

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ & ΑΣΦΑΛΙΣΤΙΚΗΣ

**«ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΟΧΩΝ
ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ»**

Πτυχιακή Εργασία
ΜΑΡΙΑ Κ. ΤΙΤΟΜΙΧΕΛΑΚΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ξεκίνησε με σκοπό να απαντήσει τι είναι ένα νευρωνικό δίκτυο, από τι αποτελείται, τι χρησιμεύει, τι μπορεί να κάνει κάποιος με τα νευρωνικά δίκτυα, τι προβλήματα να λύσει και τέλος να παρουσιάσει διάφορες μελέτες που συσχετίζουν και ερευνούν τα νευρωνικά δίκτυα με την πρόβλεψη της πορείας των μετοχών στα Χρηματιστήρια.

Από τα αποτελέσματα των διαφόρων ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί, διαπιστώνεται ότι η μελέτη των διαφόρων μοντέλων και παραλλαγών των νευρωνικών δικτύων στην πρόβλεψη των μετοχών στην πράξη είχαν ιδιαίτερα σημαντικά και πολλές φορές θετικά σημεία στην εκτίμηση της πορείας των τιμών των διαφόρων χρηματιστηριακών προϊόντων, είτε είναι μετοχές είτε παράγωγα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Έχοντας φτάσει στο τέλος των σπουδών μου νοιώθω την υποχρέωση να αναφερθώ στους ανθρώπους (οικογένεια και καθηγητές μου) που ο καθένας με το δικό του τρόπο, σημάδεψαν την πορεία μου στα χρόνια των σπουδών μου και να τους ευχαριστήσω.

Πρώτα από όλους, ευχαριστώ τον επιβλέπον αυτής της διπλωματικής εργασίας, κ. Ιωάννη Δημοτικάλη Επίκ. Καθηγητή και Προϊστάμενο Τμήματος Χρηματοοικονομικής & Ασφαλιστικής του Τ.Ε.Ι Κρήτης, γιατί η συνεργασία του μαζί μου υπήρξε καταλυτική στην ολοκλήρωση της παρούσης, αλλά και όλους τους υπόλοιπους καθηγητές με τους οποίους συνεργάστηκα κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Θερμές ευχαριστίες θέλω να απευθύνω και όλους αυτούς τους φίλους και συμφοιτητές μου οι οποίοι στάθηκαν πάντα δίπλα μου στις δύσκολες στιγμές και μου έδιναν κουράγιο να συνεχίσω.

Μαρια Κ. Τιτομιχελάκη

Αγ. Νικόλαος, Οκτώβριος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	I
Ευχαριστίες	II
Περιεχόμενα	III
Κατάλογος Σχημάτων	VI
Κεφάλαιο 1	σελ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ 2
Κεφάλαιο 2	σελ 3
ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	σελ 4
2.1 Γενικά	σελ 4
2.2. Ιστορική Αναδρομή	σελ 4
2.3.Ο φυσικός νευρώνας στον άνθρωπο	σελ 8
2.4.Χαρακτηριστικά των νευρωνικών δικτύων	σελ 13
Α. Μη γραμμικότητα	σελ 13
Β. Εκπαίδευση από παραδείγματα	σελ 13
Γ. Προσαρμοστικότητα	σελ 13
Δ. Ενδεικτική απόκριση (evidential response)	σελ 14
Ε. Αντοχή σε σφάλματα	σελ 14
ΣΤ. Μεγάλης κλίμακας κατανεμημένη ικανότητα εφαρμογής	σελ 14
Ζ. Ομοιότητα λειτουργίας των νευρώνων	σελ 14
Η. Παράλληλη επεξεργασία δεδομένων	σελ 15
Θ. Νευρο-βιολογική αναλογία	σελ 15
2.5. Νευρωνικά δίκτυα- μαθηματική περιγραφή	σελ 15

2.6. Συναρτήσεις Μεταφοράς	σελ 18
Α. Βηματική συνάρτηση μεταφοράς	σελ 18
Β. Γραμμική συνάρτηση μεταφοράς	σελ 19
Γ. Μη γραμμική συνάρτηση μεταφοράς	σελ 19
2.7.δομη των νευρωνικών δικτύων	σελ 19
Α. Νευρωνικά δίκτυα ενός επιπέδου	σελ 19
Β. Πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα (MLFF)	σελ 20
2.9. Τα νευρωνικά δίκτυα και οι υπολογιστές	σελ 22
2.10. Οφέλη από την χρήση των νευρωνικών δικτύων	σελ 23
2.11. Εφαρμογές των νευρικών δικτύων	σελ 24
Α. Μη Οικονομικές – Χρηματοοικονομικές εφαρμογές	σελ 25
Β. Οικονομικές – Χρηματοοικονομικές εφαρμογές	σελ 26
Κεφάλαιο 3	σελ 29
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	σελ 30
3.1. Γενικά	σελ 30
3.2 Εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων	σελ 30
Α. Με επίβλεψη από εξωτερική πηγή (Supervised).	σελ 31
Β. Χωρίς επίβλεψη (Unsupervised).	σελ 31
Γ. Με ανταγωνισμό των τεχνητών νευρώνων.	σελ 32
3.3. Ικανότητα γενίκευσης	σελ 32
3.4. Έλεγχος απόδοσης των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	σελ 33
Κεφάλαιο 4	σελ 35
ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΠΟΡΕΙΑΣ ΜΕΤΟΧΩΝ ΜΕΣΩ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	σελ 36

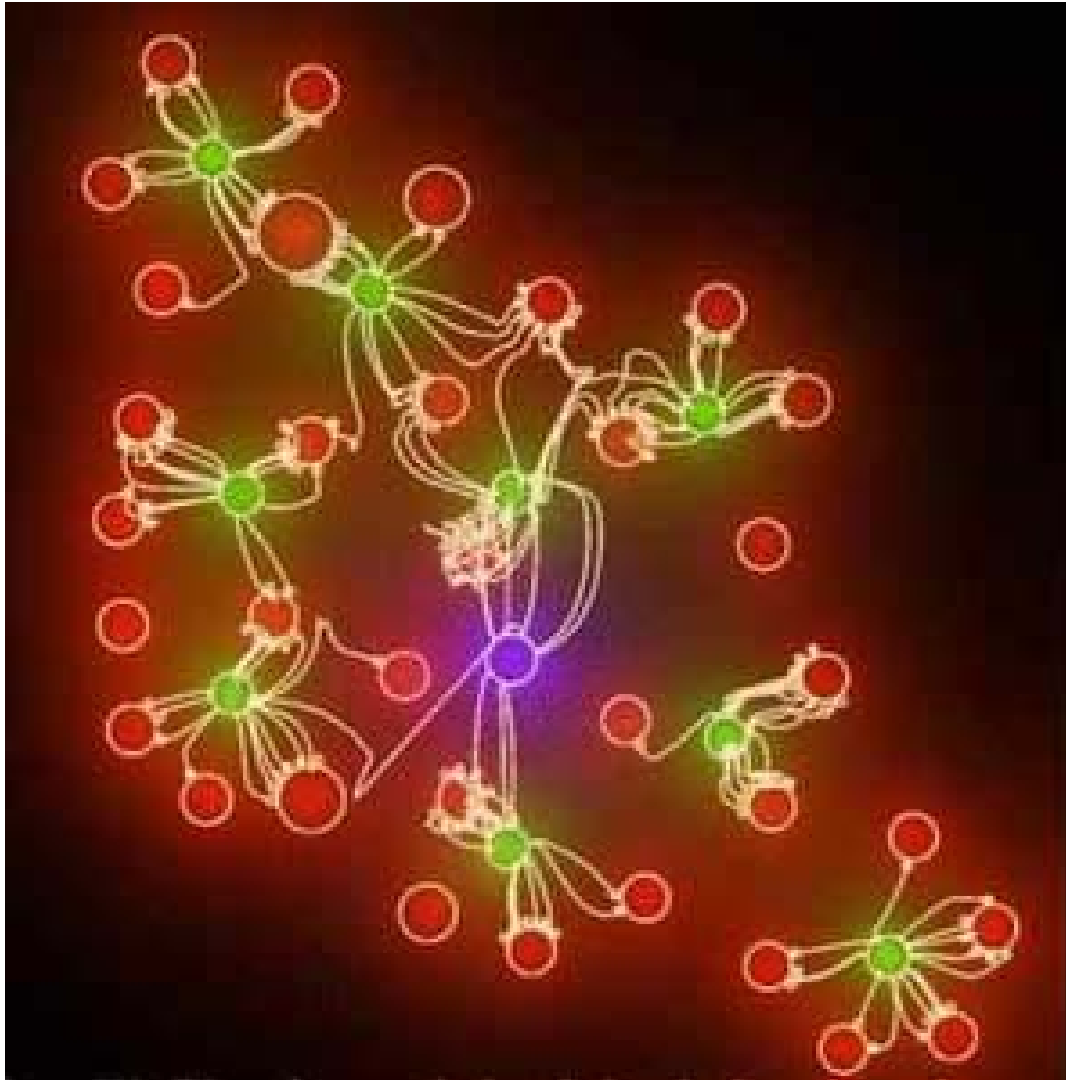
4.1. Γενικά	σελ 36
4.2. Η χρησιμότητα των μεθόδων της ανάλυσης δεδομένων	σελ 37
4.3. Τα κριτήρια αξιολόγησης της πορείας της μετοχής μιας εταιρίας.	σελ 38
4.4. Λειτουργία Νευρωνικών Δικτύων στην πράξη	
4.5. Λειτουργία του προγράμματος MATLAB	σελ 39
Κεφάλαιο 5	σελ 41
ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΥΤΩΝ	σελ 42
Κεφάλαιο 6	σελ 49
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ 50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	σελ 53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 2.1	Ένα πολυχρωματικό (MLFF) πλήρως διασυνδεδεμένο πρόσθιας τροφοδότησης τεχνικό νευρωνικό δίκτυο	σελ 5
ΣΧΗΜΑ 2.2	Φυσιολογικός Νευρώνας	σελ 11
ΣΧΗΜΑ 2.3	Τυπική μορφή Νευρωνικού Δικτύου	σελ 16
ΣΧΗΜΑ 2.4	Μοντέλο ενός Τεχνητού Νευρώνα	σελ 17
ΣΧΗΜΑ 2.5	Νευρωνικό Δίκτυο ενός Επίπεδου	σελ 20
ΣΧΗΜΑ 2.6	Νευρωνικό Δίκτυο πολλών Επίπεδων	σελ 21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρόβλεψη του χρηματιστηρίου δεν είναι ένας απλός στόχος κυρίως λόγω της πολυσύνθετης -και πολλές φορές τυχαίας- συμπεριφοράς της πορείας των μετοχών. Κατά την διάρκεια των χρόνων έχουν αναπτυχθεί πολλές και διαφορετικές θεωρίες και τεχνικές προσπαθώντας να προβλέψουν όσο το δυνατόν καλύτερα τις διάφορες παραμέτρους που επιδρούν και επηρεάζουν τις τιμές των μετοχών και την πορεία του χρηματιστηρίου. Μια από τις τεχνικές που έχει αναπτυχθεί είναι και αυτή της **Τεχνικής των «Νευρωνικών Δικτύων»**.

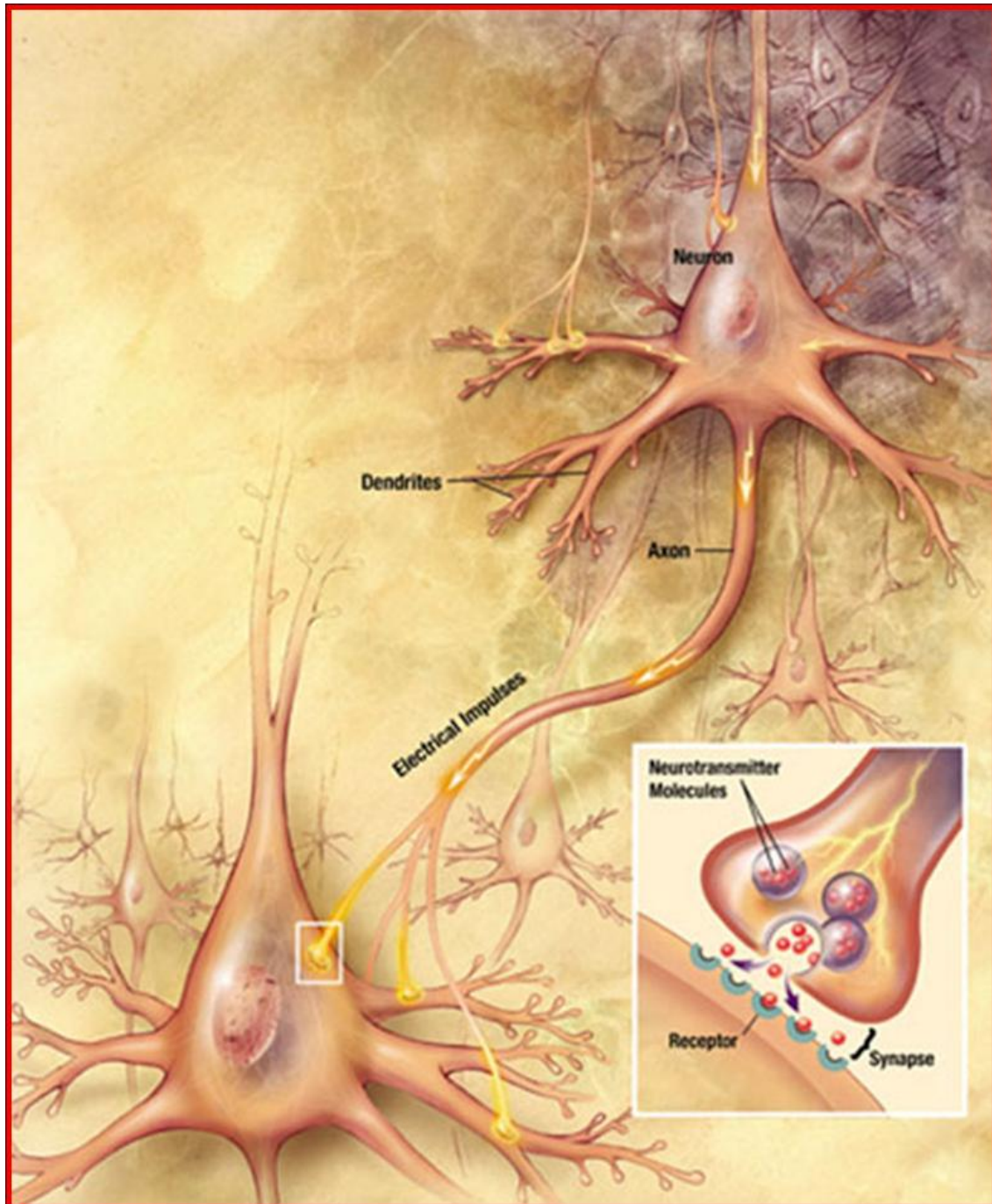
Ένα Νευρωνικό Δίκτυο μπορεί να λειτουργεί παράλληλα με την εισαγωγή των απαραίτητων μεταβλητών και με την διαχείριση μεγάλου όγκου στοιχείων άμεσα. Η βασική αρχή του δικτύου είναι η ικανότητά του να εντοπίζει πορείες και παρατυπίες καθώς και να ανιχνεύει πολυδιάστατες μη-γραμμικές συναρτήσεις. Αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό είναι πολύ χρήσιμο για την διαμόρφωση και εξέταση δυναμικών συστημάτων, όπως είναι και αυτό του χρηματιστηρίου. Επιπρόσθετα, βέβαια, τα Νευρωνικά Δίκτυα χρησιμοποιούνται συχνά σε προβλήματα αναγνώρισης τάσεων καθώς και μη-γραμμικών συναρτήσεων.

Αυτή η διπλωματική εργασία ασχολείται με την θεωρία των Νευρωνικών Δικτύων και την αντίστοιχη μαθηματική περιγραφή αυτής και καταλήγει με τις διάφορες εμπειρικές μελέτες που έχουν δει το φως της δημοσιότητας σχετικά με την δυναμικότητα αυτών των Δικτύων και την δυνατότητα τους για αξιολόγηση και πρόβλεψη της πορείας των μετοχών του χρηματιστηρίου.

Η εργασία αυτή αποτελείται από 6 κεφάλαια. Στο πρώτο εισαγωγικό κεφάλαιο αναφερόμαστε στην τεχνική των Νευρωνικών δικτύων. Στο δεύτερο κεφάλαιο ασχολούμαστε με τα νευρωνικά δίκτυα τα χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές τους. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται με την εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων και τους διάφορους αλγόριθμους εκπαίδευσης. Ξεκινώντας από τον αλγόριθμο εκπαίδευσης του πιο απλού νευρωνικού δικτύου του Perceptron και καταλήγοντας στον αλγόριθμο Back-Propagation. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην πρόγνωση τις πορείας των μέτοχων μέσω νευρωνικών δικτύων. Στα δυο τελευταία κεφάλαια παραθέτουμε έμπειρες μελέτες μέσω νευρωνικών δικτύων και τα αποτελέσματα τους και ακολουθούν τα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ



ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Σήμερα η μελέτη των νευρωνικών δικτύων είναι ένα ώριμο επιστημονικό πεδίο. Τα πρώτα μοντέλα νευρωνικών δικτύων έκαναν την εμφάνισή τους την δεκαετία 1940-50, ξεκινώντας από το βασικό μοντέλο του νευρώνα του Mc Culloch-Pits και τον πρώτο αλγόριθμο εκπαίδευσης ενός νευρώνα, τον γνωστό Perceptron του Frank Rosenblatt (1940). Σήμερα υπάρχουν πληθώρα νευρωνικών μοντέλων που ακολουθούν διάφορα πρότυπα μάθησης όπως εκπαίδευση με εποπτεία (επίβλεψη), εκπαίδευση χωρίς εποπτεία κ.α.

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τις βασικές αρχές των νευρωνικών δικτύων και του νευρώνα που αποτελεί το βασικό στοιχείο της θεωρίας τους. Στη σύντομη ιστορική ανάδρομη που θα ακολουθήσει θα συνοψίσουμε και θα αναφέρουμε την απλοποιημένη μορφή των νευρωνικών δικτύων, τα βασικά χαρακτηριστικά τους, το μαθηματικό μοντέλο τους. Τη δομή τους καθώς και τους τομείς που εφαρμόζονται.

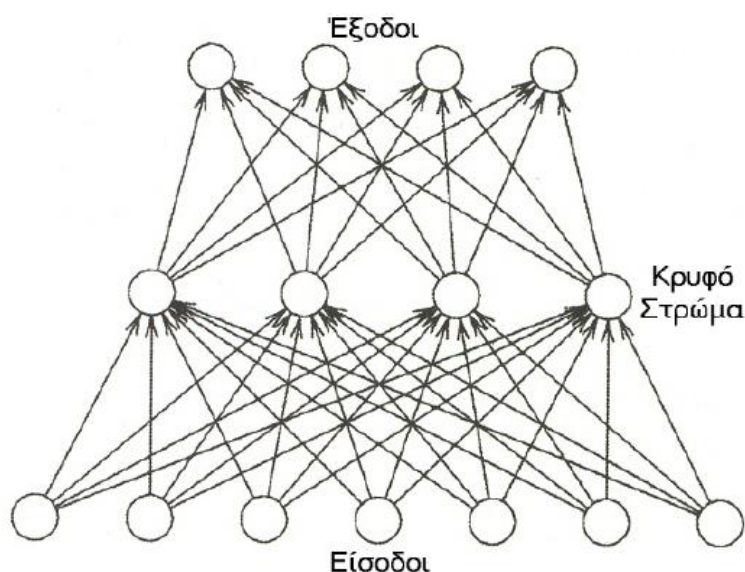
2.2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Καθότι το πεδίο των Νευρωνικών Δικτύων είναι αρκετά νέο, είναι απαραίτητο να κάνουμε μια σύντομη ιστορική αναδρομή της μικρής προϊστορίας που έχει η περιοχή των νευρωνικών δικτύων, κυρίως, από τη δεκαετία του σαράντα μέχρι σήμερα. Ξεκίνησε σε διεθνές επίπεδο μόλις κατά τις τελευταίες δεκαετίες, αλλά η μεγάλη ώθηση σε αυτά δόθηκε κυρίως μετά το 1980. Σε αυτό βοήθησε τόσο η τεράστια ανάπτυξη του υλικού / λογισμικού των Η/Υ όσο και η ανάπτυξη νέων αλγορίθμων εκπαίδευσης.

Πάντα κατανοούμε καλύτερα ένα θέμα, εάν το έχουμε βάλει σε προοπτική σχετικά με την ιστορική του εξέλιξη. Φυσικά, δεν είναι δυνατό να αναφερθούν διεξοδικά όλα τα σημαντικά επιτεύγματα, αλλά επιλεκτικά μπορούμε μόνο να κάνουμε μια

παρουσίαση που να δείχνει πώς εξελίσσεται μια νέα περιοχή, ποια στάδια περνάει και τι προοπτικές έχει. Πιο αναλυτικά μπορούν να παρατεθούν τα ακόλουθα.

Η ιστορία των Νευρωνικών Δικτύων κατά πολλούς ξεκινά το 1883 όταν ο ψυχολόγος Alexander Bain πρότεινε την μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου σαν ένα δίκτυο που μεταδίδει σήματα (signal transmitting network). Η συνέχεια γίνεται στο τέλος του 19^{ου} και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Η αρχή έγινε από επιστήμονες όπως οι Hermann von Helmholtz, Ernst Mach και Ivan Pavlov, που προέρχονταν από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους, όπως η φυσική, η ψυχολογία, η ιατρική κτλ. Οι εργασίες τους αφορούν γενικά θεωρίες μάθησης, την εξαρτημένη θεωρία, τη θεωρία των συνειρμών, γνωστικές θεωρίες, θεωρίες όρασης και φυσιολογίας κτλ και δεν περιλαμβάνουν κάποιο συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο περιγραφής της λειτουργίας δικτύων.



ΣΧΗΜΑ 2.1 ΕΝΑ ΠΟΛΥΧΡΩΜΑΤΙΚΟ (MLFF) ΠΛΗΡΩΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΜΕΝΟ ΠΡΟΣΘΙΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΟ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

(ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2006)

Η σύγχρονη αντίληψη για τα Νευρωνικά Δίκτυα ξεκινά γύρω στο 1940 με την εργασία των Warren Mc Culloch και Walter Pitts, που έδειξαν ότι τα Νευρωνικά Δίκτυα μπορούν γενικά να υπολογίσουν κάθε αριθμητική λογική συνάρτηση. Η εργασία τους πολύ συχνά θεωρείται η απαρχή της μελέτης των Νευρωνικών Δικτύων και των εφαρμογών τους.

Οι Warren Mc Culloch και Walter Pitts ακολουθηθήκαν από τον Donald Hebb που παρατήρησε ότι η κλασική εξαρτημένη θεωρία ισχύει λόγω των ιδιοτήτων των νευρώνων και πρότεινε ένα μηχανισμό μάθησης των βιολογικών νευρώνων. Οι πρώτες εφαρμογές ήρθαν την δεκαετία του 1950 με την ανακάλυψη του δικτύου perceptron και του αντιστοίχου αλγορίθμου εκπαίδευσης από τον Frank Rosenblatt. Παρόλο που μόνο μια μικρή κλάση προβλημάτων μπορούσε να επιλυθεί από το perceptron, αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το ενδιαφέρον για τα Νευρωνικά Δίκτυα να αυξηθεί. Την ίδια εποχή οι Bernard Widrow και Hoff παρουσίασαν ένα αλγόριθμο εκπαίδευσης γραμμικών Νευρωνικών Δικτύων με τις ίδιες περίπου δυνατότητες και δομή με το perceptron. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα.

Δυστυχώς αυτά τα Νευρωνικά Δίκτυα είχαν κάποιους σημαντικούς περιορισμούς, όπως έδειξαν οι Martin Minsky και Seymour Parent το 1969. Τα προβλήματα αυτά μπορούσαν να επιλυθούν από κάποια νέα πιο πολύπλοκα (πολυχρωματικά) μοντέλα καθώς εκείνη την εποχή δεν υπήρχαν αλγόριθμοι για την εκπαίδευση τους. Έτσι πολλοί, επηρεασμένοι από τους Minsky και Parent πίστεψαν ότι αυτό είναι το τέλος της ερευνάς για τα Νευρωνικά Δίκτυα και έτσι για πολλά χρόνια η ερευνά ατόνησε.

Η επόμενη σημαντική εξέλιξη στον τομέα των Νευρωνικών Δικτύων που μελετάμε ήρθε την δεκαετία του 1980 με την ανακάλυψη της μεθόδου της οπισθοδιάδοσης του σφάλματος (back propagation -BP) από πολλούς ερευνητές ανεξάρτητα. Η εργασία όμως που είχε την μεγαλύτερη επιρροή ήταν αυτή των David Rumelhart και James Mc Clelland. Η μέθοδος της οπισθοδρομικής διάδοσης σφάλματος είναι ικανή να εκπαιδεύει Νευρωνικά Δίκτυα που δεν έχουν τις αδυναμίες του παρελθόντος και άνοιξε νέους δρόμους στην μελέτη και την ερευνά των Νευρωνικών Δικτύων. Μερικές από τις οποίες θα ασχοληθούμε στη συνέχεια.

Η κατάσταση σήμερα

Μετά την πρόοδο σε τόσα πολλά σημεία που παρουσιάστηκε ιδιαίτερα την δεκαετία του 1980, τα τελευταία δέκα χρόνια παρατηρούμε ότι αρχίζουν να εμφανίζονται πολλά σημεία που δείχνουν ότι η περιοχή των νευρωνικών δικτύων έχει πλέον ωριμάσει και αναπτύχθει σε ένα ανεξάρτητο πεδίο της επιστήμης με δικά του στοιχεία, δικό του χαρακτήρα σαφώς καθορισμένο και τέλος με μεγάλο αριθμό επιστημόνων που ασχολούνται αποκλειστικά τώρα με την νέα αυτή περιοχή. Τα στοιχεία αυτά είναι:

Από το 1985 και μετά αρχίζουν τα πρώτα συνέδρια που είναι αφιερωμένα αποκλειστικά σε νευρωνικά δίκτυα, τα οποία παρακολουθούνται από περισσότερους από χίλιους συνέδρους.

Πολύ σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια δημιουργήθηκαν και οι πρώτες εμπορικές εταιρίες οι οποίες ασχολούνται αποκλειστικά με νευρωνικά δίκτυα. Βρίσκονται σχεδόν όλες στις ΗΠΑ, συνήθως έχουν μικρό αριθμό εργαζομένων (λ.χ. 20 άτομα), και παράγουν εξειδικευμένα προγράμματα για την λύση συγκεκριμένων προβλημάτων. Μερικά από αυτά έχουν επιτυχία, αλλά διαφαίνεται με το πέρασμα του χρόνου ότι οι αρχικές προσδοκίες για ραγδαία αύξηση των εμπορικών εφαρμογών δεν επαληθεύονται. Έχουν φθάσει πλέον σε ένα σταθερό επίπεδο ανάπτυξης, ενώ η ετήσια αύξηση είναι μικρή.

Επιπρόσθετα, προς τα τέλη της δεκαετίας του ογδόντα παρουσιάζονται τουλάχιστον πέντε νέα περιοδικά αφιερωμένα αποκλειστικά στα νευρωνικά δίκτυα, ενώ πριν λίγα χρόνια δεν υπήρχε ούτε ένα. Τα τελευταία χρόνια μετά το 1990 εκδίδονται και άλλα 3-4 νέα, με συνέπεια να υπάρχουν σήμερα περίπου 10 επιστημονικά περιοδικά αφιερωμένα στα νευρωνικά δίκτυα. Φυσικά, και τα γνωστά περιοδικά όπως τα: Επιστήμες Υπολογιστών, της Φυσικής και των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών επίσης περιλαμβάνουν πλειάδα άρθρων με νέα αποτελέσματα στα νευρωνικά δίκτυα. Κάθε μήνα πλέον δημοσιεύονται εκατοντάδες εργασίες με αποκλειστικό θέμα κάποια άποψη των νευρωνικών δικτύων. Μερικά από τα εξειδικευμένα νέα περιοδικά είναι:

- Neural Networks: The Official Journal of the International Neural Network Society (Pergamon Press)

(<http://www.elsevier.com>)

- Network: Computation in Neural Systems (Institute of Physics Publishing).

(<http://www.tnj.com>)

- International Journal of Neural Systems (World Scientific)

(<http://www.worldscinet.com>)

- Neural Computation.

(<http://www.mitpressjournals.org>)

- Connection Science: Journal of Neural Computing, Artificial Intelligence and Cognitive Research (Carfax Publishing).

(<http://www.informaworld.com>)

- Neural Network World: Neural and Massively Parallel Computing and Information Systems (Computer World, Prague)

(<http://www.nnw.cz>).

2.3.Ο ΦΥΣΙΚΟΣ ΝΕΥΡΩΝΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Η έμπνευση για τα νευρωνικά δίκτυα ξεκινά από την βιολογία. Οι ζώντες οργανισμοί, από τους πιο απλούς μέχρι τον άνθρωπο, έχουν ένα νευρικό σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για μια πλειάδα από διεργασίες, όπως είναι η επαφή με τον εξωτερικό κόσμο, η μάθηση, η μνήμη κτλ.

Πριν προχωρήσουμε όμως, σε μια αναλυτική περιγραφή των φυσικών νευρώνων θα πρέπει να αναφερθούν τα κάτωθι σχετικά τον ανθρώπινο εγκέφαλο και την λειτουργία αυτού.

Είναι γνωστό ότι ο εγκέφαλος του ανθρώπου έχει μια από τις πιο περίπλοκες δομές που συναντά κανείς στον φυσικό κόσμο και, ως μονάδα που βρίσκεται σε λειτουργία, μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι ακόμα και σήμερα είναι κατανοητός σε πολύ μικρό βαθμό. Αυτό ισχύει διότι πολύ λίγα πράγματα από τις λειτουργίες του μπορούμε να εξηγήσουμε και αυτά με διάφορες υποθέσεις που αναγκαζόμαστε να

κάνουμε. Προφανώς το πρώτο πράγμα που πρέπει να εξετάσουμε είναι η δομή του ανθρώπινου εγκεφάλου. Από πειραματικές παρατηρήσεις στην Νευροανατομία και Νευροφυσιολογία γνωρίζουμε πολλά πράγματα, όπως λ.χ. ότι στον εγκέφαλο υπάρχουν δύο συμμετρικά ημισφαίρια, ότι ορισμένες περιοχές εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες λειτουργίες κτλ. Επίσης, εμπειρικά κατανοούμε ακόμα πολλές από τις λειτουργίες του. Σήμερα γίνονται με επιτυχία εγχειρήσεις σε τμήματα του εγκεφάλου που είναι ελαχίστου μεγέθους (μερικά μικρά), και έτσι θεραπεύονται ασθένειες, όπως ανεπιθύμητοι όγκοι κτλ. Γνωρίζουμε λεπτομερώς πως λειτουργούν αρκετές από τις διεργασίες, κυρίως αυτές που έχουν να κάνουν με την επαφή μας και επίδραση με τον εξωτερικό κόσμο, όπως είναι η όραση, η ακοή κτλ. Παρόλα αυτά οι γενικές λειτουργίες του είναι ελάχιστα κατανοητές. Το πιο σημαντικό είναι ότι ο εγκέφαλος είναι η μονάδα του ανθρώπινου σώματος που αναπτύσσει και χρησιμοποιεί τη νόηση, καθώς και όλα όσα αυτή συνεπάγεται, όπως η ευφυΐα, τα συναισθήματα κτλ. Κανένα τεχνητό μοντέλο δεν μπορεί να προβλέψει οτιδήποτε έχει σχέση με τα προσωπικά συναισθήματα και εμπειρίες, όπως το ανθρώπινο μυαλό. Και αυτό συμβαίνει διότι δεν έχει εξηγηθεί μέχρι σήμερα ούτε κατά το ελάχιστο, με ποιό τρόπο η ανατομία και η φυσιολογία του εγκεφάλου δημιουργεί τις γνωστικές εμπειρίες και την αντίληψη, πράγματα που είναι πολύ περίπλοκα να εξηγηθούν και ουσιαστικά δεν γίνεται καν έρευνα σε αυτά. Τέλος, έχουμε μερικές λειτουργίες για τις οποίες υπάρχουν αρκετές εξηγήσεις, όπως είναι η μνήμη, η κατάσταση κατά την διάρκεια του ύπνου, τα όνειρα και άλλα, που αποτελούν τομείς στους οποίους υπάρχει έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον. Σε αυτούς τους τομείς επιτελείται καθημερινά πρόοδος, αλλά ακόμα είμαστε μακριά από το να έχουμε πλήρη κατανόηση για τα φαινόμενα αυτά.

Από την άλλη μεριά, το νευρικό σύστημα των οργανισμών αποτελείται από πολλά νευρωνικά δίκτυα τα οποία είναι εξειδικευμένα στις διεργασίες αυτές. Η κεντρική μονάδα του νευρικού συστήματος είναι ο εγκέφαλος, ο οποίος, και αυτός επίσης, αποτελείται από νευρωνικά δίκτυα.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από κατ' εκτίμηση 10 δισεκατομμύρια νευρώνες, 10^{10} , (νευρικά κύτταρα) και 6000 φορές περισσότερες *συνάψεις* (συνδέσεις) μεταξύ τους. Και το νούμερο αυτό δεν είναι σίγουρο, καθώς στην βιβλιογραφία αναφέρονται αριθμοί από 10^9 ως 10^{11} . Όλοι οι νευρώνες είναι διαφορετικοί μεταξύ τους και δεν υπάρχουν δύο ολόιδιοι νευρώνες στον μεγάλο αυτό

αριθμό. Υπάρχουν περίπου 100 διαφορετικές κατηγορίες (τύποι) νευρώνων, αλλά και ο αριθμός αυτός εξαρτάται από το πως ορίζουμε την κατηγορία.

Όλες οι πληροφορίες που κερδίζονται από έναν άνθρωπο υποβάλλονται σε επεξεργασία και αξιολογούνται σε αυτό το ιδιαίτερο μέρος του σώματος. Ένας νευρώνας είναι σχετικά αργός. Εντούτοις, αυτό το καταπληκτικό ποσό των νευρώνων και των ακολουθιών (συνάψεων) επιδρά καταληκτικά. Κατά συνέπεια ο εγκέφαλος λειτουργεί ως τίποτα λιγότερο από έναν σύνθετο, μη γραμμικό και παράλληλο υπολογιστή.

Από την άλλη πλευρά, οι νευρώνες ως κύτταρα πιστεύεται ότι δεν πολλαπλασιάζονται και δεν αναπαράγονται. Αυτό σημαίνει ότι στο σύνολό του το κεντρικό νευρικό σύστημα δημιουργείται στο έμβρυο από τις πρώτες μέρες της κύησης και είναι τελείως αναπτυγμένο μερικούς μήνες μετά τη γέννηση του οργανισμού. Η θεώρηση αυτή είναι γενικά αποδεκτή από όλους. Παρόλα αυτά, υπάρχουν μόλις τελευταία (1998) προτάσεις ότι πιθανώς σε περιορισμένη κλίμακα γίνεται κάποια αναπαραγωγή. Αυτό δείχνει ότι δεν γνωρίζουμε όλες τις λεπτομέρειες της φυσιολογίας των νευρωνικών δικτύων του εγκεφάλου ακόμα και σήμερα. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος ενός υγιούς ενήλικα χάνει περί τους 1000 νευρώνες την ημέρα. Μεγαλύτερος αριθμός νευρώνων καταστρέφεται από το οινόπνευμα κτλ., αλλά βέβαια και από την προχωρημένη ηλικία.

Η παύση της αναπαραγωγής των νευρώνων πολύ νωρίς δεν ισχύει και για τις συνάψεις. Το αντίθετο μάλιστα. Καθόλη τη διάρκεια της ζωής ενός οργανισμού οι συνάψεις βρίσκονται σε μία δυναμική ισορροπία, δημιουργούνται καινούργιες και καταστρέφονται παλιές. Η δημιουργία των νέων συνάψεων γίνεται όταν ο εγκέφαλος αποκτά περισσότερες εμπειρίες από το περιβάλλον, μαθαίνει, αναγνωρίζει, κατανοεί κτλ. Από την άλλη μεριά οι σοβαρές ασθένειες της προχωρημένης ηλικίας προέρχονται κυρίως από την μεγάλη καταστροφή των συνάψεων στα νευρωνικά δίκτυα του κεντρικού νευρικού συστήματος, και όχι τόσο από την καταστροφή των νευρώνων.

ΑΣ ΑΡΧΙΣΟΥΜΕ ΟΜΩΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ

Μια διαδικασία αρχίζει όταν παραλαμβάνεται το ερέθισμα από το περιβάλλον. Οι δέκτες μετασχηματίζουν τις πληροφορίες σε ηλεκτρικά σήματα και τα διαβιβάζουν στο νευρικό δίκτυο (νευρώνες και συνάψεις) (σχέδιο 2.2) καθώς τα σήματα που επεξεργάζεται ένας νευρώνας είναι ηλεκτρικής μορφής και είναι της τάξης μερικών mV. Ο ρόλος του νευρώνα σε ένα νευρωνικό δίκτυο είναι να λαμβάνει όλα τα σήματα που έρχονται από άλλους νευρώνες, να τα επεξεργάζεται με κατάλληλο τρόπο και να μεταδίδει περαιτέρω το επεξεργασμένο σήμα σε άλλους νευρώνες, ούτως ώστε ένα σήμα να διαδίδεται μέσω ενός τεραστίου αριθμού νευρώνων.

Μετά από την αξιολόγηση μέσα στο δίκτυο, αποφασίζονται οι ενέργειες που θα γίνουν και τα σήματα στέλνονται στα αντίστοιχα όργανα εκτέλεσης ή αντίδρασης.

Πιο συγκεκριμένα, ο νευρώνας (σχήμα 2.2) είναι ένας εξειδικευμένος τύπος κυττάρου, που αποτελεί τη βασική μονάδα των συστημάτων επεξεργασίας πληροφοριών που απαρτίζουν το νευρικό σύστημα του ανθρώπου. Σε αναλογία με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι νευρώνες αποτελούν το σύνολο των στοιχείων μνήμης, λογικών κυκλωμάτων και εντολών λειτουργίας εγκεφάλου.



**ΣΧΗΜΑ 2.2 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΝΕΥΡΩΝΑΣ(ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ
ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ , ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
,2006)**

Το βασικότερο χαρακτηριστικό του νευρώνα είναι η ευαισθησία του, δηλαδή η ικανότητα του να αντιδρά σε διάφορα εξωτερικά ερεθίσματα (ηλεκτρομαγνητικά, θερμικά, μηχανικά, χημικά κλπ.) αυτή η αντίδραση έχει την μορφή ηλεκτροχημικής διαταραχής της μεμβράνης που μεταδίδεται από το σημείο ερεθισμού στην επιφάνεια του νευρώνα προς τις τελικές απολήξεις του. Στην πραγματικότητα υπάρχει μεγάλη ποικιλία νευρώνων, όμως λίγα είναι τα ιδιαίτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά που τους ξεχωρίζουν από τα άλλα κύτταρα. Σήμερα, ο τυπικός νευρώνας εξακολουθεί να αποτελεί βάση κάθε προσπάθειας περιγραφής του νευρωνικού συστήματος, επειδή είναι ένα καταρχήν ορθό, δυναμικό και επεκτάσιμο μοντέλο της νευρωνικής λειτουργίας.

Ο τυπικός νευρώνας αποτελείται από το σώμα ή περικάρυο (το κυτταρόπλασμα του νευρώνα) που περιέχει τον πυρήνα και τα συστήματα σύνθεσης των πρωτεϊνών του κυττάρου. Από το σώμα εκφύονται:

- **ΟΙ ΔΕΝΤΡΙΤΕΣ**, που είναι πολυάριθμοι και σχετικά βραχείς (μέχρι 2mm).Ορισμένες φορές οι δεντρίτες είναι καλυμμένοι με άκανθες (spines).
- **Ο ΝΕΥΡΟΑΞΟΝΑΣ**, που με τις διακλαδώσεις του, μπορεί να φτάσει το ένα μέτρο.

Όταν ο νευροάξονας εκφύεται κατευθείαν από το σώμα, το αρχικό παχύτερο τμήμα του ονομάζεται εκφυτικός κώνος. Ο εκφυτικός κώνος είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικός στους κινητικούς νευρώνες του νωτιαίου μυελού και αποτελεί το πιο ευερέθιστο τμήμα της κυτταρικής τους μεμβράνης. Ωστόσο, στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δύσκολο να γίνει σαφής διαχωρισμός του νευροάξονα από τις άλλες αποφυάδες. Συνήθως ονομάζουμε δεντρική ή δεκτική ζώνη (perceptive field) την περιοχή του νευροπαθών που δέχεται ερεθίσματα από άλλους νευρώνες, ενώ

νευροάξονα ονομάζουμε την κυλινδρική αποφυάδα που άγει νευρικές ώσεις, οι οποίες απομακρύνονται από την δεντρική ζώνη.

Ο Ramón y Cajal (1911), ήταν ένας από τους πρώτους ερευνητές που συνέλαβε την ιδέα ότι οι εγκεφαλικές λειτουργίες εκτελούνται από στοιχειώδεις υπολογιστικές μονάδες που ονομάζονται νευρώνες. Η λειτουργία των νευρώνων έχει αποδεδειχθεί μετά από πειράματα ότι μπορεί σε απλοποιημένη μορφή να προσομοιωθεί με μη γραμμικούς τελεστές που δέχονται σήματα από έναν πεπερασμένο αριθμό εισόδων και διαθέτουν μοναχά μια έξοδο.

Με άλλα λόγια, κάθε νευρώνας έχει δύο δυνατές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκεται και τις ονομάζουμε ενεργό και μη-ενεργό κατάσταση. Όταν ο νευρώνας είναι ενεργός λέμε ότι πυροδοτεί, ενώ όταν είναι μη-ενεργός λέγουμε ότι είναι αδρανής. Ενδιάμεσες καταστάσεις δεν υπάρχουν. Κατά κάποιο τρόπο, δηλαδή, ο νευρώνας είναι δυαδικό (binary) στοιχείο και μοιάζει στο σημείο αυτό με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Όταν ο νευρώνας πυροδοτεί, παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα (παλμό), το οποίο κάθε φορά έχει τα ίδια χαρακτηριστικά.

Ο ανθρωπινός εγκέφαλος αποτελείται από εκατομμύρια διασυνδεδεμένων νευρώνων οι οποίοι σχηματίζουν ένα πολύπλοκο και ισχυρά μη γραμμικό νευρωνικό δίκτυο. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι:

2.4.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η χρήση των νευρωνικών δικτύων προσφέρει τις ακόλουθες χρήσιμες ιδιότητες και ικανότητες:

A. Μη γραμμικότητα

Ένας νευρώνας είναι στην ουσία μια μη γραμμική συσκευή. Επακόλουθα, ένα νευρωνικό δίκτυο κατασκευασμένο από υπερσυνδέσεις νευρωνικών είναι μη γραμμικό. Η μη γραμμικότητα είναι μια πολύ σημαντική ιδιότητα κυρίως αν ο φυσικός μηχανισμός υπεύθυνος για την γέννηση του σήματος εισόδου(π.χ. φωνητικό σήμα) είναι μη γραμμικός.

B. Εκπαίδευση από παραδείγματα

Βασικό στοιχείο των νευρωνικών δικτύων είναι η ικανότητα τους να εκπαιδεύονται αντλώντας γνώση και τροποποιώντας τα στοιχειά μνήμης του δικτύου. Προηγούμενες ενεργοποιήσεις του δικτύου μεταβάλλουν την συμπεριφορά του έτσι ώστε όταν ενεργοποιηθεί από ίδια η παρόμοια σήματα εισόδου να δίνει με μεγάλη ακρίβεια την επιθυμητή έξοδο.

Γ. Προσαρμοστικότητα

Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να προσαρμόζουν τα συνοπτικά τους βάρη σε αλλαγές του γύρω περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα ένα νευρωνικό δίκτυο που έχει σχεδιάσει σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον μπορεί εύκολα να ξανά εκπαιδευτεί για να λειτουργήσει σε μικρές αλλαγές των συνθηκών λειτουργίας του περιβάλλοντος. Η αρχιτεκτονική ενός νευρωνικού δικτύου για αναγνώριση προτύπων και επεξεργασία σημάτων, σε συνδυασμό με την προσαρμοστική ικανότητα του δικτύου το κάνουν ένα ειδικό εργαλείο για χρήση στην προσαρμοζόμενη ταξινόμηση προτύπων, στην προσαρμοστική επεξεργασία σημάτων και τον προσαρμοστικό έλεγχο.

Δ. Ενδεικτική απόκριση (evidential response)

Στο πλαίσιο της αναγνώρισης προτύπων ένα νευρωνικό δίκτυο μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να παρέχει πληροφορίες όχι μόνο για το πρότυπο να επιλέξουμε, αλλά και στο πόσο αξιόπιστη είναι η απόφαση που πήραμε. Αυτή η τελευταία πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόρριψη αμφιλεγόμενων προτύπων που μπορεί να προκύψουν και συνεπώς να βελτιώσει την απόδοση του δικτύου.

Ε. Αντοχή σε σφάλματα

Ένα νευρωνικό δίκτυο κατασκευασμένο σε hardware μπορεί να έχει λάθος ανεκτικότητα με την έννοια ότι η απόδοση μειώνεται σταδιακά κάτω από αντίξοες συνθήκες χειρισμού. Για παράδειγμα αν ένας νευρώνας ή ο σύνδεσμος του έχουν

καταστραφεί γίνεται ανάκληση ενός αποθηκευμένου προτύπου κατώτερης ποιότητας. Ωστόσο λόγω της κατανεμημένης φύσης της πληροφορίας στο δίκτυο, η ζημία πρέπει να είναι εκτεταμένη πριν η συνολική απόκριση του δικτύου μειωθεί αρκετά.

ΣΤ. Μεγάλης κλίμακας κατανεμημένη ικανότητα εφαρμογής

Η παράλληλη φύση ενός νευρωνικού δικτύου το κάνει πολύ γρήγορο στον υπολογισμό συγκεκριμένων διεργασιών. Αυτά τα ίδια χαρακτηριστικά κάνουν ένα νευρωνικό δίκτυο ιδανικό για εφαρμογές που χρησιμοποιούν μεγάλης κλίμακας κατανεμημένη τεχνολογία.

Ζ. Ομοιότητα λειτουργίας των νευρώνων

Οι νευρώνες πρέπει να εκτελούν τις ίδιες βασικές λειτουργίες, διότι τα νευρωνικά κύτταρα του ίδιου τύπου έχουν την ίδια φυσιολογία.

Η. Παράλληλη επεξεργασία δεδομένων

Λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο συνδεσμολογίας των νευρωνικών κυττάρων, το τεράστιο πλήθος των πληροφοριών που επεξεργάζονται και την σχετικά μεγάλη καθυστέρηση απόκρισης του φυσικού κυττάρου (έχει υπολογιστεί ένας μέσος χρόνος απόκρισης της τάξης του 1ms, ενώ η απόκριση ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος ανέρχεται σε 1ns), γίνεται φανερό ότι το φυσιολογικό νευρωνικό δίκτυο επεξεργάζεται τα δεδομένα παράλληλα για να είναι σε θέση να επιτύχει απόκριση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και να επεξεργάζεται ταυτόχρονα έναν πολύ μεγάλο αριθμό πληροφοριών.

Θ. Νευρο-βιολογική αναλογία

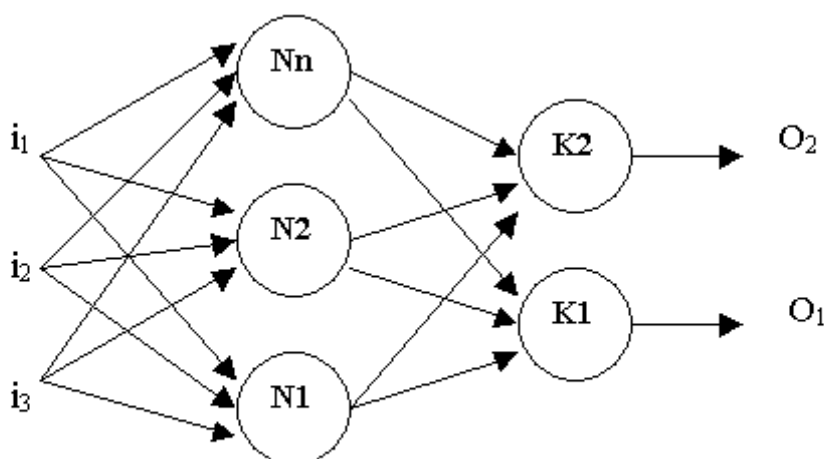
Ο σχεδιασμός ενός νευρωνικού δικτύου είναι ανάλογος με τον ανθρώπινο εγκέφαλο, στον οποίο είναι ζωντανή αλήθεια ότι η ανοχή σε σφάλματα στην παράλληλη επεξεργασία δεν είναι μονό πιθανή αλλά και γρήγορη. Οι νευρολόγοι μελετούν τεχνητά νευρωνικά δίκτυα σαν ένα εργαλείο ερευνάς για την ερμηνεία νευρολογικών φαινομένων. Επίσης οι μηχανικοί μελετούν την νευρολογία για νέες ιδέες, για την

επίλυση προβλημάτων πιο περίπλοκα από αυτά που βασίζονται σε συμβατικές τεχνικές για την επίλυση τους.

2.5.Νευρωνικά δίκτυα- μαθηματική περιγραφή

Ένα νευρωνικό δίκτυο είναι μια μηχανή η οποία έχει σχεδιάσει να δουλέψει με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος εκτελεί διαφορές λειτουργίες. Το δίκτυο συνήθως κατασκευάζεται με την χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ή με προσομοίωση σε λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή.

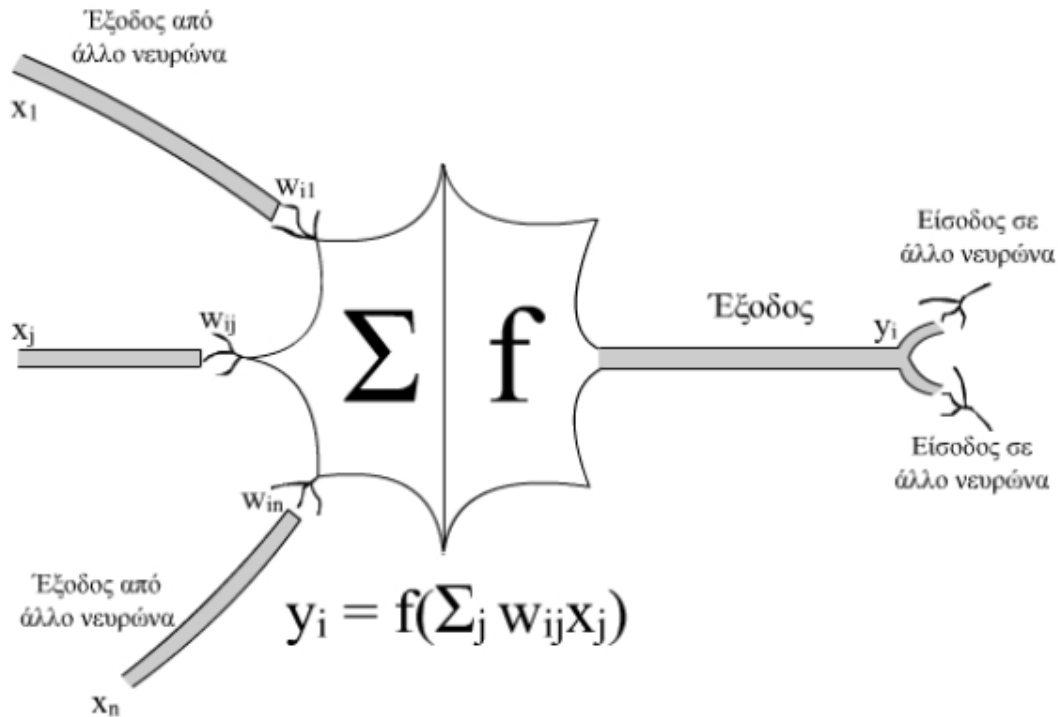
Ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από τεχνητούς νευρώνες που αποτελούν την υπολογιστική μηχανή του (σχήμα 2.3). Οι τεχνητοί νευρώνες είναι πυκνά διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους και οργανωμένοι σε επάλληλα επίπεδα. Συνήθως υπάρχει ένα επίπεδο εισόδου όπου εισάγεται το διάνυσμα εκπαίδευσης ή το διάνυσμα έλεγχου, ένα η περισσότερα κρυφά επίπεδα όπου γίνεται η μη γραμμική επεξεργασία των πληροφοριών και, τέλος, ένα επίπεδο εξόδου που μεταφέρει τα αποτελέσματα στον έξω κόσμο. Ο αριθμός των τεχνητών νευρώνων μπορεί να κυμαίνεται από μερικές μονάδες έως μερικές χιλιάδες. Ένα τυπικό παράδειγμα νευρωνικού δικτύου φαίνεται στο σχήμα 2.3.



**ΣΧΗΜΑ 2.3 ΤΥΠΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
(ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ,
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2006)**

Οι νευρώνες είναι τα δομικά στοιχεία του δικτύου. Υπάρχουν δυο είδη νευρώνων, οι νευρώνες εισόδου και οι υπολογιστικοί νευρώνες. Οι νευρώνες εισόδου δεν υπολογίζουν τίποτα, μεσολαβούν ανάμεσα στις εισόδους του δικτύου και τους υπολογιστικούς νευρώνες. Οι υπολογιστικοί νευρώνες πολλαπλασιάζουν τις εισόδους τους με τα συνοπτικά βάρη και να υπολογίζουν το άθροισμα του γινόμενου. Το άθροισμα που προκύπτει είναι το όρισμα της συνάρτησης μεταφοράς.

Με άλλα λόγια, ένα νευρωνικό δίκτυο αποτελείται από ένα αριθμό στοιχείων, τους νευρώνες, ώστε σε κάθε νευρώνα καταφθάνει ένας αριθμός σημάτων, τα οποία έρχονται ως είσοδος σε αυτόν. Ο νευρώνας έχει μερικές πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί η εσωτερική δομή του που δέχεται τα σήματα εισόδου και, τέλος, έχει μία μόνον έξοδο, η οποία είναι συνάρτηση των σημάτων εισόδου (βλέπε Σχήμα 2.4). Κάθε σήμα που μεταδίδεται από ένα νευρώνα σε ένα άλλο μέσα στον νευρωνικό δίκτυο συνδέεται με την τιμή βάρους, w , και η οποία υποδηλώνει πόσο στενά είναι συνδεδεμένοι οι δύο νευρώνες που συνδέονται με το βάρος αυτό. Η τιμή αυτή συνήθως κυμαίνεται σε ένα συγκεκριμένο διάστημα, λ.χ. στο διάστημα από -1 ως 1 , αλλά αυτό είναι αυθαίρετο και εξαρτάται από το πρόβλημα που προσπαθούμε να λύσουμε. Η σημασία του βάρους είναι όπως ακριβώς είναι και ο χημικός δεσμός ανάμεσα σε δύο άτομα που απαρτίζουν ένα μόριο. Ο δεσμός μας δείχνει πόσο δυνατά είναι συνδεδεμένα τα δύο άτομα του μορίου. Έτσι και ένα βάρος μας λέγει ακριβώς πόσο σημαντική είναι η συνεισφορά του συγκεκριμένου σήματος στην διαμόρφωση της δομής του δικτύου για τους δύο νευρώνες τους οποίους συνδέει. Όταν το w είναι μεγάλο (μικρό), τότε η συνεισφορά του σήματος είναι μεγάλη (μικρή).



ΣΧΗΜΑ 2.4 ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΝΟΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΝΕΥΡΩΝΑ

(ΜΟΝΤΕΛΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2006)

Έτσι, εάν x_j είναι η j -οστά είσοδος του j νευρώνα, W_{ij} το i -οστό συνοπτικό βάρος του j νευρώνα και y_i η συνάρτηση μεταφοράς (ή «συνάρτηση ενεργοποίησης») του νευρωνικού δικτυού, τότε η έξοδος y_i του i νευρώνα δίνεται από την εξίσωση:

$$y_i = f\left(\sum_j W_{ij}x_j\right)$$

στον i -οστό νευρώνα υπάρχει ένα συνοπτικό βάρος W_{i0} με ιδιαίτερη σημασία, το οποίο καλείται πόλωση ή κατώφλι (bias, threshold). Η τιμή της εισόδου του είναι πάντα η μονάδα, $X_{i0} = 1$. Εάν το άθροισμα από τις υπόλοιπες εισόδους του νευρώνα είναι το μεγαλύτερο από την τιμή αυτή, τότε ο νευρώνας ενεργοποιείται. Εάν είναι μικρότερο, τότε ο νευρώνας ενεργοποιείται. εάν είναι μικρότερο, τότε ο νευρώνας παραμένει ανενεργός. Η ιδέα πρόεκυψε από τα βιολογικά νευρικά δίκτυα.

2.6. ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι Βηματική (step transfer function), γραμμική (linear transfer function), στοχαστική (stochastic transfer function).

A. ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Βηματική συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι:

$$F(X) = \begin{cases} 1, & X \geq 0 \\ 0, & X < 0 \end{cases}$$

Ή οποιαδήποτε άλλη βηματική συνάρτηση.

Στην περίπτωση αυτή ένας νευρώνας μπορεί να βρεθεί σε μία από δύο δυνατές καταστάσεις: να είναι ενεργός ή να είναι αδρανής. Όταν ένας νευρώνας δέχεται διάφορα σήματα, τότε υπολογίζει μία ποσότητα x από όλα τα δεδομένα που έχει και συγκρίνει την τιμή της ποσότητας αυτής με μια τιμή κατωφλίου, θ , η οποία είναι χαρακτηριστική (σταθερή) και ορισμένη από την αρχή για τον νευρώνα αυτόν. Αν η τιμή της ποσότητας είναι μεγαλύτερη από την τιμή κατωφλίου, τότε λέμε ότι ο νευρώνας ενεργοποιείται. Αν όμως είναι μικρότερη, τότε ο νευρώνας παραμένει αδρανής, δηλ. στην δεδομένη στιγμή δεν μεταδίδει κανένα σήμα παραιτέρω στο δίκτυο. Επειδή ο νευρώνας εδώ δρα ως δυαδικό στοιχείο, γι' αυτό η έξοδός του, $f(x)$, θα είναι 1 όταν είναι ενεργοποιημένος και 0 όταν είναι αδρανής.

B. ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η γραμμική συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να είναι:

$$F(X) = ax + b$$

Ή οποιαδήποτε άλλη γραμμική συνάρτηση.

Γ. ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η μη γραμμική συνάρτηση μεταφοράς που χρησιμοποιείται συνήθως στα νευρωνικά δίκτυα καλείται σιγμοειδής συνάρτηση:

$$F(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

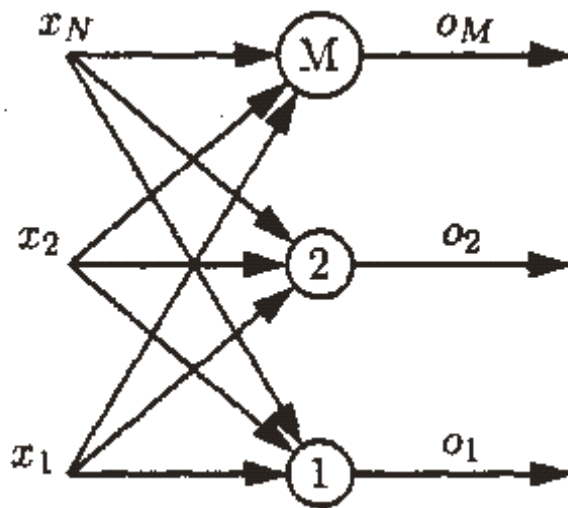
Η γενική της όμως ονομασία σε όλες τις περιπτώσεις είναι συνάρτηση μεταφοράς (transfer function), ή συνάρτηση ενεργοποίησης (activation function). Το κοινό χαρακτηριστικό που έχουν οι συναρτήσεις αυτές είναι ότι πρέπει να είναι πάντοτε μη-γραμμικές. Δεν αρκούν γραμμικές συναρτήσεις, γιατί τότε η έξοδος θα ήταν ευθέως ανάλογη με την είσοδο, κάτι που δεν μπορεί να συμβεί στα νευρωνικά δίκτυα.

2.7.ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Παρόλο που δεν υπάρχει περιορισμός για τον τρόπο με τον οποίο οργανώνονται οι συνάψεις των νευρώνων, υπάρχουν μερικές ομάδες δόμων οι οποίες έχουν μελετηθεί εκτενестέρα και είναι αυτές που χρησιμοποιούνται συχνότερα σε διαφορές εφαρμογές.

A. ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

Αποτελεί την πλέον απλή περίπτωση οργάνωσης ενός νευρωνικού δικτύου. Οι εισοδοί κάθε νευρώνα συνδέονται με τις αντίστοιχες εισόδους του δικτύου και η έξοδος κάθε νευρώνα αποτελεί και έξοδο δικτύου (σχήμα 2.5)



x_N, x_1, x_2 ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΕΙΣΟΔΟΙ

$M, 2, 1$ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΝΕΥΡΩΝΕΣ

O_M, O_2, O_1 ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΕΞΟΔΟΙ

ΣΧΗΜΑ 2.5 ΝΕΥΡΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΝΟΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ

**(ΜΟΝΤΕΛΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ, ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ,
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2006)**

Τα δίκτυα ενός επιπέδου νευρώνων χρησιμοποιούνται συνήθως σε απλά προβλήματα διότι έχουν δυο σοβαρά μειονεκτήματα:

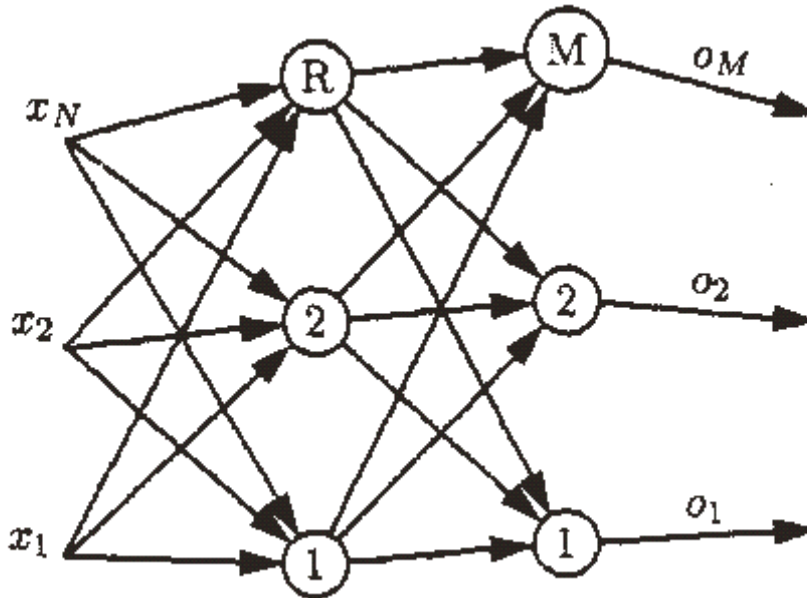
Παρουσιάζουν μικρό αριθμό βαθμών ελευθερίας, γεγονός που περιορίζει την ικανότητα του δικτύου να προσομοιώνει πολύπλοκες διανυσματικές συναρτήσεις.

Έχουν περιορισμένες δυνατότητες στην προσομοίωση των μη γραμμικών χαρακτηριστικών της διανυσματικής συνάρτησης που θέλουμε να προσεγγίσουμε.

Β. ΠΟΛΥΕΠΙΠΕΔΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (MLFF).

Προσθέτοντας ένα ή περισσότερα κρυφά επίπεδα μπορούμε να αυξήσουμε απεριόριστα τους βαθμούς ελευθερίας του νευρωνικού δικτύου. Συνήθης τακτική είναι οι νευρώνες κάθε επιπέδου να συνδέονται με τις εξόδους των νευρώνων που

βρίσκονται στο προηγούμενο επίπεδο. Έτσι δημιουργούμε τα πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα (σχήμα 2.6)



ΣΧΗΜΑ 2.6 ΝΕΥΡΩΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΟΛΛΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ

(ΜΟΝΤΕΛΑ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ , ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ , ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, 2006)

Όταν ο νευρώνας συνδέεται με όλους τους νευρώνες του προηγούμενου επιπέδου η σύνδεση ονομάζεται πλήρης διαφορετικά ονομάζεται μερική. Κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης ενός νευρωνικού δικτύου, αν κάποιος συντελεστής βαρύτητας πάρει την τιμή μηδέν, αυτό ισοδυναμεί με τη διακοπή σύνδεσης των νευρώνων διότι δεν μεταφέρεται πλέον πληροφορία από αυτή τη σύναψη. Στην πράξη λοιπόν το δίκτυο μπορεί να εμφανίζει αρχιτεκτονική πλήρους σύνδεσης, αλλά κατά τη διάρκεια εκπαίδευσης κάποιες συνδέσεις μπορεί να αποκοπούν, κατά όχι σπάνιο τρόπο, σε πρακτικές εφαρμογές.

Πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στην σχεδίαση πολύπλοκων συστημάτων ταξινόμησης προτύπων και καλύπτουν την πλειονότητα των εφαρμογών ταξινόμησης προτύπων με νευρωνικά δίκτυα.

Οι δυο προηγούμενες κατηγορίες δηλαδή τα νευρωνικά δίκτυα ενός επιπέδου καθώς και τα πολυεπίπεδα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν τα στατιστικά νευρωνικά δίκτυα, κυριότερα των όποιων είναι το δίκτυο οπισθοδρομικής διάδοσης του σφάλματος (back – propagation) και το δίκτυο ακτινικών συναρτήσεων (radial basis function – RBF). Σε αυτή την τοπολογία η έξοδος του δικτύου είναι η συνάρτηση του διανύσματος εισόδου. Τα στατιστικά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αναγνώριση προτύπων, προσέγγιση συναρτήσεων κ.λπ.

2.9. Τα νευρωνικά δίκτυα και οι υπολογιστές

Το Σχήμα 2.4 δίνει το πιο απλό νευρωνικό δίκτυο που μπορεί να υπάρξει, δηλαδή αποτελείται από έναν μόνο νευρώνα. Πιο περίπλοκα νευρωνικά δίκτυα δημιουργούνται από πολλούς νευρώνες οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με μια συγκεκριμένη δομή. Καθόσον, η δομή τέτοιων δικτύων μπορεί να είναι πολύ περίπλοκη, ομιλούμε πλέον για αρχιτεκτονική δικτύων, πράγμα που αποτελεί ένα από τα καίρια θέματα των τεχνητών νευρωνικών δικτύων. Η αρχιτεκτονική των νευρωνικών δικτύων είναι πολύ διαφορετική από αυτήν των παραδοσιακών υπολογιστών που περιέχουν έναν επεξεργαστή. Οι γνωστοί υπολογιστές δουλεύουν σειριακά, σύμφωνα με τις πρώτες ιδέες του Von Neumann, και έχουν την ικανότητα να επιτελούν μερικές εκατοντάδες εντολών που είναι πολύ γνωστές, όπως είναι οι αριθμητικές πράξεις κτλ. Στην διαδικασία εκτέλεσης των εντολών ακολουθούν πιστά ένα εσωτερικό ρολόι.

Από τη φύση τους τα νευρωνικά δίκτυα δεν λειτουργούν σειριακά, αλλά με τρόπο που μοιάζει πιο πολύ σε παράλληλο τρόπο λειτουργίας, διότι μία εργασία μοιράζεται στα διάφορα τμήματα του δικτύου, μοιράζεται σε όλους τους επί μέρους νευρώνες. Έτσι λέμε ότι τα νευρωνικά δίκτυα είναι συστήματα «παράλληλων καταναμημένων διεργασιών» («parallel distributed processing»). Αυτό μας παρέχει μεγάλες ταχύτητες, διότι είναι σαν να έχουμε ταυτόχρονα πολλούς επεξεργαστές στη διάθεσή μας. Αλλά όμως η αρχιτεκτονική των νευρωνικών δικτύων διαφέρει από αυτήν των παραλλήλων επεξεργαστών, για το λόγο ότι οι απλοί επεξεργαστές των νευρωνικών δικτύων (δηλ. οι νευρώνες) έχουν μεγάλο αριθμό διασυνδέσεων, ο οποίος συνολικά είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των νευρώνων. Και αυτό βέβαια γιατί κάθε

νευρώνας έχει πολλές συνδέσεις. Αντίθετα, στους παράλληλους υπολογιστές, οι επεξεργαστές είναι συνήθως περισσότεροι από τις διασυνδέσεις μεταξύ τους και ως προς την πολυπλοκότητα τους ακολουθούν την μηχανή von Neumann.

Τα νευρωνικά δίκτυα διαφέρουν, διότι οι μονάδες τους είναι πολύ πιο απλές και επιτελούν πολύ απλούστερες λειτουργίες, δηλ. ξέρουν μόνο να αθροίζουν τα σήματα εισόδου και να τροποποιούν τα βάρη των διασυνδέσεων. Επίσης, οι νευρώνες λειτουργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο και δεν χρειάζονται συγχρονισμό. Αυτό δίνει στα νευρωνικά δίκτυα την ευρωστία και ανοχή σε σφάλματα.

Όσον αφορά την ταχύτητα στους υπολογιστές είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητα διάδοσης του σήματος στα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Παρόλα αυτά, η διαφορά στην ταχύτητα δεν επαρκεί για να καλύψει την διαφορά στην πολυπλοκότητα. Διαφορές υπάρχουν και σε άλλα σημεία, όπως ότι οι συνάψεις ενώ είναι πολύ περίπλοκες στα βιολογικά, ενώ στα Τεχνικά Νευρωνικά Δίκτυα πολύ απλές, Η συνδεσμολογία (ο τρόπος και αριθμός συνδέσεων) είναι επίσης πολύ πιο περίπλοκη στα βιολογικά νευρωνικά δίκτυα. Η διαφορά τους αυτή στις συνάψεις είναι μάλλον η πιο σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο αυτών ειδών.

Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται σε ένα νευρωνικό δίκτυο μοιράζονται σε ένα μεγάλο αριθμό μονάδων, δηλ. σε πολλούς νευρώνες. Αντίθετα, όταν αποθηκεύουμε στοιχεία στην μνήμη του υπολογιστή, κάθε πληροφορία σε δυαδική μορφή τοποθετείται σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

2.10. ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν διάφορα πλεονεκτήματα. Ένα από τα σημαντικότερα είναι η δυνατότητα της μάθησης μέσα από τα στοιχεία και που έχει σαν αποτέλεσμα να γενικεύσει. Με άλλα λόγια, η παραγωγή ενός αποδεκτού αποτελέσματος (εκροής) από –προηγουμένως- απαρατήρητα δεδομένα (εισροή) τα οποία όμως είναι σημαντικά για τους επιδιωκόμενους στόχους. Αυτό ισχύει ακόμη (μέχρι ένα σημείο) και όταν οι σειρές δεδομένων (εισροή) περιέχουν χαμηλής ποιότητας ή ελλιπή στοιχεία. Μια άλλη πολύτιμη ιδιότητα είναι η μη γραμμική φύση ενός νευρικού δικτύου, όπου μέσω της οποίας ενδεχομένως μπορεί να λυθεί ένα απέραντο ποσό προβλημάτων.

Επιπλέον, δεν απαιτείται κάποιο ιδιαίτερα έμπειρο σύστημα υπολογιστών (όπως ιδιαίτερα προγράμματα κωδικοποίησης) που να καθιστά το δίκτυο εξαιρετικά εύκαμπτο στις αλλαγές στο περιβάλλον. Το μόνο που απαιτείται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η επανα-παραμετροποίηση του συστήματος.

Μια σύντομη περίληψη των οφελών και των μειονεκτημάτων:

- + δυνατότητα γενίκευσης.
- + χαρτογράφηση εισροών/εκροών του δικτύου
- + μη απαίτηση ή ανάγκη «συστημικών» υποθέσεων (assumptions)
- + ευελιξία
- απαίτηση ιδιαίτερης πείρα για την επιλογή των εισροών στο δίκτυο
- η κατάρτιση παίρνει πολύ χρόνο

2.11. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΝΕΥΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα νευρωνικά δίκτυα έχουν δημιουργήσει κατά τις τελευταίες δεκαετίες μία νέα επιστήμη, η οποία επικαλύπτει όλες σχεδόν τις θετικές επιστήμες και την μηχανολογία. Τα νευρωνικά δίκτυα δεν είναι μόνο θεωρητικά μαθηματικά μοντέλα αλλά χρήσιμα εργαλεία τα οποία έχουν μία πληθώρα από σύγχρονες εφαρμογές σε όλους τους τομείς της ζωής, από τεχνικά προβλήματα στις φυσικές επιστήμες, την οικονομία, την εκπαίδευση, την διασκέδαση, την ασφάλεια κτλ. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών και μάλιστα σε προβλήματα που οι γνωστοί τρόποι αντιμετώπισης τους παρουσιάζουν δυσκολίες, με αποτέλεσμα την απόδειξη της αναγκαιότητάς τους.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό είναι ότι οι επιστήμονες στην περιοχή των νευρωνικών δικτύων προέρχονται σχεδόν από όλες τις περιοχές των φυσικών επιστημών, όπως την Ιατρική, την επιστήμη Μηχανικών, τη Φυσική, τη Χημεία, τα Μαθηματικά, την επιστήμη Υπολογιστών, την Ηλεκτρολογία κτλ. Αυτό δείχνει ότι για την ανάπτυξη τους απαιτούνται ταυτόχρονα γνώσεις και θέματα από πολλές περιοχές, ενώ το ίδιο ισχύει και για τις τεχνικές και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται. Έτσι

καταλαβαίνει κανείς ότι τα νευρωνικά δίκτυα δίνουν μια νέα πρόκληση στις επιστήμες, καθόσον οι νέες γνώσεις που απαιτούνται είναι από τις πιο χρήσιμες στον άνθρωπο, τόσο για την ζωή και την ιατρική όσο και για την τεχνολογία. Καμία άλλη επιστήμη σήμερα δεν συνδυάζει με τόσο άμεσο τρόπο γνώσεις που προέρχονται από τόσο διαφορετικές περιοχές.

Στον ακόλουθο κατάλογο θα παρουσιάσουμε μερικές από τις βασικές εφαρμογές των Νευρωνικών Δικτύων σε διάφορους τομείς της επιστήμης και της τεχνολογίας. Οι περισσότερες από αυτές τις εφαρμογές έχουν ήδη υλοποιηθεί και πολλές από αυτές αποτελούν εμπορικά προϊόντα.

A. Μη Οικονομικές – Χρηματοοικονομικές εφαρμογές

Αεροπλοΐα.

Δημιουργία αυτομάτων πιλότων και προγραμμάτων προσομοίωσης πτήσης, συστήματα έλεγχου πτήσης, ανίχνευση ελαττωμάτων σε τμήματα των αεροπλάνων.

Βιολογία

Βοήθεια στην κατανόηση του εγκεφάλου και των άλλων συστημάτων, δημιουργία μοντέλων αμφιβληστροειδούς χιτώνα και κοχλίας.

Ιδιαίτερα, σήμερα διεξάγεται μεγάλη έρευνα για την καλύτερη κατανόηση των νευρωνικών δικτύων του εγκεφάλου, καθόσον είναι προφανές ότι αυτό θα βοηθήσει στο να εξηγήσουμε πώς ακριβώς λειτουργεί ο εγκεφαλος και τις τόσο περίπλοκες διεργασίες του, όπως πώς σκεπτόμαστε, πώς θυμόμαστε κτλ.

Γεωλογία

Ανάλυση πιθανότητας ύπαρξης πετρελαίου σε γεωλογικούς σχηματισμούς , ανάλυση πετρωμάτων σε ορυχεία ,ανάλυση της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Επιχειρήσεις

Αξιολόγηση υπονήφρων για κάποια θέση, βελτιστοποίηση του συστήματος κράτησης θέσεων σε μεταφορικά μέσα, επιλογή κατάλληλου προσωπικού σε σημαντικές θέσεις μέσα στην επιχείρηση.

Ιατρική

Ανάλυση ομιλίας για την κατασκευή ακουστικών βοηθημάτων, διάγνωση βασισμένη στα συμπτώματα, έλεγχος χειρουργείου, εξαγωγή συμπερασμάτων από ακτινογραφίες, ανάλυση καρδιογραφημάτων, εντοπισμός καρκίνου σε μαστογραφίες, κατανόηση επιληπτικών κρίσεων, προβλέψεις για αντιδράσεις οργανισμών στην λήψη φαρμάκων, αναγνώριση και ανάλυση ακτινών X

Κατασκευές

Αυτόματος έλεγχος και επιθεώρηση της ποιότητας κατά την κατασκευή, έλεγχος γραμμής παραγωγής, επιλογή ανταλλακτικών και τμημάτων κατά το στάδιο της συναρμολόγησης.

Περιβάλλον

Πρόγνωση του καιρού, ανάλυση τάσεων και παρατηρήσεων των καιρικών συνθηκών.

Άμυνα

Χειρισμός μη επανδρωμένων οχημάτων και αεροπλάνων, κωδικοποίηση και αναγνώριση σημάτων από radar, δημιουργία έξυπνων όπλων, αναγνώριση, παρακολούθηση και σκόπευση στόχων, βελτιστοποίηση αξιοποίησης αποθεμάτων, κατασκοπεία - κρυπτογραφία.

Υπολογιστές

Αναγνώριση ομιλίας ,εντοπισμός φωνήεντων φθόγγων, μετατροπή κειμένου σε ομιλία, δρομολόγηση πληροφοριών σε δίκτυα υπολογιστών.

B. Οικονομικές – Χρηματοοικονομικές εφαρμογές

Τα νευρικά δίκτυα μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα είδη των οικονομικών προβλημάτων, και όχι μόνο στην πρόβλεψη της πορείας των μετοχών. Συνηθέστερες είναι προβλέψεις για καμπύλες απόδοσης (δηλαδή τη σχέση μεταξύ της απόδοσης των ομολόγων (bonds) και των ημερομηνιών λήξης τους σε ένα δεδομένο χρονικό σημείο), των συναλλαγματικών ισοτιμιών, των επιτοκίων συναλλαγών κ.λπ.

Ιδιαίτερα, όμως, για την πρόβλεψη των μετοχών, μπορούμε να αναφέρουμε τα παρακάτω, παρότι, βέβαια και τα υπόλοιπα οικονομικά προβλήματα παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά:

i. Κίνητρο

Το κύριο κίνητρο για την προσέγγιση μέσω νευρωνική δικτύων στην πρόβλεψη των μετοχών είναι διπλό:

- τα χαρακτηριστικά των μετοχών είναι ιδιαίτερα σύνθετα και δύσκολα να διαμορφωθούν, επομένως ένας μη γραμμικό μοντέλο είναι ευεργετικό.
- ένα μεγάλο σύνολο αλληλεπιδρώντων δεδομένων απαιτείται συχνά για να εξηγήσει την πορεία μιας συγκεκριμένης μετοχής, γεγονός που ταιριάζει με την θεωρία των νευρωνικών δικτύων.

Είναι επίσης δυνατό να προσεγγιστεί ο στόχος της πρόβλεψης από τη γωνία της οικονομικής επιστήμης. Ο Grothmann (2002) προτείνει την ακόλουθη άποψη: Κάθε νευρώνας αντιπροσωπεύει τις αποφάσεις κάθε παράγοντα που συμμετέχει στην αγορά. Ως εκ τούτου ένα νευρικό δίκτυο αντιπροσωπεύει τις αλληλεπιδράσεις όλων των αποφάσεων μεταξύ όλων των συμμετεχόντων στην αγορά. Κατά συνέπεια ένα νευρικό δίκτυο είναι μια πλήρης περιγραφή της χρηματοοικονομικής αγοράς από μόνο του.

Αυτή η άποψη δίνει ένα ελκυστικό μίγμα της μαθηματικής θεωρίας των νευρικών δικτύων και των οικονομικών.

ii. Δεδομένα

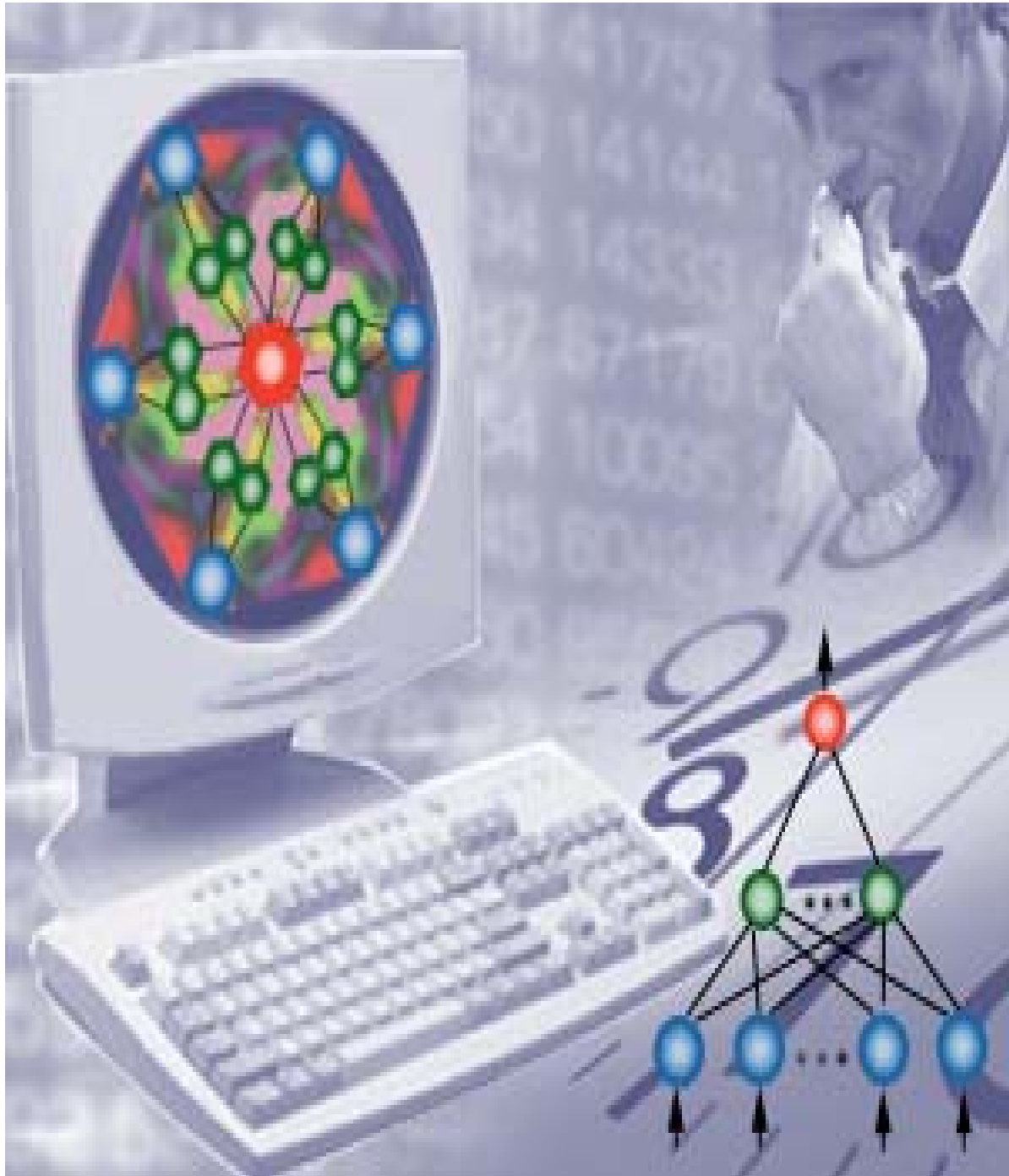
Η πρόβλεψη της πορείας των μετοχών έχει μερικές και μερικές άλλες πτυχές. Συνήθως κάποιος επιθυμεί να προβλέψει τις αποδόσεις των μετοχών παρά τις πραγματικές τιμές τους. Έτσι, με βάση τα νευρωνικά δίκτυα, η εκτίμηση γίνεται ευκολότερα, σταθεροποιείται το μοντέλο για μια μεγάλη χρονική περίοδο (Hellstrom, T. (1998), σελ. 19) και τα δεδομένα διαμορφώνονται πριν εισαχθούν στο μοντέλο.

Όσον αφορά τα πραγματικά δεδομένα, αυτά είναι καλά τεκμηριωμένα παρότι μερικές φορές η ποιότητα τους είναι κακή. Συχνά κάποιος πρέπει να χειριστεί ελλείψεις μέσα στα δεδομένα ή ακόμα και ασυνέχειες στις χρονολογικές σειρές. Ο καταλληλότερος τρόπος να αντιμετωπιστούν αυτές τις δυσκολίες είναι να αφήσει κανείς το δίκτυο να λειτουργήσει με τα ελλιπή στοιχεία. Πολλές φορές ένα σημαντικό μέρος της δυναμικής των μετοχών θα παρουσιαστεί έτσι και αλλιώς.

Έτσι καταλήγοντας, στην οικονομία σε γενικές γραμμές, τα νευρωνικά δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της επικινδυνότητας των δάνεια και των υποθηκών, στην αναγνώριση πλαστογραφιών, στην εκτίμηση τιμών μέτοχων, συναλλάγματος και προϊόντων και αγαθών, στην αξιολόγηση επενδύσεων και ανάλυση χαρτοφυλακίων κλπ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

3.1. Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό, και πριν ασχοληθούμε με την εμπειρική μελέτη των νευρωνικών δικτύων και τα αποτελέσματα αυτών (βλ. Κεφάλαιο 4), θα ασχοληθούμε με την εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων. Αναλύονται οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται (με εποπτεία, χωρίς εποπτεία, με ανταγωνισμό τεχνητών νευρώνων κτλ). Θα αναφέρουμε τα πλεονεκτήματα χρήσης των νευρωνικών δικτύων. Ξεκινάμε με τον τρόπο εκπαίδευσης του πιο απλού νευρωνικού δικτύου (perceptron) και στη συνέχεια παραθέτουμε τον αλγόριθμο μεταβολής βαρών, τον κανόνα Δέλτα και τέλος τον αλγόριθμο εκπαίδευσης οπισθοδιάθεσης (Back-Propagation) με την απόδειξη του.

3.2 Εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων

Για να κατασκευάσουμε ένα νευρωνικό δίκτυο, πρέπει πρώτα να ορίσουμε την τοπολογία του, δηλαδή τον αριθμό των νευρώνων που θα το απαρτίζουν και τη δομή τους. Στη συνέχεια, πρέπει να υπολογίσουμε τους συντελεστές βαρύτητας των συνάψεων (ή τη μνήμη του νευρωνικού δικτύου). Η διαδικασία εκπαίδευσης υπολογίζει τους συντελεστές αυτούς, συνήθως από ένα σύνολο παραδειγμάτων. Μπορούμε να πούμε ότι με τη διαδικασία της εκπαίδευσης προσπαθούμε να ανακαλύψουμε την σωστή συνάρτηση μεταξύ των διανυσμάτων εισόδου και εξόδου. Βέβαια όσο πιο μεγάλο είναι το μέγεθος του νευρωνικού δικτύου τόσο περισσότερες συναρτήσεις μπορεί να υλοποιήσει και επομένως αυξάνει η πιθανότητα η συνάρτηση να βρίσκεται σε αυτό το σύνολο συναρτήσεων. Αν υποθέσουμε ότι το μέγεθος του νευρωνικού δικτύου είναι αρκετά μεγάλο ώστε να συμπεριλαμβάνει την επιθυμητή συνάρτηση, όσο περισσότερα εκπαιδευτικά διανύσματα διαθέτουμε, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε να πετύχουμε όσον αφορά την προσέγγιση της επιθυμητής συνάρτησης. Αν όμως, το μέγεθος του νευρωνικού δικτύου δεν είναι αρκετά μεγάλο, τότε, αυτό αναζητεί την συνάρτηση που ταιριάζει καλύτερα με την επιθυμητή.

Υπάρχει μια πληθώρα αλγορίθμων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση των Νευρωνικών Δικτύων. Στην πράξη η εκπαίδευση κάποιου Νευρωνικού Δικτύου ισοδυναμεί με την ενδυνάμωση ή αποδυνάμωση των τιμών των βαρών, σύμφωνα με τους κανόνες που ορίζει ο αλγόριθμος εκπαίδευσης, μέχρι αυτά να λάβουν τις κατάλληλες τιμές. Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

A. Με επίβλεψη από εξωτερική πηγή (Supervised).

Κατά την εκπαίδευση με επίβλεψη παρουσιάζονται στο νευρωνικό δίκτυο ζευγάρια διανυσμάτων εισόδου - εξόδου. Τότε ο αλγόριθμος εκπαίδευσης του Νευρωνικού Δικτύου προσπαθεί να κατασκευάσει μια σχέση (συνάρτηση) των διανυσμάτων όσο το δυνατόν πιστότερη. Πιο συγκεκριμένα, κάποιος αλγόριθμος καθοδήγησης από εξωτερική πηγή ακολουθεί μια επαναληπτική διαδικασία βήμα προς βήμα σύμφωνα με την οποία τροποποιούνται οι τιμές των βαρών που συνδέουν τους τεχνητούς νευρώνες. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την μεταβολή των βαρών είναι:

- ◆ Οι τρέχουσες τιμές των βαρών.
- Οι εισοδοι (σταθμισμένο άθροισμα) των Τεχνητών Νευρώνων.
- Οι έξοδοι (δραστηριότητα) των Τεχνητών Νευρώνων.
- Οι επιθυμητές έξοδοι.

Η επαναληπτική διαδικασία σταματάει όταν ελαχιστοποιηθεί κάποια συνάρτηση σφάλματος η οποία δίνει το μέτρο της διαφοράς της πραγματικής εξόδου από την επιθυμητή έξοδο του νευρωνικού δικτύου. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η πιθανότητα παγίδευσης του δικτύου σε κάποιο τοπικό ελάχιστο.

B. Χωρίς επίβλεψη (Unsupervised).

Κατά την εκπαίδευση χωρίς επίβλεψη παρουσιάζονται στο νευρωνικό δίκτυο μόνον τα διανύσματα εισόδου τα οποία ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με την σχετική ομοιότητα τους (αυτοοργάνωση του νευρωνικού δικτύου). Πιο

συγκεκριμένα, ένας αλγόριθμος χωρίς επίβλεψη πραγματοποιεί ψευδοτυχαίες μεταβολές των τιμών των βαρών. Από τις μεταβολές διατηρούνται μόνο αυτές που βελτιώνουν (ελαχιστοποιούν) την συνάρτηση σφάλματος. Θα λέγαμε δηλαδή ότι το νευρωνικό δίκτυο αυτοεκπαιδεύεται. Η εφαρμογή κατάλληλης στρατηγικής για την επιλογή του μεγέθους των μεταβολών των τιμών των βαρών οδηγεί στην εύρεση του ολικού ελαχίστου της συνάρτησης σφάλματος. Το σημαντικότερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την εύρεση του ολικού ελαχίστου.

Γ. Με ανταγωνισμό των τεχνητών νευρώνων.

Κατά τη εκπαίδευση με ανταγωνισμό οι τεχνητοί νευρώνες συναγωνίζονται για το ποιος θα «μείνει ζωντανός». Στην απλούστερη περίπτωση απομένει δραστηριοποιημένος μόνον ο Τεχνητός Νευρώνας που έχει την μεγαλύτερη δραστηριοποίηση ενώ οι υπόλοιποι Τεχνητοί Νευρώνες καταστέλλονται.

Οι διάφορες μέθοδοι εκπαίδευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό, π.χ. το κρυφό επίπεδο κάποιου Νευρωνικού Δικτύου να εκπαιδευτεί από αλγόριθμο χωρίς εποπτεία και το επίπεδο εξόδου να εκπαιδευτεί από αλγόριθμο με εποπτεία.

Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι επειδή απαιτούνται πολλοί επαναληπτικοί υπολογισμοί για την εκπαίδευση των Νευρωνικών Δικτύων, συνήθως αυτή πραγματοποιείται σε νεκρό χρόνο (εκπαίδευση Off Line), πριν από την χρησιμοποίηση του Νευρωνικού Δικτύου για την λύση του προβλήματος εφαρμογής. Τέλος, το μέγεθος του Νευρωνικού Δικτύου είναι ανάλογο με την πολυπλοκότητα του προβλήματος το οποίο καλείται να επιλύσει, ενώ ο αριθμός των εκπαιδευτικών διανυσμάτων πρέπει να είναι ανάλογος με τον αριθμό των βαρών.

3.3. Ικανότητα γενίκευσης

Ως γενίκευση ορίζεται η ικανότητα του Νευρωνικού Δικτύου να αποδίδει εξίσου καλά με διανύσματα τα οποία δεν έχει γνωρίσει κατά την διαδικασία εκπαίδευσης. Οι

παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα γενίκευσης ενός Νευρωνικού Δικτύου είναι:

A) Ο αριθμός των εκπαιδευτικών διανυσμάτων και αν αυτά αναπαριστούν ικανοποιητικά τον υπερχώρο από τον οποίο προέρχονται. Γενικά όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των εκπαιδευτικών διανυσμάτων τόσο καλύτερη λύση μπορεί να βρεθεί.

B) Η πολυπλοκότητα του προβλήματος.

Γ) Το μέγεθος του Νευρωνικού Δικτύου.

Αν διατίθεται μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών διανυσμάτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε Νευρωνικού Δικτύου σταθερού μεγέθους και εν συνεχεία να προσδιορίσουμε τον αριθμό των εκπαιδευτικών διανυσμάτων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την βέλτιστη ικανότητα γενίκευσης. Αν διαθέτουμε μικρό αριθμό εκπαιδευτικών διανυσμάτων πρέπει να προσδιορίσουμε το μέγεθος του Νευρωνικού Δικτύου που βελτιστοποιεί τη ικανότητα γενίκευσης.

3.4. Έλεγχος απόδοσης των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Ο έλεγχος της απόδοσης κάποιου Νευρωνικού Δικτύου μπορεί να γίνεται με κάποια συνάρτηση σφάλματος είτε στο εκπαιδευτικό σύνολο διανυσμάτων, είτε σε 'άγνωστο' σύνολο διανυσμάτων τα οποία δεν έχει δει προηγουμένως το Νευρωνικό Δίκτυο. Για την πιστοποίηση των αποτελεσμάτων εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι όπως το 'ανακάτωμα' των διανυσμάτων και ο τυχαίος διαχωρισμός συνόλων εκπαίδευσης και ελέγχου.

Αρκετό ενδιαφέρον για τον έλεγχο απόδοσης παρουσιάζουν η ανάκληση (recall) και η ακρίβεια (precision) ενός Νευρωνικού Δικτύου. Η ανάκληση ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των διανυσμάτων κάποιας κατηγορίας που ταξινομούνται σωστά από το Νευρωνικό Δίκτυο, ως προς τον πραγματικό αριθμό των διανυσμάτων που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. Η ακρίβεια ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των διανυσμάτων κάποιας κατηγορίας που ταξινομούνται σωστά από το Νευρωνικό Δίκτυο, ως προς τον συνολικό αριθμό των διανυσμάτων που ταξινομούνται σε αυτή την κατηγορία (ορθά ή λανθασμένα). Για παράδειγμα, αν σε μια κατηγορία ανήκουν

500 διανύσματα και το Νευρωνικό Δίκτυο ταξινομεί σωστά τα 400, τότε η ανάκληση είναι 400/500, ενώ αν με αυτή την κατηγορία ταξινομήσει πχ. 70 διανύσματα που άνηκαν σε άλλες κατηγορίες, τότε η ακρίβεια είναι 400/570.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΠΟΡΕΙΑΣ ΜΕΤΟΧΩΝ ΜΕΣΩ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ



ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΠΟΡΕΙΑΣ ΜΕΤΟΧΩΝ ΜΕΣΩ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1. Γενικά

Είναι σήμερα μια κοινή έννοια ότι τεράστια ποσά κεφαλαίου ανταλλάσσονται μέσω των χρηματιστηρίων σε όλο τον κόσμο. Οι εθνικές οικονομίες συνδέονται έντονα και επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την απόδοση των χρηματιστηρίων τους. Επιπλέον, οι αγορές, πλέον, έχουν γίνει πιο προσιτές ως εργαλείο επένδυσης, όχι μόνο για τους επαγγελματίες στρατηγικούς επενδυτές αλλά για τους κοινούς ανθρώπους. Συνεπώς οι αγορές δεν συσχετίζονται μόνο με τις μακροοικονομικές παραμέτρους, αλλά επηρεάζουν και την καθημερινή ζωή των ατόμων με έναν αμεσότερο τρόπο. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι αποτελούν έναν μηχανισμό που ασκεί σημαντικές και άμεσες κοινωνικές επιδράσεις.

Το χαρακτηριστικό που έχουν όλα τα χρηματιστήρια από κοινού είναι η αβεβαιότητα, η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη βραχυπρόθεσμη και τη μακροπρόθεσμη κατάστασή τους. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι ανεπιθύμητο για τον επενδυτή, είναι, όμως, αναπόφευκτη απειλή όποτε επιλέγεται το χρηματιστήριο ως εργαλείο επένδυσης. Το μόνο πράγμα που μπορεί να κάνει κάποιος όταν πρόκειται επενδύσει στο χρηματιστήριο είναι να προσπαθήσει να μειώσει αυτήν την αβεβαιότητα μέσω της κάποιας διαδικασίας πρόβλεψης της πορείας του.

Η προσπάθεια πρόβλεψης της πορείας των μετοχών του χρηματιστηρίου διαιρεί τους ερευνητές και τους ακαδημαϊκούς σε δύο ομάδες: εκείνοι που θεωρούν ότι μπορούμε να επινοήσουμε τους μηχανισμούς για να προβλέψουμε την αγορά και εκείνοι που θεωρούν ότι η αγορά είναι αποδοτική από μόνη της και όποτε εμφανίζονται νέες πληροφορίες στην αγορά, αυτή της απορροφά με αντίστοιχη διόρθωση και κατά συνέπεια δεν υπάρχει κανένα περιθώριο για πρόβλεψη. Επιπλέον θεωρούν ότι το χρηματιστήριο ακολουθεί έναν τυχαίο περίπατο, ο οποίος υπονοεί ότι η καλύτερη πρόβλεψη που μπορείτε να έχει κάποιος για την αυριανή αξία είναι σημερινή αξία.

Η σύγχρονη χρηματοοικονομική θεωρία έχει προτείνει αρκετές προσεγγίσεις που αφορούν την αξιολόγηση, επιλογή και διαχείριση χαρτοφυλακίων βασισμένων σε χρηματιστηριακά προϊόντα. Οι προσεγγίσεις αυτές, συνήθως γίνονται με την τεχνική

ανάλυση, τη θεμελιακή ανάλυση και τη θεωρία του τυχαίου περιπάτου στα πλαίσια μιας αποτελεσματικής αγοράς.

Οι πιο σύγχρονες όμως τάσεις διαχείρισης χαρτοφυλακίων σχετίζονται με την ανάπτυξη της πληροφορικής και τη διάδοση της χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, δημιουργώντας συνθετότερες μεθόδους οι οποίες αξιοποιούν την διαρκώς αυξανόμενη πολυπλοκότητα του όγκου των πληροφοριών που καλείται να επεξεργαστεί ο αναλυτής. Οι μέθοδοι αυτές αποτελούν επιστημονικά συστήματα τα οποία επεξεργάζονται ορθολογικότερα τη διαθέσιμη πληροφορία, η οποία δεν βασίζεται μόνο σε χρηματοοικονομικά κριτήρια, αλλά και σε κριτήρια τεχνικά, οικονομικά, πολιτικά, καθώς επίσης και σε οποιαδήποτε άλλα που οδηγούν τον αναλυτή σε ασφαλέστερη επένδυση.

Τέτοια συστήματα δημιουργούνται με τη χρήση είτε του προτύπου προγραμματισμού στόχων, είτε της πολυκριτήριας ανάλυσης, είτε με τη **χρήση νευρωνικών δικτύων**. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των μεθόδων αυτών αποτελεί το γεγονός ότι κατά τη διαχείριση του χαρτοφυλακίου επιτρέπεται η παρέμβαση του αναλυτή, με τρόπον ώστε το αποτέλεσμα της να διαμορφώνεται σύμφωνα με τον κίνδυνο που διατρέχει ο επενδυτής και τις προτιμήσεις που έχει ήδη διαμορφώσει για τα οικονομικά αντικείμενα που μελετά.

4.2. Η χρησιμότητα των μεθόδων της ανάλυσης δεδομένων

Οι λόγοι που έχουν οδηγήσει τους ερευνητές στη σύνθεση μεθόδων της ανάλυσης δεδομένων για την αντιμετώπιση του προβλήματος της κατάρτισης ενός αποδοτικού χαρτοφυλακίου μέσω της ποιοτικής πρόγνωσης της πορείας των μετοχών αλλά και των λοιπών χρηματιστηριακών προϊόντων, συνοπτικά έχουν ως εξής:

- Ο πρώτος αφορά το σημαντικό πλήθος των παραμέτρων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την πλήρη περιγραφή της χρηματιστηριακής αγοράς λόγω της ποικιλίας των σχέσεων που αναπτύσσονται σε αυτήν.
- Ο δεύτερος λόγος είναι ότι οι μέθοδοι αυτές αναδεικνύουν σύνθετα κριτήρια, τους λεγόμενους "παράγοντες", τα οποία προέρχονται από τη σύνθεση ποσοτικών

κριτηρίων, εξ ορισμού αντικειμενικών, με τα οποία μπορούμε να αξιολογήσουμε το ποιοτικό περιεχόμενο της αλληλεπίδρασης αυτών των κριτηρίων.

- Ο τρίτος αφορά στο γεγονός ότι ο ερευνητής μετά από κάθε είδους παλινδρόμηση δεν έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει ταξινόμηση των στοιχείων που μελετά, δηλαδή τη βασική διαδικασία επιλογής μετοχών.
- Ο τέταρτος, τέλος, είναι ότι όταν δημιουργείται ένα υπόδειγμα, δεν λαμβάνονται υπόψη τα μεταλλακτικά αποτελέσματα που επιφέρει κάθε οικονομική μονάδα στην οικονομία, κυρίως με τη φερεγγυότητα που παρουσιάζει στα πλαίσια των δραστηριοτήτων της.

Όσον αφορά την καταλληλότητα των μεθόδων της ανάλυσης δεδομένων για τη μελέτη των ανοικτών συστημάτων μπορεί να στηριχθεί κανείς ότι αυτή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό και από την βαρύτητα που δίνεται στις μεταβλητές κατά την εφαρμογή της παραγοντικής ανάλυσης των αντιστοιχιών αλλά και της ταξινόμησης κατ' αύξουσα ιεραρχία των δεδομένων.

Βέβαια οι επικριτές των μεθόδων της ανάλυσης δεδομένων υποστηρίζουν ότι τα κριτήρια (δηλαδή οι μεταβλητές) που αντιπροσωπεύονται από τους παράγοντες επιλέγονται με βασικό κριτήριο τον βαθμό συσχέτισης που παρουσιάζουν με αυτούς. Υποστηρίζουν δηλαδή ότι δεν αποκλείεται για κάποιον παράγοντα οι συσχετίσεις ορισμένων μεταβλητών να είναι τυχαίες και να μην προέρχονται από κάποια αιτιώδη σχέση εξάρτησης [Καραπιστόλης Δ. (1994)].

Το γεγονός αυτό βέβαια δεν μειώνει την αιτία των αναλύσεων επειδή το πρόβλημα αντιμετωπίζεται είτε με τη διάσπαση του αριθμού των μεταβλητών σε ομάδες, όταν το πλήθος αυτών είναι μεγάλο, είτε με την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου σε διαφορετικό δείγμα του ίδιου πληθυσμού ώστε να εντοπιστεί αν και κατά πόσον η σύνθεση των παραγόντων παραμένει η ίδια.

4.3. Τα κριτήρια αξιολόγησης της πορείας της μετοχής μιας εταιρίας.

Για την αξιολόγηση κάθε εισηγμένης εταιρίας και την επιλογή της ή μη στο χαρτοφυλάκιο ως φερέγγυας εταιρίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά κριτήρια προερχόμενα από τη θεμελιακή ανάλυση. Τα κριτήρια αυτά είναι:

Το μέγεθος της εταιρείας, δείκτης τιμή προς κέρδη, η χρηματιστηριακή αξία της μετοχής, η εμπορευσιμότητα της μετοχής, η βελτίωση της λογιστικής αξίας της μετοχής, η μερισματική απόδοση, η κεφαλαιακή απόδοση, ο δείκτης ροής συναλλαγών, η μέση τιμή των ημερησίων μονάδων διαπραγμάτευσης, η μέση ημερησία αξία συναλλαγών, ο δείκτης ιδίων προς ενεργητικό, ο συντελεστής κεφαλαιοποίησης, ο δείκτης κυκλοφοριακής ρευστότητας, ο δείκτης ίδια κεφάλαια προς ξένα και ο δείκτης απόδοση ιδίων κεφαλαίων.

Όλα αυτά τα κριτήρια λοιπόν μπορούν να αποτελέσουν ερεθίσματα στους «νευρώνες» ενός Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου.

4.4. Λειτουργία Νευρωνικών Δικτύων στην πράξη

Οι υπολογιστές προσομοιάζουν την λειτουργικότητα του ανθρωπίνου νευρικού συστήματος, μαθαίνοντας από προηγούμενες εμπειρίες, εξάγοντας συμπεράσματα και κάνοντας προγνώσεις για το μέλλον. Για παράδειγμα όταν οι τιμές των προηγούμενων 500 ημερών μίας μετοχής τροφοδοτούνται στο σύστημα νευρωνικών δικτύων μας, το πρόγραμμα μαθαίνει τα πρότυπα συμπεριφοράς της μετοχής και κατόπιν κάνει πρόβλεψη της πλέον πιθανής εξέλιξης της τιμής της μετοχής για τις επόμενες 5 ημέρες. Το πρόγραμμα επίσης μπορεί να παρέχει ελάχιστα και μέγιστα όρια που καθορίζουν το εύρος κίνησης της τιμής της μετοχής τις επόμενες 5 ημέρες με μεγάλη πιθανότητα επιτυχίας.

Επιπρόσθετα, όταν δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα πραγματικού χρόνου, τα συστήματα μπορούν να λειτουργούν μετά το κλείσιμο της εκάστοτε αγοράς, αναλύοντας τα δεδομένα της συνεδρίασης που έληξε και υπολογίζουν προγνώσεις για την επόμενη μέρα. Υπολογίζεται νέο σετ προγνώσεων για κάθε μετοχή κάθε μέρα. Έτσι είναι σύνηθες ορισμένες προγνώσεις να είναι αρκετά διαφοροποιημένες από την προηγούμενη μέρα - κρίσιμη πληροφορία για να αντιμετωπίσει κάποιος πιθανές ξαφνικές αλλαγές στις παραμέτρους επηρεασμού της πορείας μιας μετοχής. Όταν τα δεδομένα πραγματικού χρόνου είναι διαθέσιμα, κατά την διάρκεια των συνεδριάσεων των χρηματιστηρίων, το σύστημα μπορεί να κάνει συνεχείς τροποποιήσεις στις προβλέψεις του, που αντανακλούν τις τελευταίες αλλαγές τιμών. Σε ένα σωστά δομημένο νευρωνικό δίκτυο, αυτές οι τροποποιήσεις είναι συνήθως μικρές και το

γενικότερο πλάνο των διαγραμμάτων συνήθως δε διαφέρει πολύ από αυτό στο άνοιγμα των αγορών.

Πιο αναλυτικά η διαδικασία λειτουργίας του Νευρωνικού Δικτύου μπορεί να περιγραφεί από τα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1ο:

Συλλογή των δεδομένων της υπό εξέταση μετοχής, που περιλαμβάνει την είσοδο των δεδομένων στο νευρωνικό δίκτυο. Στην περίπτωση μας, τα δεδομένα για την κατάρτιση του στόχου θα είναι, λογικά, οι τιμές της μετοχής στο παρελθόν. Ένα διάνυσμα αποτελούμενο από 500 διαδοχικές τιμές της μετοχής, για παράδειγμα, μπορεί να αποτελέσει τα στοιχεία κατάρτισης και με την 501η τιμή της μετοχής να είναι το στοιχείο του στόχου.

Βήμα 2ο:

Τροφοδοσία των δεδομένων στο νευρωνικό δίκτυο, σύγκριση της εκροής (παραγωγής) του δικτύου με τα πραγματικά στοιχεία, και ρύθμιση των εσωτερικών παραμέτρων (σταθμίσεις και ροπές) ώστε η παραγωγή του νευρωνικού δικτύου και ο επιζητούμενος στόχος είναι κοντά ο ένας στο άλλο – ακριβέστερα, έτσι ώστε η πιθανότητα λάθους ελαχιστοποιείται.

Βήμα 3ο:

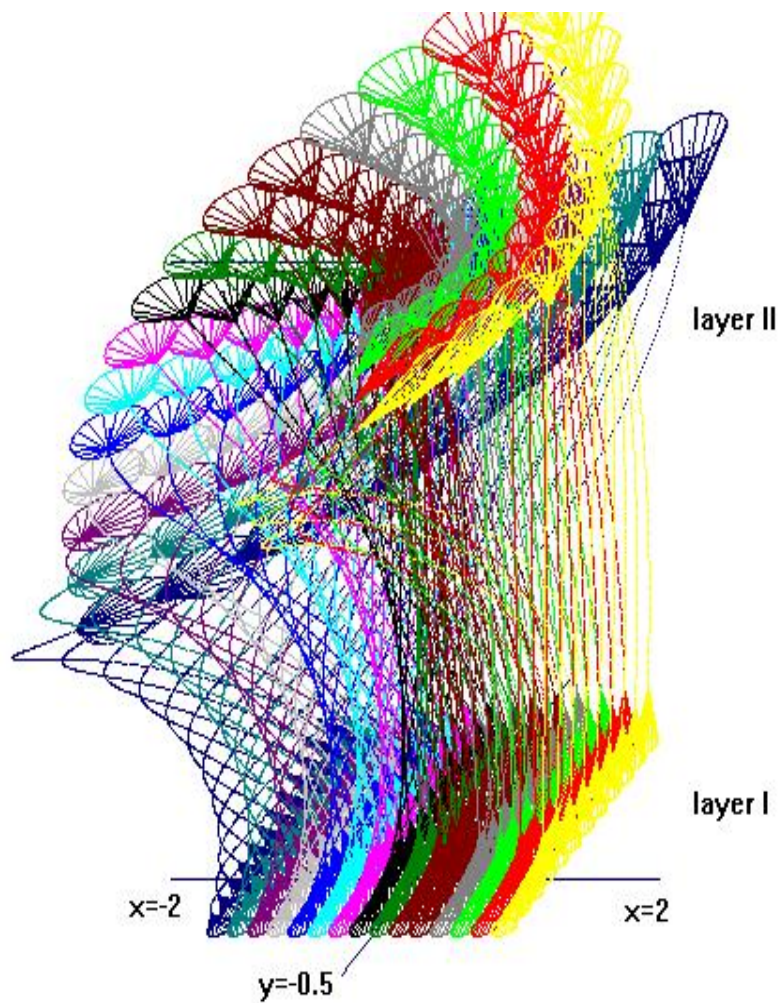
Τροφοδοσία του νευρωνικού δικτύου με μερικά μελλοντικά δεδομένα εισόδου. Εάν το δίκτυο έχει οριοθετηθεί και «εκπαιδευτεί» σωστά συμφωνά με την χρήση του προγράμματος MATLAB, τότε προχωράμε στον έλεγχο του δικτύου και εάν αυτός μας δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα, τότε το δίκτυο είναι έτοιμο για οποιαδήποτε πρόβλεψη.

4.5. Η Λειτουργία του προγράμματος MAT LAB

Το MATLAB είναι ένα πρόγραμμα υπολογιστών για ανθρώπους που χρησιμοποιούν αριθμητικούς υπολογισμούς, ειδικά στη γραμμική άλγεβρα (πίνακες). Ξεκίνησε ως ένα πρόγραμμα "Εργαστηρίου Πινάκων" ("MATrix LABoratory") που είχε σκοπό να παρέχει αλληλεπιδρώσα προσπέλαση στις βιβλιοθήκες Linpack και Eispack. Από τότε έχει αναπτυχθεί αρκετά, για να γίνει ένα ισχυρότατο εργαλείο στην οπτικοποίηση, στον προγραμματισμό, στην έρευνα, στην επιστήμη των μηχανικών, και στις επικοινωνίες. Είναι ένα μαθηματικό πακέτο αλλά και μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου για τη μελέτη κάθε είδους μαθηματικών συναρτήσεων. Το Matlab δεν είναι ένα απλό μαθηματικό πακέτο. Είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου ιδανική για τη μελέτη αναλογικών και ψηφιακών συστημάτων ελέγχου. Το πακέτο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένα απλό κομπιουτεράκι μέχρι και σαν μια γλώσσα με σύγχρονες δομές ελέγχου (for..., while..., if...) για μελέτη συστήματος, σχεδίαση ελεγκτών, φίλτρα, μετασχηματισμούς Laplace, Fourier, Z και αντίστροφους, επίλυση εξισώσεων συναρτήσεων n-οστού βαθμού ή για επεξεργασία τυχαίων αριθμών και ακολουθιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΟΧΩΝ ΜΕΣΩ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΥΤΩΝ



ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΟΧΩΝ ΜΕΣΩ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΥΤΩΝ

Παρά την αύξηση των εφαρμογών στα Τεχνητά Νευρικά Δίκτυα στην πρόβλεψη κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, οι γνώμες σχετικά με τη συμβολή και τις δυνατότητες τους είναι ανάμικτες.

Παρακάτω παρουσιάζονται διάφορες μελέτες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της προσπάθειας πρόβλεψης της πορείας των μετοχών μέσω της Τεχνικής των Νευρωνικών Δικτύων από διάφορους ερευνητές.

Στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι E.W. Saad, D.V. Prokhorov, D.C., Wunsch με τίτλο «**Comparative study of stock trend prediction using time delay, recurrent and probabilistic neural networks**» και δημοσιεύτηκε τον Νοέμβριο του 1998 στο περιοδικό IEEE transactions on neural networks .

Χρησιμοποίησαν τρία διαφορετικά νευρωνικά δίκτυα (TDNN-Time Delay Neural Network: Νευρωνικό Δίκτυο Χρονικών Καθυστερήσεων, RNN-recurrent neural networks: Ανατροφοδοτούμενο Νευρωνικό Δίκτυο, PNN- Polynomial Neural Networks: Πολυωνυμικό Νευρωνικό Δίκτυο), προκειμένου να συγκρίνουν την τάση για πρόβλεψη ψεύτικων συναγερμών(ο Όρος αυτός χρησιμοποιείται για προβλέψεις μέτοχων που δεν που δεν προβλέφθηκαν σωστά) της πορείας των μετοχών, καθώς και άλλων χρηματιστηριακών προϊόντων. Οι βραχυπρόθεσμες τάσεις, ήταν ιδιαίτερα ελκυστικές για την ανάλυση των νευρωνικών δικτύων και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν επικερδώς στα σενάρια όπως οι αγοραπωλησίες παραγώγων, αλλά με σημαντικό κίνδυνο. Έτσι, εστίασαν στον περιορισμό των ψεύτικων συναγερμών(προβλέψεις μέτοχων που δεν συνέβησαν ποτέ στην πραγματικότητα), ο οποίος βελτιώνει την αναλογία κινδύνου/ανταμοιβής και ελαχιστοποιεί τις απώλειες. Για να προβλέψουν τις τάσεις των μετοχών, χρησιμοποίησαν τρεις διαφορετικές μορφές νευρωνικών δικτύων χρησιμοποιώντας μια πολύ - παραμετρική κλίση και καθώς και μια εκτεταμένη κατάρτιση των φίλτρων Kalman για την πρώτη και την τρίτη συναρτήση. Επίσης ερεύνησαν τις διάφορες τεχνικές ανάλυσης της προβλεψιμότητας και εκτέλεσαν μια ανάλυση της προβλεψιμότητας βασισμένη στις

καθημερινές τιμές κλεισίματος των μετοχών. **Τα αποτελέσματά έδειξαν ότι όλα τα δίκτυα είναι εφικτά, με προτίμηση στο πρώτο νευρωνικό δίκτυο.**

Στην έρευνα που πραγματοποίησαν οι **T. Kimoto, K. Asakawa, M. Yoda και M. Takeoka** με τίτλο «**Stock market prediction system with modular neural networks**» και δημοσιεύτηκε **τον Ιούνιο του 1990** στην Ιαπωνία (Fujitsu Lab. Ltd., Kawasaki) παρουσιάζεται μια συζήτηση αναφορικά με την δημιουργία ενός συστήματος πρόβλεψης του χρόνου αγοράς - πώλησης μετοχών Χρηματιστήριο του Τόκιο και την ανάλυση αυτού. Το σύστημα είναι βασισμένο στο μοντέλο των νευρωνικών δικτύων. Οι συντάκτες ανέπτυξαν διάφορους αλγορίθμους εκμάθησης και μεθόδους πρόβλεψης για το σύστημα πρόβλεψης του TOPIX (Tokyo Stock Exchange Prices Indexes - Δείκτες τιμών Χρηματιστηρίου του Τόκιο). **Το σύστημα πρόβλεψης πέτυχε ακριβείς προβλέψεις, και η προσομοίωση στην αγοραπωλησία μετοχών παρουσίασε άριστο κέρδος.**

Στην δημοσίευση της έρευνας «**Economic prediction using neural networks: the case of IBM daily stock returns**» από τον H.White, που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια του Σαν Ντιέγκο των ΗΠΑ τον Ιούλιο του 1988.

Παρουσιάζονται συμπεράσματα μιας συνεχιζόμενης έρευνας χρησιμοποιώντας την τεχνική των νευρωνικών δικτύων για να ερευνησει και να αποκωδικοποιήσει τις μη γραμμικές συναρτήσεις στις μεταβολές της τιμής της μετοχής. Ο H.White εστιάζει στην περίπτωση των αποδόσεων της κοινής μετοχής της IBM καθημερινά. Έχοντας να αντιμετωπίσει τα εμφανή χαρακτηριστικά γνωρίσματα των οικονομικών στοιχείων της συγκεκριμένης επιχείρησης, δίνει έμφαση στο ρόλο που διαδραματίζονται από τα συμπεράσματα της στατιστικής ανάλυσης και **απαιτεί τροποποιήσεις στις τυποποιημένες τεχνικές** προκειμένου να αποδειχθεί χρήσιμη η συγκεκριμένη ανάλυση.

Το 1998 πραγματοποιήθηκε μια έρευνα από τους M. Adya και F. Collory με τίτλο «**How effective are Neural Networks at Forecasting and Prediction? A Review and Evaluation**» στο Πανεπιστήμιο του Maryland στην Βαλτιμόρη των ΗΠΑ.

Οι συγγραφείς προσδιόρισαν ένδεκα κανόνες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην αξιολόγηση της θεωρίας των Νευρωνικών Δικτύων. Χρησιμοποιώντας αυτούς τους κανόνες, εξέτασαν τις εφαρμογές των Νευρωνικών Δικτύων στην πρόβλεψη της πορείας των μετοχών των επιχειρήσεων. Εντόπισαν 48 μελέτες που είχαν γίνει μεταξύ του 1988 και του 1994. Για κάθε μια από τις μελέτες αυτές αξιολόγησαν πόσο πιο αποτελεσματική ήταν η προτεινόμενη τεχνική τους σε σύγκριση με τις υπόλοιπες μελέτες (αποτελεσματικότητα της επικύρωσης) και πόσο καλύτερα εφαρμόστηκε (αποτελεσματικότητα της εφαρμογής). Διαπίστωσαν ότι ένδεκα από τις μελέτες ήταν τόσο αποτελεσματικές όσο και εφαρμόσιμες. Άλλες ένδεκα μελέτες κρίθηκαν αποτελεσματικές και παράγαγαν θετικά αποτελέσματα, ακόμα κι αν υπήρξαν μερικά προβλήματα όσον αφορά την ποιότητα των εφαρμογών στα Νευρωνικά Δίκτυα τους. Από αυτές τις 22 μελέτες, **οι 18 υποστηρίχθηκαν ως - πλήρως - ικανές για πρόβλεψη.**

Τον Ιούλιο του 2000 η έρευνα των Kim Kyoung-Jae και Han Ingoο με τίτλο «**Genetic algorithms approach to feature discrimination in artificial neural networks for the prediction of stock price index**» παρουσιάστηκε από το Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας της Σεούλ στην Κορέα, είχε ως εξής.

Ερεύνησαν την δυνατότητα πρόβλεψης της πορείας του δείκτη τιμών του Χρηματιστηρίου και του προσδιορισμού της επίδρασης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων μέσω της προσέγγισης με γενετικούς αλγόριθμους (GA, Genetic algorithms). Σε προηγούμενες έρευνες πρότεινε πολλά υβριδικά πρότυπα νευρωνικών δικτύων και γενετικών αλγορίθμων για τη μέθοδο το δημιουργίας και εκπαίδευσης του δικτύου, την επιλογή των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των υποσυνόλων, και τη βελτιστοποίηση της τυπολογίας. Στις περισσότερες από αυτές τις μελέτες, εντούτοις, ο γενετικός αλγόριθμος χρησιμοποιήθηκε μόνο για να βελτιωθεί ο ίδιος ο αλγόριθμος εκμάθησης. Σε αυτήν την μελέτη, ο γενετικός αλγόριθμος υιοθετείται όχι μόνο για να βελτιώσει τον αλγόριθμο εκμάθησης, αλλά και για να μειώσει την πολυπλοκότητα στα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δεδομένων. Ο γενετικός αλγόριθμος βελτιστοποιεί ταυτόχρονα τα βάρη σύνδεσης μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων και των μεγάλων μονάδων για την πρόβλεψη των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Τα γενετικά εξελιγμένα βάρη μετριάζουν τους γνωστούς περιορισμούς του αλγορίθμου. Επιπλέον, ερεύνησαν συνολικά την δυνατότητα των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων

να μειώσουν το εύρος του διαστήματος των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και να εξαλείψουν τους άσχετους παράγοντες. **Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η προσέγγιση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του νευρωνικού δικτύου μέσω του γενετικού αλγόριθμου υπερέχει των αποτελεσμάτων των υπόλοιπων μοντέλων πρόβλεψης.**

Στην έρευνα με τίτλο «**Application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the Taiwan Stock Index**» των An-Sing Chen (Εθνικό Πανεπιστήμιο του Chung Cheng - Ταιβάν), Mark T. Leung (Πανεπιστήμιο του Τέξας - ΗΠΑ), Hazem Daouk (Πανεπιστήμιο της Κορνεάλης - ΗΠΑ) και Mark T. Leung (Πανεπιστήμιο του Τέξας – ΗΠΑ) τον Μάρτιο του 2002 οι ερευνητές προσπάθησαν να εξετάσουν και να προβλέψουν την κατεύθυνση των αποδόσεων στο δείκτη του Χρηματιστηρίου της Ταϊβάν, μια από τις γρηγορότερα αναπτυσσόμενες οικονομίες των ασιατικών χωρών. Το κίνητρό τους βασίστηκε στο ότι οι στρατηγικές για τις εμπορικές συναλλαγές οι οποίες καθοδηγούνται από τις προβλέψεις για την κατεύθυνση των τιμών μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικές και να οδηγήσουν σε υψηλότερα κέρδη στο Χρηματιστήριο. Το Πολυωνυμικό νευρωνικό δίκτυο (PNN, Polynomial Neural Network) χρησιμοποιήθηκε για να προβλέψει την πορεία των αποδόσεων των μετοχών αφότου παραμετροποιηθεί από τα ιστορικά στοιχεία. Η στατιστική απόδοση των προβλέψεων του PNN μετριέται και συγκρίνεται με αυτήν της μεθόδου των γενικευμένων στιγμών (GMM) με το φίλτρο Kalman. Επιπλέον, οι προβλέψεις εφαρμόζονται σε διάφορους δείκτες στρατηγικών εμπορικών συναλλαγών, των οποίων οι αποδόσεις συγκρίνονται με εκείνους που παράγονται από τη στρατηγική αγοράζω-και-κρατώ καθώς επίσης και τις στρατηγικές επένδυσης που καθοδηγούνται από τις προβλέψεις που υπολογίζονται από το μοντέλο των τυχαίου περιπάτου (random walk) και τα παραμετρικά πρότυπα (GMM). **Τα εμπειρικά αποτελέσματα δείχνουν ότι οι στρατηγικές επένδυσης βασισμένες στο νευρωνικό μοντέλο PNN λαμβάνουν τις υψηλότερες αποδόσεις σε σχέση με άλλες στρατηγικές επένδυσης που εξετάζονται από την μελέτη τους.**

Οι Kim H. Steven και Chun Hak Se, από το Ανώτατο Ινστιτούτο Επιστήμης και της Τεχνολογίας της Σεούλ στην Κορέα, τον Δεκέμβριο του 1998 παρουσίασαν την

εργασία με τίτλο «**Graded forecasting using an array of bipolar predictions: application of probabilistic neural networks to a stock market index**» στο περιοδικό «International Journal of Forecasting».

Σε αυτήν, υποστήριξαν ότι τα δημοφιλή νευρικά δίκτυα είναι πεπαλαιωμένα για την πρόβλεψη της πορείας των μετοχών. Εντούτοις, λόγω των πλεονεκτημάτων στην τεχνική εκμάθησης τους, όπως η άμεση ανταπόκριση του πολυωνυμικού νευρωνικού δικτύου (PNN), προτείνουν την προσαρμογή και των υπόλοιπων μοντέλων στην διαδικασία πρόβλεψης της πορείας των μετοχών. Βέβαια, όμως ο τρόπος δόμησης του πολυωνυμικού νευρωνικού δικτύου παράγει μόνο ένα «διπολικό» αποτέλεσμα που αντιστοιχεί σε ένα «ναι» ή ένα «όχι» ή ένα «πάνω» ή ένα «κάτω». Ο περιορισμός αυτός μπορεί να αντιμετωπιστεί εν μέρει με τη χρήση μιας κλιμακούμενης πρόβλεψης μέσω πολλαπλών διακριτών τιμών.

Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός μοντέλου περιλαμβάνοντας μια σειρά στοιχειωδών πολυωνυμικών νευρωνικών δικτύων με διπολικά αποτελέσματα. Έτσι, ερευνήσαν διάφορα αλληλένδετα θέματα όπως: (1) παρουσίαση μιας νέας δόμησης για κλιμακωτή πρόβλεψη χρησιμοποιώντας ένα στοχευόμενο νευρωνικό δίκτυο (APN) (2) χρήση ενός "χάρτη λάθους" για να συγκρίνει την ακρίβεια του δημιουργούμενου συστήματος σε σχέση με μια προεπιλεγμένη απόδοση βασισμένη σε μια σταθερή πρόβλεψη και (3) αξιολόγηση διάφορων παλαιότερων μοντέλων σε σχέση με το Ανατροφοδοτούμενο Νευρωνικό Δίκτυο (RNN) καθώς και με το πολυωνυμικού νευρωνικού δικτύου και το στοχευόμενο νευρωνικό δίκτυο, βασισμένα σε φυσιολογικές χρηματιστηριακές συνθήκες. Αυτές οι έννοιες ερευνήθηκαν ενάντια στο τι συμβαίνει στην πράξη, σχετικά με την πρόβλεψη του δείκτη χρηματιστηρίου.

Παρακάτω παρουσιάζεται η μελέτη «**Neural networks for technical analysis: a study on KLCI (Kuala Lumpur Stock Exchange)**» από τους Y. Jingtao, Chew Lim Tan και Hean-Lee Poh του Εθνικού Πανεπιστημίου της Σιγκαπούρης η οποία ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 1998 και δημοσιεύτηκε τον Μάιο του 1999.

Και αυτή η μελέτη παρουσιάζει μια έρευνα σχετικά με τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και τη χρήση τους στην πρόβλεψη δεικτών των μετοχών. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι από μια από τις σημαντικότερες αναδυόμενες αγορές, το Χρηματιστήριο της Κουάλα Λουμπόρ, και εφαρμόστηκαν ως περιπτωσιολογική μελέτη (case study). Βασιζόμενοι σε μια αναδομημένη ανάλυση, χρησιμοποίησαν ένα ανατροφοδοτούμενο νευρωνικό δίκτυο για να ερευνήσουν τη σχέση μεταξύ των τεχνικών δεικτών και των επιπέδων του υπό εξέταση δείκτη στην αγορά μέσα στο χρόνο. Χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικές στρατηγικές εμπορικών συναλλαγών, ένα σημαντικό κέρδος μπορεί να επιτευχθεί με την αγορά μετοχών του δείκτη του Χρηματιστηρίου σε ανάλογες ποσότητες. **Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση της θεωρίας του νευρωνικού δικτύου μπορεί να αποφέρει καλύτερες αποδόσεις έναντι άλλων των συμβατικών μοντέλων.** Το πείραμα επίσης έδειξε ότι χρήσιμες προβλέψεις μπορούν να γίνουν χωρίς την απαίτηση ιδιαίτερης γνώσης ή χρήσης εκτενών στοιχείων της αγοράς.

Τον Ιανουάριο του 2003 δημοσιεύτηκε η έρευνα των Dennis Olson και Charles Mossmanb, από το Αμερικάνικο Πανεπιστήμιο του Σάρεϊ και το Πανεπιστήμιο του Μανιτόμπα του Καναδά, αντίστοιχα, με τίτλο «**Neural network forecasts of Canadian stock returns using accounting ratios**»

Αυτή η μελέτη συγκρίνει τις νευρωνικές προβλέψεις δικτύων των αποδόσεων των μετοχών του Χρηματιστηρίου του Καναδά σε σχέση με τις προβλέψεις της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων (OLS) και της τεχνικής της λογιστικής παλινδρόμησης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν είναι 61 λογιστικοί αριθμοδείκτες για 2352 καναδικές επιχειρήσεις κατά τη διάρκεια της περιόδου 1976–1993. Τα στοιχεία των 6 πιο πρόσφατων ετών συσχετίζονται κάθε φορά με τις ετήσιες αναφορές πρόβλεψης για τα έτη 1983–1993. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι τα νευρωνικά δίκτυα, που εξετάζουν τις μη γραμμικές σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών εισαγωγής και παραγωγής, ξεπερνούν τις άλλες εναλλακτικές λύσεις για την εκτίμηση και ταξινόμηση των εταιριών που αναμένονται για να έχουν είτε υψηλότερες είτε χαμηλότερες αποδόσεις. Η ανωτερότητα των νευρικών προτύπων δικτύων μεταφράστηκε και σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα χρησιμοποιώντας τους διάφορους κανόνες εμπορικών συναλλαγών. Βέβαια σε οκτώ κατηγορίες αποτελεσμάτων εμφανίζονται όλες οι τεχνικές να δίνουν εξίσου καλά αποτελέσματα.

Ο σκοπός της έρευνας των Yoon Youngohc και G. Swales (Πανεπιστήμιο του Μισούρι στις ΗΠΑ) τον Ιανουάριο του 1991 με τίτλο «**Predicting stock price performance: a neural network approach**» -το οποίο παρουσιάστηκε στο διεθνές ετήσιο συνέδριο της Χαβάι - ήταν να εξεταστεί η ικανότητα των νευρωνικών δικτύων και να συγκρίνει την προφητική δύναμή τους σε σχέση με αυτήν των αναλυτικών πολυμεταβλητών τεχνικών. Οι αναλυτικές πολυμεταβλητές τεχνικές που χρησιμοποιούν τόσο ποσοτικές και ποιοτικές μεταβλητές έχουν χρησιμοποιηθεί επανειλημμένα για να αποτελέσουν τη βάση των προσδοκιών των επενδυτών για τις τιμές των μετοχών και, ως εκ τούτου, να επηρεάσουν τη λήψη των επενδυτικών τους αποφάσεων. Εντούτοις, η απόδοση των αναλυτικών πολυμεταβλητών τεχνικών πρέπει να βελτιωθεί για να μπορεί προβλέψει ακριβέστερα την απόδοση τιμών των μετοχών. Από την άλλη, **η νευρωνική μέθοδος δικτύων είναι ικανή να αντιμετωπίσει τέτοιου είδους σύνθετα προβλήματα, ενισχύοντας τη δυνατότητα πρόβλεψης ενός επενδυτή.**

Στην έρευνα με τίτλο «**Option price forecasting using neural networks**», των Yao Jingtao, Li Yili και Lim Tan Chew (Εθνικό Πανεπιστήμιο της Σιγκαπούρης) προσπάθησαν να πραγματοποιήσουν μια πρόβλεψη των τιμών παραγώγων του Χρηματιστηρίου της Ιαπωνίας (δείκτης Nikkei 225) χρησιμοποιώντας τα νευρωνικά δίκτυα, τον Αύγουστο του 1998.

Τα αποτελέσματα διέφεραν από την άποψη της ακρίβειας ανάλογα με την ομαδοποίηση των δεδομένων. Τα αποτελέσματα προτείνουν ότι για τέτοιου είδους αγορές ένα νευρωνικό μοντέλο τιμολόγησης παραγώγων ξεπερνά το παραδοσιακό μοντέλο Black – Scholes, ακόμα και αν το μοντέλο Black - Scholes είναι αρκετά καλό για την τιμολόγηση των παραγώγων. Χρησιμοποίησαν το νευρωνικό δίκτυο, εφαρμόζοντας ένα διαχωρισμό των στοιχείων των τιμών των παραγώγων. Κατέληξαν ότι οι επενδυτές που προτιμούν το λιγότερο κίνδυνο και τις λιγότερες αποδόσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν το παραδοσιακό μοντέλο Black - Scholes ενώ εκείνοι που προτιμούν τον υψηλό κίνδυνο και την υψηλή αποδοτικότητα μπορούν να επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν το νευρωνικό πρότυπο δικτύων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ



ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- **Ιστορική ανάδρομη**
- **Τι είναι τα νευρωνικά δίκτυα**
- **Ο φυσικός νευρώνας στον άνθρωπο**
- **Χαρακτηριστικά των νευρωνικών δικτύων**
- **Οι συναρτήσεις μεταφοράς(Βηματική-γραμμική-μη γραμμική)**
- **Δομή των νευρωνικών δικτύων**
- **Οφέλη από την χρήση των νευρωνικών δικτύων**
- **Εφαρμογές των νευρωνικών δικτύων**
- **Εκπαίδευση των νευρωνικών δικτύων**
- **Έλεγχος απόδοσης των τεχνητών νευρωνικών δικτύων**
- **Πρόγνωση της πορείας των μέτοχων με τη χρήση νευρωνικών δικτύων.**
- **Λειτουργία νευρωνικών δικτύων στην πράξη**
- **Εμπειρική μελέτη νευρωνικών δικτύων και αποτελέσματα αυτών .**

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ξεκίνησε με σκοπό να απαντήσει τι είναι ένα νευρωνικό δίκτυο, από τι αποτελείται, τι χρησιμεύει, τι μπορεί να κάνει κάποιος με τα νευρωνικά δίκτυα, τι προβλήματα να λύσει και τέλος να παρουσιάσει τις διάφορες μελέτες που συσχετίζονται τα νευρωνικά δίκτυα με την πρόβλεψη της πορείας των μετοχών στα Χρηματιστήρια.

Ευχή ήταν η πραγματοποίηση μιας προσωπικής αυτοτελούς δοκιμής κάποιου από τα νευρωνικά μοντέλα στην πράξη πάνω σε μια συγκεκριμένη ελληνική μετοχή ή πάνω στο δείκτη τιμών του Χρηματιστηρίου της Αθήνας. Όμως, λόγω αντικειμενικών δυσχερειών χρήσης ενός από τα μοντέλα των νευρωνικών δικτύων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, δεν κατέστη εφικτή η πραγματοποίησή της.

Στα προηγούμενα κεφάλαια εξετάσαμε τα είδη νευρωνικών δικτύων, τα οποία αναπτύχθηκαν τα τελευταία σαράντα χρόνια από διάφορους ερευνητές και για διαφορετικούς σκοπούς. Όλα τα δίκτυα έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι δημιουργούνται και αποτελούνται από απλές μονάδες λειτουργίας, τον γνωστό μας πλέον νευρώνα. Οι νευρώνες έχουν μία συγκεκριμένη διάταξη που οδηγεί σε μία δομή, η οποία ποικίλει στους διάφορους τύπους δικτύων. Όμως, όλοι οι τύποι έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι δέχονται σήματα στην είσοδο τους, τα οποία τα πολλαπλασιάζουν επί το αντίστοιχο βάρος, βρίσκουν το άθροισμα όλων των γινομένων και ακολούθως μεταβιβάζουν το άθροισμα αυτό σε μία ειδική συνάρτηση η οποία παράγει την έξοδο από τον κάθε νευρώνα. Η τιμή αυτή της εξόδου ακολούθως προωθείται στους υπόλοιπους νευρώνες.

Οι νευρώνες έχουν μία συγκεκριμένη διάταξη, που συνήθως είναι κατανεμημένη σε επίπεδα. Μερικά πρότυπα έχουν ένα μόνο επίπεδο, ενώ άλλα αποτελούνται από πολλά επίπεδα. Οι συνδέσεις μεταξύ των νευρώνων επίσης ποικίλουν, από το ένα άκρο όπου μπορεί να υπάρχει πλήρης συνδεσμολογία, όπου κάθε μονάδα είναι συνδεδεμένη με κάθε άλλη μονάδα, στο άλλο άκρο που κάθε νευρώνας έχει μόνο μία σύνδεση με τον γειτονικό του νευρώνα, ή ακόμα και ενδιάμεσες περιπτώσεις όπου έχουμε τυχαίες συνδέσεις μεταξύ μερικών μόνο νευρώνων.

Οι συναρτήσεις που υπολογίζουν την έξοδο σε κάθε νευρώνα επίσης ποικίλουν, αν και όπως είδαμε δεν υπάρχουν πολλοί τύποι που να έχουν όλες τις επιθυμητές

ιδιότητες. Οι κανόνες εκπαίδευσης επίσης είναι διαφορετικοί, από πολύ απλοί (όπως, λ.χ. στον στοιχειώδη αισθητήρα) ως αρκετά περίπλοκοι (όπως, λ.χ. στην μέθοδο οπισθοδιάδοσης(Back-Propagation) του λάθους, που είναι απαραίτητο να εφαρμόσουμε τον αλγόριθμο απότομης καθόδου(steepest descent)). Ο χρόνος εκπαίδευσης είναι άλλη μία παράμετρος με τα ίδια χαρακτηριστικά, καθώς επίσης και το επίπεδο εμπιστοσύνης που αναμένουμε να έχει η λύση του προβλήματος.

Από τα αποτελέσματα των διαφόρων ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί, διαπιστώνεται ότι η μελέτη των διαφόρων θεωριών των νευρωνικών δικτύων στην πρόβλεψη των μετοχών στην πράξη είχαν ιδιαίτερα σημαντικά και πολλές φορές θετικά σημεία στην εκτίμηση της πορείας των τιμών των διαφόρων χρηματιστηριακών προϊόντων, είτε είναι μετοχές είτε παράγωγα.

Πιο συγκεκριμένα από τις 11 μελέτες που παρουσιάστηκαν (μια εξ αυτών αποτελεί μελέτη 48 υπόλοιπων ερευνών), οι πλειονότητα αυτών απέδειξε στην ύπαρξη σημαντικών στοιχείων τα οποία ενισχύουν την πεποίθηση ότι τελικά η χρήση των νευρωνικών δικτύων μπορεί να συνεισφέρει στην προσπάθεια πρόβλεψης της πορείας των τιμών των μετοχών. Σίγουρα κάποια αδύναμα σημεία παρουσιάζονταν σχεδόν σε όλα τα μοντέλα. Όμως, δεν θα πρέπει να λησμονείται ότι και η πορεία των μετοχών πολλές φορές επηρεάζεται από απρόσμενα δεδομένα μιας και βασίζεται κατά σημαντικό βαθμό στην αστάθμητη συμπεριφορά του ανθρώπινου παράγοντα, όπου γεγονότα είτε άσχετα με την οικονομική πορεία κάθε εταιρείας, είτε άσχετα με το λοιπό οικονομικό περιβάλλον επιδρούν απρόσμενα στην πορεία αυτών.

Από την άλλη, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα φυσικά νευρωνικά δίκτυα όπου ένα συγκεκριμένο ερέθισμα ερμηνεύεται διαφορετικά από κάθε οντότητα, έτσι και στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα η σπουδαιότητα που θα δοθεί από κάθε επενδυτή στις διάφορες παραμέτρους που θα εισαχθούν στο σύστημα και η ερμηνεία που θα δοθεί στα στοιχεία που θα εξαχθούν από αυτά, διαφέρουν. Έτσι ενώ μπορεί ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο να λειτουργεί άψογα, ενδέχεται να υπάρχει δυσκολία από την πλευρά του ερευνητή είτε να παραμετροποιήσει ικανοποιητικά το σύστημα, είτε να ερμηνεύσει σωστά τα αποτελέσματα του δικτύου.

Τελειώνοντας, το ουσιαστικό σημείο είναι ότι για την ορθή επιλογή των μετοχών και την κατάρτιση ενός φερέγγυου χαρτοφυλακίου -παρά την ανάπτυξη διαφόρων θεωριών- η χρήση των νευρωνικών δικτύων έχει αναπτυχθεί ραγδαία, ιδιαίτερα τα

τελευταία χρόνια, τόσο από αρκετούς επενδυτές όσο και από εταιρείες παροχής χρηματοοικονομικών συμβουλών. Αποκλειστικός σκοπός αυτών είναι η επίτευξη καλύτερων αποδόσεων, η ταχύτερη τοποθέτηση των επενδυτών στις μετοχές διαφόρων εταιριών και ορθότερη κατανόηση των διαφόρων επίπεδων οργάνωσης τόσο των - υπό έρευνα για επένδυση - εταιριών όσο και των ίδιων των επιλεγόμενων τεχνικών παρακολούθησης των μετοχών.

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

BP-BACK PROPAGATION ΟΠΙΣΘΟΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΛΑΘΟΥΣ (ΡΕΦΑΝΙΔΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ ,ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 2008)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αργυράκης, Π.(2001) **Νευρωνικά Δίκτυα και Εφαρμογές**, ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ(4,8,13)
2. Adya, M. και Collopy, F. (1998) **How effective are Neural Networks at Forecasting and Prediction? A Review and Evaluation**, Journal of Forecasting 17, 481-495(30)
3. Καραπιστόλης, Δ., Κάτου,Α., Παπαδημητρίου, Γ. (2000) **Πρόταση κατάρτισης φερέγγυου χαρτοφυλακίου με μεθόδους της ανάλυσης δεδομένων**, «ΣΠΟΥΔΑΙ», Τόμος 50, Τεύχος 1ο-2ο, Πανεπιστήμιο Πειραιώς(36,38,39)
4. Yao, J., Li, Y., και Tan, C. L. (2000), «**Option price forecasting using neural networks**», Omega, 455-466 (26,28)
5. Yoon, Y., και Swales, G. (1991) **Predicting stock price performance: a neural network approach**, System Sciences, 156-162 (4,6)
6. Olson, D. και Mossmanb, C. (2003) **Neural network forecasts of Canadian stock returns using accounting ratios**, International Journal of Forecasting, 453-465 (19-20)
7. Jingtao, Y., Tan, C. L. και Poh, H.L. (1999) **Neural networks for technical analysis: a study on KLCI**, International Journal of Theoretical and Applied Finance, 221-241 (2)
8. Kim S.H. και Chun, H.S. (1998) **Graded forecasting using an array of bipolar predictions: application of probabilistic neural networks to a stock market index**, International Journal of Forecasting, 323-337 (14)

9. Chen, A.S., Daouk, H. και Leung, M.T. (2002) **Application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the Taiwan Stock Index**, Computers and Operations Research, 901 – 923 (30)
10. Kim, K.J. και Han, I. (2000) **Genetic algorithms approach to feature discrimination in artificial neural networks for the prediction of stock price index**, Expert Systems with Applications, 125-132 (19).
11. White, H. (1988) **Economic prediction using neural networks: the case of IBM daily stock returns**, IEEE International Conference on, 451-458 (7)
12. Kimoto, T. Asakawa, K., Yoda M. και Takeoka M. (1990) **Stock market prediction system with modular neural networks**, IJCNN International Joint Conference on, 1-6 (33)
13. Saad, E.W., Prokhorov, D.V. και Wunsch, D.C. (1998) **Comparative study of stock trend prediction using time delay, recurrent and probabilistic neural networks**, IEEE transactions on neural networks, 1456-1470 (9)
14. Hassoun, H.M. (1995) **Fundamentals of artificial neural networks**, Cambridge: MA MIT Press(22)
15. Anderson A.J. (1995) **An introduction to neural networks**, Cambridge: MA The MIT Press.(23)
16. Haykin, S. (1994) **Neural networks : a comprehensive foundation**, Upper Saddle River Prentice Hall(15)
17. Miller, W. T., Sutton, S. R., Werbos J. P (1990) **Neural networks for control**, Cambridge MIT Press(25)
18. Schalkoff, J.R. (1997) **Artificial neural networks**, New York McGraw-Hill(33)
19. Patterson, W.D. (1995) **Artificial neural networks : theory and applications**, Singapore Prentice Hall(32)
20. Fausett, L., Cliffs, E. (1994) **Fundamentals of neural networks : architectures, algorithms, and applications**, NJ Prentice-Hall(25)
21. Murray, F.A., Kluwer, B. (1995) **Applications of neural networks**, Academic Publishers(34)

22. Christodoulou C., Georgiopoulos M. (2001) **Applications of neural networks in electromagnetics**, Boston Artech House(43)
23. Vidyasagar, M. (2002) **Learning and generalization : with applications to neural networks**, London Springer(34)
24. Gupta M.M., Jin,L. (2003) **Static and dynamic neural networks : from fundamentals to advanced theory**, NJ John Wiley & Sons, Inc. (36)
25. Narendra, K.S., Parthasarathy, K. (1990) **Identification and control of dynamical systems using neural networks**, IEEE Transactions on Neural Networks(38)
26. Chen, F.C, Liu C.C (1994) **Adaptive controlling nonlinear continuous - time systems using multilayer neural networks**, IEEE Transactions on Automatic Control, 1306-1310 (39)
27. Polycarpou, M.M. (1996) **Stable adaptive neural control scheme for nonlinear systems**, IEEE Transactions on Automatic Control, 447-451 (41)
28. Rovithakis, G. A., Christodoulou, M. A. (2000) **Adaptive control with recurrent high-order neural networks: theory and industrial applications**, Springer-Verlag New York, LLC(42)
29. Wang, J. (1998). **Multilayer recurrent neural networks for synthesizing and tuning linear feedback control systems**, In (Ed.)(45)
30. Leondes, C.T. (1997) **Control and dynamic systems Neural network systems techniques and applications**, Academic Press(13)
31. Hauser, J., Stry, S., Kokotovic, P. (1992) **Nonlinear control via approximate input-output linearization: the ball and beam example**, IEEE Transactions on Automatic Control, 392-398 (37)
32. Wang, J., Wu, G. (1996), **A multilayer recurrent neural network for on-line synthesis of linear control systems via pole assignment**, Automatica, 435-442 (32)
33. Xia, Y., Wang, J., & Hung, D. L. (1999) **Recurrent neural networks for solving linear inequalities and equations**. IEEE Transactions on Circuits and Systems,Part I, 452-462 (46)

34. Zhang, Y., Wang, J. (2001) **Recurrent neural networks for nonlinear output regulation, Automatica, 1161-1173 (37)**
35. Grothmann R. (2002) **Multi-Agent Market Modeling based on Neural Networks**, University of Bremen(43)
36. Καραπιστόλης, Δ., Παπαδημητρίου Γ., (1994) **Κατάρτιση φερέγγυου χαρτοφυλακίου από μετοχές του Χρηματιστηρίου Αξιών των Αθηνών με την μέθοδο της ταξινόμησης κατ' αύξουσα ιεραρχία με τη βοήθεια των λογισμικών VACOR ΚΑΙ FACOR.**, Διεθνές Συνέδριο της Εταιρείας Οικονομολόγων, Θεσσαλονίκη, Πρακτικά συνεδρίου .(39-40)
37. Καραπιστόλης, Δ., Κάτος, Α., Παπαδημητρίου, Γ. (1994) **Πρόταση επιλογής φερέγγυου χαρτοφυλακίου με μεθόδους της Ανάλυσης Δεδομένων», 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Στατιστικής του Ελληνικού Στατιστικού Ινστιτούτου (ΕΣΙ) Λευκωσία, Πρακτικά Συνεδρίου.(39-40)**