Υπολογιστική Νοημοσύνη

Εργασία Μέρος Β’

Vol. VI, No. 2, Summer 1958

research trends

CORNELL AERONAUTICAL LABORATORY, INC., BUFFALO 21, NEW YORK

The Design of an

Intelligent AUTOMATON

by FRANK ROSENBLATT

Introducing the perceptron — A machine which senses, recognizes, remembers, and responds like the human mind.

STORIES about the creation of machines having human qualities have long been a fascinating province in the realm of science fiction. Yet we are now about to witness the birth of such a machine — a machine capable of perceiving, recognizing, and identifying its surroundings without any human training or control.

Development of that machine has stemmed from a search for an understanding of the physical mechanisms which underlie human experience and intelligence. The question of the nature of these processes is at least as ancient as any other question in western science and philosophy, and, indeed, ranks as one of the greatest scientific challenges of our time.

Our understanding of this problem has gone perhaps as far as had the development of physics before Newton. We have some excellent descriptions of the phenomena to be explained, a number of interesting hypotheses, and a little detailed knowledge about events in the nervous system. But we lack agreement on any integrated set of principles by which the functioning of the nervous system can be understood.

We believe now that this ancient problem is about to yield to our theoretical investigation for three reasons:

First, in recent years our knowledge of the functioning of individual cells in the central nervous system has vastly increased.

Second, large numbers of engineers and mathematicians are, for the first time, undertaking serious study of the mathematical basis for thinking, perception, and the handling of information by the central nervous system, thus providing the hope that these problems may be within our intellectual grasp.

Third, recent developments in probability theory and in the mathematics of random processes provide new tools for the study of events in the nervous system, where only the gross statistical organization is known and the precise cell-by-cell "wiring diagram" may never be obtained.

Receives Navy Support

In July, 1957, Project PARA (Perceiving and Recognizing Automaton), an internal research program which had been in progress for over a year at Cornell Aeronautical Laboratory, received the support of the Office of Naval Research. The program had been concerned primarily with the application of probability theory to

Τσικέλης Ιωάννης

1067407

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής

Πανεπιστήμιο Πατρών

2021-2022

Table Of Contents

Σύντομη περιγραφή

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας του μαθήματος Υπολογιστική Νοημοσύνη, κληθήκαμε να υλοποιήσουμε έναν Εξελικτικό Αλγόριθμο, ο οποίο επιλέγει το βέλτιστο σύνολο λέξεων που περιγράφουν μία συλλογή κειμένων. Στο τέλος μας ζητήθηκε να εκπαιδεύσουμε ένα από τα νευρωνικά δίκτυα της προηγούμενης υλοποίησης με το νέο, μικρότερο σύνολο λέξεων. Για τον έλεγχο των υλοποιήσεων χρησιμοποιήθκε το dataset DeliciousMIL με πάνω από 12.000 διαφορετικές εγγραφές για training και testing. Ο κώδικας γράφτηκε σε γλώσσα Python.

Κώδικας Υλοποίησης:

Ο κώδικας της άσκησης είναι διαθέσιμος στο GitHub repository: itsikelis/ceid-comp-int-project.

B1. Σχεδιασμός Γεννετικού Αλγορίθμου

Α) Κωδικοποίηση:

Για την κωδικοποίηση του κάθε ατόμου-χρωμοσώματος, χρησιμοποιήθηκε μία one-hot αναπαράσταση ενός διανύσματος 8520 θέσεων (ίσες με το πλήθος των λέξεων του λεξικού):

$$i_0 \quad i_1 \cdots i_{8518} \quad i_{8519}$$

Β) Αρχικός πληθυσμός:

Για την δημιουργία αρχικού πληθυσμού πλήθους Ν, για κάθε άτομο-χρωμόσωμα, δημιουργείται ένα νέο διάνυσμα με τυχαία επιλογή 0 ή 1 σε κάθε θέση του, σύμφωνα με μία δοθείσα πιθανότητα $p(i_j = 1)$. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε άτομο που δεν έχει τουλάχιστον 1000 μη μηδενικές τιμές, αφού αυτό είναι και το κάτω όριο που δίνεται από την άσκηση. Ο πληθυσμός αναπαρίσταται ως ένα Nx8520 μητρώο:

$$\begin{bmatrix} i_{0_0} & \cdots & i_{0_{8519}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ i_{N-1_0} & \cdots & i_{N-1_{8519}} \end{bmatrix}$$

Γ) Διαδικασία επιδιόρθωσης:

Ως ζητούμενο της άσκησης, κάθε άτομο του πληθυσμού είνα υποχρεωμένο να έχει τουλάχιστον 1000 μη μηδενικά στοιχεία-γονίδια (άσσους). Για τον έλεγχο αυτού μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι κάτωθι τεχνικές:

i) Απόρριψη του μη-νόμιμου ατόμου: απόρριψη αποτελέσματος και επαναδημιουργία νέου ατόμου.
ii) Διόρθωση: «γέμισμα» του ατόμου με περισσότερους άσσους, ώστε να πληροί το ελάχιστο κριτήριο.
iii) Εφαρμογή ποινής: εφαρμογή ποινής στο άτομο με λιγότερους από 1000 άσσους κατά την αξιολόγησή του από την συνάρτηση καταλληλότητας.

Για την παρούσα υλοποίηση, επιλέψθηκαν τα κριτήρια της απόρριψης του μη νόμιμου ατόμου κατά την αρχική δημιουτγία πληθυσμού και, δεδομένου ότι κατά τη διασταύρωση μπορεί να προκύψει απόγονος με λιγότερους άσσους, εφαρμογή ποινής (μηδενισμός) κατά την αξιολόγηση του πληθυσμού σε κάθε βήμα του Αλγορίθμου.

Δ) Υπολογισμός tf-idf:

Μία μετρική που θα χρησιμοποιηθεί για τον ορισμό της συνάρτησης καταλληλότητας, είναι η μετρική tf-idf. Ο προσδιορισμός των όρων tf και idf έγινε ως εξής. Για τις μετρικές tf της κάθε λέξης, χρησιμοποιήθηκε η αναπαράσταση ενός διανύσματος 1x8520 θέσεων, που περιείχε τον μέσο όρο των τιμών tf για κάθε λέξη σε κάθε κείμενο.

$$mean\_tf_0 \quad mean\_tf_1 \cdots mean\_tf_{8518} \quad mean\_tf_{8518}$$

Αντίστοιχα οι τιμές idf για την κάθε λέξη αναπαριστώνται επίσης σε ένα 1x8520 διάνυσμα.

$$idf_0 \quad idf_1 \cdots idf_{8518} \quad idf_{8519}$$

Έτσι, το μέσο γινόμενο tf*idf για την κάθε λέξη, είναι το γινόμενο Hadamard των παραπάνω διανυσμάτων.

$$mean\_tf\_idf = mean\_tf \circ idf$$

Ε) Συνάρτηση Καταλληλότητας:

Για την επιλογή συνάρτησης καταλληλότητας, έπρεπε να ληφθούν υπ' όψη δύο παράγοντες για το κάθε άτομο-χρωμόσωμα:

i) η μέση τιμή των tf*idf μετρικών των λέξεών του και
ii) το πλήθος των επιλεγμένων λέξεων, ιδανικά κοντά στο κάτων όριο των 1000.

Σύμφωνα με αυτούς τους δύο περιορισμούς δημιοργήθηκε η εξής συνάρτηση καταλληλότητας:

$$score(i) = \frac{mean\_tf\_idf(i)}{non\_zero\_count(i) - 1000} * scalar$$

Όπως είναι κατανοητό λοιπόν, για τον υπολογισμό του score του κάθε ατόμου, η μετρική tf*idf παίζει θετικό ρόλο, το άνω το 1000 πλήθος λέξεων, αρνητικό. Η συνάρτηση θεωρητικά μεγιστοποιείται (απειρίζεται) όταν το άτομο i, έχει ακριβώς 1000 λέξεις, οι οποίες εκφράζουν πλήρως όλα τα κείμενα ή έχει ακριβώς 1000 λέξεις (πράγμα δεν είναι και τόσο θεμιτό) και θεωρητικά ελαχιστοποιείται (απειρίζεται αρνητικά) όταν οι επιλεχθείσες λέξεις, ανεξαρτήτου πλήθους, δεν εκφράζουν σε κανένα βαθμό κανένα κείμενο. Ο πολλαπλασιασμός με ένα βαθμωτό, έγινε για την αποφυγή πολύ μικρών αριθμών κατά τον υπολογισμό του score.

ΣΤ) Γεννετικοί τελεστές:

Οι γεννετικοί τελεστές για την επιλογή, διασταύρωση, και μετάλλαξη επιλέχθηκαν ως εξής:¨

i) Επιλογή: για την επιλογή των ατόμων που θα περάσουν στην επόμενη γενιά, χρησιμοποιήθηκε η ρουλέτα με βάση το κόστος. Η επιλογή αυτή έγινε για την αποφυγή πολύ κακών ατόμων, που μπορεί να προέκυπταν από την χρήση άλλων τεχνικών όπως ρουλέτας με βάση το κόστος ή τουρνουά.

ii) Διασταύρωση: λόγω της στατιστικής ανεξαρτησίας της κάθε λέξης με τις γειτονικές της, για την διαδικασία της διασταύρωσης, επιλέχθηκε η τεχνική της ομοιόμορφης διασταύρωης. Κατά την διασταύρωση, επιλέγεται με πιθανότητα 0.5 αν οι δύο γονείς θα ανταλλάξουν τα γονίδιά τους, για κάθε γονίδιο τους(8520).

iii) Μετάλλαξη: για την όσο είναι εφικτό αποφυγή μη ένταξης ελέγχου κάποιων λέξεων, κατά την εκτέλεση του Αλγορίθμου με μικρούς πληθυσμούς, επιλέχθηκε η διαδικασία της μετάλλαξης να εφαρμόζεται σε όλα τα άτομα του εκάστοτε πληθυσμού και να μην γίνει χρήση ελιτισμού.

Β2. Υλοποίηση Γεννετικού Αλγορίθμου

Η υλοποίηση του Αλγορίθμου έγινε στη γλώσσα Python και είναι διαθέσιμη στο GitHub repository: itsikelis/ceid-comp-int-project.

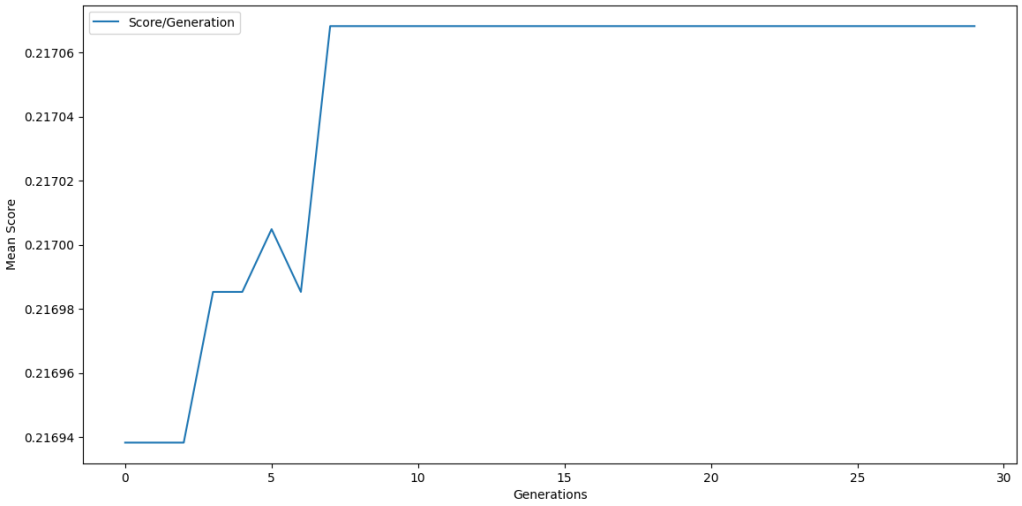
Β3. Αξιολόγηση και Επίδραση Παραμέτρων

Α) Εκτέλεση Αλγορίθμου με συγκεκριμένες τιμές:

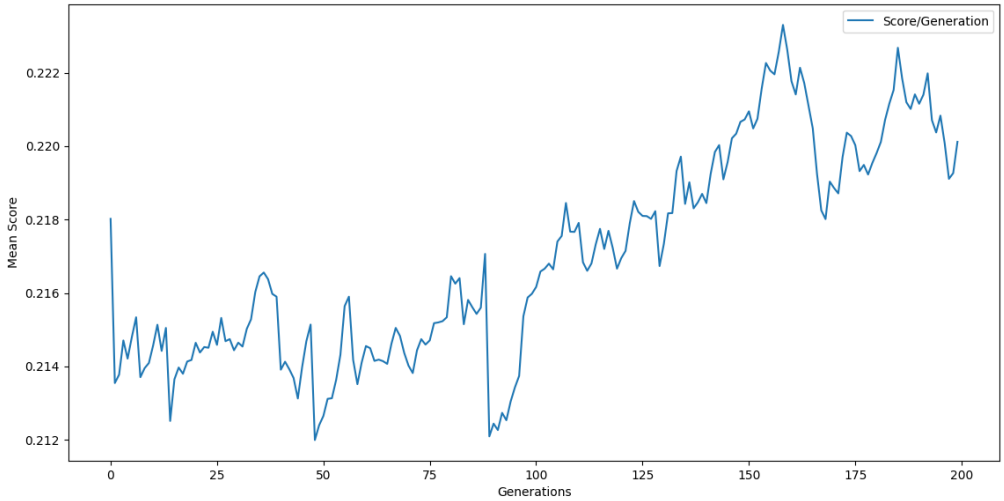
Α/Α	Μέγεθος Πληθυσμού	Πιθανότητα Διασταύρωσης	Πιθανότητα Μετάλλαξης	μ.τ Βέλτιστου	μ.α Γενεών
1	20	0.6	0.00	0.21704	30.20
2	20	0.6	0.01	0.21696	198.20
3	20	0.6	0.10	0.22043	389.25
4	20	0.9	0.01	0.21661	151.25
5	20	0.1	0.01	0.21524	75.75
6	200	0.6	0.00	0.21641	30.00
7	200	0.6	0.01	0.22418	181.25
8	200	0.6	0.10	0.22424	250.50
9	200	0.9	0.01	0.22471	237.50
10	200	0.1	0.01	0.22523	260.00

Β) Διαγράμματα:

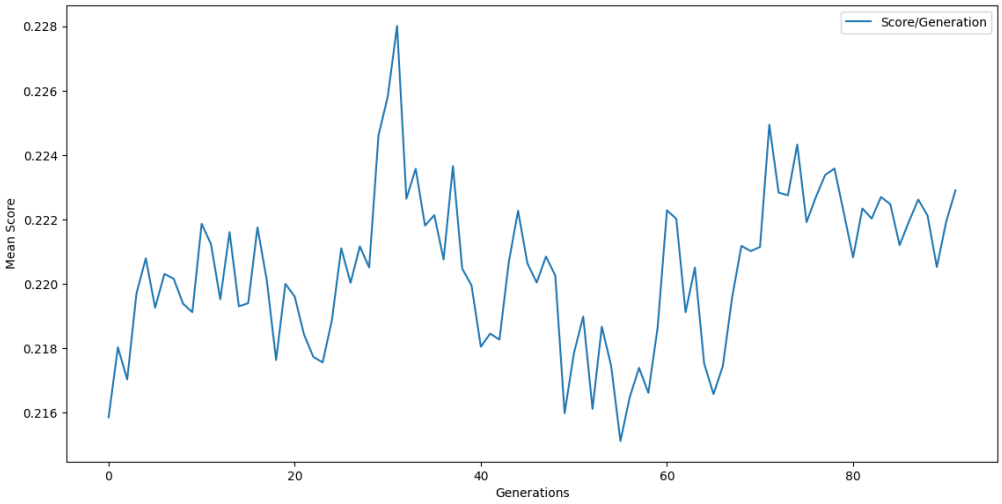
Λόγω σφάλματος κατά την αποθήκευση, ορισμένα διαγράμματα δυστυχώς απουσιάζουν.



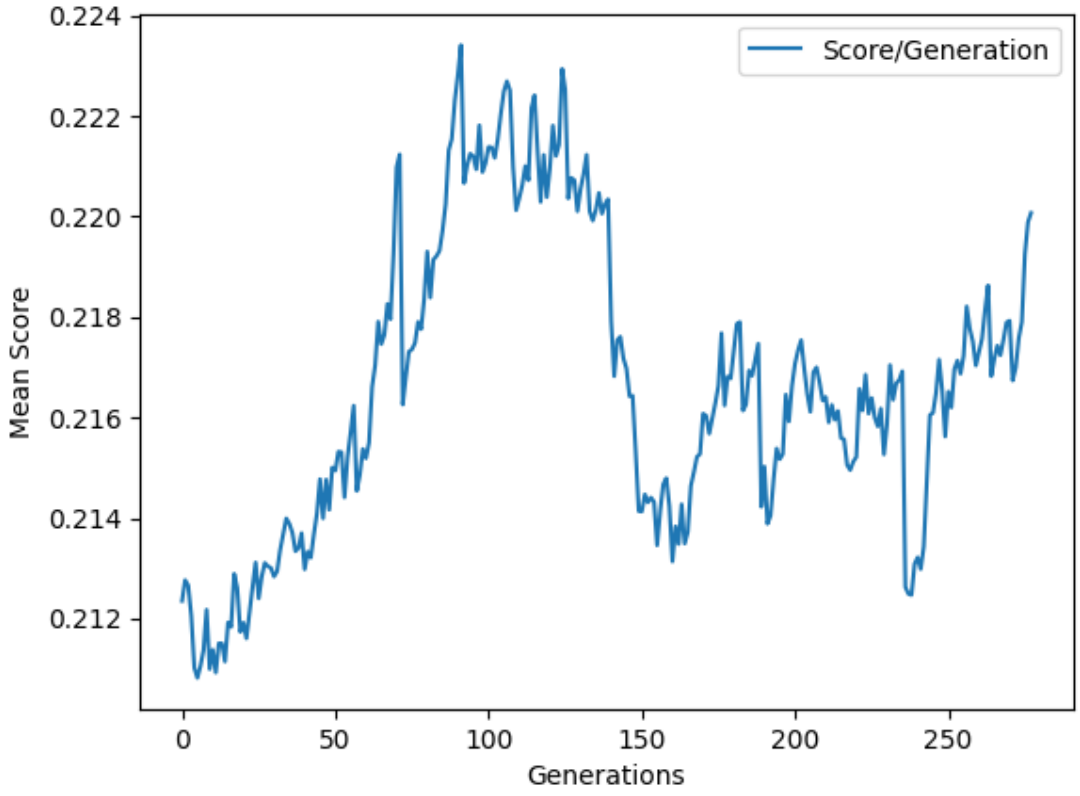
Εικόνα 1: Περίπτωση 1



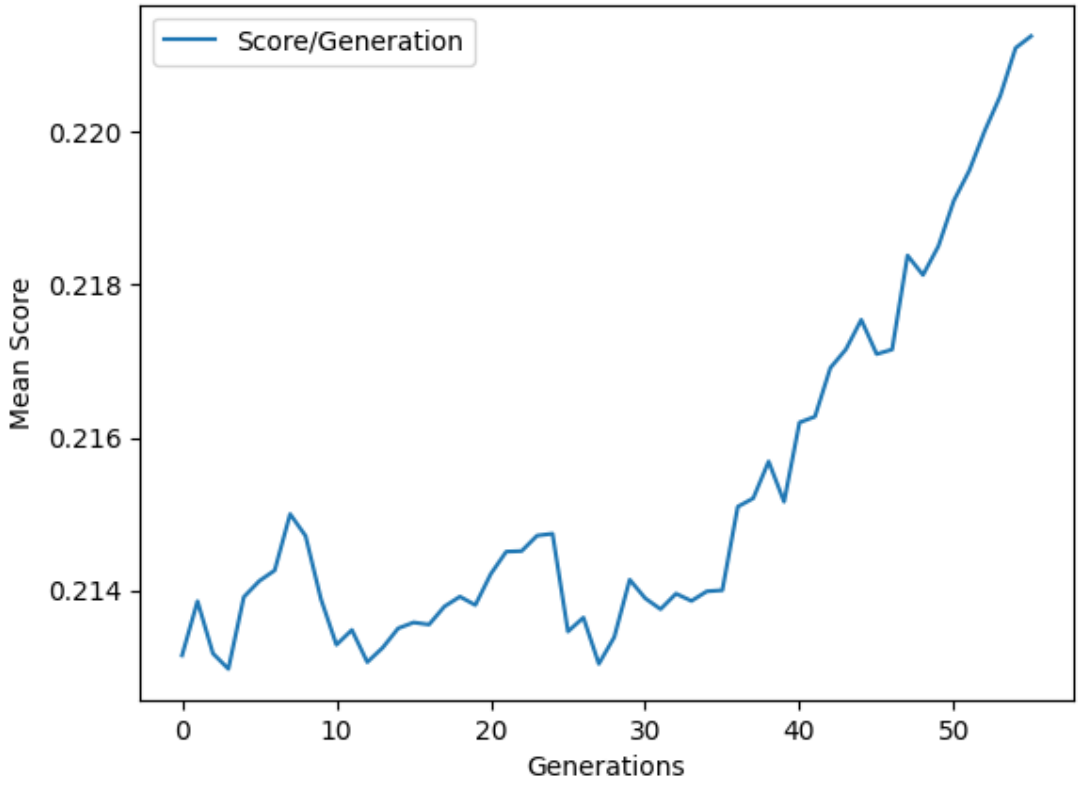
Εικόνα 2: Περίπτωση 2



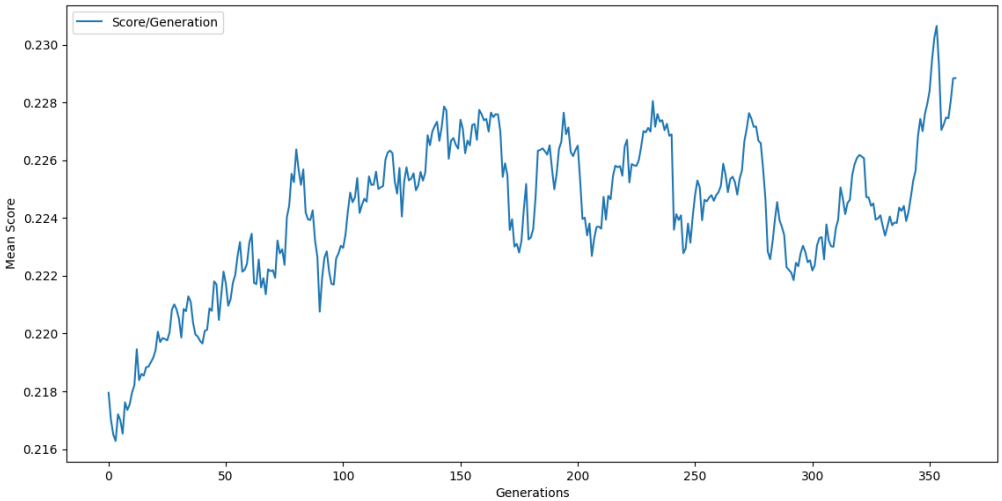
Εικόνα 3: Περίπτωση 3



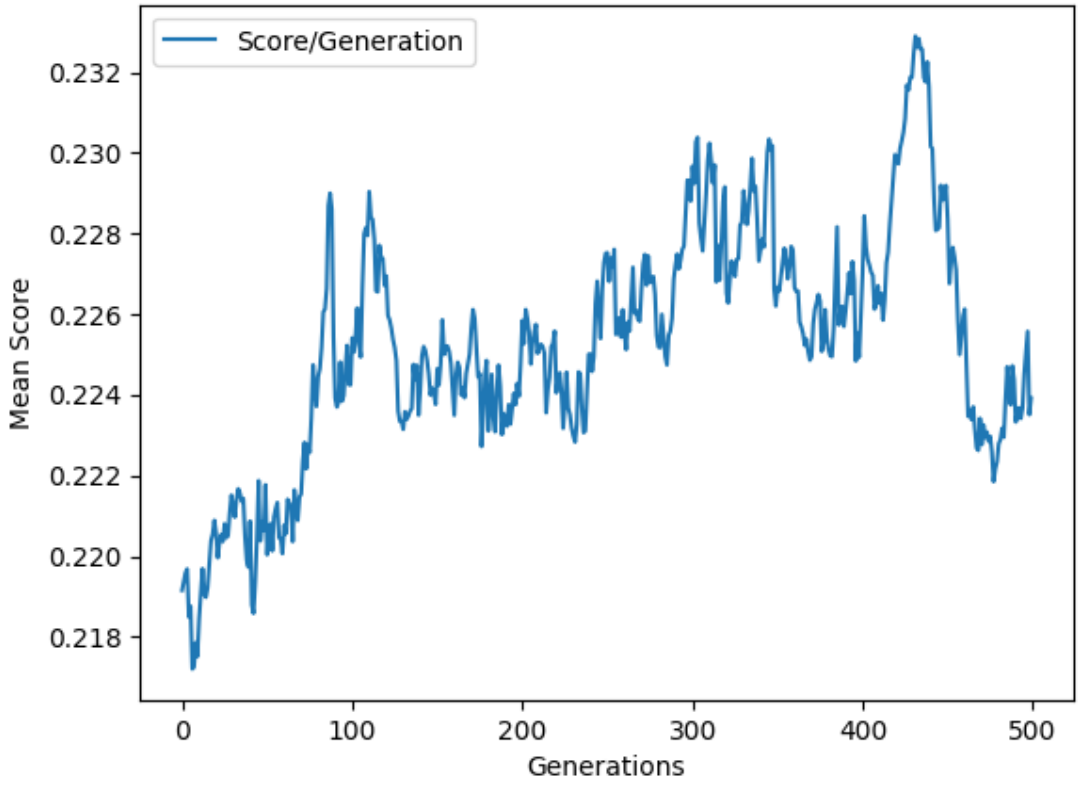
Εικόνα 4: Περίπτωση 4



Εικόνα 5: Περίπτωση 5



Εικόνα 7: Περίπτωση 7



Εικόνα 10: Περίπτωση 10

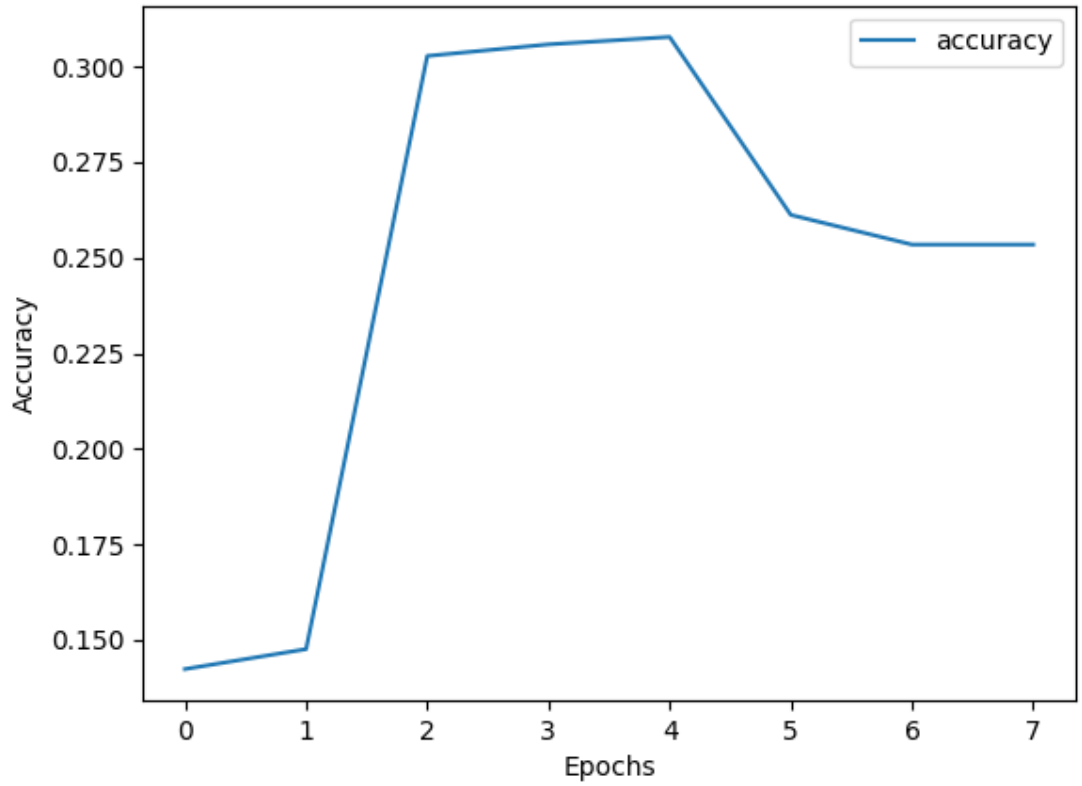
Γ) Συμπεράσματα:

Από τα αποτελέσματα των παραπάνω εκτελέσεων, παρατηρούμε ότι η βέλτιστη περίπτωης, προκύπτει με μεγάλο αρχικό πληθυσμό, μικρή πιθανότητα διασταύρωσης και μικρή πιθανότητα μετάλλαξης. Αυτό σίγουρα οφείλεται στον τρόπο που έχει επιλεχθεί για την διασταύρωση(uniform), καθώς και στο γεγονός ότι η μετάλλαξη πρέπει να είναι σπάνιο φαινόμενο, που ενδεχομένως μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση.

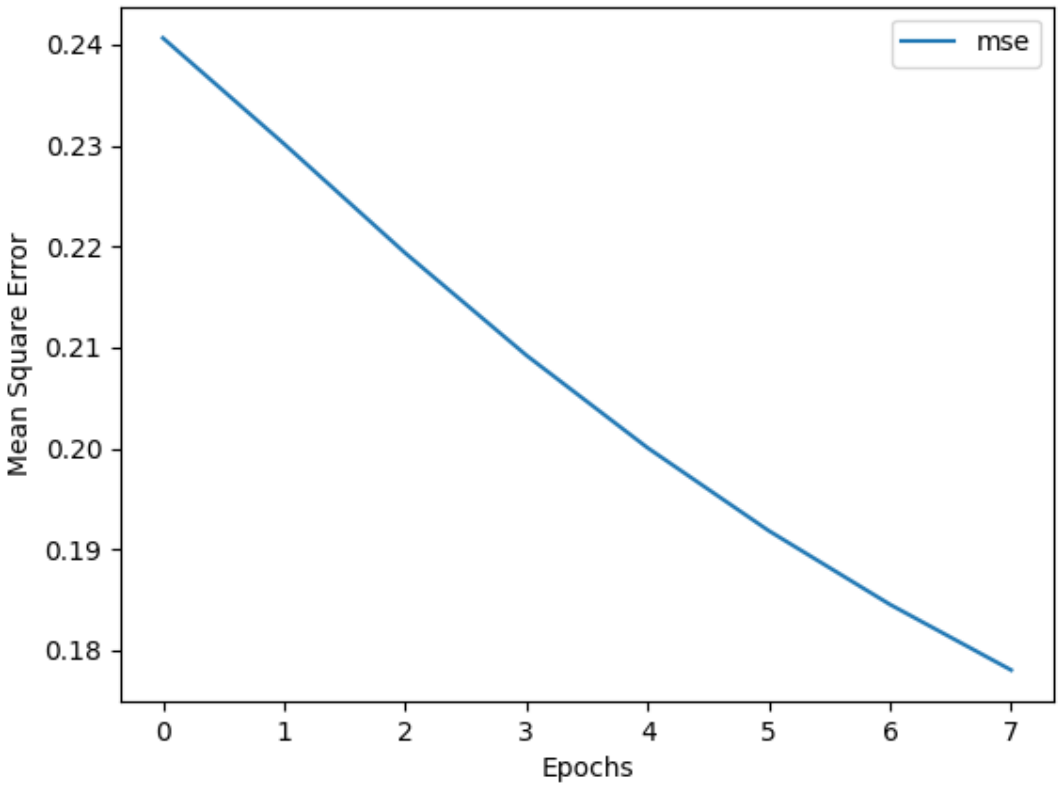
Β4. Επιλογή Χαρακτηριστικών ΤΝΔ

Α) Εκτέλεση κώδικα:

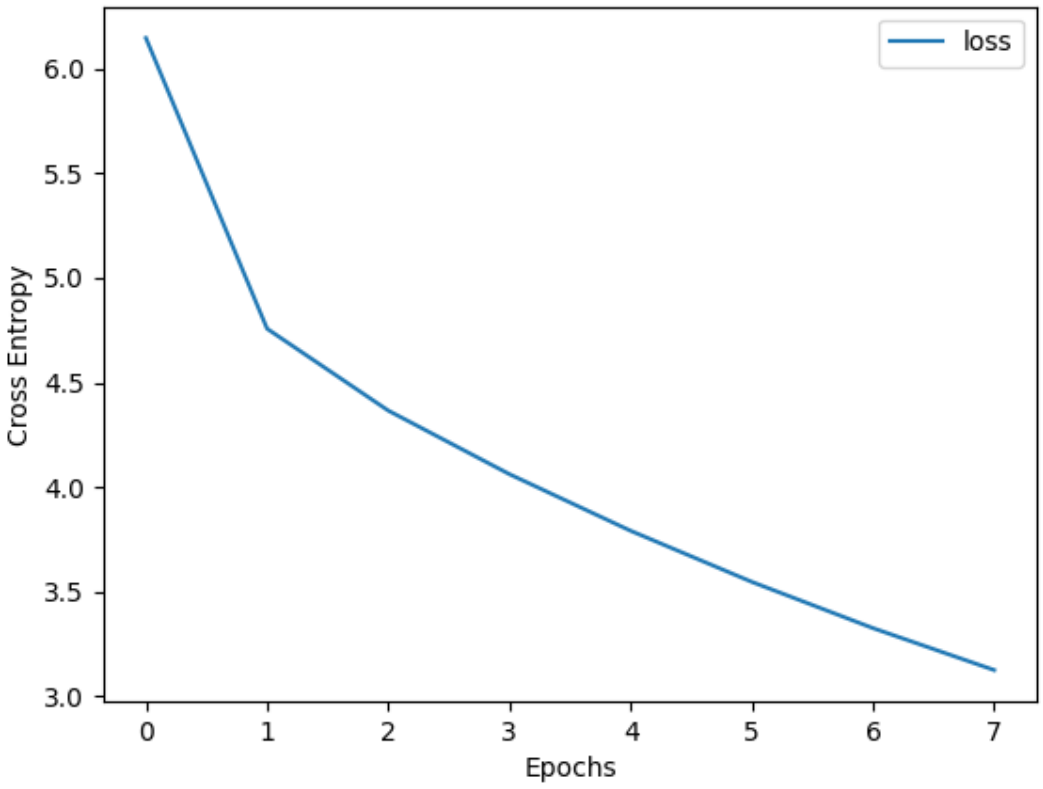
Στο τελευταίο κομμάτι της άσκησης, κληθήκαμε να χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα του Γεννετικού Αλγορίθμου και να εκπαιδεύσουμε καταλλήλως το καλύτερο νευρωνικό δίκτυο που προέκυψε από το προηγούμενο μέρος της άσκησης. Για την υλοποίηση, έπειτα από την εκτέλεση του Γεννετικού Αλγορίθμου, πάρθηκε το καλύτερο άτομο-χρωμόσωμα, από τον βέλτιστο πληθυσμό που προέκυψε από τις επαναλήψεις και χρησιμοποιήθηκε για να αφαιρεθουν οι μη επιλεγμένες από αυτό λέξεις από το σύνολο εισόδου στο νευρωνικό.



Εικόνα: Ακρίβεια/Εποχή



Εικόνα: Μέσο Τετραγωνικό Σφάλμα/Εποχή



Εικόνα: Συνάρτηση Κόστους/Εποχή

Β) Παρατηρήσεις:

Το πρώτο πράγμα που παρατηρήθηκε κατά την εκτέλεση του νευρωνικού, ήταν ο μειωμένος απαιτούμενος χρόνος υπολογισμού για κάθε εποχή, γεγονός αναμενόμενο, καθώς το σύνολο εισόδου είχε μειωθεί κατά πολύ. Επιπλέον, παρατηρείται ταχύτερη σύγκλιση του νευρωνικού σε λύση, σε λιγότερες εποχές (αυτό μπορεί να οφείλεται και εν μέρει στην λάθος χρήση συνάρτησης αποκοπής, κατά την εκτέλεση του κώδικα). Σε σύγκριση με τα προηγούμενα αποτελέσματα, η ακρίβεια του δικτύου έχει μειωθεί και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα είναι αυξημένο, γεγονός που σίγουρα οφείλεται εν μέρει στην μείωση των εισόδων του δικτύου. Τέλος, η γενικευτική ικανότητα του δικτύου θεωρητικά έχει πλέον αυξηθεί, δεδομένου ότι πλέον έχουν διατηρηθεί μόνο οι πραγματικά σημαντικές λέξεις που ταξινομούν το κάθε κείμενο.