



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ανίχνευση Διαβητικής Αμφιβληστροειδοπάθειας με Χρήση Βαθιών Συνελικτικών Δικτύων

Γκαρτζονίκα Ιωάννα

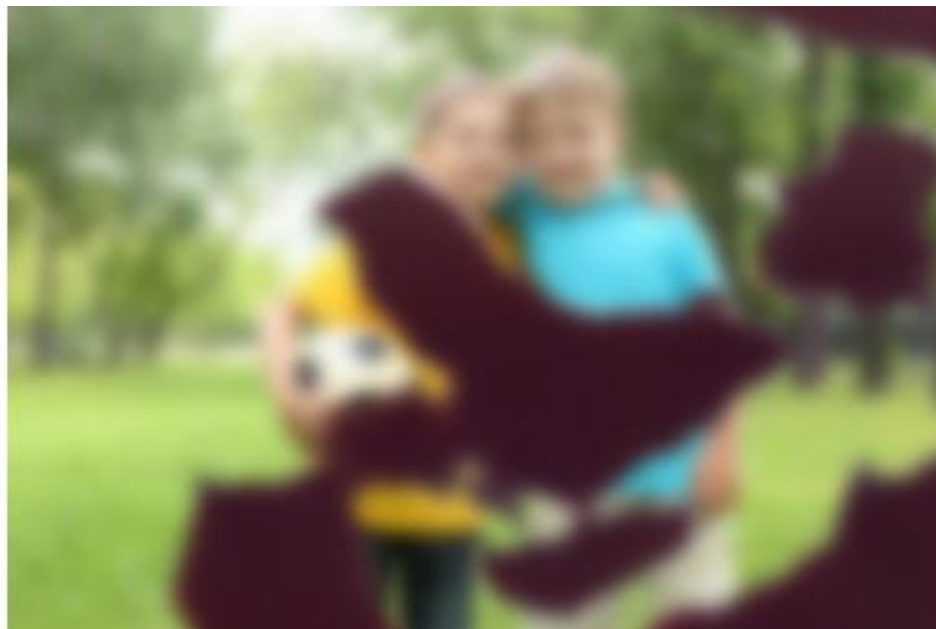
ΑΕΜ 8125

Επιβλέπων Καθηγητής: Ντελόπουλος Αναστάσιος

Περιγραφή προβλήματος

1. Στην DR προκαλείται βλάβη στον αμφιβληστροειδή λόγω ΣΔ.
2. Ο ΣΔ προσβάλλει 1 στους 11 ενήλικες, εκ των οποίων πάνω από το ένα τρίτο αναμένεται να εμφανίσουν κάποια μορφή DR.
3. Η διαδικασία της διάγνωσης είναι ακριβή, χρονοβόρα και απαιτεί εξειδικευμένους οφθαλμιάτρους.
4. Το 75% των ασθενών με DR ζουν σε υποανάπτυκτες χώρες με μεγάλη έλλειψη καταρτισμένων ιατρών και υποδομών.

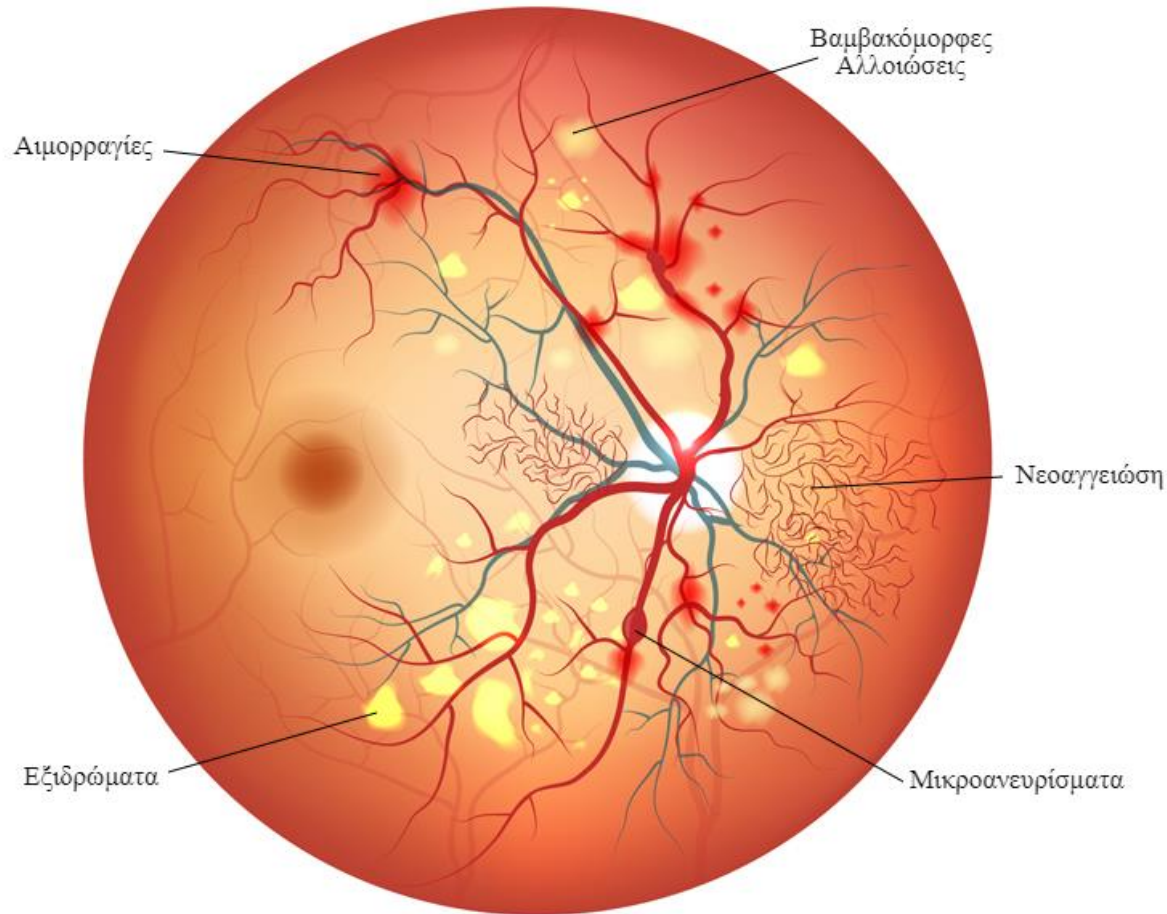
Οπτική ενός ατόμου με Διαβητική Αμφιβληστροειδοπάθεια



Συμπτώματα για τον ασθενή:

- θολή όραση
- σκοτεινές περιοχές
- στίγματα που ακολουθούν τις κινήσεις του οφθαλμού
- θάμβος οράσεως που η έντασή του παρουσιάζει διακύμανση
- δυσκολία στην αντίληψη του χρώματος
- ολική τύφλωση

Συμπτώματα Διαβητικής Αμφιβληστροειδοπάθειας



Διαβητική Αμφιβληστροειδοπάθεια που χρήζει θεραπείας(rDR)

Σύμφωνα με την International Clinical Diabetic Retinopathy(ICDR) η DR μπορεί να ταξινομηθεί στα παρακάτω πέντε στάδια:

1. no
 2. mild
 3. moderate
 4. severe
 5. proliferative
- class no rDR
- class rDR

Ως rDR ορίζεται η ασθένεια στα στάδια 3, 4, 5

Γιατί rDR?

Εργαλεία

Matlab

- Ανίχνευση αμφιβληστροειδους + μείωση διαστάσεων των εικόνων

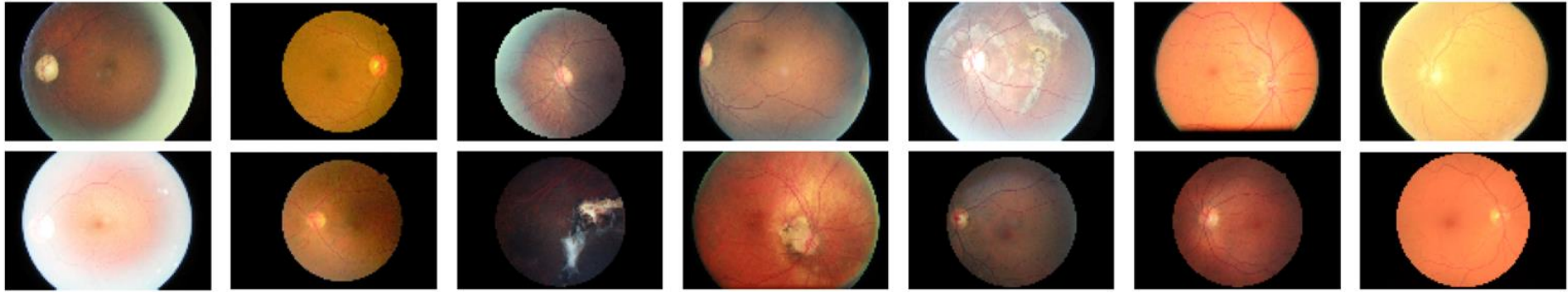
Βιβλιοθήκες Python

- skimage, glob, matplotlib, numpy, cv2, json, sklearn, PIL, random, pickle, os, shutil

Βιβλιοθήκη Keras πάνω σε Tensorflow

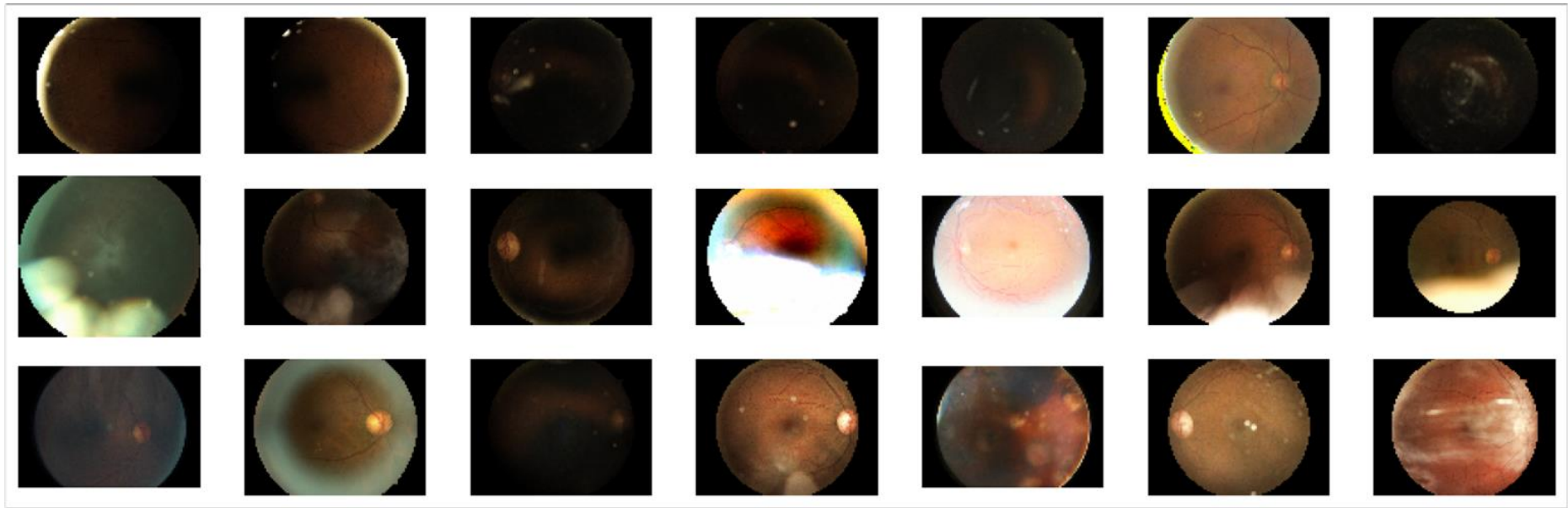
- Υλοποίηση του νευρωνικού

Σύνολο δεδομένων Kaggle



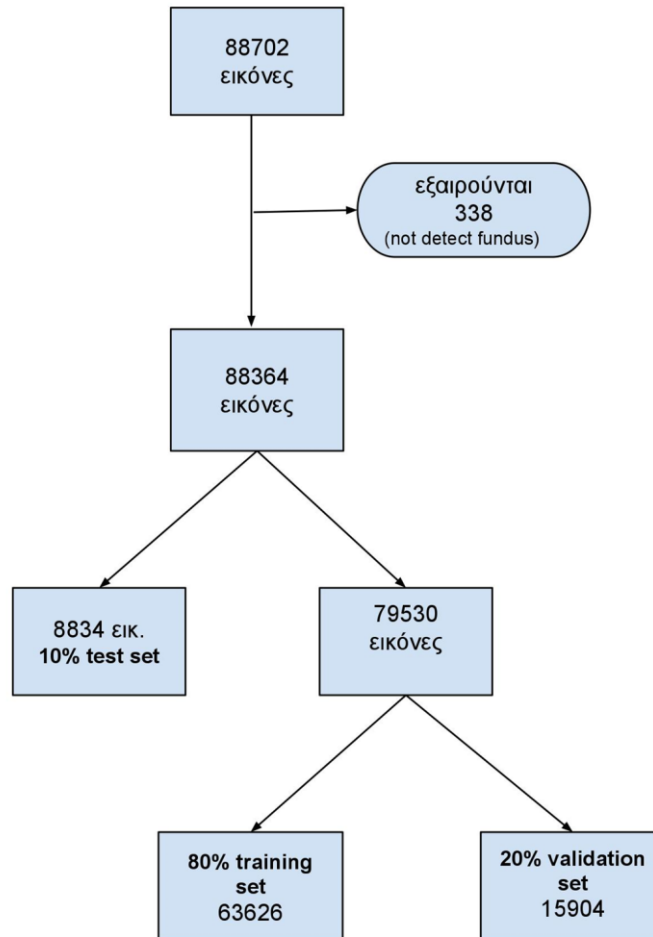
- 5 κλάσεις
- ~35 χιλ. εικ. σύνολο εκπαίδευσης + ~54 χιλ. εικ. σύνολο ελέγχου = ~88 χιλ
- 430x290 μέχρι 5200x3500
- Διαφορες κάμερες, διάφορες συνθήκες λήψης
- Θόρυβο λόγω εικόνων χαμηλής ποιότητας εικόνων και λάθος ταξινόμηση των εικόνων στις κλάσεις
- Σύνολο εκπαίδευσης, επικύρωσης και ελέγχου

Σύνολο δεδομένων Kaggle

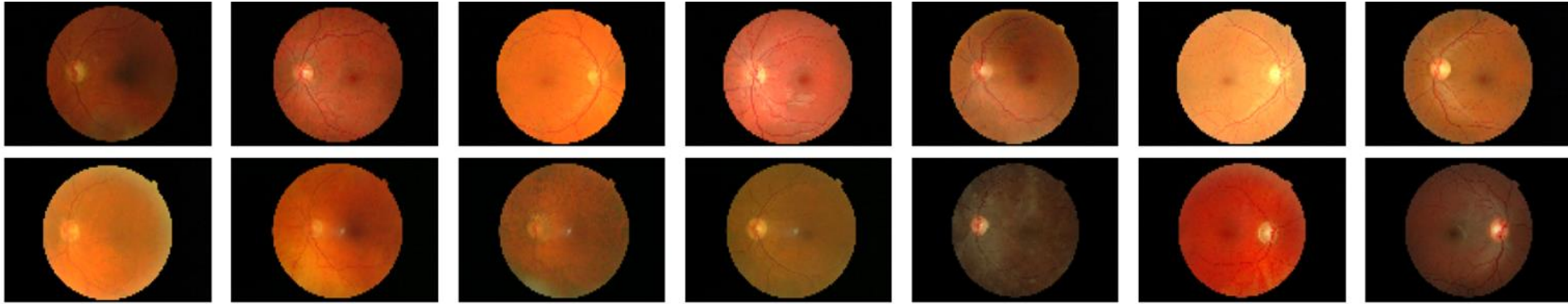


Εικόνες τους συνόλου δεδομένων Kaggle που έχουν τραβηχτεί σε συνθήκες χαμηλής ή υψηλής έκθεσης, κακής εστίασης ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει αλλοίωση του περιεχομένου της εικόνας

Διαχωρισμός συνόλου δεδομένων Kaggle



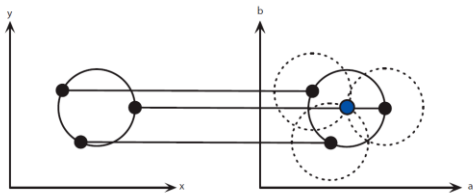
Σύνολο δεδομένων Messidor 2



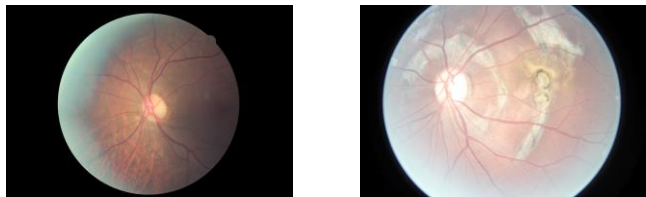
- 1748 εικόνες
- Διαστάσεις 1440x960, 2240x1488 ή 2304x1536
- Κάμερα Topcon TRC NW6 μη μυδριακής βάσης με οπτικό πεδίο 45 μοιρών
- Με παρόμοιες συνθήκες λήψης
- Σύνολο ελέγχου

Προεπεξεργασία Εικόνων

1. Μείωση Μεγέθους από $M \times N$ σε $400 \times N'$ με $N' = (400N)/M$
2. Μετασχηματισμός Hough

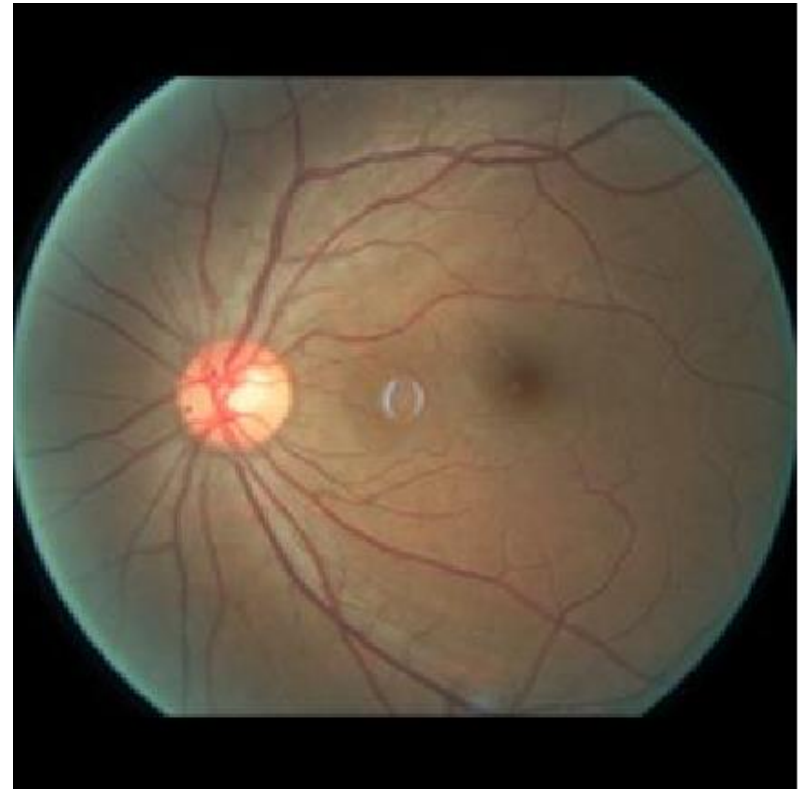
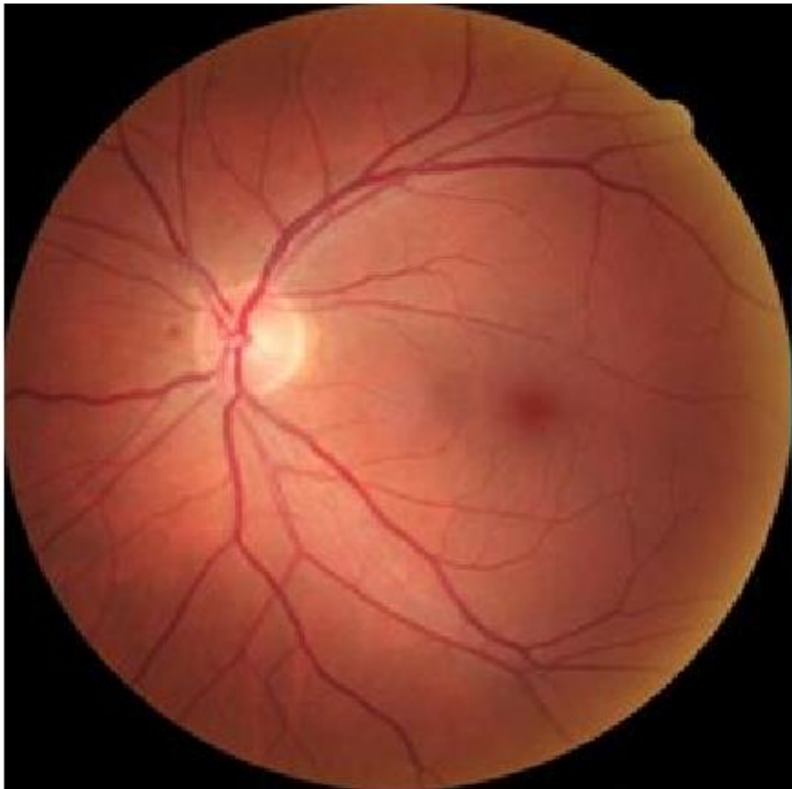


1. Crop Εικόνας σε $N \times N$ εικόνα

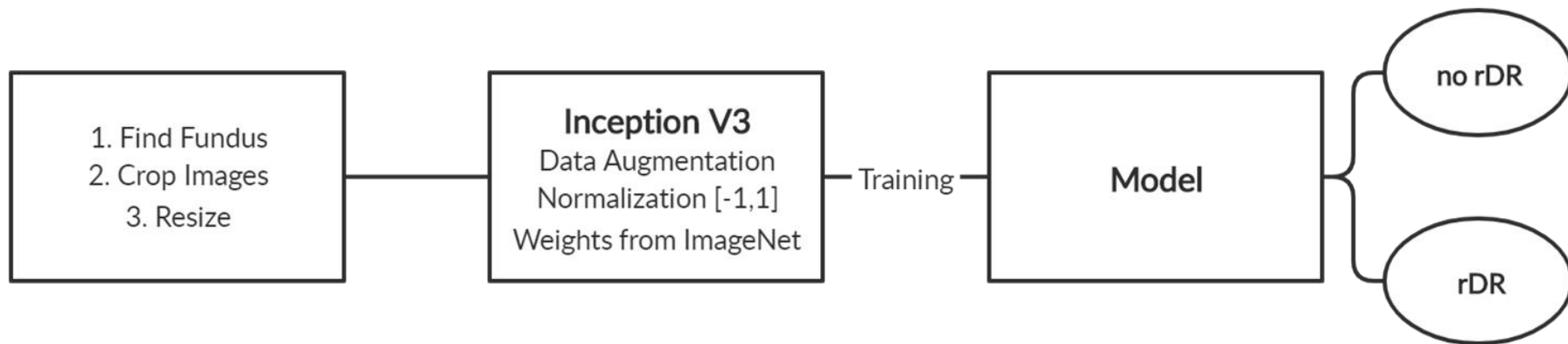


1. Μείωση μεγέθους στα 299×299 -> Είσοδος Νευρωνικού

Δομές εικόνων του συνόλου δεδομένων Kaggle



Πείραμα 1 - CNN με εικόνες RGB



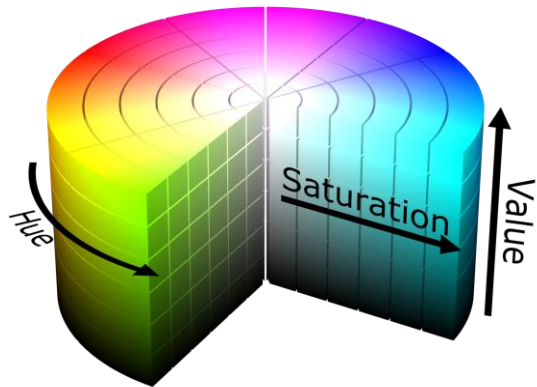
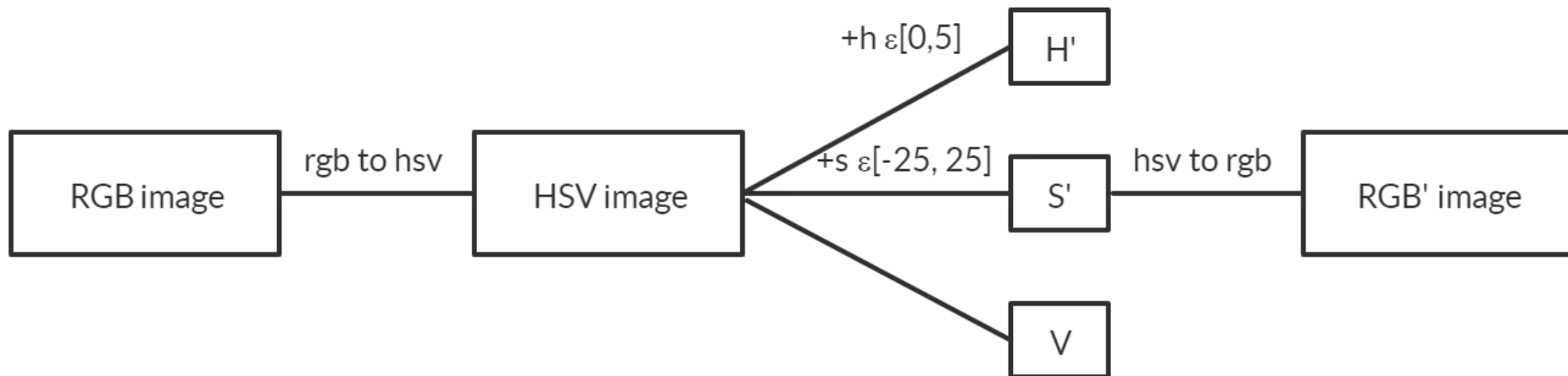
Σχετικά με το νευρωνικό:

- Διατήρηση δομής μέχρι το τελευταίο συνελικτικό επίπεδο
- Προσθήκη Global Average Pooling
- Προσθήκη ενός νευρώνα στην έξοδο

Σχετικά με την εκπαίδευση:

- 40 εποχές
- μέγεθος πακέτου(batch size) 8
- ρυθμό εκμάθησης $0.5 \cdot 10^{-3}$
- 11 λεπτά κάθε εποχή(περίπου 7.5 ωρες για την πλήρη εκπαίδευση)

DA - Τυχαία προσαρμογή Απόχρωσης και Κορεσμού



Προσοχή!

Για την απόχρωση βρίσκω το $H' \% 180$

Για τον κορεσμό κόβω τις τιμές που είναι μικρότερες 0 ή μεγαλύτερες του 255

DA - Τυχαία περιστροφή της εικόνας

Περιστροφή με κέντρο το κέντρο της εικόνας κατά τυχαία γωνία στο $[0, 360]$

DA - Τυχαία προσαρμογή Φωτεινότητας και Αντίθεσης

$$f'(i, j) = \alpha \cdot f(i, j) + \beta$$

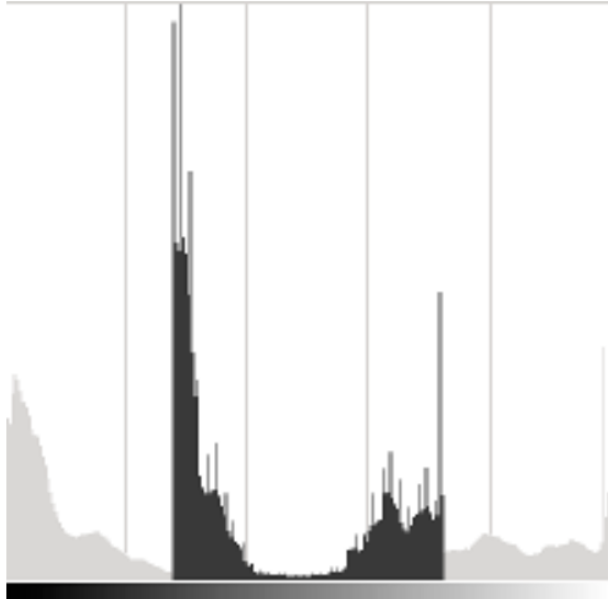
Παράμετρος α

- παράμετρος αντίθεσης
- τυχαία τιμή στο $[0.5, 1.5]$
- $\alpha > 1$ αυξάνεται η αντίθεση
- $\alpha < 1$ μειώνεται η αντίθεση

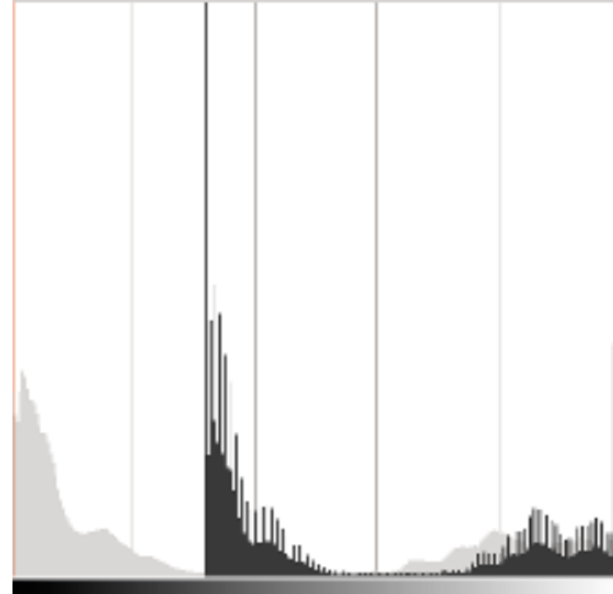
Παράμετρος β

- παράμετρος φωτεινότητας
- τυχαία τιμή στο $[-40, 40]$
- $b > 0$ αυξάνεται η φωτεινότητα
- $b < 0$ μειώνεται η φωτεινότητα

Προσαρμογή Φωτεινότητας και Αντίθεσης

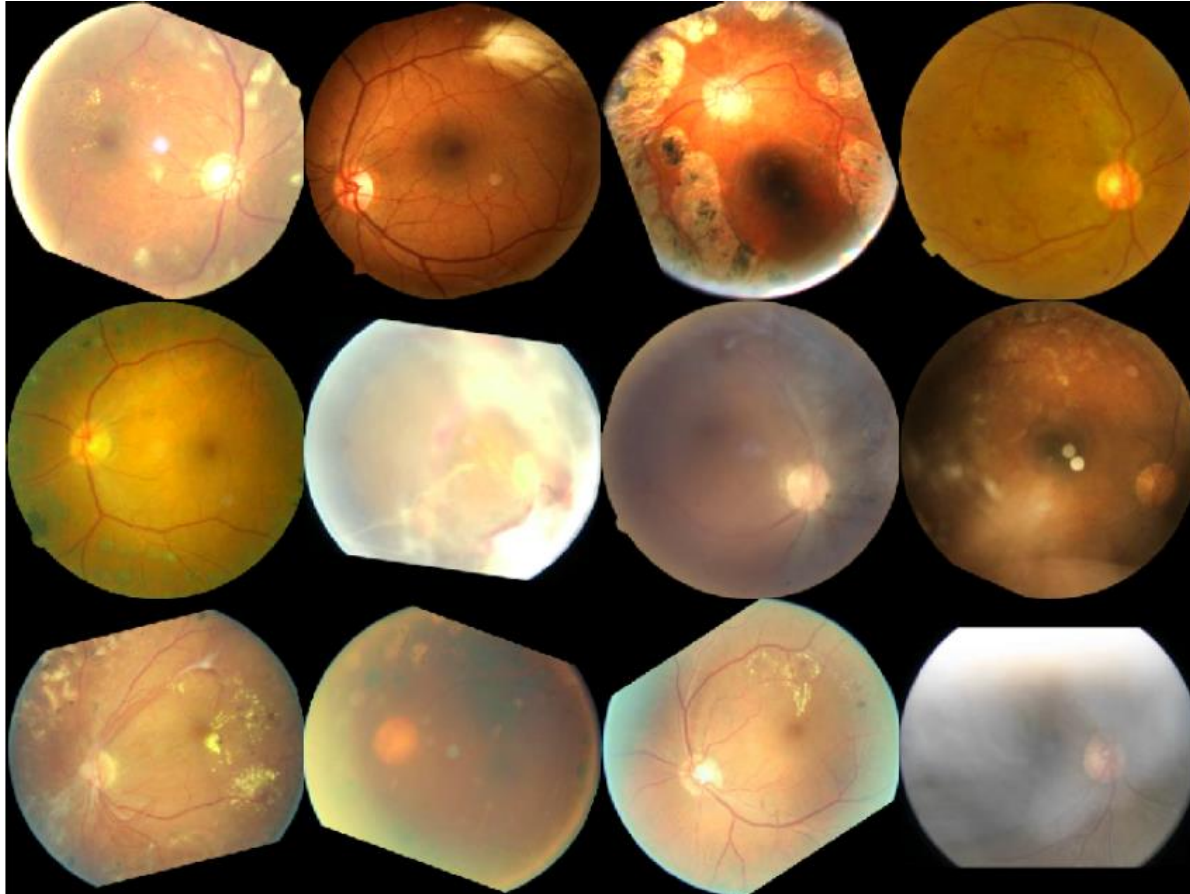


Ιστόγραμμα εικόνας πριν(γκρι)
και μετά(μαύρο) τον
πολλαπλασιασμό με σταθερή
τιμή $\alpha < 1$. Μικρότερη αντίθεση!

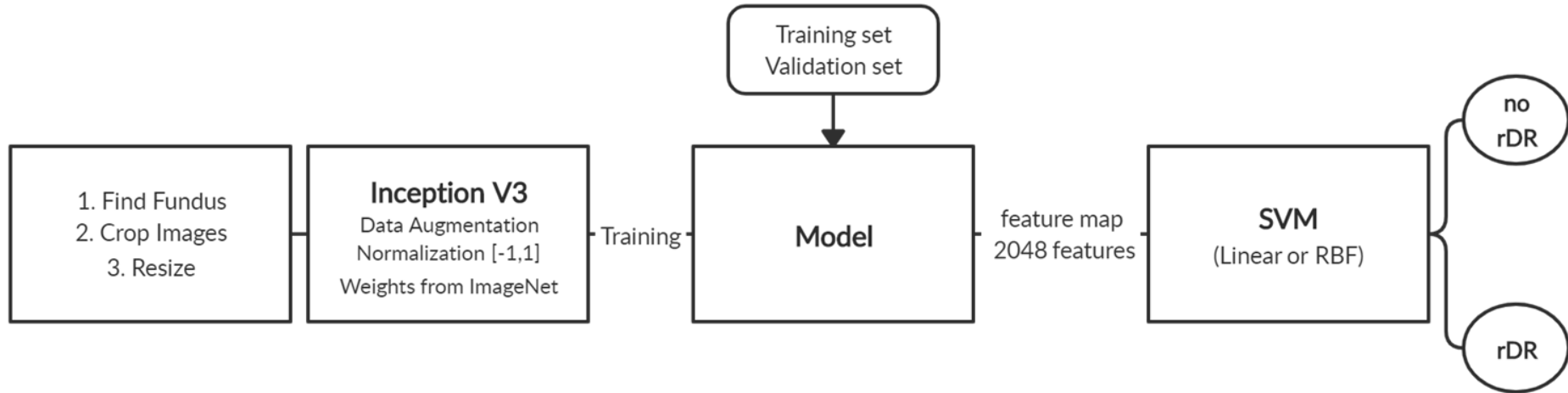


Ιστόγραμμα εικόνας πριν(γκρι)
και μετά(μαύρο) την πρόσθεση
σταθερής τιμής $b > 0$.
Μεγαλύτερη φωτεινότητα!

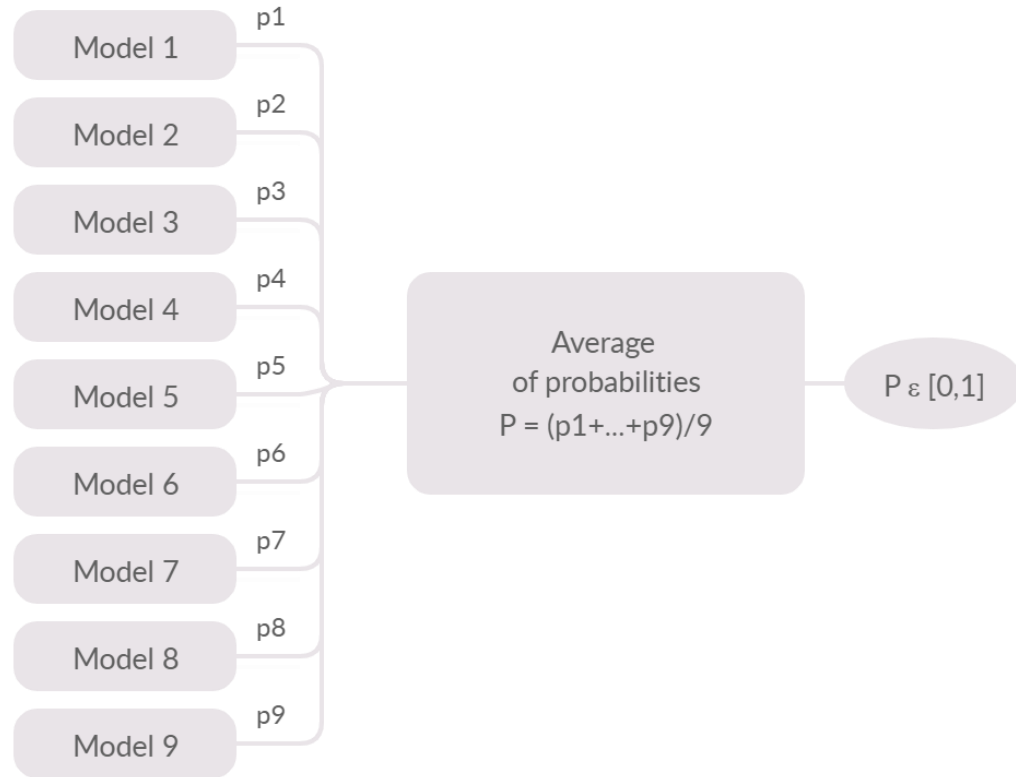
Δείγματα εικόνων μετά την αύξηση δεδομένων



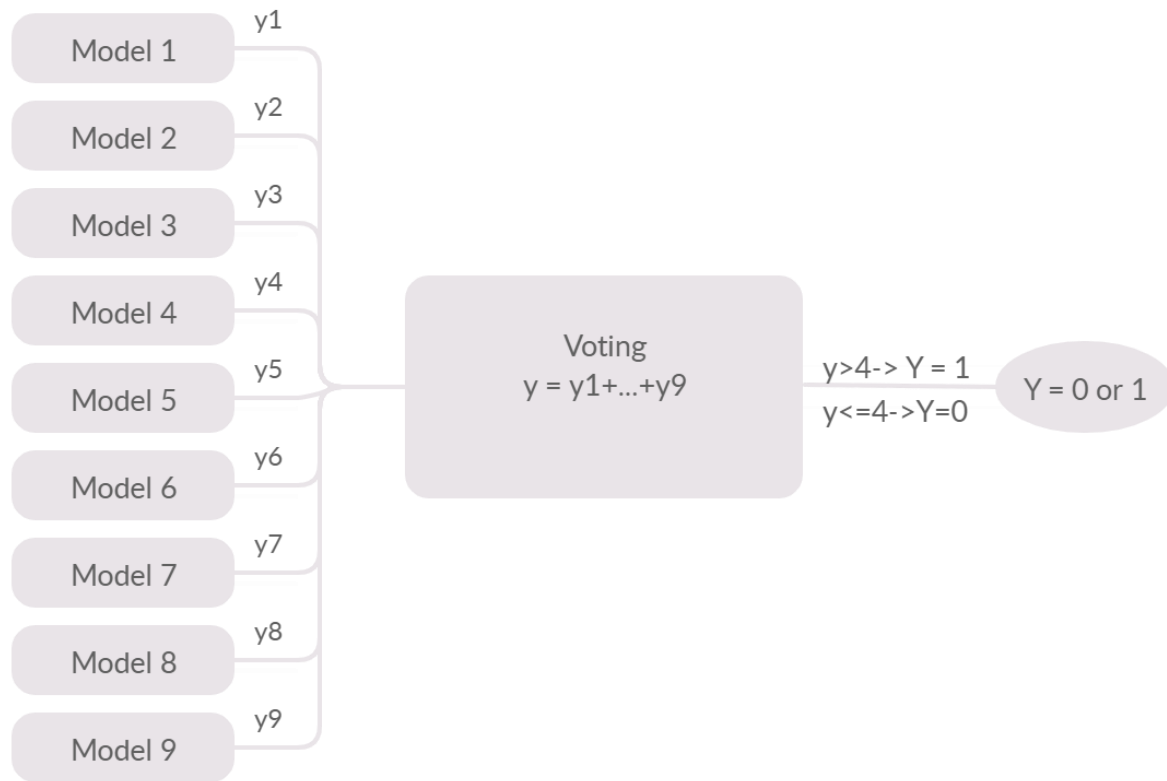
Πείραμα 2 - SVM



Πείραμα 3 - Ensemble Μέσης Τιμής



Πείραμα 4 - Ensemble με Ψηφοφορία



Επιπλέον Πειράματα

- Αλλαγή από RGB σε άλλους χρωματικούς χώρους
- Μετασχηματισμός Contrast Limited Adaptive histogram equalization((Clahe)
- Αύξηση Δεδομένων πριν την Είσοδο στο Νευρωνικό
- Χρήση Ασπρόμαυρης Μάσκας για ίδιο φοντο σε όλες τις εικόνες
- Αλλαγή Δομής Inception V3 με Χρήση Ασπρόμαυρης Μάσκας

Μετρικές κατά την εκπαίδευση

Binary Cross-Entropy loss:

$$loss = -y\log(p) - (1 - y)\log(1 - p)$$

- y η πραγματική κλάση με τιμές 0 ή 1 της εικόνας
- p η πιθανότητα πρόβλεψης της κλάσης 1

Ακρίβεια(Accuracy):

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

- ο αριθμός των σωστών προβλέψεων σε σχέση με όλες τις προβλέψεις

Μετρικές Αξιολόγησης Μοντέλου

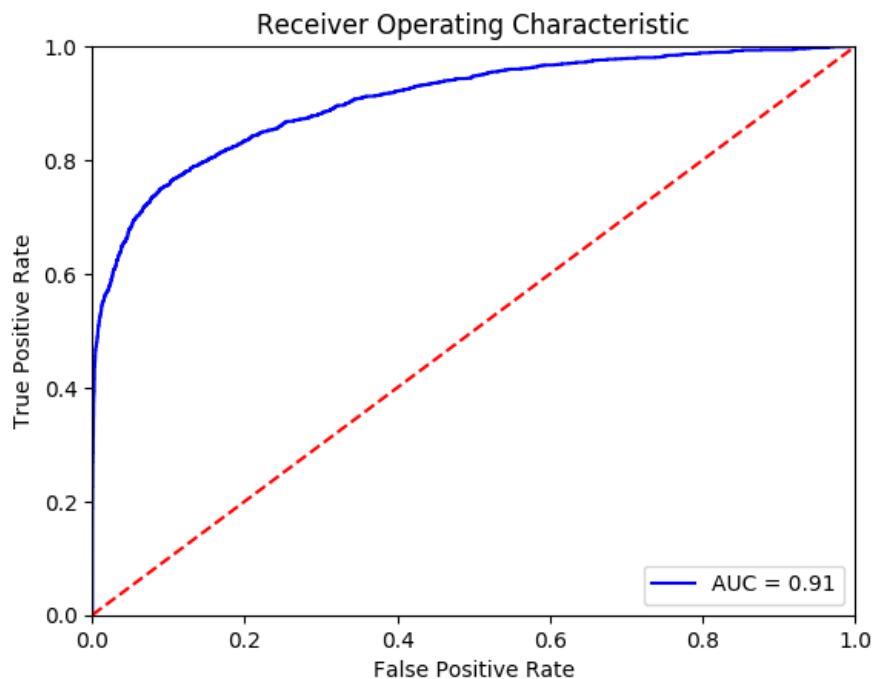
Ευαισθησία(Sensitivity):

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN}$$

Εξειδίκευση(Specificity):

$$TNR = \frac{TN}{FP+TN}$$

Roc curve - Area Under the Curve(AUC)



Εύρεση Σημείων

- Σημείο υψηλής Ευαισθησίας

$$\text{maximize}(Sens_t + Spec_t), \text{ για } Sens_t > Sens_{min}$$

- Σημείο υψηλής Εξειδίκευσης

$$\text{maximize}(Sens_t + Spec_t), \text{ για } Spec_t > Spec_{min}$$

- Βέλτιστο σημείο

$$\text{maximize}(Sens_t + Spec_t)$$

Μέθοδος Grad-CAM για Οπτικοποίηση

- Χρήση τελευταίου συνελικτικού επιπέδου -> 2048 8x8 feature maps
- Υπολογισμός:

$$a_k^c = \frac{1}{Z} \sum_i \sum_j \frac{\partial y^c}{\partial A_{ij}^k}$$

όπου: A_{ij}^k το k^{th} feature map

y^c the prediction value of output

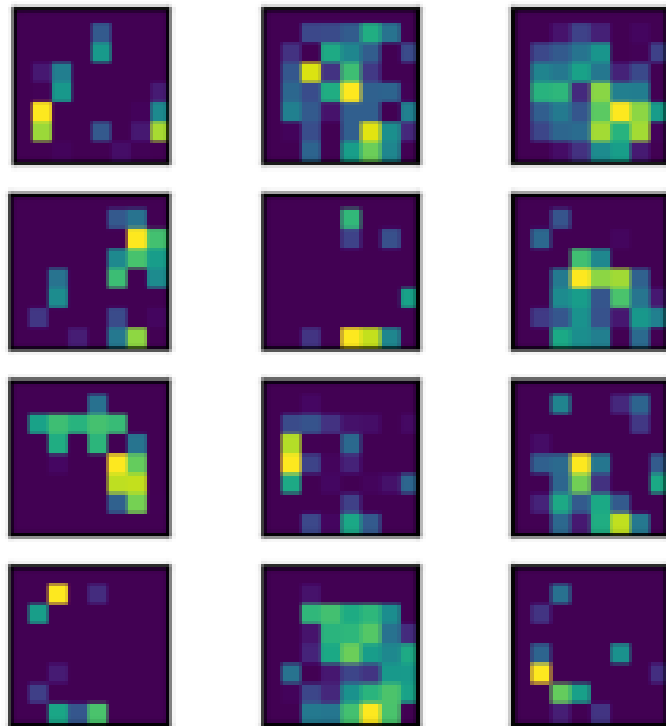
- Υπολογισμός:

$$L_{GradCAM}^c = ReLU(\sum_k a_k^c A^k)$$

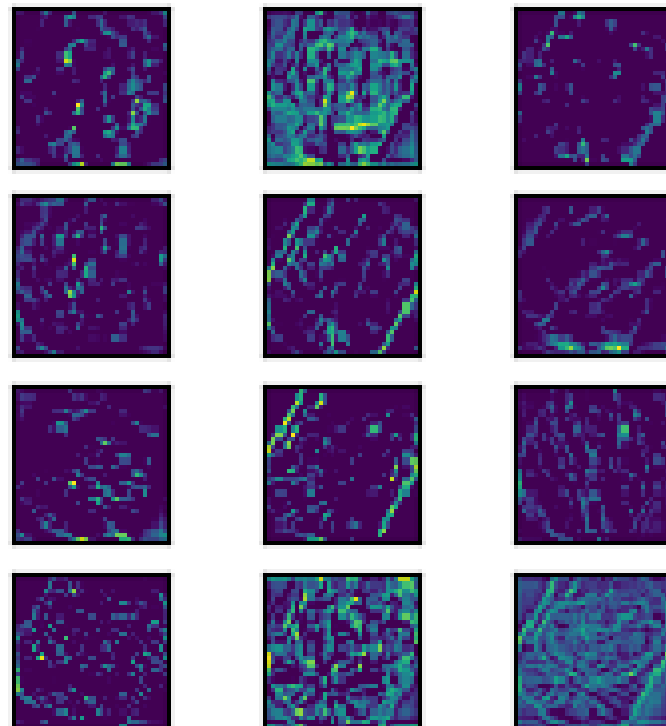
- Παράγεται 8x8 πίνακας!
- 8x8 -> 299x299

Χάρτες χαρακτηριστικών

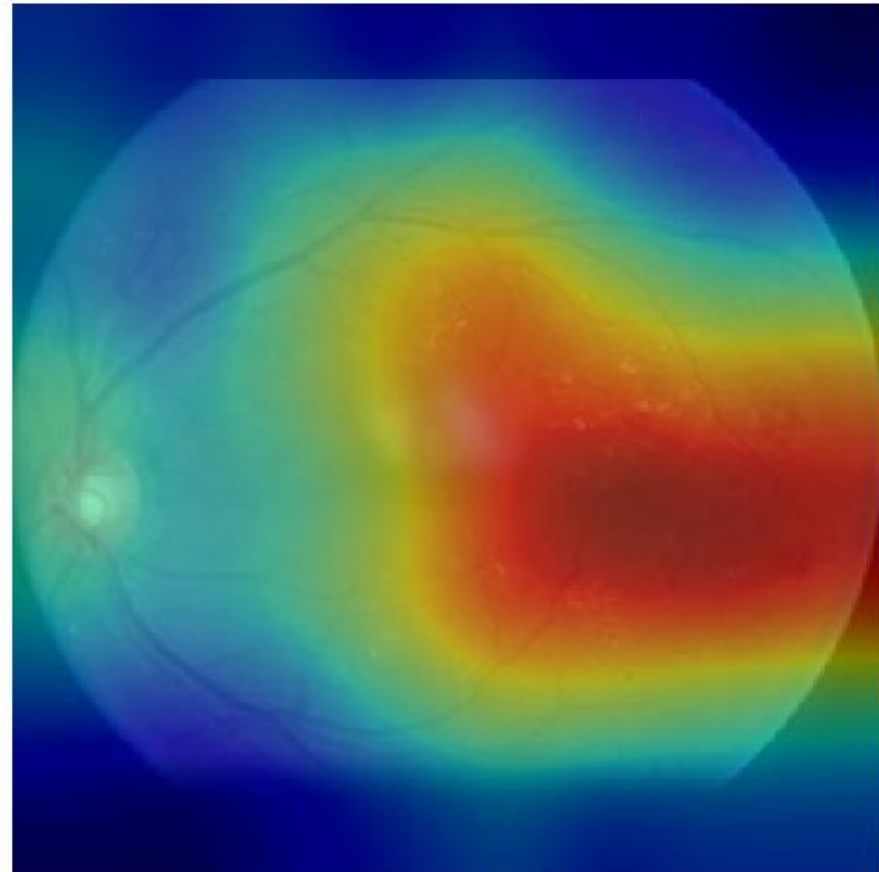
8x8



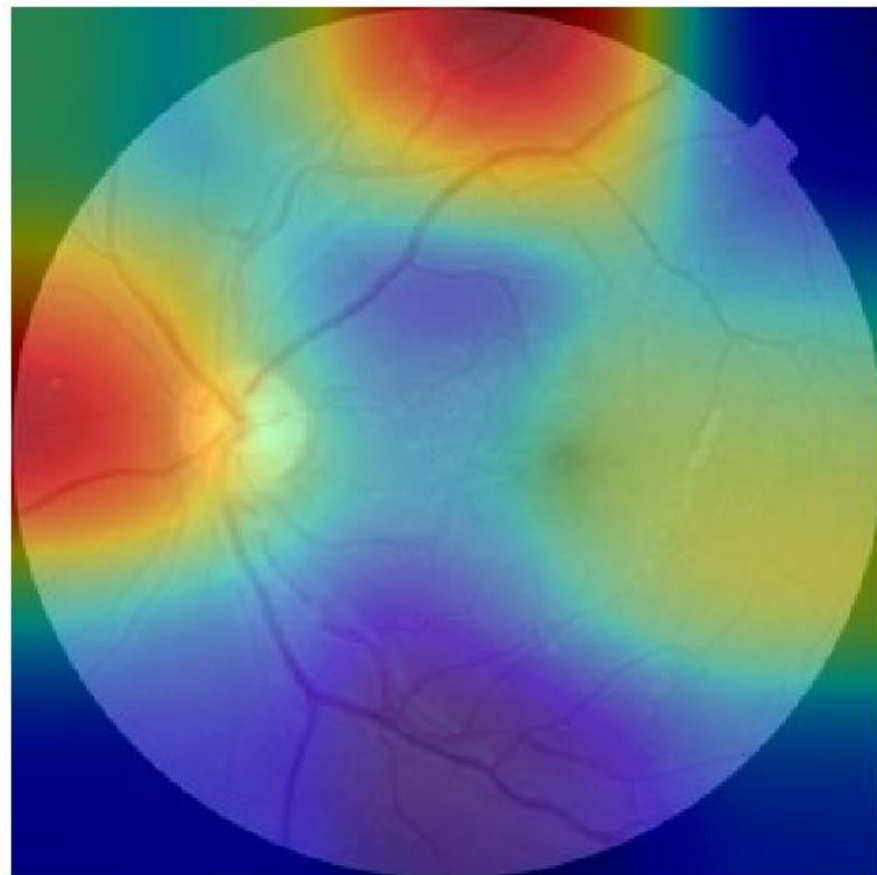
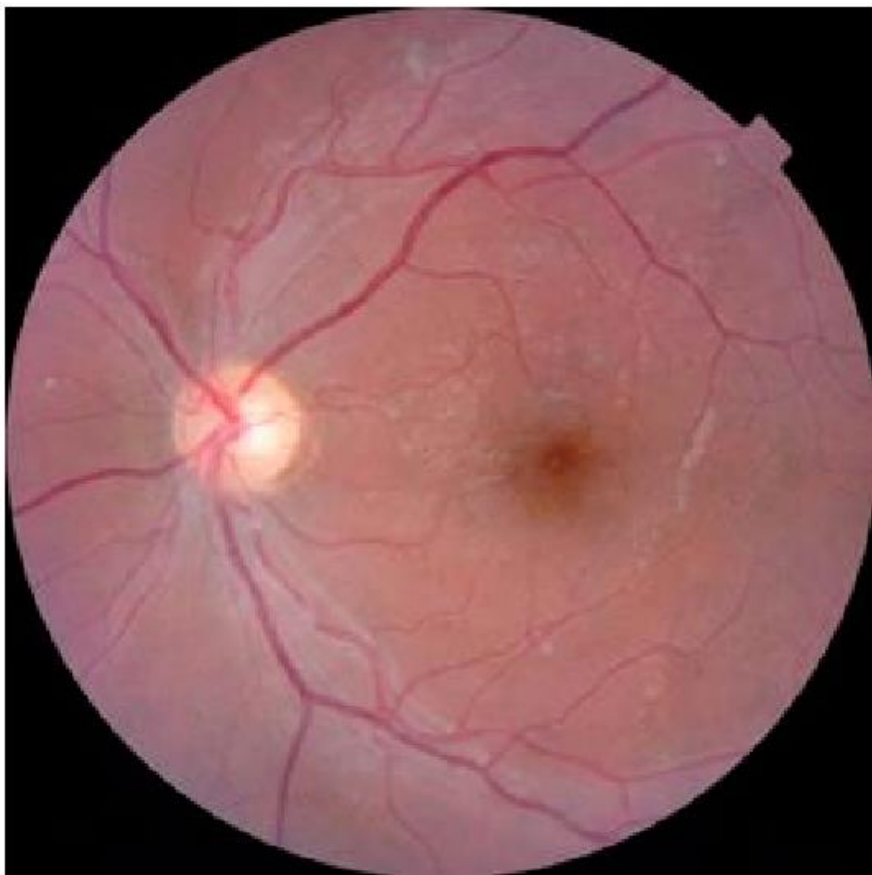
35x35



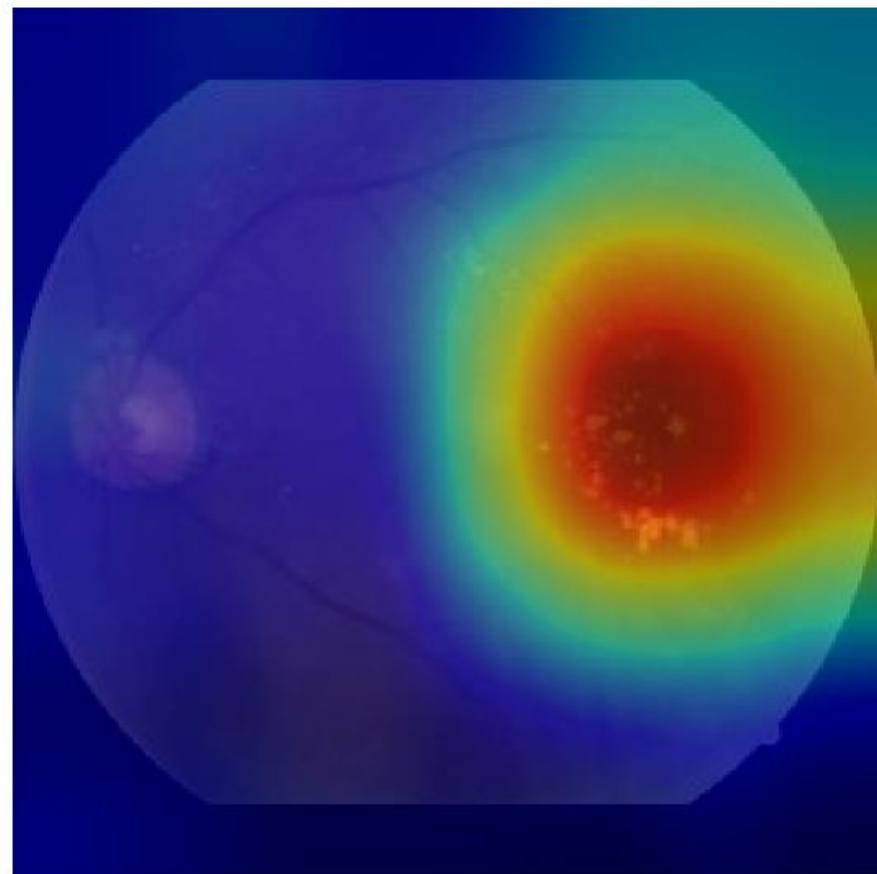
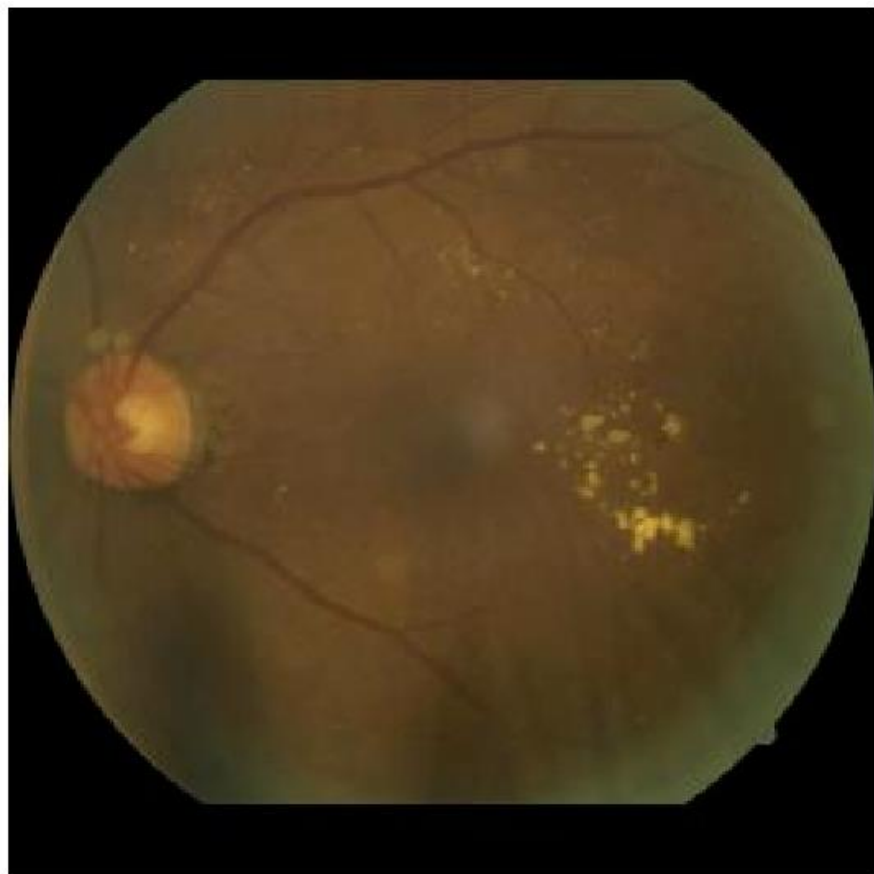
Οπτικοποίηση Νευρωνικού - Δείγμα 1



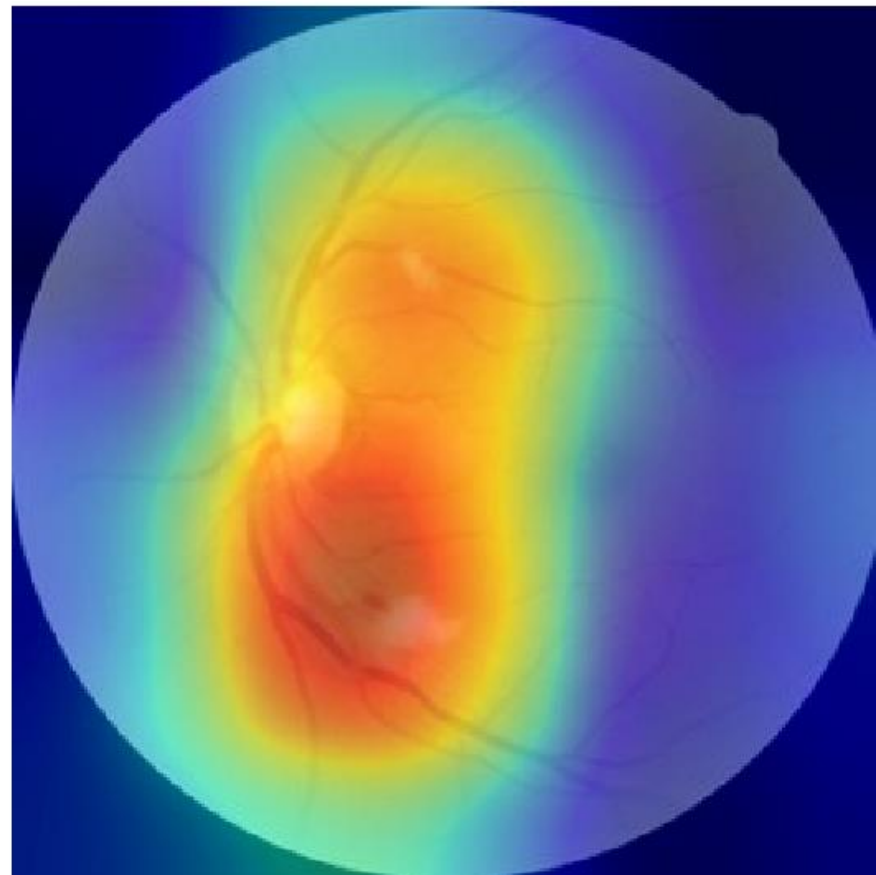
Οπτικοποίηση Νευρωνικού - Δείγμα 2



Οπτικοποίηση Νευρωνικού - Δείγμα 3



Οπτικοποίηση Νευρωνικού - Δείγμα 4



Αποτελέσματα

CNN με RGB εικόνες

Kaggle - AUC 0.9	Sensitivity	Specificity	Messidor 2 - AUC 0.93	Sensitivity	Specificity
Best Point	0.79	0.87	Best Point	0.83	0.91
High Sens. Point	0.9	0.66	High Sens. Point	0.9	0.79
High Spec. Point	0.75	0.91	High Spec. Point	0.83	0.91

CNN και γραμμικός SVM

Kaggle - AUC 0.9	Sensitivity	Specificity	Messidor 2 - AUC 0.93	Sensitivity	Specificity
Best Point	0.77	0.89	Best Point	0.82	0.93
High Sens. Point	0.9	0.67	High Sens. Point	0.91	0.79
High Spec. Point	0.74	0.9	High Spec. Point	0.82	0.93

Αποτελέσματα

CNN και SVM με RBF πυρήνα

Kaggle - AUC 0.9	Sensitivity	Specificity	Messidor 2 - AUC 0.93	Sensitivity	Specificity
Best Point	0.82	0.85	Best Point	0.78	0.96
High Sens. Point	0.9	0.67	High Sens. Point	0.91	0.75
High Spec. Point	0.75	0.9	High Spec. Point	0.78	0.96

Ensemble μέσου όρου με 9 μοντέλων

Kaggle - AUC 0.91	Sensitivity	Specificity	Messidor 2 - AUC 0.94	Sensitivity	Specificity
Best Point	0.76	0.92	Best Point	0.8	0.95
High Sens. Point	0.9	0.69	High Sens. Point	0.9	0.79
High Spec. Point	0.76	0.92	High Spec. Point	0.8	0.95

Αποτελέσματα

Ensemble με ψηφοφορία με 9 μοντέλα

Kaggle - AUC 0.91	Sensitivity	Specificity	Messidor 2 - AUC 0.94	Sensitivity	Specificity
Best Point	0.79	0.89	Best Point	0.85	0.9
High Sens. Point	0.9	0.69	High Sens. Point	0.9	0.77
High Spec. Point	0.77	0.9	High Spec. Point	0.85	0.90

Συμπεράσματα

- 1.** Ο αλγόριθμος παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα στην ανίχνευση των ατόμων χωρίς rDR
- 2.** Καλύτερα αποτελέσματα παρουσιάζονται για σύνολο δεδομένων Messidor 2.
- 3.** Το Ensemble με ψηφοφορία και Ensemble μέσης τιμής έχουν υψηλότερες τιμές AUC.
- 4.** Ensemble μέσης τιμής δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα άλλα πειράματα με το βέλτιστο σημείο να έχει sens. 0.76 και spec. 0.92 για το Kaggle και 0.8 και 0.95 αντίστοιχα για το Messidor 2.

Μελλοντικές Επεκτάσεις

- Νέο σύνολο δεδομένων
- Μεγαλύτερες εικόνες εισόδου
- Διαφορετική αρχιτεκτονική και Επεξεργασία των εικόνων

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Ερωτήσεις;