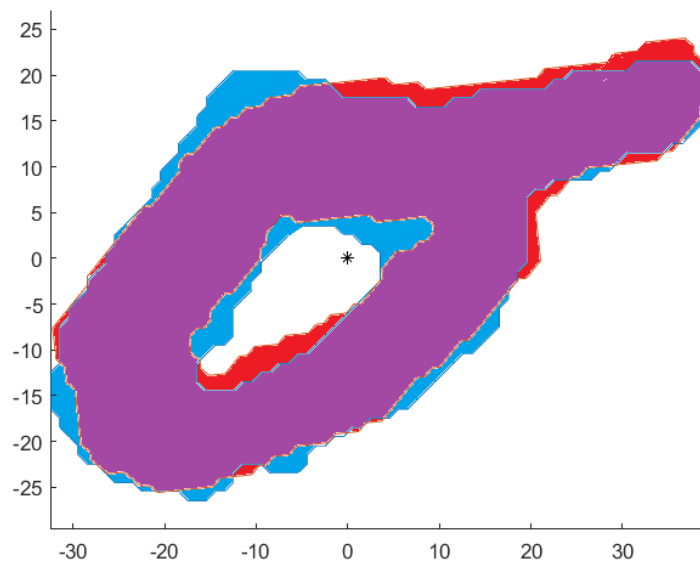
Εικόνα 6.A.4.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα.



Εικόνα 6.A.4.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

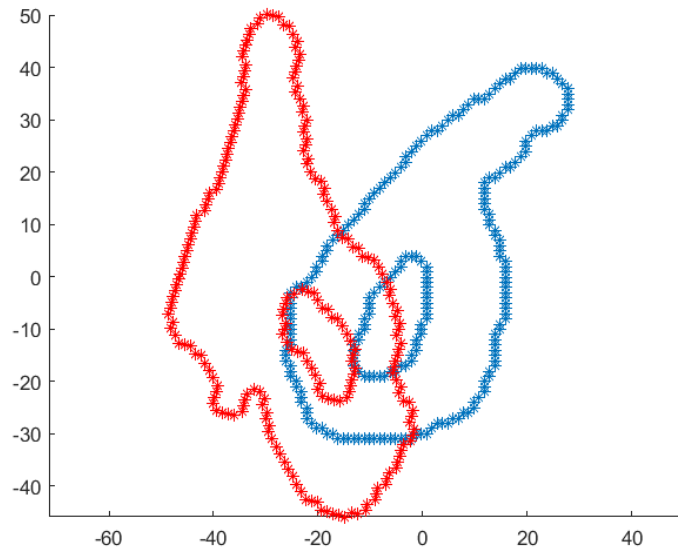


Εικόνα 6.A.4.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

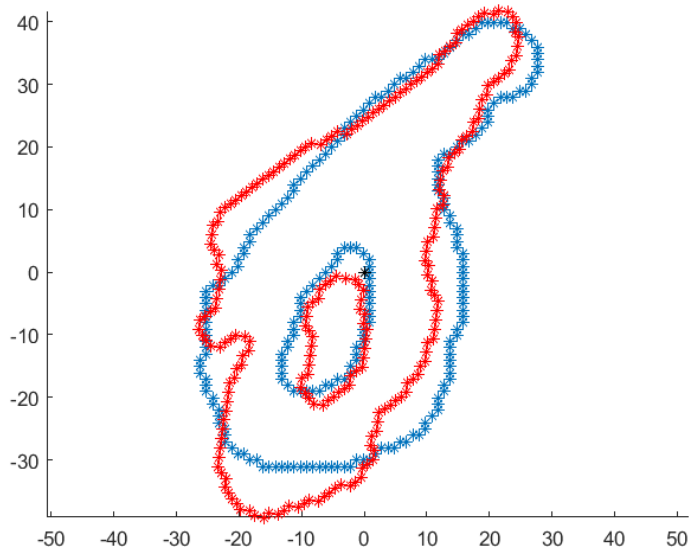
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ των υλοποιήσεων της σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της σελίδας 25 από το ίδιο κείμενο. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8633$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.7196.

- 5. Σελίδα 25 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 4 “Σύνταγμα”



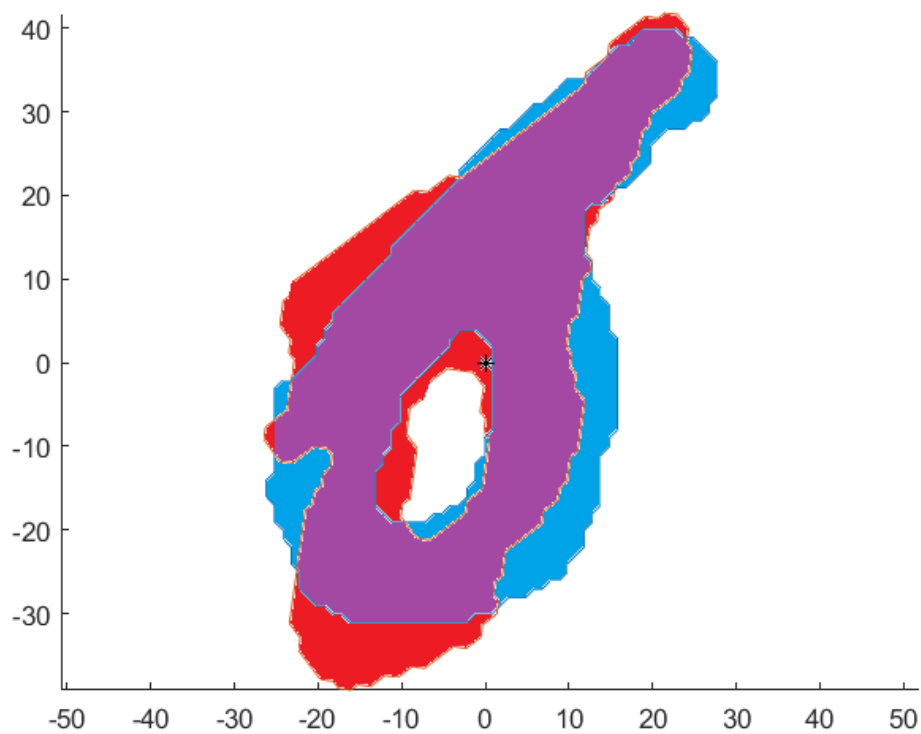
Εικόνα 6.A.5.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 25 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 4 από το “Σύνταγμα”.



Εικόνα 6.A.5.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποιήσεως καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

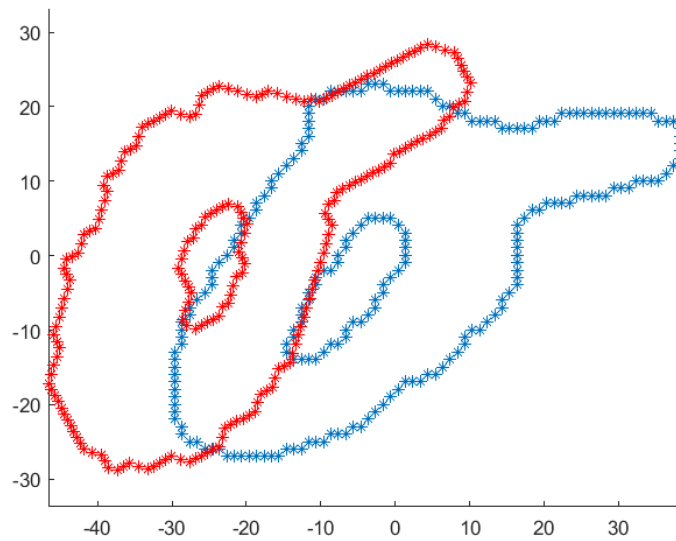


Εικόνα 6.A.5.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

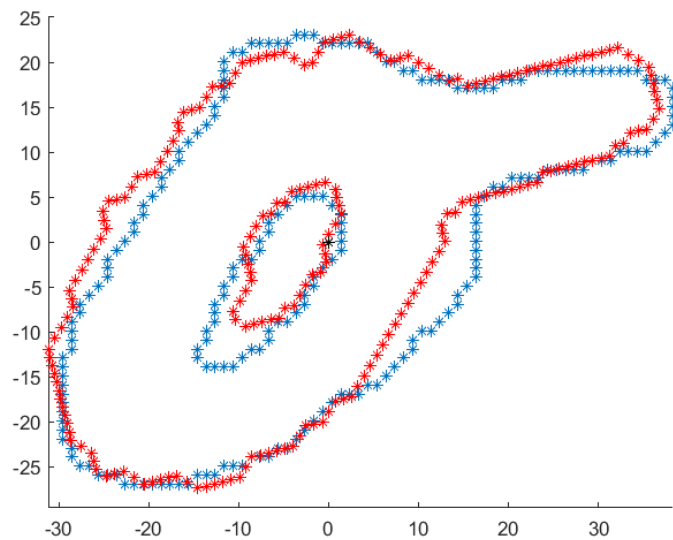
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 25 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 4 από το “Σύνταγμα” . Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8406$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.7149.

- 6. Σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 10 “Σύνταγμα”



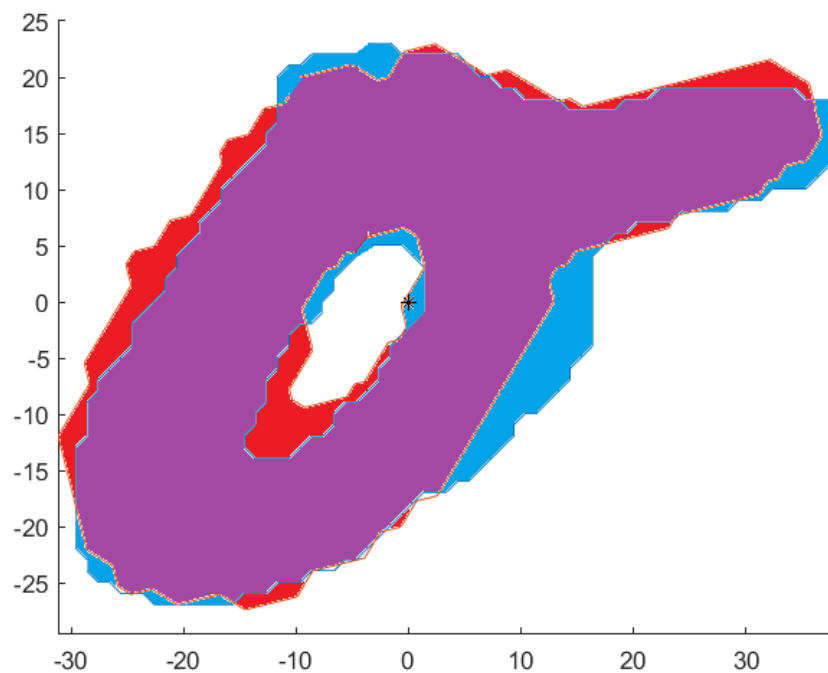
Εικόνα 6.A.6.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 10 από το “Σύνταγμα”.



Εικόνα 6.A.6.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποιήσεως καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.A.6.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 10 από το “Σύνταγμα” . Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8605$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6948.

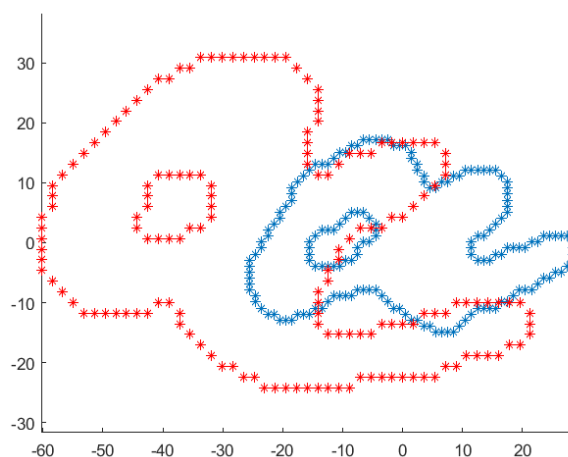
6.B. Παραδείγματα περιγραμμάτων και σύγκρισης εμβαδών των υλοποιήσεων ανάμεσα στα προς μελέτη κείμενα για το συμβολόγραμμα “α”

- 1. Σελίδα 31 “Φυσικής Απάνθισμα” με τη σελίδα 91 του ίδιου κειμένου



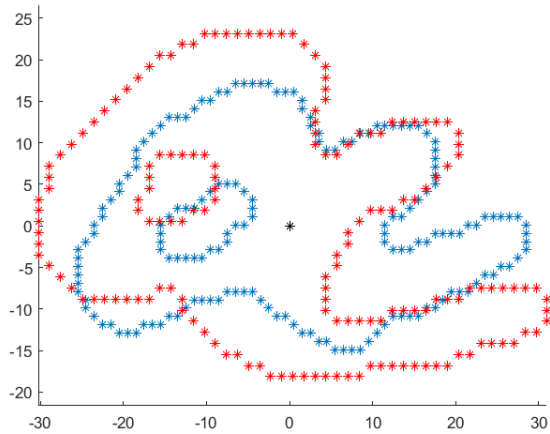
Εικόνες 6.B.1.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 31 του “ Φυσικής Απάνθισμα ” , ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 91 του ίδιου κειμένου.



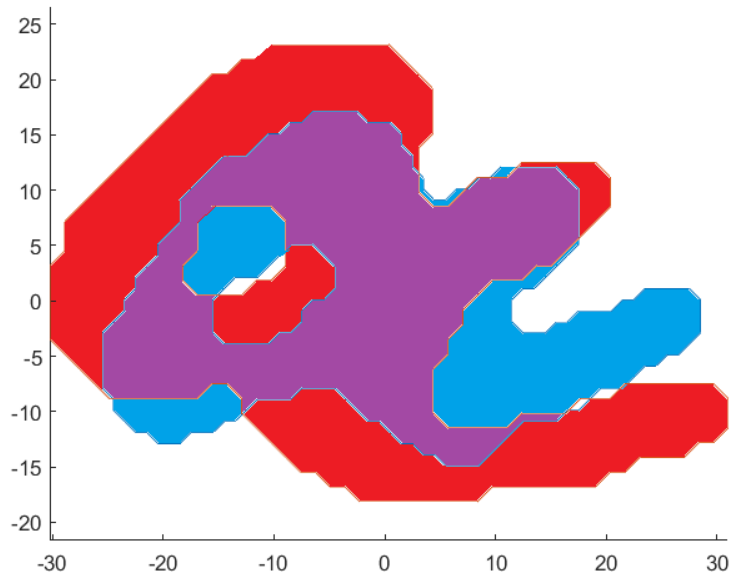
Εικόνα 6.B.1.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξαγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 31, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 91.



Εικόνα 6.B.1.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.B.1.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

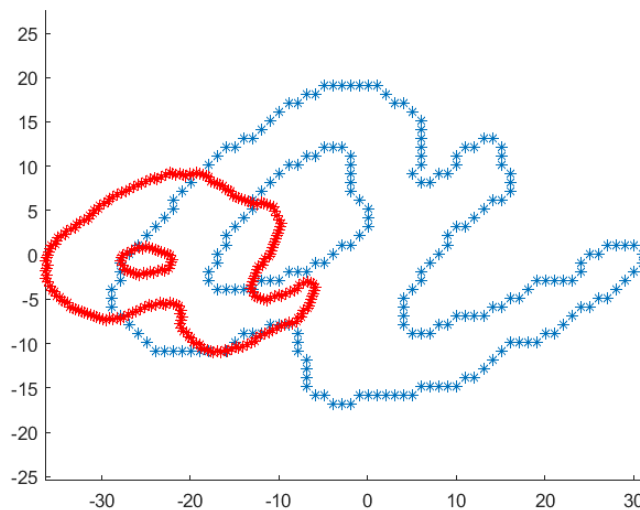
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 31 από το “Φυσικής απάνθισμα” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 91 του ίδιου κειμένου. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8265$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6809.

- 2. Σελίδα 31 από “Φυσικής Απάνθισμα” με τη σελίδα 3 του κειμένου “Σύνταγμα”



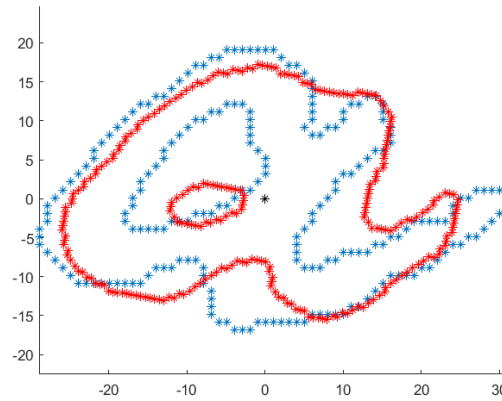
Εικόνες 6.B.2.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 31 του “ Φυσικής Απάνθισμα ” , ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 3 του “Σύνταγμα”.



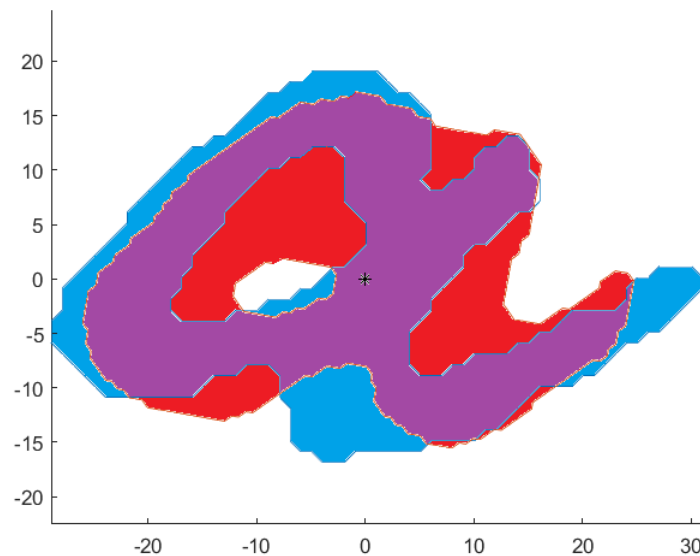
Εικόνα 6.B.2.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 31 του κειμένου “Φυσικής Απάνθισμα”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 3 από το “Σύνταγμα”.



Εικόνα 6.B.2.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.B.2.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

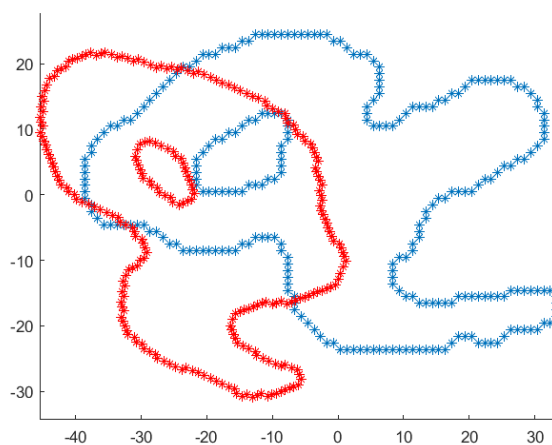
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 31 από το “Φυσικής απάνθισμα” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 3 από το “Σύνταγμα”. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8022$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0. 6809.

- 3. Σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 3 από το “Σύνταγμα”



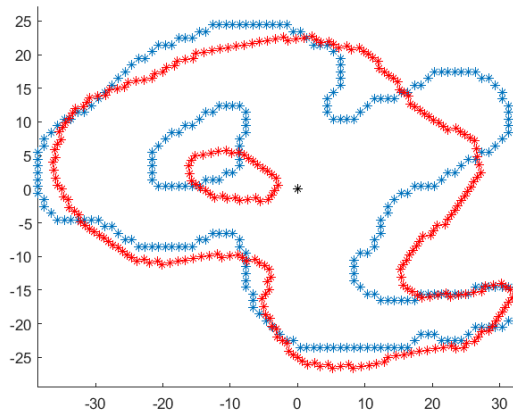
Εικόνες 6.B.3.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 3 του “Σύνταγμα”.



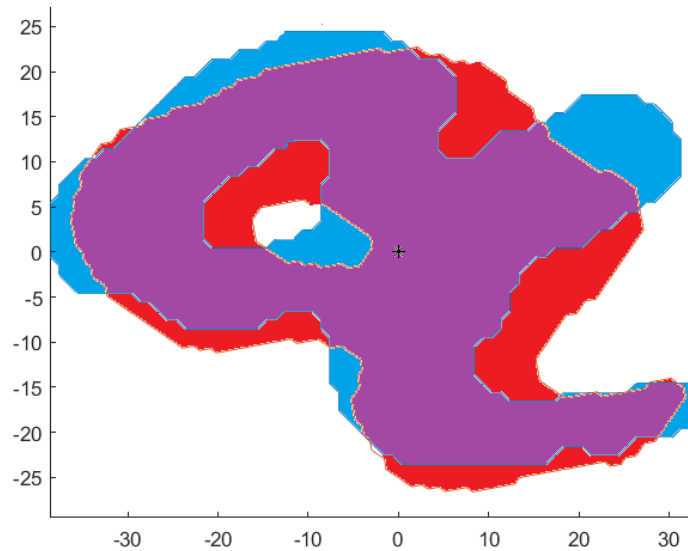
Εικόνα 6.B.3.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξαγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα από τη σελίδα 3 του “Σύνταγμα”.



Εικόνα 6.B.3.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.B.3.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

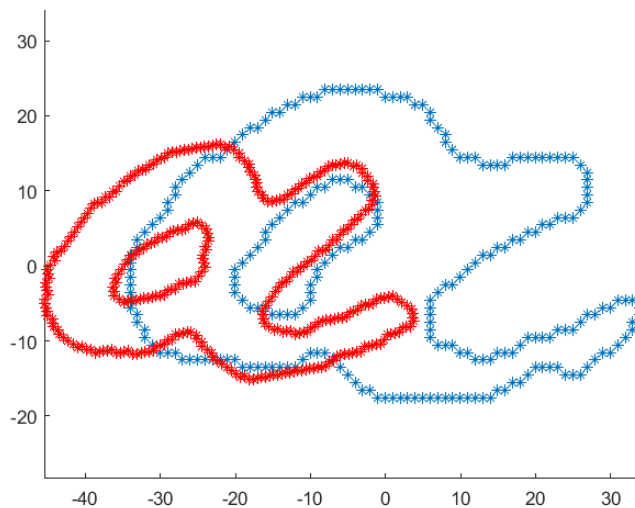
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 3 από το “Σύνταγμα”. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.7605$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6266.

- 4. Σελίδα 4 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 35 του ίδιου κειμένου



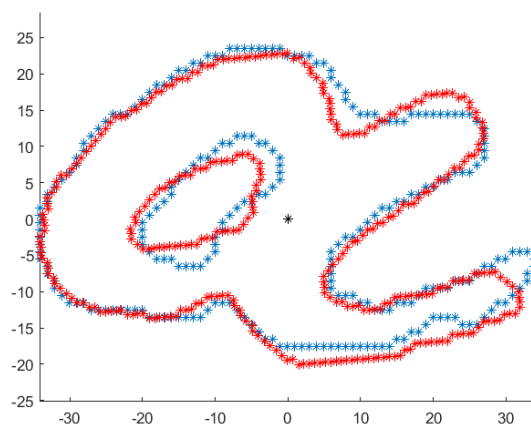
Εικόνες 6.B.4.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 35 του ίδιου κειμένου.



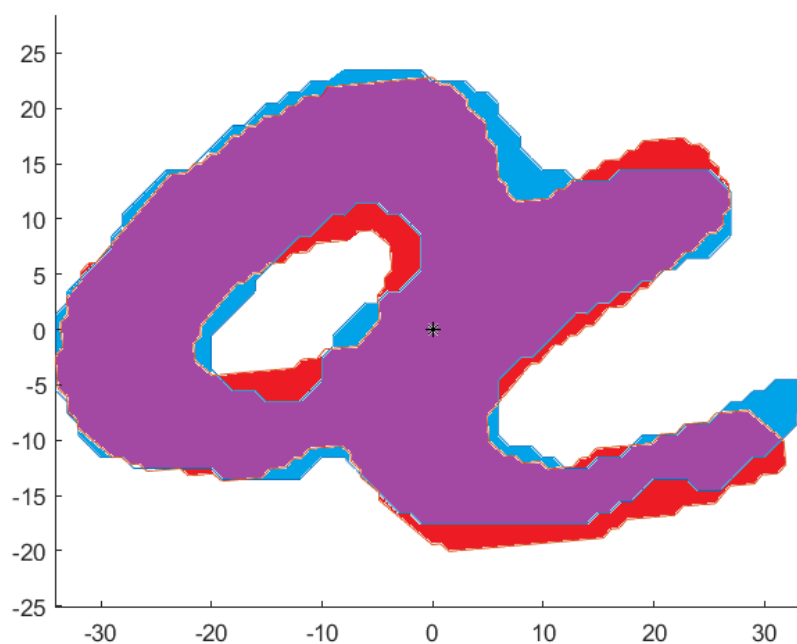
Εικόνα 6.B.4.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 4 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα από τη σελίδα 35 του ίδιου κειμένου.



Εικόνα 6.B.4.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.B.4.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

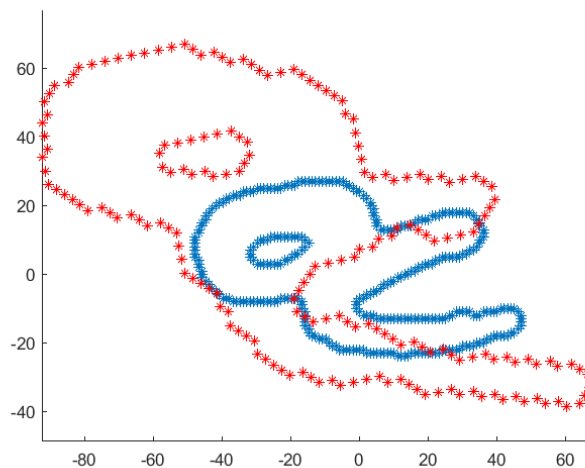
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ των υλοποιήσεων της σελίδας 4 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της σελίδας 35 από το ίδιο κείμενο. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8392$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6736.

- 5. Σελίδα 35 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 31 του “Φυσικής απάνθισμα”



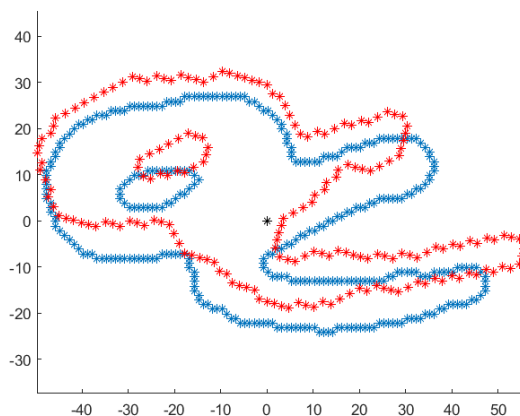
Εικόνες 6.B.5.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 35 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 31 του “Φυσικής απάνθισμα”.



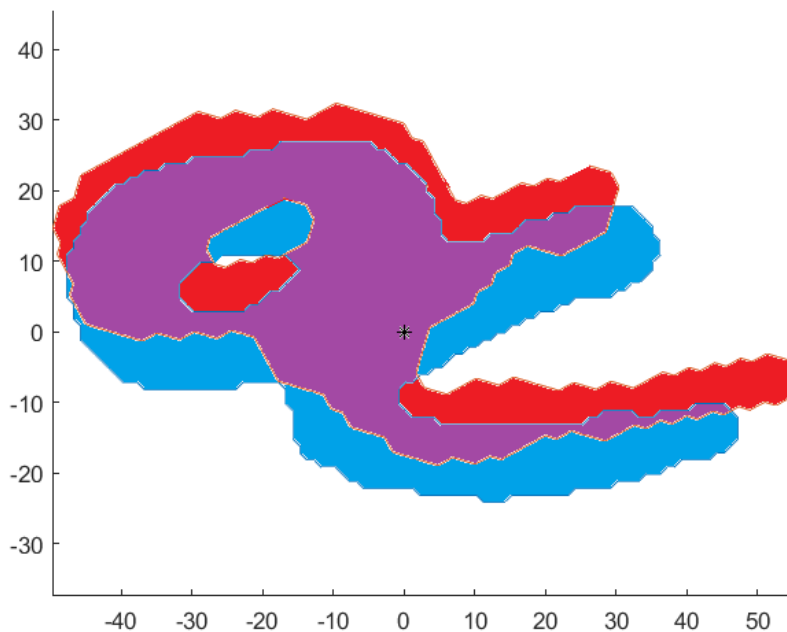
Εικόνα 6.B.5.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξάγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 35 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα από τη σελίδα 31 του “Φυσικής απάνθισμα”..



Εικόνα 6.B.5.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.

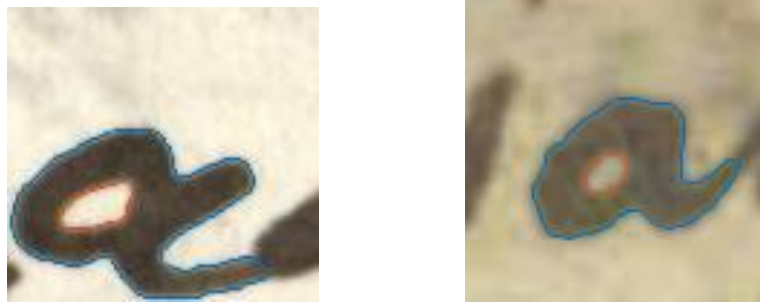


Εικόνα 6.B.5.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

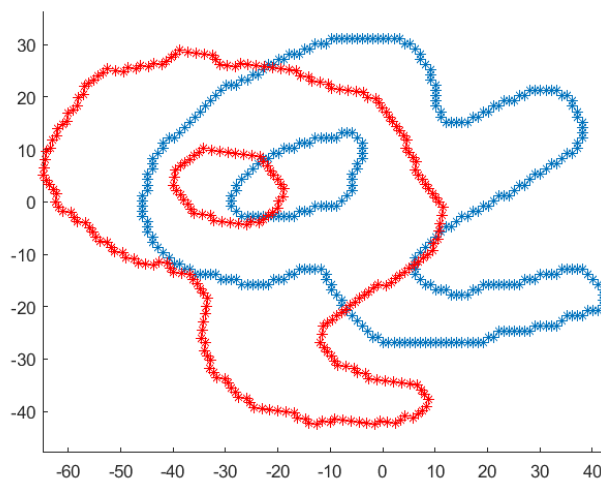
Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 35 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 31 από το Φυσικής απάνθισμα”. Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.8249$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6762.

- 6. Σελίδα 35 “Σαγανάκι της Τρέλλας” με τη σελίδα 3 “Σύνταγμα”



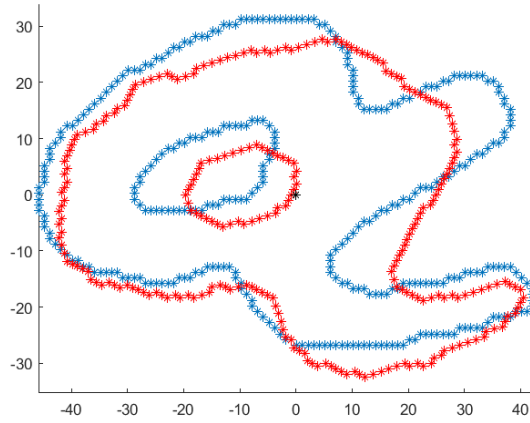
Εικόνες 6.B.6.0

Οι φωτογραφίες αποτελούν τις πρωτότυπες υλοποιήσεις των μελετώμενων συμβολογραμμάτων με αναπαράσταση των εξαχθέντων περιγραμμάτων εξ αυτών. Η αριστερή φωτογραφία είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 35 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ η δεξιά η τρέχουσα από τη σελίδα 3 του “Σύνταγμα”.



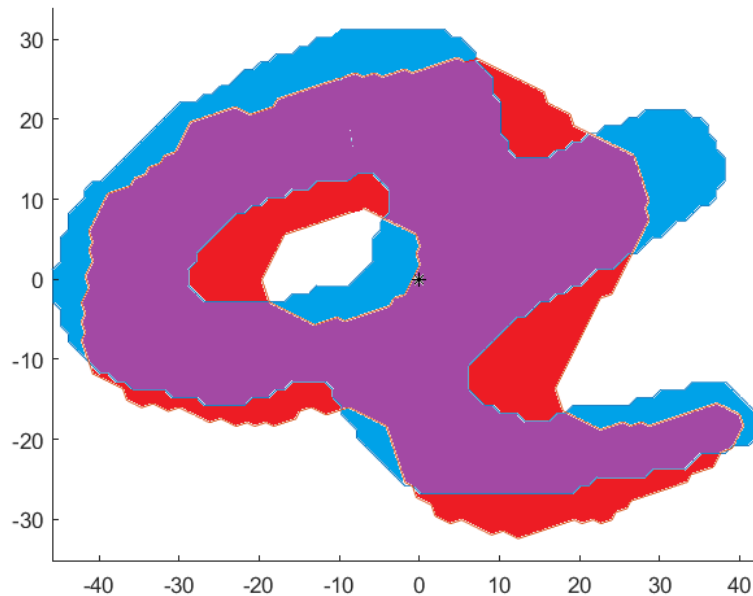
Εικόνα 6.B.6.1

Στο διάγραμμα αναπαρίστανται τα περιγράμματα των υλοποιήσεων όπως ακριβώς εξαγονται, με μπλε χρώμα είναι η πρότυπη υλοποίηση από τη σελίδα 35 του “Σαγανάκι της Τρέλλας”, ενώ με κόκκινο η τρέχουσα της σελίδας 3 από το “Σύνταγμα”.



Εικόνα 6.B.6.2

Στο διάγραμμα παρουσιάζεται ο μετασχηματισμός της τρέχουσας υλοποίησης καταλλήλως ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη προσαρμογή στην πρότυπη.



Εικόνα 6.B.6.3

Γραφική αναπαράσταση του εμβαδού της τομής του ζεύγους υλοποιήσεων με μωβ χρώμα, καθώς και των περιοχών που αθροιστικά με την τομή αποτελούν την ένωση των δύο υλοποιήσεων.

Το ζευγάρι υλοποιήσεων που αναπαρίσταται στα παραπάνω γραφήματα είναι εκείνο που επιτυγχάνει το μέγιστο ποσοστό ομοιότητας μεταξύ όλων των υλοποιήσεων της πρότυπης σελίδας 35 από το “Σαγανάκι της Τρέλλας” με αυτές της τρέχουσας σελίδας 3 από το “Σύνταγμα” . Το ποσοστό αυτό είναι $\delta E = 0.7821$, ενώ ο μέσος όρος ομοιότητας για όλες τις δοκιμές είναι 0.6719.

7.Βιβλιογραφία

- [1] S. Tracy and C. Papaodysseus, "The Study of Hands on Greek Inscriptions: The Need for a Digital Approach," *American Journal of Archaeology*, pp. 99-102, January 2009.
- [2] S. V. Tracy, C. Papaodysseus, P. Rousopoulos, M. Panagopoulos, D. Fragoulis, D. Dafi and Th. Panagopoulos, "Identifying Hands on Ancient Athenian Inscriptions: First Steps Towards a Digital Approach," *Archaeometry*, vol. 49, no. 4, pp. 749-764, 2007.
- [3] M. Panagopoulos, C. Papaodysseus, P. Rousopoulos, D. Dafi and S. Tracy, "Automatic Writer Identification of Ancient Greek Inscriptions," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 8, pp. 1404-1414, July 2009.
- [4] G. E. Kokolakis, "Bayesian Classification and Classification Performance for Independent Distributions," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 27, pp. 419-21, 1981.
- [5] "Ρήγας Βελεστινλής," Βικιπαίδεια. Feb. 20, 2021, Accessed: Mar. 08, 2021. [Online]. Available: https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%A1%CE%AE%CE%B3%CE%B1%CF%82_%CE%92%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BB%CE%AE%CF%82&oldid=8694955.
- [6] "Ρήγας Φεραίος - Δήμος Ρήγα Φεραίου." <https://www.rigas-feraios.gr/%ce%b5%cf%80%ce%b9%cf%83%ce%ba%ce%b5%cf%80%cf%84%ce%b5%cf%83/%ce%b9%cf%83%cf%84%ce%bf%cf%81%ce%af%ce%b1/%cf%81%ce%ae%ce%b3%ce%b1%cf%82%cf%86%ce%b5%cf%81%ce%b1%ce%af%ce%bf%cf%82/> (accessed Mar. 08, 2021).
- [7] Σ. Σήμερα .gr, "Ρήγας Βελεστινλής (Φεραίος)," Σαν Σήμερα .gr. <https://www.sansimera.gr/biographies/1> (accessed Mar. 08, 2021).
- [8] "JRN-3443_SV4742_11.pdf." Accessed: Mar. 08, 2021. [Online]. Available: http://www.grissh.gr/system/articles/assets/54d8/bd26/d36a/360b/8200/0016/original/JRN-3443_SV4742_11.pdf?1423490342.
- [9] "Σαγανάκι της τρέλλας, Lia Brad Chisacof, Ρήγας, Ανέκδοτα κείμενα:" <http://www.karaberopoulos.gr/el/arthra-gia-velenstinli/arthra-rhgas-den-einai-suggrafeas-anekdotwn-keimenwn/> (accessed Mar. 08, 2021).

- [10]“Ρήγας, Ανέκδοτα κείμενα – Gutenberg.” <https://www.dardanosnet.gr/product/rigas-anekdota-kimena/> (accessed Mar. 08, 2021).
- [11]“Η ζωή και το Έργο του ΡΗΓΑ.” http://www.rhigassociety.gr/lifeergo.htm?fbclid=IwAR3p6UK4lYooHWAH9BVCjcyR71M1nkd4gQbYvruUXlJn_FFn2_33LhdqDGE (accessed Mar. 08, 2021).
- [12] J. Chapran, “Biometric Writer Identification: Feature Analysis and Classification,” *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 20, no. 4, pp. 483-503, 2006.
- [13] T. Dhieb, W. Ouarda, H. Boubaker and A. M. Alimi, “Beta-Elliptic Model for Writer Identification from Online Arabic Handwriting,” *Journal of Information Assurance & Security*, vol. 11, no. 5, pp. 263-272, 2016.
- [14] X. Y. Zhang, G. S. Xie, C. L. Liu and Y. Bengio, “End-to-End Online Writer Identification With Recurrent Neural Network,” *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 47, no. 2, pp. 285-292, April 2017. doi: 10.1109/THMS.2016.2634921
- [15] E. N. Zois and V. Anastassopoulos, “Morphological Waveform Coding for Writer Identification,” *Pattern Recognition*, vol. 33, pp. 385-398, 2000.
- [16] H. Said, T. Tan and K. Baker, “Personal Identification Based on Handwriting,” *Pattern Recognition*, vol. 33, no. 1, pp. 149-160, January 2000.
- [17] Y. Zhu, T. Tan and Y. Wang, “Biometric Personal Identification Based on Handwriting,” *Proceedings 15th International Conference on Pattern Recognition. ICPR-2000, Barcelona, 2000*, vol. 2, pp. 797-800. doi: 10.1109/ICPR.2000.906196
- [18] U. V. Marti, R. Messerli and H. Bunke, “Writer Identification Using Text Line Based Features,” *Proceedings 6th International Conference on Document Analysis and Recognition. Seattle, WA, 2001*, pp. 101-105. doi: 10.1109/ICDAR.2001.953763
- [19] A. Bensefia, T. Paquet and L. Heutte, “Handwriting Analysis for Writer Verification,” *Proceedings Ninth International Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition, 2004*, pp. 196-201. doi: 10.1109/IWFHR.2004.49

- [20] G. Leedham and S. Chachra, "Writer Identification Using Innovative Binarised Features of Handwritten Numerals," Proceedings Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition, 2003, vol. 1, pp. 413-416. doi: 10.1109/ICDAR.2003.1227700
- [21] A. Schlapbach and H. Bunke, "A Writer Identification and Verification System Using HMM Based Recognizers," Pattern Analysis and Applications, vol. 10, no. 1, February 2007.
- [22] Z. He, X. You and Y. Yan Tang, "Writer Identification of Chinese Handwriting Documents Using Hidden Markov Tree Model," Pattern Recognition, vol. 41, no. 4, pp. 1295-1307, 2008.
- [23] A. Schlapbach and H. Bunke, "Off-Line Handwriting Identification Using HMM Based Recognizers," Proceedings 17th International Conference on Pattern Recognition, ICPR-2004, 2004, vol. 2, pp. 654-658.
- [24] Z. He, B. Fang, J. Du, Y. Yan Tang and X. You, "A Novel Method for Off-Line Handwriting-Based Writer Identification," Proceedings Eighth International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR-2005, 2005, vol. 1, pp. 242-246. doi: 10.1109/ICDAR.2005.27
- [25] A. Τόπος, "Οι πάπυροι," *ΑΡΧΑΙΩΝ ΤΟΠΟΣ*, Aug. 28, 2017. <https://theancientwebgreece.wordpress.com/2017/08/28/%ce%bf%ce%b9-%cf%80%ce%ac%cf%80%cf%85%cf%81%ce%bf%ce%b9/> (accessed Mar. 08, 2021).
- [26] "Ο πάπυρος και η περγαμινή ως υλικά γραφής στην αρχαιότητα," geonews.gr, Mar. 09, 2018. <https://geonews.gr/o-παπυρος-και-η-περγαμινή-ως-υλικά-γραφ/> (accessed Mar. 08, 2021).
- [27] "Τα υλικά της γραφής: πάπυρος, περγαμινή, χαρτί | Σελιδοδείκτες," <https://selidodeiktes.greek-language.gr/articles/271> (accessed Mar. 08, 2021).
- [28] T. πάντα ρεί news, "Είναι ελληνική. η μεγαλύτερη επιγραφή του κόσμου στην ελληνική γλώσσα". <http://www.tapantareinews.gr/2020/03/ei.html> (accessed Mar. 08, 2021).

[29] Σ. Ζάννος, “Νέες Προηγμένες Μέθοδοι Αναγνώρισης Προτύπων με Εφαρμογές στην Επεξεργασία Βιοσημάτων και την Αυτόματη Τρισδιάστατη Ανακατασκευή Θραυσμένων Αντικειμένων,” Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2017.

[30] D. Arabadjis, F. Giannopoulos, C. Papaodysseus, S. Zannos, P. Rousopoulos, M. Panagopoulos and C. Blackwell, “New Mathematical and Algorithmic Schemes for Pattern Classification with Application to the Identification of Writers of Important Ancient Documents,” *Pattern Recognition*, vol. 46, no. 8, pp. 2278-2296, August 2013.

[31] C. Papaodysseus, M. Exarhos, M. Panagopoulos, P. Rousopoulos, C. Triantafillou and Th. Panagopoulos, “Image and Pattern Analysis for 1650 B.C. Wall Paintings Study and Reconstruction,” *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, vol. 38, no. 4, pp. 958-965, July 2008.

[32] C. Papaodysseus, T. Panagopoulos, M. Exarhos, C. Triantafillou, D. Fragoulis and C. Doulas, “Contour-Shape Based Reconstruction of Fragmented, 1600 B.C. Wall Paintings,” *IEEE Transactions On Signal Processing*, vol. 50, no. 6, pp. 1277-1288, June 2002.

[33] C. Papaodysseus, P. Rousopoulos, F. Giannopoulos, S. Zannos, D. Arabadjis, M. Panagopoulos, E. Kalfa, C. Blackwell and S. Tracy, “Identifying the Writer of Ancient Inscriptions and Byzantine Codices. A Novel Approach,” *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 121, pp. 57-73, April 2014.

[34] C. Papaodysseus, P. Rousopoulos, D. Arabadjis, F. Panopoulou and M. Panagopoulos, “Handwriting Automatic Classification: Application to Ancient Greek Inscriptions,” *Proceedings 2010 International Conference on Autonomous and Intelligent Systems, AIS-2010, Povo de Varzim, 2010*, pp. 1-6. doi: 10.1109/AIS.2010.5547045

[35] P. Rousopoulos, M. Panagopoulos, C. Papaodysseus, F. Panopoulou, D. Arabadjis, S. Tracy, F. Giannopoulos and S. Zannos, “A New Approach for Ancient Inscriptions' Writer Identification,” *Proceedings 17th International Conference on Digital Signal Processing, DSP, Corfu, 2011*, pp. 1-6. doi: 10.1109/ICDSP.2011.6004966

[36] G. Galanopoulos, C. Papaodysseus, D. Arabadjis and M. Exarhos, "Exploiting 3D Digital Representations of Ancient Inscriptions to Identify Their Writer," *Advances in Visual Computing. ISVC 2012. Lecture Notes in Computer Science*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012, vol. 7432, pp. 188-198.

[37] Μ. Παναγόπουλος, "Ταυτοποίηση Χαρακτών Αρχαίων Επιγραφών και Εντοπισμός Τεχνοτροπίας Αρχαιολογικών Ευρημάτων με Χρήση Πρωτότυπων Αλγορίθμων Αναγνώρισης Προτύπων και Επεξεργασίας Εικόνας," Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008.

[38] Π. Ρουσόπουλος, "Ανάπτυξη Προηγμένων Μεθόδων Αναγνώρισης Προτύπων και Μαθηματική Θεμελίωση για τον Εντοπισμό του Τρόπου Δημιουργίας και της Ταυτότητας του Δημιουργού Σημαντικών Αρχαιολογικών Ευρημάτων" ,Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2010.

[39] Φ. Γιαννόπουλος, "Πρωτότυπες Μέθοδοι Αυτόματης Αναγνώρισης Γραφέα και Αντιμετώπισης Υπολογιστικών Προβλημάτων Υλοποίησης" Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2018

[40] Ευδοκία Κάλφα, "Συγκριτική μελέτη μεθόδων κατάτμησης και επεξεργασίας εικόνας με εφαρμογή σε αρχαίες επιγραφές, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2012