

# Εφαρμογή Διαδικτύου για Αξιολόγηση και Οπτικοποίηση Αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης

Μπάρλας Ιωάννης Π2019009<sup>α,\*</sup>

## Αβστρακτ

Αυτή η εργασία παρουσιάζει μια web εφαρμογή που αναπτύχθηκε για την αξιολόγηση και οπτικοποίηση αλγορίθμων machine learning (ML). Η εφαρμογή επιτρέπει στους χρήστες να συγκρίνουν την απόδοση διαφορετικών αλγορίθμων σε διάφορα σύνολα δεδομένων, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως PCA και t-SNE για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η εφαρμογή παρέχει λειτουργίες για την ταξινόμηση και την ομαδοποίηση δεδομένων, διευκολύνοντας την εξερεύνηση και την ανάλυση τους.

## Εισαγωγή

Η Machine Learning (ML) αποτελεί κεντρικό πυλώνα της τεχνητής νοημοσύνης, με εφαρμογές που εκτείνονται από την αναγνώριση προτύπων και την επεξεργασία φυσικής γλώσσας, έως τη ρομποτική και την αυτόνομη οδήγηση. Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα και ποικιλία των αλγορίθμων ML καθιστούν την επιλογή του βέλτιστου μοντέλου για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα μια σημαντική πρόκληση. Η αξιολόγηση της απόδοσης των μοντέλων και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων τους είναι κρίσιμα βήματα για την ανάπτυξη αποτελεσματικών συστημάτων ML.

Παρά την αφθονία των διαθέσιμων εργαλείων ML, η πλειονότητα επικεντρώνεται στην εκπαίδευση και ανάπτυξη μοντέλων, αφήνοντας ένα κενό στην ολοκληρωμένη αξιολόγηση και οπτικοποίηση της απόδοσής τους. Επιπλέον, πολλά από αυτά τα εργαλεία απαιτούν εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, περιορίζοντας την προσβασιμότητά τους.

Για να αντιμετωπίσουμε αυτές τις προκλήσεις, αναπτύξαμε μια διαδικτυακή εφαρμογή που παρέχει ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον για την αξιολόγηση και την οπτικοποίηση αλγορίθμων ML. Η εφαρμογή μας επιτρέπει στους χρήστες να συγκρίνουν την απόδοση διαφορετικών αλγορίθμων σε ποικίλα σύνολα δεδομένων, αξιοποιώντας τεχνικές όπως η Principal Component Analysis (PCA) και η t-distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η εφαρμογή μας διευκολύνει την εξερεύνηση των δεδομένων μέσω λειτουργιών ταξινόμησης και ομαδοποίησης.

## Περιγραφή της Εφαρμογής

### Αρχιτεκτονική και Λειτουργικότητα

Η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με γνώμονα την ευχρηστία και την προσβασιμότητα. Αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τεχνολογιών web, όπως HTML, CSS και JavaScript, για την παρουσίαση του περιβάλλοντος εργασίας και την διαχείριση της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Για την υλοποίηση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και των τεχνικών οπτικοποίησης, αξιοποιήσαμε τη βιβλιοθήκη Python scikit-learn, η οποία παρέχει ένα ευρύ φάσμα εργαλείων για ανάλυση δεδομένων και μοντελοποίηση.

## Περιγραφή Αρχικής Οθόνης

Η αρχική οθόνη της εφαρμογής μας αποτελεί την πύλη εισόδου για τους χρήστες, παρέχοντας μια φιλική και ελκυστική εμπειρία που διευκολύνει την αξιολόγηση και οπτικοποίηση αλγορίθμων μηχανικής μάθησης.

### Δομή και Οπτική Παρουσίαση

Η οθόνη είναι δομημένη σε τρεις κύριες περιοχές: την πλαϊνή γραμμή πλοήγησης (sidebar), την κεντρική περιοχή περιεχομένου και το υποσέλιδο (footer).

Η sidebar περιλαμβάνει συνδέσμους προς τις κύριες ενότητες της εφαρμογής, όπως η Αρχική, η Μεταφόρτωση Δεδομένων, η Ανάλυση, τα Αποτελέσματα και η Βοήθεια. Επιπλέον, παρέχει γρήγορη πρόσβαση σε πρόσθετες λειτουργίες, όπως η επιλογή γλώσσας (ελληνικά ή αγγλικά) και οι ρυθμίσεις του χρήστη.

Η κεντρική περιοχή περιεχομένου προσαρμόζεται δυναμικά ανάλογα με την επιλεγμένη ενότητα. Στην αρχική οθόνη, εμφανίζει ένα καλωσόρισμα, μια σύντομη περιγραφή της εφαρμογής και οδηγίες για τη χρήση της.

Το footer περιλαμβάνει πληροφορίες πνευματικών δικαιωμάτων και συνδέσμους προς τους όρους χρήσης και την πολιτική απορρήτου.

Η οπτική παρουσίαση της οθόνης χαρακτηρίζεται από μια καθαρή και μοντέρνα αισθητική. Χρησιμοποιεί μια αρμονική παλέτα χρωμάτων με απαλές αποχρώσεις του μπλε και του γκρι, σε συνδυασμό με ευανάγνωστες γραμματοσειρές sans-serif. Τα στοιχεία της οθόνης είναι τοποθετημένα με προσοχή στη λεπτομέρεια, δημιουργώντας μια οπτικά ισορροπημένη και ελκυστική διάταξη.

### Λειτουργικότητα

Η αρχική οθόνη παρέχει μια σειρά από διαδραστικές λειτουργίες που καθοδηγούν τον χρήστη στην ανάλυση των δεδομένων του:

\* \*\*Μεταφόρτωση Δεδομένων:\*\* Ο χρήστης μπορεί να μεταφορτώσει ένα αρχείο δεδομένων σε μορφή CSV ή Excel, επιλέγοντάς το από τον υπολογιστή του ή σύροντάς το στην καθορισμένη περιοχή. Η εφαρμογή επικυρώνει τη μορφή του αρχείου και εμφανίζει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης ή σφάλματος.

\* **\*\*Επιλογή Αλγορίθμων:\*\*** Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει έναν ή περισσότερους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης από ένα αναπτυσσόμενο μενού. Η εφαρμογή παρέχει μια σύντομη περιγραφή κάθε αλγορίθμου για να βοηθήσει τον χρήστη στην επιλογή του.

\* **\*\*Ρύθμιση Παραμέτρων:\*\*** Για κάθε επιλεγμένο αλγόριθμο, ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει τις παραμέτρους του (π.χ., τον αριθμό των δέντρων σε ένα Random Forest). Η εφαρμογή παρέχει προεπιλεγμένες τιμές για τις παραμέτρους, αλλά ο χρήστης μπορεί να τις τροποποιήσει ανάλογα με τις ανάγκες του.

\* **\*\*Έναρξη Ανάλυσης:\*\*** Αφού ολοκληρώσει τις ρυθμίσεις, ο χρήστης μπορεί να ξεκινήσει την ανάλυση κάνοντας κλικ στο κουμπί 'Έναρξη Ανάλυσης'. Η εφαρμογή εκπαιδεύει τα επιλεγμένα μοντέλα και παρουσιάζει τα αποτελέσματα στην ενότητα 'Αποτελέσματα'.

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) αποτελεί μια θεμελιώδη τεχνική μείωσης διαστάσεων στην ανάλυση δεδομένων και τη μηχανική μάθηση. Στην ουσία, η PCA μετατρέπει ένα σύνολο δεδομένων με πολλές, ενδεχομένως συσχετιζόμενες, μεταβλητές σε ένα νέο σύνολο δεδομένων με λιγότερες μεταβλητές, τις κύριες συνιστώσες (principal components - PCs). Αυτές οι κύριες συνιστώσες είναι γραμμικοί συνδυασμοί των αρχικών μεταβλητών και επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούν όσο το δυνατόν περισσότερη πληροφορία από το αρχικό σύνολο δεδομένων.

## Αρχές Λειτουργίας της PCA

Η PCA λειτουργεί με βάση την ιδέα ότι η διασπορά των δεδομένων αντιπροσωπεύει την πληροφορία που περιέχουν. Η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) είναι η κατεύθυνση στον χώρο των δεδομένων κατά την οποία παρατηρείται η μέγιστη διασπορά. Η δεύτερη κύρια συνιστώσα (PC2) είναι ορθογώνια στην PC1 και μεγιστοποιεί την εναπομένονσα διασπορά, και ούτω καθεξής. Οι κύριες συνιστώσες είναι, επομένως, διατεταγμένες κατά φθίνουσα σειρά ως προς τη διασπορά που εξηγούν.

## PCA στην Εφαρμογή μας

Στην εφαρμογή μας, η PCA αξιοποιείται για την οπτικοποίηση και ερμηνεία των δεδομένων. Οι χρήστες μπορούν να εφαρμόσουν PCA στα δεδομένα τους και να απεικονίσουν τα αποτελέσματα σε ένα διαδραστικό διάγραμμα διασποράς. Αυτό το διάγραμμα επιτρέπει τον εντοπισμό μοτίβων, συσχετίσεων και ομάδων στα δεδομένα που δεν θα ήταν εύκολα αντιληπτά στο χώρο των αρχικών μεταβλητών.

## Λειτουργίες PCA στην Εφαρμογή

Η ενότητα PCA της εφαρμογής μας παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

**Επιλογή Αριθμού Συνιστωσών:** Οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν τον αριθμό των κύριων συνιστωσών που θα χρησιμοποιηθούν για την οπτικοποίηση και ανάλυση. **Διαδραστικό Διάγραμμα Διασποράς:** Οι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το διάγραμμα διασποράς, πραγματοποιώντας μεγέθυνση, σμίκρυνση, μετατόπιση και επιλογή σημείων για την προβολή λεπτομερειών. **Εμφάνιση Εξηγούμενης Διακύμανσης:** Η εφαρμογή παρουσιάζει το ποσοστό της συνολικής διακύμανσης που εξηγείται από κάθε κύρια συνιστώσα, επιτρέποντας την αξιολόγηση της σχετικής τους σημασίας. **Εξαγωγή Αποτελεσμάτων:** Οι χρήστες μπορούν να εξάγουν τα αποτελέσματα της PCA, συμπεριλαμβανομένων των συντελεστών των κύριων συνιστωσών και των προβολών των δεδομένων, σε μορφή CSV για περαιτέρω ανάλυση.

## Ανάλυση Οπτικοποίησης (t-SNE)

Η t-διστριβυτεδ Στοιχαστική Νειγρωβόρ Εμβέδδινγ (t-SNE) αποτελεί μια ισχυρή μη γραμμική τεχνική μείωσης διαστάσεων, ιδανική για την απεικόνιση πολύπλοκων συνόλων δεδομένων. Η t-SNE επιτρέπει

την ανακάλυψη και διατήρηση μη γραμμικών σχέσεων μεταξύ των δεδομένων, αποκαλύπτοντας κρυμμένες δομές που μπορεί να μην είναι εμφανείς με γραμμικές μεθόδους όπως η ΠΓΑ.

## Αρχές Λειτουργίας της t-SNE

Στην καρδιά της t-SNE βρίσκεται η έννοια της διατήρησης των σχέσεων γειτνίασης μεταξύ των σημείων δεδομένων. Η t-SNE μοντελοποιεί την ομοιότητα μεταξύ των ζευγών σημείων στον αρχικό χώρο υψηλής διάστασης με μια Gaussian (κανονική) κατανομή, ενώ στον χώρο χαμηλής διάστασης χρησιμοποιεί μια t-μή Student. Στη συνέχεια, η t-SNE ελαχιστοποιεί τη διαφορά μεταξύ αυτών των δύο κατανομών, διατηρώντας έτσι τις τοπικές δομές των δεδομένων.

## t-SNE στην Εφαρμογή μας

Στην εφαρμογή μας, η t-SNE ενσωματώνεται ως ένα ισχυρό εργαλείο οπτικοποίησης, συμπληρώνοντας την PCA. Ενώ η PCA προσφέρει μια γραμμική προβολή των δεδομένων, η t-SNE εστιάζει στην απεικόνιση των τοπικών σχέσεων μεταξύ των σημείων, διατηρώντας την ακεραιότητα των ομάδων και των συστάδων.

## Λειτουργίες t-SNE και Χρήση από τον Χρήστη

Η ενότητα t-SNE της εφαρμογής μας παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες και δυνατότητες για τον χρήστη:

**Ρύθμιση Παραμέτρων:**

**Perplexity:** Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την παράμετρο perplexity, η οποία επηρεάζει τον αριθμό των γειτόνων που λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των ομοιοτήτων. Ένα υψηλότερο perplexity αντιστοιχεί σε μια πιο καθολική απεικόνιση, ενώ ένα χαμηλότερο perplexity εστιάζει στις τοπικές δομές.

**Learning Rate:** Ο χρήστης μπορεί να προσαρμόσει το learning rate, το οποίο επηρεάζει την ταχύτητα σύγκλισης του αλγορίθμου.

**Αριθμός Επαναλήψεων:** Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τον αριθμό των επαναλήψεων που θα εκτελέσει ο αλγόριθμος για να βελτιστοποιήσει την απεικόνιση.

**Διαδραστικό Διάγραμμα Διασποράς:**

Η εφαρμογή δημιουργεί ένα διαδραστικό διάγραμμα διασποράς, όπου τα σημεία δεδομένων απεικονίζονται σε δύο ή τρεις διαστάσεις.

Ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το διάγραμμα, κάνοντας μεγέθυνση, σμίκρυνση, μετατόπιση και επιλογή σημείων για να δει τις λεπτομέρειες των δεδομένων.

Επιπλέον, μπορεί να επιλέξει διαφορετικά χρώματα ή σύμβολα για να επισημάνει συγκεκριμένες ομάδες ή κατηγορίες δεδομένων.

**Σύγκριση με PCA:**

Η εφαρμογή επιτρέπει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της t-SNE με τα αποτελέσματα της PCA, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των δεδομένων από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

**Εξαγωγή Αποτελεσμάτων:**

Οι χρήστες μπορούν να εξάγουν τις συντεταγμένες των σημείων στο χώρο χαμηλής διάστασης σε μορφή CSV για περαιτέρω ανάλυση ή χρήση σε άλλες εφαρμογές.

## Οπτικοποίηση Χαρακτηριστικών (Features Visualization)

Η ενότητα 'Features Visualization' της εφαρμογής μας παρέχει στους χρήστες μια σειρά από εργαλεία για την εξερεύνηση και την κατανόηση των χαρακτηριστικών των δεδομένων τους. Αυτή η ενότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τον εντοπισμό σημαντικών χαρακτηριστικών, την ανίχνευση ακραίων τιμών (outliers) και τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών.

## Διαγράμματα Ιστογραμμάτων (Histograms)

Τα άρρη αποτελούν μια βασική μέθοδο οπτικοποίησης της κατανομής μιας συνεχούς μεταβλητής. Στην εφαρμογή μας, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν ιστογράμματα για κάθε αριθμητικό χαρακτηριστικό του συνόλου δεδομένων τους. Αυτά τα ιστογράμματα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κεντρική τάση, τη διασπορά και το σχήμα της κατανομής, βοηθώντας τους χρήστες να κατανοήσουν τη φύση των δεδομένων τους.

## Διαγράμματα Πυκνότητας (Density Plots)

Τα διαγράμματα πυκνότητας προσφέρουν μια πιο ομαλή αναπαράσταση της κατανομής μιας συνεχούς μεταβλητής σε σχέση με τα ιστογράμματα. Στην εφαρμογή μας, οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν να δουν τα δεδομένα τους ως διαγράμματα πυκνότητας, τα οποία μπορούν να αποκαλύψουν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη μορφή της κατανομής, όπως η ύπαρξη πολλαπλών κορυφών ή ασυμμετρία.

## Διαγράμματα Συσχέτισης (Correlation Plots)

Τα διαγράμματα συσχέτισης απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ των ζευγών αριθμητικών χαρακτηριστικών. Στην εφαρμογή μας, οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν να δουν ένα πίνακα διαγραμμάτων διασποράς (scatter plots) που δείχνουν τις συσχετίσεις μεταξύ όλων των ζευγών μεταβλητών. Αυτά τα διαγράμματα μπορούν να βοηθήσουν τους χρήστες να εντοπίσουν ισχυρές γραμμικές ή μη γραμμικές σχέσεις μεταξύ των χαρακτηριστικών.

## Box Plots

Τα box plots παρέχουν μια συνοπτική απεικόνιση της κατανομής μιας συνεχούς μεταβλητής, εμφανίζοντας τη διάμεσο, τα τεταρτημόρια και τυχόν ακραίες τιμές. Στην εφαρμογή μας, οι χρήστες μπορούν να δημιουργήσουν box plots για κάθε αριθμητικό χαρακτηριστικό, επιτρέποντάς τους να συγκρίνουν εύκολα τις κατανομές διαφορετικών χαρακτηριστικών και να εντοπίσουν πιθανά outliers.

## Διαδραστικότητα και Προσαρμογή

Όλα τα διαγράμματα στην ενότητα 'Features Visualization' είναι διαδραστικά. Οι χρήστες μπορούν να κάνουν μεγέθυνση, σμίκρυνση και μετατόπιση για να εξερευνήσουν τα διαγράμματα με λεπτομέρεια. Επιπλέον, μπορούν να προσαρμόσουν την εμφάνιση των διαγραμμάτων, επιλέγοντας διαφορετικά χρώματα, στυλ και μεγέθη γραμματοσειράς.

## Αποτελέσματα

Η ενότητα 'Results' αποτελεί το κεντρικό σημείο της εφαρμογής μας, όπου οι χρήστες μπορούν να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν την απόδοση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που έχουν επιλέξει.

## Σύγκριση Αλγορίθμων

Η εφαρμογή παρέχει μια ολοκληρωμένη σύγκριση των αλγορίθμων, παρουσιάζοντας τις μετρικές απόδοσης σε έναν πίνακα και οπτικοποιήσεις που διευκολύνουν την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

## Πίνακας Μετρικών Απόδοσης

Οι μετρικές απόδοσης παρουσιάζονται σε έναν πίνακα, όπως φαίνεται στο Πίνακα 1. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τις κύριες μετρικές για κάθε αλγόριθμο, όπως:

Accuracy: Ποσοστό σωστών προβλέψεων. Recall: Ικανότητα του αλγορίθμου να εντοπίζει θετικές περιπτώσεις. F1-Score: Συνδυασμός accuracy και recall, παρέχοντας μια ισορροπημένη μέτρηση απόδοσης.

Πίνακας 1. Συγκριτική Απόδοση Αλγορίθμων

Αλγόριθμος	Ακρίβεια	Ανάκληση	F1-Σcore
Δέντρα Αποφάσεων	0.85	0.80	0.82
K-Κοντινότεροι Γείτονες	0.82	0.83	0.82

## Οπτικοποίηση Αποτελεσμάτων

Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για την κατανόηση της απόδοσης των μοντέλων και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Η εφαρμογή μας παρέχει τις ακόλουθες οπτικοποιήσεις:

Confusion Matrix: Για προβλήματα ταξινόμησης, η εφαρμογή δημιουργεί έναν πίνακα σύγχυσης (confusion matrix) που απεικονίζει την απόδοση του αλγορίθμου σε κάθε κλάση, δείχνοντας τον αριθμό των σωστών και λανθασμένων προβλέψεων.

Καμπύλες ROC: Για προβλήματα ταξινόμησης, οι χρήστες μπορούν να δουν τις καμπύλες ROC (Receiver Operating Characteristic), οι οποίες απεικονίζουν τη σχέση μεταξύ του ποσοστού πραγματικών θετικών (True Positive Rate) και του ποσοστού ψευδών θετικών (False Positive Rate) για διαφορετικά κατώφλια απόφασης. Η καμπύλη ROC επιτρέπει την αξιολόγηση της διακριτικής ικανότητας του μοντέλου.

Διαγράμματα Σημασίας Χαρακτηριστικών (Feature Importance Plots): Για αλγορίθμους όπως τα δέντρα αποφάσεων και τα random forests, η εφαρμογή δημιουργεί διαγράμματα που δείχνουν τη σχετική σημασία κάθε χαρακτηριστικού στην πρόβλεψη. Αυτά τα διαγράμματα βοηθούν τους χρήστες να κατανοήσουν ποια χαρακτηριστικά είναι πιο σημαντικά για το μοντέλο.

## Εξαγωγή Αποτελεσμάτων

Οι χρήστες μπορούν να εξαγάγουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης, συμπεριλαμβανομένων των μετρικών απόδοσης, των πινάκων σύγχυσης, των καμπυλών ROC και των διαγραμμάτων σημασίας χαρακτηριστικών, σε μορφή CSV ή Excel για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση.

## Υλοποίηση της Εφαρμογής

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε από τον Μπάρα Ιωάννη (Π2019009), χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τεχνολογιών και εργαλείων.

## Τεχνολογίες και Εργαλεία

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες τεχνολογίες και εργαλεία:

Python: Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού για την υλοποίηση των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης και την επεξεργασία των δεδομένων. Scikit-learn: Μια δημοφιλής βιβλιοθήκη Python για μηχανική μάθηση, που παρέχει ένα ευρύ φάσμα αλγορίθμων και εργαλείων. Flask: Ένα μικρο-framework για την ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής. HTML, CSS, JavaScript: Οι βασικές τεχνολογίες για τη δημιουργία του front-end της εφαρμογής. Docker: Ένα εργαλείο για τη δημιουργία και διαχείριση containers, που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη της εφαρμογής.

## Δημιουργία Docker Image

Για να διευκολυνθεί η εγκατάσταση και η χρήση της εφαρμογής, δημιουργήθηκε ένα Docker image. Η διαδικασία δημιουργίας του image περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

Δημιουργία Dockerfile: Ένα αρχείο Dockerfile δημιουργήθηκε για να ορίσει τις οδηγίες για τη δημιουργία του image. Αυτό το αρχείο περιλαμβάνει πληροφορίες όπως το βασικό image (Python), οι

απαραίτητες βιβλιοθήκες (scikit-learn, Flask), και οι εντολές για την εκτέλεση της εφαρμογής.

Ορισμός Εξαρτήσεων: Στο Dockerfile, ορίστηκαν οι απαραίτητες εξαρτήσεις της εφαρμογής, όπως οι βιβλιοθήκες Python και άλλα πακέτα λογισμικού.

Αντιγραφή Αρχείων Εφαρμογής: Τα αρχεία της εφαρμογής (Python scripts, HTML, CSS, JavaScript) αντιγράφηκαν στο image.

Εκκίνηση Εφαρμογής: Ορίστηκε η εντολή για την εκκίνηση της εφαρμογής όταν το container ξεκινά. Δημιουργία Image: Το Docker image δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας την εντολή docker build.

Εκτέλεση Container: Ένα Docker container δημιουργήθηκε από το image χρησιμοποιώντας την εντολή docker run. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, η εφαρμογή είναι διαθέσιμη σε ένα

απομονωμένο περιβάλλον (container) και μπορεί να εκτελεστεί σε οποιοδήποτε σύστημα που υποστηρίζει το Docker.

## GitHub Link

Για να αποκτήσετε πρόσβαση στον κώδικα και τα δεδομένα της εφαρμογής, επισκεφθείτε τον ακόλουθο σύνδεσμο στο GitHub:

[GitHub Link](#)