

2009

Πρόβλεψη τάσης των τιμών των μετοχών σε περιόδους χρηματιστηριακών κρίσεων

Το μοντέλο PATSOS

Ευτύχιος Πρωτοπαπαδάκης



Τμήμα μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Πολυτεχνείο Κρήτης



Πρόβλεψη τάσης των τιμών των μετοχών σε περιόδους χρηματιστηριακών κρίσεων

Το μοντέλο PATSOS

Πτυχιακή Εργασία

Εκπόνηση εργασίας:

Πρωτοπαπαδάκης Ευτύχιος

A.M.: 2004010114

e-mail: eprotopapadakis@isc.tuc.gr

Υπεύθυνος Καθηγητής: Ατσαλάκης Γεώργιος

e-mail: atsalakis@ermes.gr

Σχετικά Μαθήματα: Ανάλυση Δεδομένων, Τεχνολογική Πρόβλεψη

Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
Αύγουστος 2009

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει τις δυνατότητες πρόβλεψης του νευρο-ασαφούς μοντέλου PATSOS. Το εν λόγω μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για να προβλέψει την τάση των τιμών των μετοχών σε περιόδους χρηματιστηριακών κρίσεων, στην Αμερικανική αγορά.

Λέξεις κλειδιά

Χρηματιστηριακές προβλέψεις, τάση τιμών, νευρο-ασαφή συστήματα, ελεγκτής ANFIS.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	1
Προβλέψεις.....	2
Εύκαμπτη υπολογιστική (soft computing)	5
Οικονομική κρίση.....	7
Ορισμός.....	7
Αίτια.....	7
Με λίγα λόγια	7
Υπερβολικός Δανεισμός	8
Ανθρώπινη ψυχολογία	9
Οι τράπεζες.....	9
Τα hedge funds	10
Ασφαλιστικά συμβόλαια δανείων (Credit default swaps)	11
Ανισορροπία στην κατανάλωση.....	12
Γιατί οι διεθνείς κρίσεις διαρκούν	12
Μετάδοση	13
Ιστορική αναφορά.....	14
Η παγκόσμια οικονομική ύφεση του 1929	14
Πετρελαϊκή κρίση 1973 & 1979.....	15
Κρίση της λατινικής Αμερικής 1980	15
Ιαπωνική κρίση στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων 1986 – 1990	16
Μαύρη Δευτέρα 1987	17
Μαύρη Τετάρτη 1992	17
Οικονομική κρίση στο Μεξικό 1994	17
Οικονομική κρίση στη Ρωσία (Ruble crisis) 1998.....	18
11η Σεπτέμβριου 2001	19
Πιστωτική κρίση 2008	20
Περίοδοι που επιλέχθηκαν για την πραγματοποίηση προβλέψεων	20
Χρηματιστήρια και χρηματιστηριακοί δείκτες	21
Μερικές Πληροφορίες	21
Μετοχές που χρησιμοποιήθηκαν	22
Λίγα λόγια	22
Περιγραφή των εταιρειών	22
3M Company. (MMM), 09-Αυγούστου-1976 ως Minnesota Mining and Manufacturing Company.....	22
Alcoa, Inc. (AA), 1-Μαΐου-1959 ως Aluminum Company of America.	22
American Express Company. (AXP), 30-Αυγούστου-1982.....	23

E. I. du Pont de Nemours and Company ή DuPont. (DD) 20-Σεπτεμβρίου-1935.	23
Exxon Mobil Corporation, or ExxonMobil. (XOM) 1-Οκτωβρίου-1928 ως Standard Oil.....	23
General Electric Company. (GE) 7-Νοεμβρίου-1907.	24
International Business Machines Corporation. (IBM) 29-Ιουνίου-1979.	24
Merck & Co., Inc. (MRK) 29-Ιουνίου-1979.....	24
Procter & Gamble Co. (PG) 26-Μαΐου-1932.....	25
United Technologies Corporation. (UTC) 14-Μαρτίου-1939 ως United Aircraft.	25
Κίνηση της τιμής κάθε μετοχής.....	25
Ασαφής λογική (Fuzzy Logic)	31
Ιστορία.....	31
Ασαφή σύνολα	31
Συνεπαγωγές	31
Προσεγγιστικός συλλογισμός	32
Ασαφείς ελεγκτές	33
Ασαφοποίηση εισόδων	33
Μηχανισμός συμπερασμού	33
Αποασαφοποίηση εξόδων	35
Ανάλυση κανόνων	35
Συναρτήσεις συμμετοχής	35
Ασαφής λογική και προβλέψεις.....	36
Νευρωνικά δίκτυα	39
Ιστορία.....	39
Η δομή-σύντομη περιγραφή.....	39
Συναρτήσεις ενεργοποίησης.....	41
Αρχιτεκτονικές Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων	41
Εκπαίδευση-μάθηση	42
Νευρωνικά δίκτυα και προβλέψεις	44
Νεύρο-ασαφή συστήματα (υβριδικά συστήματα).....	50
Χρήσιμες Πληροφορίες	50
Εφαρμογές.....	54
Προσαρμοστικό νεύρο-ασαφές σύστημα (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System - ANFIS).....	57
Το μοντέλο PATSOS.....	59
Παράμετροι λειτουργίας.....	60
Ορίζοντας πρόβλεψης.....	60
Τα δεδομένα εκπαίδευσης	61
Η εκπαίδευση	62
Τρόποι αξιολόγησης των αποτελεσμάτων	62

Στην πράξη.....	63
Αποτελέσματα κατά την εκτέλεση του μοντέλου	65
Αποτελέσματα για μία συγκεκριμένη μετοχή	65
Σύγκριση αποτελεσμάτων για το σύνολο των μετοχών	77
Αριθμός δεδομένων εκπαίδευσης	77
Αριθμός συνεδριάσεων για την αξιολόγηση του μοντέλου	77
Επιτυχία πρόβλεψης του ελεγκτή	78
Επιτυχία πρόβλεψης ελεγκτή. Αναλυτική παρουσίαση.....	79
Επιτυχία πρόβλεψης της διαδικασίας	80
Επιτυχία πρόβλεψης διαδικασίας. Αναλυτική παρουσίαση	81
MSE γενική επισκόπηση	82
MSE αναλυτική παρουσίαση.....	83
RMSE γενική επισκόπηση.....	84
RMSE αναλυτική παρουσίαση.....	85
MAE γενική επισκόπηση	86
MAE αναλυτική παρουσίαση	87
Πλήθος αγορών και πωλήσεων που έγιναν	88
Το μέγεθος ROE (return of equity)	89
ROE γενική επισκόπηση	89
Εξάρτηση ROE από αριθμό συναρτήσεων συμμετοχής.....	90
Εξάρτηση ROE από αριθμό εποχών εκπαίδευσης	92
Διαφορά ROE-B&H	93
Ποσοστό της απόδοσης της επένδυσης.....	94
Συμπεράσματα	95
Επίλογος.....	96
Βιβλιογραφία	i
Ιστοσελίδες.....	i
Βιβλία – Ερευνητικές εργασίες	i
Λοιπές Πηγές.....	i
Δεδομένα.....	i
Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων	ii

Εισαγωγή

Η ανθρώπινη ιστορία σε θέματα πρόβλεψης είναι μακρά και πλούσια. Από το πέταγμα των πουλιών μέχρι την χρήση χαοτικών μοντέλων, ο σκοπός είναι ένας: η γνώση. Το ρητό η γνώση είναι δύναμη ισχύει εφόσον η γνώση που παρέχεται είναι έγκαιρη, έγκυρη και μη πλεονάζουσα.

Η πρόβλεψη με χρήση οικονομικών χρονολογικών σειρών είναι πολύ δημοφιλής στους ερευνητές. Τα πιθανά οφέλη από τη βελτίωση της πρόβλεψης είναι πολύ σημαντικά. Ακόμα και μια μικρή βελτίωση των αποτελεσμάτων της πρόβλεψης μπορεί να είναι πολύ κερδοφόρα για μία επιχείρηση. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές σε οικονομικά προβλήματα, όπως η πρόβλεψη των τιμών του συναλλάγματος, των δεικτών της αγοράς, των εμπορευμάτων και των τιμών των μετοχών. Χρηματιστηριακές εταιρείες, ιδιώτες, επενδυτικές τράπεζες και άλλοι Χρηματοοικονομικοί οργανισμοί καταναλώνουν πολύτιμο χρόνο για τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης.

Σκοπός της εργασίας είναι να επιδείξει τις ικανότητες ενός νεύρο-ασαφούς συστήματος σε περιόδους χρηματοοικονομικών κρίσεων. Ένα σύστημα που μπορεί να προβλέπει την τάση στην αγορά με επιτυχία πάνω από 60% προσφέρει σημαντικές ευκαιρίες κέρδους ή, στην χειρότερη περίπτωση, περιορισμού των απωλειών.

Αρχικά παρουσιάζεται η πρόβλεψη ως έννοια. Ακολουθεί μια αναφορά στις χρονοσειρές, που αποτελούν τον θεμέλιο λίθο στις μεθόδους για την παραγωγή προβλέψεων. Αναφέρονται διάφοροι μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών προλογίζοντας, με αυτό τον τρόπο, την έννοια της εύκαμπτης υπολογιστικής. Τεχνικές εύκαμπτης υπολογιστικής χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή γνώσης. Η παραπάνω πρόταση ισχύει και για την περίπτωση των χρηματοοικονομικών κρίσεων.

Οι οικονομικές κρίσεις είναι κομμάτι της ιστορίας, προκαλώντας αλλαγές, μικρής ή μεγάλης έκτασης. Μία μεγάλη και ενιαία θεωρία που να βρίσκει τα αίτια και να εξηγεί τις όποιες επιπτώσεις δεν υπάρχει. Αποτέλεσμα αυτού, η μη ύπαρξη κάποιου συγκεκριμένου μοντέλου που να μπορεί να προβλέψει, να αναλύσει και ερμηνεύσει τις κρίσεις. Η ύπαρξη εμπειρικών κανόνων, οι οποίοι ανταποκρίνονται στα γεγονότα και η πολυπλοκότητα των σχέσεων των αγορών ωθούν στην χρήση μεθόδων όπως η ασαφής λογική, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα ή συνδυασμός αυτών για την εξαγωγή προβλέψεων και συμπερασμάτων.

Η ασαφής λογική και τα νευρωνικά δίκτυα έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όπως άλλωστε κάθε υπάρχουσα και μη τεχνική ανάλυσης. Αναλόγως τις περιπτώσεις που θα εφαρμοστούν, μπορεί να δώσουν εκπληκτικά αποτελέσματα ή απλά μπορεί να αποτύχουν. Συνδυασμός των δύο μπορεί να περιέχει όλα τα πλεονεκτήματα περιορίζοντας ταυτόχρονα τα όποια μειονεκτήματα.

Σε αυτό το σημείο εμφανίζεται το νεύρο-ασαφές μοντέλο PATSOS. Η χρήση ασαφών εισόδων σε ένα νευρωνικό δίκτυο και η προσαρμογή του εύρους των συναρτήσεων συμμετοχής και των συναπτικών βαρών μέσω μιας συνεχούς διαδικασίας μάθησης δίνει, όπως θα φανεί παρακάτω, υψηλά ποσοστά επιτυχίας πρόβλεψης άρα και δυνατότητας κέρδους. Στον αντίποδα των πλεονεκτημάτων του μοντέλου βρίσκεται η απαίτηση για πλήθος δοκιμών με σκοπό την εύρεση των κατάλληλων παραμέτρων για την βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

Το μοντέλο δοκιμάστηκε για ένα σύνολο δέκα μετοχών και τεσσάρων περιόδων οικονομικών κρίσεων. Σκοπός ήταν η δοκιμή σε ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων και σε περιόδους κλιμάκωσης της κρίσης.

Προβλέψεις

-Αν μπορούσες να διαλέξεις τι θα επέλεγες: το χρήμα, την δύναμη, τη ευτυχία ή την ικανότητα να προβλέπεις το μέλλον;

-Να προβλέπω το μέλλον. Έτσι θα γίνω πλούσιος. Τα πλούτη θα μου φέρουν δύναμη και τότε θα είμαι ευτυχισμένος.

Η παραπάνω στιχομυθία αναλύει πλήρως την σημασία της γνώσης για το μέλλον. Το όνειρο να μπορεί κάποιος να προβλέπει το μέλλον μετράει χιλιάδες χρόνων στην ανθρώπινη ιστορία. Χρησμοί, κάρτες ταρώ, αστρολογία και πολλοί άλλοι αποτέλεσαν, και συνεχίζουν να αποτελούν, αποδεκτούς, από τον περισσότερο κόσμο, τρόπους πρόβλεψης. Στην πράξη όλα τα παραπάνω ήταν ένας τρόπος έκφρασης υποσυνείδητων κρίσεων.

Ο άνθρωπος αισθάνεται την ανάγκη να γνωρίζει το μέλλον. Η επιθυμία αυτή, στις περισσότερες των περιπτώσεων, εστιάζεται σε προσωπικά οφέλη, υλικά ή άυλα. Από επιστημονικής πλευράς η μελλοντολογία αναφέρεται ως τεχνικές πρόγνωσης που βασίζονται στην ανάλυση παλαιότερων δεδομένων. Η πρόβλεψη αναφέρεται ως υπολογισμός, η μοίρα ως φυσικοί νόμοι και τα τυχαία γεγονότα ως στατιστικές διακυμάνσεις. Εφόσον εξαχθεί μια νομοτελειακή σχέση, ελέγχεται η ισχύς της σε μελλοντικά δεδομένα. Αναλόγως το αποτέλεσμα γίνεται δεκτή, απορρίπτεται ή βελτιώνεται.

Η δημοφιλέστερη μέθοδος πρόβλεψης είναι η μέθοδος των χρονοσειρών. Ως χρονοσειρά ορίζουμε μια ακολουθία γεγονότων που λαμβάνεται σε κανονικά χρονικά διαστήματα. Με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, αναλύονται τα δεδομένα σε μια τάση, κυκλική συνιστώσα, μια εποχική παρέκκλιση και μια απομένουσα “ανεξήγητη διακύμανση”, εξάγοντας με αυτό τον τρόπο μια πρόβλεψη. Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ο αυτοματισμός. Εισάγεις τα δεδομένα, πατάς μερικά πλήκτρα και έχεις κάποιο αποτέλεσμα. Το ενδιαφέρον στην υπόθεση είναι ότι οι απλές στατιστικές μέθοδοι στις αναλύσεις των χρονοσειρών έχουν τουλάχιστον όση επιτυχία έχουν και οι αντίστοιχες πολύπλοκες¹.

Πρόβλεψη για τις τιμές των μετοχών θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί εφαρμόζοντας στατιστικές μεθόδους στις εκάστοτε χρονοσειρές. Εντούτοις, υπήρξαν έρευνες που κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συσχέτιση μεταξύ των χρονολογικών σειρών είναι οικονομικά και στατιστικά ασήμαντη, διότι οι τιμές ακολουθούν τυχαία πορεία (Hawawini, 1995). Σε αυτό το σημείο εμφανίζεται η θεωρία της “Υπόθεσης της Αποτελεσματικής Αγοράς” (Efficient Market Hypothesis-EMH). Σύμφωνα με την EMH, η τρέχουσα τιμή μιας μετοχής αποτυπώνει ανά πάσα χρονική στιγμή κάθε πληροφορία που κατέχουν οι επενδυτές. Καθώς νέες πληροφορίες γνωστοποιούνται, η ανισορροπία του συστήματος επαναφέρεται και λειτουργεί ο μηχανισμός αλλαγής της τιμής της μετοχής, ώστε η νέα πληροφορία να αντανακλάται πλήρως στην τιμή της μετοχής (Fama, 1965). Σύμφωνα με τη θεωρία της EMH, υπάρχουν τρεις μορφές αποτελεσματικής αγοράς: η εσωτερική πληροφόρηση (strong-form), η μέτριας έντασης (semi-strong) και η ήπια μορφή (weak-form).

Η μορφή της εσωτερικής πληροφόρησης της EMH υποστηρίζει ότι όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες ενσωματώνονται άμεσα στην τιμή της μετοχής.

Η μορφή της μέτριας έντασης της EMH υποστηρίζει ότι όλες οι πληροφορίες που δημοσιοποιούνται αντανακλώνται άμεσα στην τιμή της μετοχής, αλλά οι επενδυτές που κατέχουν εσωτερική πληροφόρηση μπορούν να αποκομίσουν κέρδη από τη χρήση αυτών των πληροφοριών.

1 Spyros Makridakis 1982

Η ήπια μορφή της ΕΜΗ υποστηρίζει ότι κάθε πληροφορία που προέρχεται από τις παρελθοντικές τιμές της μετοχής αντανακλάται στην τιμή της (Fama, 1991, Haugen, 1997). Οι παρελθοντικές τιμές είναι δημοσιοποιημένη πληροφορία η οποία συνεπάγεται ότι η ήπια μορφή είναι μια εξειδίκευση της μορφής της μέτριας έντασης, η οποία είναι μια εξειδίκευση της μορφής της εσωτερικής πληροφόρησης της ΕΜΗ.

Σύμφωνα με την ήπια μορφή η τιμή της μετοχής δεν μπορεί να προβλεφθεί βασιζόμενη μόνο στις παρελθοντικές τιμές λόγω της τυχαίας πορείας των τιμών των μετοχών. Αυτό σημαίνει ότι οι μελλοντικές αλλαγές των τιμών δεν μπορούν να προβλεφθούν με τη χρήση πληροφοριών από τις παρελθοντικές τιμές, ακόμα και αν υπάρχει εσωτερική πληροφόρηση. Παρόλα αυτά, πολλοί χρηματιστές, οικονομικοί αναλυτές, ιδιώτες επενδυτές και διάφοροι άλλοι χρηματιστηριακοί επενδυτές είναι πεπεισμένοι ότι στατιστικά μπορούν να προβλέψουν τιμές μετοχών και να πραγματοποιήσουν κέρδη. Για το λόγο αυτό πολλοί ερευνητές έχουν αναπτύξει μοντέλα τα οποία προβλέπουν τις τιμές μετοχών και άλλων χρηματοοικονομικών προϊόντων. Γενικά, υπάρχουν δύο προσεγγίσεις στην πρόβλεψη των τιμών των μετοχών: η θεμελιώδης ανάλυση και η τεχνική ανάλυση.

Η θεμελιώδης ανάλυση βασίζεται σε μακροοικονομικά δεδομένα, όπως οι εξαγωγές και οι εισαγωγές, η προσφορά και η ζήτηση χρήματος, τα επιτόκια, ο πληθωρισμός οι τιμές συναλλάγματος, η ανεργία καθώς και βασικά οικονομικά στοιχεία της επιχείρησης όπως τα μερίσματα, τα κέρδη, η ταμειακή ροή, η σχέση της λογιστικής με τη χρηματιστηριακή αξία της επιχείρησης, η σχέση τιμή προς κέρδη ανά μετοχή, οι προηγούμενες αποδόσεις της εταιρείας, το μέγεθος της εταιρείας, κλπ.

Η τεχνική ανάλυση βασίζεται στη λογική ότι η ιστορία επαναλαμβάνεται και ότι η συσχέτιση μεταξύ τιμών και όγκου συναλλαγών αποκαλύπτει τις κινήσεις των τιμών των μετοχών. Η πρόβλεψη λαμβάνει υπόψη μορφοδιατάξεις κρυμμένες σε προηγούμενες συμπεριφορές της αγοράς και αναλύει τις μορφοδιατάξεις και τις τάσεις οι οποίες απεικονίζονται σε διαγράμματα τιμών και όγκων. Οι επενδυτές, χρησιμοποιώντας τεχνική ανάλυση, προσπαθούν να «πιάσουν» την ψυχολογία και την απόκριση των άλλων επενδυτών σε μορφή συγκεκριμένων σχηματισμών και κινήσεων των τιμών. Δεν λαμβάνει υπόψη παράγοντες, όπως το οικονομικό περιβάλλον, τα πολιτικά γεγονότα, την κυβερνητική πολιτική, την τάση της βιομηχανίας και άλλους παράγοντες που χρησιμοποιεί η θεμελιώδης ανάλυση, καθώς αυτοί οι παράγοντες ενσωματώνονται και αντανακλώνται στις τιμές. Το ενδιαφέρον στην τεχνική ανάλυση είναι η ιστορική κίνηση των τιμών και οι δυνάμεις της προσφοράς και της ζήτησης οι οποίες τις επηρεάζουν. Η τεχνική ανάλυση αγνοεί εντελώς την ΕΜΗ. Ο έλεγχος της ήπιας μορφής της ΕΜΗ βασίζεται στην εξέταση εάν υπάρχουν μεγαλύτερες αποδόσεις των επενδυμένων κεφαλαίων με τη χρήση της τεχνικής ανάλυσης.

Επειδή η τεχνική ανάλυση έχει πολλούς δείκτες και θεωρίες, οι αναλυτές θα πρέπει να επιλέξουν μερικούς από αυτούς, ώστε να τους χρησιμοποιήσουν ως εργαλείο για την πρόβλεψη μετοχών. Ένας μεγάλος αριθμός μοντέλων έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στην πρόβλεψη μετοχών ή δεικτών χρηματιστηρίων. Τα κυριότερα μοντέλα που χρησιμοποιούνται, πολλά εκ των οποίων συμπεριλαμβάνονται ως πακέτα σε διάφορα προϊόντα λογισμικού είναι: Το γενικευμένο αυτοπαλίνδρομο με συμβατική ετεροσκεδαστικότητα μοντέλο (GARCH), το αυτοπαλίνδρομο (AR), το υπόδειγμα του κινούμενου μέσου όρου (MA) και ο εκθετικός- σταθμικός κινούμενος μέσος όρος (EWMA), το αυτοπαλίνδρομο ολοκληρωμένο υπόδειγμα κινητών μέσων (ARIMA) και το μη ολοκληρωμένο (ARMA), ο “τυχαίος περίπατος” (RW), τα γραμμικά και μη γραμμικά παλίνδρομα μοντέλα (linear and non-linear regressive models), η μέθοδος αγορά και διακράτησης (B&H) και τα μοντέλα στοχαστικής μεταβλητότητας (stochastic volatility models) (SV). Επίσης, υπάρχουν και επεκτάσεις των ανωτέρω μοντέλων, όπως το ARFIMA, το FIGARCH και το ARFIMA-FIGARCH. Δύο ακόμα μοντέλα που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι: το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο εξομαλούμενης μετάβασης (STAR) και το αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (Shelf-Exciting Threshold Autoregressive

model) (SETAR). Ως λιγότερο δημοφιλείς τεχνικές μπορούν να θεωρηθούν το διανυσματικό αυτοπαλίνδρομο μοντέλο και το μοντέλο cross-sectional.

Οι τιμές των μετοχών περιέχουν εξαιρετικά μη γραμμικές σχέσεις γεγονόσ που οδηγεί στην χρήση τεχνικών εύκαμπτης υπολογιστικής. Η εύκαμπτη υπολογιστική δίνει λύσεις σε επιστημονικά προβλήματα που έχουν υψηλό επίπεδο αβεβαιότητας και ανακρίβειας, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως τα νευρωνικά δίκτυα, την ασαφή λογική, τα νεύρο-ασαφή συστήματα, τους γενετικούς αλγόριθμους και τεχνικές βελτιστοποίησης χωρίς τη χρήση παραγώγων (derivative free optimization techniques).

Τα κύρια χαρακτηριστικά της εύκαμπτης υπολογιστικής είναι: η ενσωμάτωση της ανθρώπινης εμπειρίας, η δημιουργία μοντέλων βασιζόμενη σε βιολογικά χαρακτηριστικά, νέες τεχνικές βελτιστοποίησης, νέοι αριθμητικοί υπολογισμοί, νέες περιοχές εφαρμογής και εφαρμογές σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Εύκαμπτη υπολογιστική (soft computing)

Γνωρίζοντας τη συμπεριφορά που έχει εμφανίσει ένα σύστημα κατά το παρελθόν, υπάρχει η δυνατότητα να επιτευχθεί μία ασφαλής πρόγνωση για τη συμπεριφορά που θα εμφανίσει το σύστημα αυτό στο μέλλον. Η ανάλυση χρονολογικών σειρών δυναμικών συστημάτων είναι ένας από τους πλέον δραστήριους και σημαντικούς τομείς των Εφαρμοσμένων Επιστημών. Όταν η χρονική εξέλιξη ενός συστήματος είναι κανονική, δηλαδή περιοδική, και επομένως προβλέψιμη, δεν υφίσταται λόγος ιδιαίτερης ανάλυσης ή ελέγχου της συμπεριφοράς της. Όταν όμως μία χρονολογική σειρά που προκύπτει από μία δυναμική διαδικασία είναι ακανόνιστη και απρόβλεπτη, το ζήτημα της κατανόησης και πρόγνωσης της εξέλιξής της παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία. Η κλασική προσέγγιση και διερεύνηση τέτοιων μη κανονικών χρονολογικών σειρών στηρίζεται στην υπόθεση ότι αυτές προέρχονται από μία τυχαία ή στοχαστική διαδικασία η οποία διέπεται από ένα αυθαίρετα μεγάλο αριθμό μεταβλητών ανεξάρτητων μεταξύ τους. Τα τελευταία 25 χρόνια όμως έχει αναπτυχθεί μία νέα μεθοδολογία ανάλυσης χρονολογικών σειρών, η οποία βασίζεται στις μαθηματικές έννοιες και στις τεχνικές της μη γραμμικής δυναμικής.

Η εύκαμπτη υπολογιστική είναι μια αναπτυσσόμενη προσέγγιση στην υπολογιστική η οποία συνδυάζει την ικανότητα του ανθρώπινου μυαλού να εξηγεί και να μαθαίνει σε ένα περιβάλλον αβεβαιότητας και ανακρίβειας. Δημιουργήθηκε από τη διαπίστωση ότι για να λυθούν πραγματικά προβλήματα απαιτείται η χρήση έξυπνων συστημάτων που συνδυάζουν γνώση, τεχνικές και μεθοδολογίες από διαφορετικούς τομείς. Αυτά τα έξυπνα συστήματα πρέπει να κατέχουν εξειδικευμένη ανθρώπινη γνώση, να προσαρμόζονται και να μαθαίνουν σε μεταβαλλόμενο περιβάλλον και να εξηγούν πώς παίρνουν αποφάσεις ή πώς ενεργούν.

Ο συνδυασμός των νευρωνικών δικτύων, της ασαφούς λογικής και των γενετικών αλγορίθμων, ως μεθοδολογίες, αποτελεί τον πυρήνα της εύκαμπτης υπολογιστικής. Οι συνέργειες από το συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων επιτρέπουν στην εύκαμπτη υπολογιστική να ενσωματώνει ανθρώπινη γνώση αποτελεσματικά, σε συνθήκες ανακρίβειας και αβεβαιότητας, να μαθαίνει και να προσαρμόζεται στο άγνωστο και μεταβαλλόμενο περιβάλλον, ώστε να επιτυγχάνει καλύτερα αποτελέσματα.

Τα χαρακτηριστικά της εύκαμπτης υπολογιστικής είναι τα παρακάτω:

1. Ανθρώπινη εξειδίκευση: Η εύκαμπτη υπολογιστική συνδυάζει την ανθρώπινη εξειδίκευση σε μορφή “if-then” (εάν - τότε) κανόνων καθώς και συμβατικές αναπαραστάσεις γνώσεων, για να λύσει πρακτικά προβλήματα.
2. Υπολογιστικά μοντέλα επηρεασμένα από τη βιολογία: Επηρεασμένα από τη βιολογία, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται ευρέως στην εύκαμπτη υπολογιστική για να διαχειριστούν αντιλήψεις, να αναγνωρίσουν μορφοδιατάξεις και να λύσουν μη γραμμικά προβλήματα πρόβλεψης, παλινδρόμησης και ταξινόμησης.
3. Νέες τεχνικές βελτιστοποίησης: Η εύκαμπτη υπολογιστική χρησιμοποιεί καινοτόμες τεχνικές βελτιστοποίησης από διάφορους τομείς, όπως οι γενετικοί αλγόριθμοι και η προσομοιωμένη απόδοση.
4. Αριθμητικοί υπολογισμοί: Η εύκαμπτη υπολογιστική βασίζεται κυρίως στην αριθμητική υπολογιστική (numerical computation) σε αντίθεση με την τεχνητή νοημοσύνη που χρησιμοποιεί συμβολικές πράξεις.
5. Νέοι τομείς εφαρμογής: Λόγω της αριθμητικής υπολογιστικής, η εύκαμπτη υπολογιστική έχει εφαρμογή σε νέους τομείς, όπως είναι η προσαρμοστική επεξεργασία σήματος, ο προσαρμοστικός έλεγχος, η μη γραμμική μοντελοποίηση, η μη γραμμική παλινδρόμηση και η αναγνώριση μορφοδιατάξεων.

6. Εκτεταμένη υπολογιστική: Η εύκαμπτη υπολογιστική χρησιμοποιεί υψηλές υπολογιστικές ταχύτητες για την εύρεση κανόνων ή δεδομένων.
7. Ελεύθερη μάθηση του μοντέλου: Τα νευρωνικά δίκτυα και τα ασαφή συστήματα έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν μοντέλα μόνο από παρατηρήσεις που χρησιμοποιούνται ως συστήματα-στόχοι.
8. Ανοχή σφαλμάτων: Και τα νευρωνικά δίκτυα και τα ασαφή συστήματα συμπερασμού έχουν ανοχή σε σφάλματα. Η καταστροφή ενός νευρώνα στα νευρωνικά δίκτυα ή η καταστροφή ενός κανόνα στα ασαφή συστήματα συμπερασμού δεν καταστρέφει απαραίτητα το όλο σύστημα. Αντίθετα, το σύστημα συνεχίζει να είναι αποδοτικό εξαιτίας της παράλληλης αρχιτεκτονικής, αλλά η ποιότητα της απόδοσης χειροτερεύει.
9. Χαρακτηριστικά οδηγούμενα από το στόχο: Τα νεύρο-ασαφή συστήματα και τα νευρωνικά δίκτυα οδηγούνται από το στόχο, καθώς δεν είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το μονοπάτι μέσω του οποίου το σύστημα οδηγείται από τη μία κατάσταση στην άλλη.
10. Εφαρμογές στον πραγματικό κόσμο: τα περισσότερα προβλήματα στον πραγματικό κόσμο είναι μεγάλης κλίμακας και αναπόφευκτα ενσωματώνουν αβεβαιότητες που δεν μπορούν να μοντελοποιηθούν από τις συμβατικές τεχνικές. Η εύκαμπτη υπολογιστική είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, η οποία χρησιμοποιεί ειδικές τεχνικές με υποεργασίες, για να δημιουργήσει γενικά αποδεκτές και ικανοποιητικές λύσεις σε προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

Οικονομική κρίση

Ορισμός

Οι κρίσεις δεν αποτελούν φαινόμενο που παρουσιάζεται σποραδικά και σε συγκεκριμένες δραστηριότητες. Αντίθετα μπορούν να εντοπισθούν κρίσεις μικρής ή μεγάλης κλίμακας στην καθημερινή ζωή. Καθώς οι κρίσεις υφίστανται σε πολλούς παραγωγικούς κλάδους έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης πολλών θεωρητικών επιστημόνων, οι οποίοι επιχείρησαν να δώσουν κάποιους ορισμούς.

Το Ινστιτούτο διαχείρισης Κρίσεων (Institute of Crisis Management) ορίζει την κρίση: “ως μια αξιοσημείωτη διατάραξη εργασιών, η οποία πυροδοτεί εκτεταμένη κάλυψη από τα ΜΜΕ. Η δημόσια εξέταση που προκύπτει από την κρίση θα επηρεάσει τις συνήθεις λειτουργίες του οργανισμού και μπορεί να έχει πολιτικό, νομικό, οικονομικό και κυβερνητικό αντίκτυπο στις εργασίες του”.

Ο συγγραφέας Glessen αναφέρει ότι “η κρίση είναι μια ουσιαστική αλλαγή σε μια σημαντική μεταβλητή, η οποία θέτει σε κίνδυνο ή καταστρέφει μέρος ή όλο το Σύστημα”.

Ο συγγραφέας Coombs αναφέρει ως κρίση τα απρόοπτα γεγονότα, τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν αρνητικά ή ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Όλοι οι ορισμοί που παρατέθηκαν, παρά τις όποιες διαφορές τους, συγκλίνουν σε ένα σημείο: **την έννοια της διατάραξης των εργασιών ενός οργανισμού, καθώς και τις αρνητικές επιπτώσεις που ενδεχομένως επιφέρει αυτή η διατάραξη.**

Ο όρος οικονομική κρίση χρησιμοποιείται ευρέως σε ένα σύνολο καταστάσεων, στις οποίες οικονομικά ιδρύματα ή οικονομικά προϊόντα χάνουν σημαντικό τμήμα της αξίας τους. Συνήθως οι οικονομικές κρίσεις συνδέονται με προβλήματα στον τραπεζικό κλάδο και συμβαίνουν σε εποχές ύφεσης. Ο όρος κρίση αποδίδεται και σε περιπτώσεις κατάρρευσης του χρηματιστηρίου, προβλήματα αγοράς συναλλάγματος ή άλλων παραγώγων.

Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος από θεωρίες με θέμα την εμφάνιση, τα αίτια, την επιδείνωση, την αποτροπή ακόμα και την μετάδοση των κρίσεων.

Αίτια

Με λίγα λόγια

Οι σύγχρονες θεωρίες μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις σχολές. Πρώτον, υπάρχουν οι υποστηρικτές των κλασικών οικονομικών: μονεταριστές, η αυστριακή σχολή και η νεοκλασική οικονομική θεωρία, όλες εκ των οποίων επικεντρώνονται στις μακροοικονομικές επιπτώσεις στο χρηματικό απόθεμα και στην προσφορά χρυσού που στήριζε πολλά νομίσματα προτού γενικευθεί η κρίση, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής και της κατανάλωσης.

Κατά δεύτερον, υπάρχουν πολλές δομικές θεωρίες, πιο γνωστή από τις οποίες η Κεϋνσιανή, αλλά και η σχολή των θεσμικών οικονομικών, που τονίζουν την υποκατανάλωση και την υπερεπένδυση (οικονομική φούσκα), προκλητική συμπεριφορά των τραπεζικών παραγόντων και βιομηχάνων, ή ανεπαρκείς κρατικοί λειτουργοί. Όταν ο πανικός ξεκίνησε και ακολούθησε η ύφεση, πολλοί πίστεψαν ότι μπορούσαν να διασώσουν τα χρήματά τους παραμένοντας μακριά από την αγορά, καθώς οι τιμές υποχωρούσαν έτσι ώστε ένα δεδομένο ποσοστό χρημάτων να μπορούσε να αγοράσει περισσότερα αγαθά.

Σε τρίτο επίπεδο, υπάρχει η μαρξιστική κριτική για την πολιτική οικονομία. Η κριτική αυτή εστιάζεται σε αντιφάσεις του ίδιου του καπιταλισμού, μια κοινωνική αντιπαλότητα ως προς την οικειοποίηση της υπεραξίας του κεφαλαίου, καθώς προαγόταν μια έμφυτη ανισορροπία στη συσσώρευσή του, με υπερβολική συσσώρευση που κλιμακωνόταν μέχρι τις περιοδικές κρίσεις που το απομείωναν. Η προέλευση της κρίσης, ως εκ τούτου, εντοπίζεται αμιγώς στη σφαίρα της παραγωγής, αν και η οικονομική κρίση δύναται να επιδεινωθεί από προβλήματα δυσαναλογίας στην υπερπαραγωγή στη βιομηχανία και συναφείς παραγωγικούς τομείς, καθώς και στην υποκατανάλωση του λαού.

Υπερβολικός Δανεισμός

Ο υπερβολικός δανεισμός θεωρείται μία από τις αιτίες της μεγάλης κρίσης. Μακροοικονομολόγοι, όπως ο Μπεν Μπερνάνκε, πρόεδρος της Κεντρικής Τράπεζας των ΗΠΑ, επανέφεραν την άποψη της σχέσης χρέους-ύφεσης που πρώτο-διατυπώθηκε από τον Ίρβινγκ Φίσερ. Ο τελευταίος συνέδεσε την χαλαρή πίστωση με την υπερχρέωση, κάτι που προλείανε το έδαφος για κερδοσκοπικά παιχνίδια και επενδυτικές φούσκες. Επιπλέον, ο Μπερνάνκε προχώρησε στην ενοχοποίηση εννέα αλληλοσχετιζόμενων παραγόντων υπό συνθήκες χρέους και ύφεσης για να διευκρινίσει το μηχανισμό της αποτυχίας.

Υποθέτοντας πως σε κάποιο δεδομένο χρονικό διάστημα παρουσιάζεται μια κατάσταση υπερχρέωσης, το γεγονός αυτό θα οδηγήσει σε ρευστοποίηση, είτε λόγω της ανησυχίας των πιστωτών, είτε των δανειοληπτών ή και των δύο. Τότε μπορούμε να εξαγάγουμε την ακόλουθη συμπερασματική αλυσίδα που απαρτίζεται από εννέα κρίκους:

Ρευστοποίηση των χρεών που οδηγεί σε εν θερμό πωλήσεις.

Συστολή των νομισματικών αποθεμάτων, καθώς τα τραπεζικά δάνεια αποπληρώνονται και περιορίζεται η ταχύτητα διακίνησης.

Πτώση στα επίπεδα των τιμών, με άλλα λόγια, μια φούσκα του δολαρίου. Συμπεραίνοντας, όπως ανεφέρθη και ανωτέρω, πως αυτή η πτώση δε σχετίζεται με ανατίμηση, πρέπει να ακολουθήσει:

μια ακόμη μεγαλύτερη πτώση στην καθαρή αξία των επιχειρήσεων προκαλώντας πτωχεύσεις και μια παρόμοια πτώση στα κέρδη, η οποία σε ένα καπιταλιστικό μοντέλο μιας κοινωνίας των ατομικών εσόδων, οδηγεί σε ανησυχία η οποία οδηγεί σε:

Μείωση της παραγωγής, των συναλλαγών και της εργασίας. Αυτές οι απώλειες, οι πτωχεύσεις και η ανεργία, οδηγούν σε:

Απαισιοδοξία έλλειψη αυτοπεποίθησης, η οποία εν συνεχεία οδηγεί σε Αποταμίευση και λιγότερη διακίνηση χρήματος. Οι οκτώ αναφερθείσες μεταβολές προκαλούν:

Περίπλοκες στρεβλώσεις στα επιτόκια δανεισμού και συγκεκριμένα, μια πτώση στα ονομαστικά επιτόκια και στην αξία του χρήματος, συνοδευόμενη από μια αύξηση στα πραγματικά επιτόκια και της αγοραστικής αξίας των εμπορευμάτων.

Οι τράπεζες που είχαν χρηματοδοτήσει τα υπερχρέα άρχισαν να καταρρέουν καθώς οι δανειολήπτες αδυνατούσαν να ανταποκριθούν στις συμβατικές τους υποχρεώσεις και καταθέτες σήκωναν τα χρήματά τους μαζικά από τους λογαριασμούς τους, σχηματίζοντας τραπεζικές ουρές. Κυβερνητικές εγγυήσεις και νομοθετικές ρυθμίσεις της Fed που είχαν σκοπό να αποτρέψουν τέτοιες ουρές πανικού απεδείχθησαν αναποτελεσματικές και σε ορισμένες περιπτώσεις απεφεύχθησαν. Τραπεζικές καταστροφές οδήγησαν στην απώλεια αποθεμάτων εκατομμυρίων δολαρίων. Τα απλήρωτα χρέη κατέστησαν ακόμη πιο επικίνδυνα, καθώς οι τιμές και τα εισοδήματα έπεφταν 20-50%, αλλά τα χρέη παρέμεναν στα ίδια επίπεδα. Μετά την κρίση του 1929 και κατά τη διάρκεια των 10 πρώτων μηνών του 1930, 744 αμερικανικές τράπεζες

κατέρρευσαν, ενώ μέχρι τα τέλη του έτους ανέρχονταν συνολικά στις 9.000. Το 1933, οι καταθέτες είχαν σημειώσει απώλειες \$ 140 δισεκατομμυρίων.

Οι καταρρεύσεις πήραν μορφή χιονοστιβάδας καθώς απελπισμένοι τραπεζίτες απέσυραν δάνεια, τα οποία δεν είχαν χρόνο ή χρήματα οι δανειολήπτες να αποπληρώσουν. Όντα τα μελλοντικά κέρδη χαμηλά, η επένδυση κεφαλαίων και οι κατασκευές περιορίστηκαν ή πάγωσαν τελείως. Εν όψει προβληματικών δανείων και χειροτέρευσης μελλοντικών προγραμμάτων, οι διασωθείσες τράπεζες κατέστησαν ακόμη πιο συντηρητικές στις χορηγήσεις δανείων. Άρχισαν να "κτίζουν" κεφαλαιακά αποθέματα και να περικόπτουν τα δάνεια, εντείνοντας την υποτίμηση του χρήματος. Ένας φαύλος κύκλος σχηματίστηκε, ενώ ακολούθησε και η οικονομική κατρακύλα. Αυτή η αυτοεκπληρούμενη προφητεία προκάλεσε μετέτρεψε την οικονομική ύφεση του 1930 σε μια μεγάλη οικονομική εξαθλίωση μέχρι το 1933.

Ανθρώπινη ψυχολογία

Οι οικονομολόγοι θα πρέπει να μελετούν την ανθρώπινη φύση και ιδιαίτερα τη ψυχική ευφορία και το φόβο. Η ευφορία και η ευεξία είναι οι παράγοντες οι οποίοι κάνουν τον άνθρωπο να δραστηριοποιείται επιχειρηματικά, να επενδύει και να αναλαμβάνει ρίσκο και να καταναλώνει. Όμως η υπερβολική ευφορία και ευεξία κάνει τους ανθρώπους να υπερτιμούν τις δυνατότητες τους, να εκτίθενται υπερβολικά στο δανεικό χρήμα, με αποτέλεσμα η σκληρή πραγματικότητα, κάποια στιγμή να τους προσγειώνει και να μετατρέπει την ευεξία σε φόβο. Ο φόβος είναι η ανθρώπινη αντίδραση όταν απειλείται το αίσθημα της αυτοσυντήρησής του. Η κύρια οικονομική αντίδραση στο φόβο είναι η τάση για αποφυγή ρίσκου, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η επιθυμία του ανθρώπου να επενδύει και να εμπορεύεται (μείωση της κατανάλωσης). Αυτός ο φόβος σήμερα κυριαρχεί στις παγκόσμιες αγορές.

Οι τράπεζες

Οι κεντρικές τράπεζες

Ένας από τους βασικούς ρόλους των κεντρικών τραπεζών είναι η δημιουργία μακροχρόνιας ισορροπίας στις αγορές. Βασικό τους όπλο για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι οι αυξομειώσεις των επιτοκίων με τις οποίες χορηγούν πιστώσεις στις εμπορικές τράπεζες (διατραπεζικά επιτόκια) ώστε να ελέγχουν την προσφορά χρήματος. Σε περίπτωση υπερβολών στις αγορές, αυξάνουν τα επιτόκια ώστε το κόστος του δανείων να γίνει πιο ακριβό, με αποτέλεσμα να μειώνουν την κυκλοφορία χρήματος, ώστε να μειωθεί η ζήτηση και αντίστοιχα να μειωθούν οι τιμές στις αγορές. Το εγχείρημα αυτό απαιτεί μεγάλη προσοχή και εμπειρία όσον αφορά το σωστό χρόνο και το μέγεθος μεταβολής του επιτοκίου. Διαφορετικά, μη κατάλληλοι χειρισμοί, θα οδηγήσουν σε απότομες και επικίνδυνες μεταβολές των αγορών.

Μέχρι τις αρχές το 2007 η Fed των ΗΠΑ ανέβασε το επιτόκιο δανεισμού από 1% (το 2004) στο 5,25% για να αντιμετωπίσει τις ανοδικές υπερβολές στις τιμές των ακινήτων. Αυτές οι διαδοχικές αυξήσεις έχοντας εξαφανίσει τη φθηνή πίστωση, ήταν η γενεσιουργός αιτία πίσω από την κρίση στην αγορά subprime (μειωμένης εξασφάλισης) δανείων, η οποία με τη σειρά της προκάλεσε το ντόμινο στις χρηματοπιστωτικές αγορές.

Οι εμπορικές τράπεζες

Μια από τις βασικές λειτουργίες των εμπορικών τραπεζών είναι η χορήγηση δανείων και δη στεγαστικών δανείων. Οι εμπορικές τράπεζες πωλούσαν αυτά τα δάνεια στις επενδυτικές τράπεζες. Η πώληση των δανείων σε τρίτους είχε ως αποτέλεσμα τη χαλάρωση των όρων δανειοδοτήσεων καθώς οι εμπορικές τράπεζες μεταπωλούσαν άμεσα και εισέπρατταν το προϊόν του δανείου. Άρα δεν υπήρχε κίνδυνος να χάσουν χρήματα, ακόμα και στις περιπτώσεις που χορηγούσαν δάνεια μειωμένης εξασφάλισης (sub-prime loans), πράγμα το οποίο αποτελούσε κίνητρο για περαιτέρω χαλάρωση των όρων δανειοδότησης.

Οι επενδυτικές τράπεζες

Μια από τις βασικές λειτουργίες των επενδυτικών τραπεζών είναι να επενδύουν σε στοιχεία ενεργητικού (ακίνητα, ομόλογα, μετοχές, κλπ.) και να δημιουργούν κέρδη από τις αποδόσεις και τις υπεραξίες. Αποτέλεσαν τους κυριότερους πελάτες των εμπορικών τραπεζών, από τις οποίες αγόραζαν μαζικά στεγαστικά δάνεια. Τα δάνεια αυτά τα δομούσαν σε ομόλογα-χρεόγραφα (δομημένα ομόλογα) και τα πωλούσαν σε άλλους επενδυτές (hedge funds, ασφαλιστικά ταμεία, κλπ). Μια από τις Αμερικάνικες στεγαστικές τράπεζες (τριτεγγυητής στεγαστικών δανείων) ήταν η Fannie Mae (Federal National Association- Εθνική Ομοσπονδιακή Ένωση Στεγαστικών Δανείων) η οποία δημιουργήθηκε από το κογκρέσο το 1938 λόγω της μεγάλης κρίσης του 1929, για να αγοράζει στεγαστικά δάνεια από τις εμπορικές τράπεζες ώστε αυτές να έχουν πάντα χρήματα για να συνεχίζουν να δανείζουν την αγορά.

Η αμερικάνικη κυβέρνηση την μετέτρεψε σε ιδιωτική τράπεζα το 1968 και το 1970 δημιούργησε μια νέα ανταγωνιστική τράπεζα την Freddie Mac (Federal Home Loan Mortgage - Ομοσπονδιακή εταιρία Στεγαστικών Δανείων) η οποία λειτουργούσε με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια. Οι δύο εταιρίες λειτουργούσαν με αυστηρά κριτήρια και αγόραζαν μόνο αξιόπιστα στεγαστικά δάνεια από τις εμπορικές τράπεζες. Οπότε οι εμπορικές τράπεζες, με τη σειρά τους τηρούσαν αυστηρούς όρους χορήγησης των στεγαστικών δανείων προκειμένου να μπορούν να τα πωλούν στις δύο παραπάνω τράπεζες.

Το 1999 κατόπιν πιέσεων της κυβέρνησης Κλίντον οι δύο παραπάνω τράπεζες άρχισαν να χαλαρώνουν τους αυστηρούς όρους και αγόραζαν στεγαστικά δάνεια χαμηλής εξασφάλισης (sub-prime loans). Ουσιαστικά προκειμένου η τότε κυβέρνηση να δώσει στέγη σε φτωχές οικογένειες, υποχρέωσε τις δύο τράπεζες να αγοράζουν δάνεια τα οποία είχαν δώσει οι εμπορικές τράπεζες με μειωμένες εξασφαλίσεις. Ήδη από το 2003 είχαν ξεκινήσει προσπάθειες για τον περιορισμό των υπερβάσεων των δύο αυτών εταιριών, οι οποίες δεν καρποφόρησαν και έτσι οδηγήθηκαν σε κατάρρευση, με αποτέλεσμα πρόσφατα, η αμερικάνικη κυβέρνηση να αποκτήσει τον έλεγχό τους. Έτσι οι εμπορικές τράπεζες δεν είχαν κίνδυνο και έδιναν ακόμα περισσότερα δάνεια χαμηλής εξασφάλισης καθώς σίγουρα κάποιοι επενδυτές θα τα αγόραζαν.

Τα hedge funds

Τα hedge funds είναι επενδυτικές εταιρίες οι οποίες συγκεντρώνουν χρήματα από επενδυτές και τα επενδύουν σε διάφορα στοιχεία ενεργητικού. Τα τελευταία χρόνια δημιουργήθηκαν περίπου 9.000 τέτοιες εταιρίες μόνο στις ΗΠΑ.

Αρχικά τα hedge funds δανειζόταν με μικρό επιτόκιο χρήματα (περίπου 2-3% και κυρίως από την Ιαπωνία όπου τα επιτόκια ήταν πολύ χαμηλά) και αγόραζαν χρεόγραφα σταθερού εισοδήματος που απέδιδαν 6-7% ετησίως. Χρησιμοποιώντας τη χρηματοοικονομική μόχλευση

ακόμα και 10 φορές, κατάφεραν να έχουν ετήσιες αποδόσεις των ιδίων κεφαλαίων πάνω από 30-40%. Όταν όλα τα hedge funds επένδυναν με το ίδιο τρόπο, οι αποδόσεις των ομολόγων άρχισαν να μειώνονται και αναζήτησαν καλύτερες αποδόσεις στα ομόλογα στεγαστικών δανείων. Τα στεγαστικά ομόλογα πλήρωναν παραπάνω τόκο από ότι τα κρατικά ομόλογα. Το μεγαλύτερο δε τόκο πλήρωναν τα στεγαστικά ομόλογα υψηλού κινδύνου λόγω των μειωμένων εξασφαλίσεων που είχαν. Τα διαθέσιμα κεφάλαια που συγκέντρωναν τα hedge funds ανέβασαν τη ζήτηση για στεγαστικά ομόλογα στα ύψη.

Λόγω της μεγάλης ζήτησης για στεγαστικά ομόλογα, εκτός από τις Fannie Mae και η Freddie Mac, ολοένα και περισσότερες επενδυτικές τράπεζες άρχισαν να αγοράζουν στεγαστικά δάνεια από τις εμπορικές τράπεζες τα οποία στη συνέχεια τα πακετάρισαν σε Collateralized Mortgage Obligations (CMOs) και τα πουλούσαν σε κάθε ενδιαφερόμενο πελάτη (hedge funds, τα συνταξιοδοτικά ταμεία, sovereign funds κλπ.) .

Η αυξημένη ζήτηση για στεγαστικά δάνεια από την πλευρά των επενδυτικών τραπεζών είχε ως αποτέλεσμα να πιέζουν τις εμπορικές και στεγαστικές τράπεζες να τους πωλούν ότι δάνεια έχουν και σε οποιαδήποτε τιμή καθώς είχαν έτοιμους τους αγοραστές στεγαστικών ομολόγων. Το αποτέλεσμα ήταν οι εμπορικές και στεγαστικές τράπεζες, προκειμένου να ανταποκριθούν στη μεγάλη ζήτηση, να χορηγούν δάνεια με κριτήριο την αξία της οικίας και όχι με κριτήριο την ικανότητα του πελάτη να αποπληρώνει το δάνειο.

Ασφαλιστικά συμβόλαια δανείων (Credit default swaps)

Τα Credit default swap (CDs) είναι ασφαλιστικά συμβόλαια τα οποία εξασφαλίζουν το κεφάλαιο αν κάτι δεν πάει καλά στη πορεία του ομολόγου. Πολλές επενδυτικές τράπεζες πούλαγαν παράλληλα και ασφαλιστικά συμβόλαια για να μπορέσουν να πωλήσουν τα στεγαστικά ομόλογα. Η AIG μια μεγάλη ασφαλιστική εταιρία των ΗΠΑ πωλούσε πάρα πολλά ασφαλιστικά συμβόλαια, κυρίως σε ευρωπαϊκές τράπεζες. Μόνο το 2007 οι ευρωπαϊκές τράπεζες αγόρασαν από την AIG ασφάλειες αξίας \$426 δισ. δολαρίων. Σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές νομισματικές αρχές, οι ευρωπαϊκές τράπεζες για να έχουν κεφαλαιακή επάρκεια θα πρέπει να έχουν σε μετρητά το 8% των δανείων τους για να αντιμετωπίσουν περιπτώσεις μη αποπληρωμής των δανείων.

Οι ευρωπαϊκές τράπεζες αγόραζαν από την AIG ασφαλιστικά συμβόλαια των δανείων που χορηγούσαν για να δείξουν στις νομισματικές αρχές ότι το ρίσκο των δανείων δεν το είχαν πλέον αυτές, αλλά η AIG στην οποία είχαν ασφαλίσει τα δάνεια τους, και άρα, μπορούν να δανείσουν ένα μέρος από το 8% των μετρητών που έλεγε ο κανονισμός. Οπότε είχαν περισσότερα διαθέσιμα χρήματα και έτσι χορηγούσαν περισσότερα δάνεια και παράλληλα μείωναν το ποσοστό της κεφαλαιακής τους επάρκειας.

Όταν η AIG έχασε την AAA πιστοληπτική της ικανότητα το όλο σύστημα άρχισε να κλυδωνίζεται καθώς όλοι ζητούσαν από την AIG να αυξήσει τα κεφάλαια της προκειμένου να μπορεί να καλύψει τις ζημιές από τα ασφαλιστικά συμβόλαια.

Η Αμερικάνικη κεντρική τράπεζα έσωσε την AIG από χρεοκοπία δίνοντας της \$122 δισ., διαφορετικά θα μπορούσαν να καταρρεύσουν οι ευρωπαϊκές τράπεζες που ήταν φορτωμένες με ασφαλιστικά συμβόλαια της AIG.

Σήμερα οι ευρωπαϊκές τράπεζες είναι υποχρεωμένες να αυξήσουν τα ίδια τους κεφάλαια σύμφωνα με το κανόνα του 8% για να έχουν κεφαλαιακή επάρκεια. Παράλληλα πρέπει να πωλούν στοιχεία του ενεργητικού τους, (μετοχές, ομόλογα, κλπ.) προκειμένου να μειώσουν το δανεισμό τους.

Σε αντίθεση με την Αμερική όπου το πρόβλημα το έχουν οι επενδυτικές τράπεζες και λίγες μεγάλες εμπορικές τράπεζες που είχαν μεγάλη έκθεση σε στεγαστικά ομόλογα, στην Ευρώπη το

πρόβλημα το έχουν σχεδόν όλες οι τράπεζες ανεξάρτητα από το αν ασχολήθηκαν με στεγαστικά ομόλογα ή όχι.

Το συμπέρασμα είναι ότι, ενώ τα default swaps φτιάχτηκαν σαν ασφαλιστικά εργαλεία να προφυλάσσουν επενδυτές από ζημίες, κατάντησαν να είναι παραθυράκια για να μπορούν πολλές τράπεζες (ιδίως ευρωπαϊκές) να αποφύγουν τους κανόνες κεφαλαιακής επάρκειας. Επιπλέον, αύξησαν την όρεξη των επενδυτών για ανάληψη κινδύνου, διότι υποτίθεται ότι οι επενδυτές είχαν εξασφαλισμένο το κεφάλαιο τους, ενώ όπως αποδείχτηκε στην πράξη, οι ασφαλιστικές εταιρίες δεν είχαν τα κεφάλαια για να προσφέρουν αυτή την κάλυψη.

Ανισορροπία στην κατανάλωση

Οι μεγάλες παγκόσμιες ανισορροπίες στην κατανάλωση και την επένδυση, με αποτέλεσμα την κίνηση κεφαλαίων από χώρες όπως η Κίνα και οι πετρελαιοπαραγωγές χώρες, που είχαν πλεονάσματα τρεχουσών συναλλαγών προς τις ΗΠΑ και άλλες χώρες με ελλείμματα τρεχουσών συναλλαγών. Αυτό οδήγησε σε χαμηλά επιτόκια και υπερκατανάλωση στις ΗΠΑ.

Γιατί οι διεθνείς κρίσεις διαρκούν

Η διάρκεια των οικονομικών κρίσεων αποτελεί ξεχωριστό τομέα έρευνας. Εντούτοις με αφορμή την πιστωτική κρίση του 2008 μπορεί να περιγράψουν, εν μέρη, τα αίτια που κάνουν τις κρίσεις να διαρκούν.

Η κρίση δημιούργησε δύο κυρίως προβλήματα που συνεχίζουν να την συντηρούν. Το πρώτο και κυριότερο είναι η έλλειψη φερεγγυότητας. Οι απώλειες στην αξία στοιχείων του ενεργητικού δημιουργούν απομειώσεις, οι οποίες δεν μπορούν να καλυφθούν με αυξήσεις κεφαλαίων, προκαλώντας έτσι χρεοκοπίες. Οι κυβερνητικές παρεμβάσεις έλυσαν εν μέρει το πρόβλημα, αλλά οι νέες απώλειες που εμφανίστηκαν, το ξανάκαναν νούμερο ένα. Το ΔΝΤ εκτιμά ότι το σύνολο των απομειώσεων θα φτάσει τα \$2,2 τρις ενώ πολλοί αναλυτές προβλέπουν μεγαλύτερες αυξήσεις. Έτσι, δημιουργείται ένα χάσμα κεφαλαίων σε σχέση με τα μεγέθη των τραπεζών, γεγονός που αναγκάζει τις τράπεζες να περιορίζουν το μέγεθος του ενεργητικού τους. Ο περιορισμός αυτός γίνεται κυρίως μέσω του περιορισμού στην παροχή νέων δανείων. Τράπεζες που στο παρελθόν δάνειζαν 50 φορές τα ίδια κεφάλαιά τους αναγκάζονται σήμερα να περιορίσουν το δανεισμό προς τις επιχειρήσεις και τα νοικοκυριά κατά 50 φορές το χάσμα στα κεφάλαιά τους. Η πολλαπλασιαστική αυτή αρνητική επίδραση από το χάσμα κεφαλαίων στο νέο δανεισμό καθώς και στην ανανέωση των παλαιών δανείων μεταφέρει την κρίση στην πραγματική οικονομία. Στην Ελλάδα ευτυχώς το πρόβλημα της υψηλής μόχλευσης δεν είναι έντονο, όπως στο εξωτερικό. Οι ελληνικές τράπεζες έχουν ισχυρή κεφαλαιακή βάση σε σχέση με τα δάνεια που έχουν προσφέρει. Ο λόγος ιδίων κεφαλαίων προς ενεργητικό (που είναι αντίστροφος της μόχλευσης) είναι ο υψηλότερος στην Ευρώπη των 15. Κάτι ανάλογο ισχύει και στις χώρες της Νέας Ευρώπης, όπου τα εγχώρια τραπεζικά συστήματα έχουν υψηλή κεφαλαιακή βάση, δηλαδή χαμηλή μόχλευση.

Το δεύτερο πρόβλημα είναι η έλλειψη ρευστότητας. Η διατραπεζική αγορά ουσιαστικά έκλεισε για διάρκειες πέραν της εβδομάδας, η ρευστότητα πρακτικά εξαφανίστηκε μετά την κατάρρευση της Lehman, ενώ σημάδια επανάκαμψης εμφανίστηκαν τον Ιανουάριο του 2009. Οι τράπεζες προτιμούν να τοποθετούν την υπερβάλλουσα ρευστότητα στην κεντρική τους τράπεζα με χαμηλό επιτόκιο, παρά να την δανείζουν σε άλλες τράπεζες. Στην Ελλάδα το πρόβλημα της ρευστότητας υπάρχει αλλά δεν είναι τόσο έντονο όσο στο εξωτερικό. Στο ελληνικό τραπεζικό σύστημα τα εγχώρια δάνεια είναι λιγότερα από τις εγχώριες καταθέσεις. Βρίσκονται στο 83% των

καταθέσεων, ένα ποσοστό που είναι το δεύτερο καλύτερο στην Ευρωζώνη. Στις χώρες όμως της Νέας Ευρώπης, όπου οι ελληνικές τράπεζες έχουν παρουσία, το πρόβλημα δείχνει να είναι πιο έντονο. Όσο τα προβλήματα φερεγγυότητας και ρευστότητας παραμένουν άλυτα, η κρίση έχει πολύ δρόμο ακόμα.

Ενόψει του κινδύνου ολικής κατάρρευσης, οι κεντρικές τράπεζες προέβησαν σε συντονισμένες μειώσεις επιτοκίων, ενέσεις ρευστότητας και άλλες καινοτόμες δραστηριότητες. Παρόλα αυτά πρέπει να τονιστεί ότι ο μηχανισμός μετάδοσης της νομισματικής πολιτικής έχει ουσιαστικά παραλύσει. Η δημοσιονομική πολιτική παραμένει ως το μόνο αποτελεσματικό εργαλείο. Ορισμένοι φοβούνται τη μελλοντική αναζωπύρωση του πληθωρισμού, αφού η νομισματική και δημοσιονομική επέκταση είναι δύσκολο να αναστραφούν: Όμως, όσο η κρίση διαρκεί, το πρόβλημα είναι ο αποπληθωρισμός. Οι κυβερνήσεις σε πολλές χώρες ενεργοποίησαν σχέδια διάσωσης και ενίσχυσης των τραπεζών τους, ενώ ταυτόχρονα έθεσαν σε λειτουργία πακέτα δημοσιονομικής ενίσχυσης των οικονομιών τους. Οι Αμερικανοί πιέζουν για περαιτέρω επεκτατική δημοσιονομική πολιτική στην Ευρώπη. Πολλοί αναλυτές πάντως, ισχυρίζονται ότι τα δημοσιονομικά μέτρα στις ΗΠΑ και αλλού είναι ανεπαρκή, δεν θα σταματήσουν την κρίση και θα δώσουν επιχειρήματα σε όσους αντιδρούν σε κρατικές παρεμβάσεις.

Μετάδοση

Ο όρος διεθνής αγορά δεν χρησιμοποιείται τυχαία. Οι αγορές ανά τον κόσμο συνδέονται μεταξύ τους, αλληλοεξαρτώνται και αλληλεπιδρούνε. Το Φαινόμενο της Χιονοστιβάδας είναι μία από τις θεωρίες που περιγράφει αυτή την αλληλεπίδραση, η Διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων των επενδυτών επιδρά με τον δικό της τρόπο και η αγορά Συναλλάγματος δεν θα μπορούσε να λείπει από τις αιτίες μετάδοσης των κρίσεων. Όμως τα παραπάνω αποτελούν ένα μικρό κομμάτι ενός εξαιρετικά σύνθετου μοντέλου.

Ο όρος μετάδοση αναφέρεται στην εξάπλωση μια δυσμενούς οικονομικής κατάστασης από μία χώρα σε άλλες. Σε ενικές γραμμές η μετάδοση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία υπογραμμίζει τις ομο-μετακινήσεις στις τιμές των οικονομικών στοιχείων που προκύπτουν από την κανονική αλληλεξάρτηση μεταξύ των οικονομιών της αγοράς λόγω των πραγματικών και οικονομικών συνδέσμων. Συχνά, αυτό αναφέρεται ως θεμελιώδες αίτιο μετάδοσης (fundamentals-based Contagion). Οι περισσότερες εμπειρικές μελέτες επιδιώκουν να εξηγήσουν το βαθμό ομο-μετακίνησης και των μηχανισμών μετακίνησης των. Οι θεμελιώδεις παράγοντες που οδηγούν τις ομο-μετακινήσεις ανήκουν σε διαφορετικές κατηγορίες. Μια κατηγορία μπορεί να περιέχει κάποιους κοινούς σφαιρικούς παράγοντες, όπως μια σημαντική οικονομική μετατόπιση στις βιομηχανικές χώρες ή ένα κλονισμό στις τιμές προϊόντων, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν τις κρίσεις ή τις μεγάλες ροές κεφαλαίου από ή προς τις αγορές. Οι πολιτικές μετατοπίσεις που μεταβάλλουν το αμερικανικό επιτόκιο έχουν ταυτιστεί με τις μετακινήσεις στις ροές κεφαλαίου στη Λατινική Αμερική και η ενίσχυση του δολαρίου ΗΠΑ ενάντια στο γεν έχει αποδειχθεί ότι αποδυναμώνει τις εξαγωγές των ανατολικών ασιατικών χωρών (Calvo και Reinhart 1996). Ένας άλλος θεμελιώδης παράγοντας μπορεί να είναι ένας τοπικός οικονομικός κλονισμός που διαβιβάζεται στα σύνορα με τη βοήθεια ενός εμπορικού συνδέσμου. Οποιοδήποτε σημαντικός εμπορικός συνεργάτης μιας χώρας, όπου μια οικονομική κρίση έχει οδηγήσει σε μια υποτίμηση νομίσματος, είναι πιθανό ότι θα αντιμετωπίσει πτώσεις στις τιμές των ακινήτων, κύριες εκροές ή θα γίνει ο στόχος μιας θεωρητικής επίθεσης. Ένα παίγνιο ανταγωνιστικής υποτίμησης θα μπορούσε επίσης να προκαλέσει μεγαλύτερη υποτίμηση νομίσματος από την επιθυμητή (Eichengreen και λοιποί. 1996). Τέλος, οι οικονομικές συνδέσεις σχετικές με το εμπόριο και τις επενδύσεις, όπως οι επεκτάσεις στην εμπορική πίστωση, στην άμεση ξένη επένδυση και σε άλλες ροές κεφαλαίου, μπορούν να διευκολύνουν τους τοπικούς

οικονομικούς κλονισμούς και μπορούν να έχουν επιπτώσεις στις ομο-μετακινήσεις στις τιμές των ακινήτων (Schinasi και Smith 2001). Εάν μια χώρα είναι ενσωματωμένη στις παγκόσμιες χρηματιστικές αγορές, τότε οι χρηματιστικές αγορές είναι οι μηχανισμοί που προκαλούν την από κοινού κίνηση στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων, σε εκείνες τις αγορές, και σε άλλες μεταβλητές.

Η δεύτερη κατηγορία μετάδοσης περιλαμβάνει τις οικονομικές κρίσεις που δεν μπορούν απαραίτητως να συνδεθούν με τις αλλαγές στις μακροοικονομικές ή άλλες βασικές αρχές αλλά που προκύπτουν ως συνέπεια της συμπεριφορά των επενδυτών ή άλλων οικονομικών παραγόντων. Τέτοιες ομο-μετακινήσεις δεν μπορούν να εξηγηθούν από τις βασικές αρχές, όπως οι σφαιρικοί κλονισμοί, το εμπόριο ή οι οικονομικοί σύνδεσμοι που ενσωματώνονται στις οικονομίες και τις αγορές. Οι ερευνητές αναφέρονται συχνά σε αυτό ως παράλογη μετάδοση (irrational contagion) και την συνδέουν με τον οικονομικό πανικό, τη συμπεριφορά αγέλης, την απώλεια εμπιστοσύνης και τις αυξήσεις στην αποστροφή κινδύνου.

Αυτή η διχοτομία των αιτιών μετάδοσης είναι πάρα πολύ απλή ως θεωρία, για την εξήγηση ενός τόσο σύνθετου φαινομένου και για αυτό το λόγω γίνονται προσπάθειες βελτίωσής της. Εντούτοις, αν και απλοϊκή δίνει μια καλή εικόνα όσον αφορά τις οικονομικές κρίσεις και την μετάδοση αυτών.

Ιστορική αναφορά

Στις γραμμές που θα ακολουθήσουν γίνεται μια σύντομη περιγραφή περιόδων οικονομικής κρίσης. Η ιστορική αναδρομή ξεκινά με την παγκόσμια οικονομική ύφεση του 1929 και τελειώνει με την πρόσφατη πιστωτική κρίση του 2008. Οι περίοδοι των κρίσεων όπως και τα αίτια εμφάνισης ποικίλουν. Κοινό χαρακτηριστικό όλων των κρίσεων τα προβλήματα που δημιουργήσαν και η μετάδοση αυτών παγκοσμίως.

Η παγκόσμια οικονομική ύφεση του 1929

Η παγκόσμια οικονομική ύφεση του 1929 (The Great Depression) ήταν μια κατάσταση διεθνούς οικονομικής ύφεσης που διήρκεσε από ένα μέχρι δέκα χρόνια σε διάφορες χώρες του κόσμου. Επρόκειτο για τη μεγαλύτερη οικονομική ύφεση της σύγχρονης ιστορίας και χρησιμοποιείται τον 21ο αιώνα ως παράδειγμα για το πόσο οδυνηρή μπορεί να είναι μια οικονομική καταστροφή. Η "Μεγάλη Εξαθλίωση", όπως χαρακτηρίστηκε στις ΗΠΑ, σύμφωνα με τους αναλυτές προκλήθηκε μετά από το χρηματιστηριακό κραχ στις 29 Οκτωβρίου του 1929, γνωστό ως η Μαύρη Τρίτη. Το τέρμα της κρίσης στις ΗΠΑ ταυτίστηκε με το έναυσμα της πολεμικής οικονομίας του 2ου παγκοσμίου πολέμου, γύρω στο 1939.

Η κρίση είχε καταστροφικές επιπτώσεις τόσο στον ανεπτυγμένο, όσο και στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Επηρεάστηκε το διεθνές εμπόριο, καθώς επίσης και τα προσωπικά εισοδήματα, τα έσοδα από φόρους, οι τιμές και τα κέρδη. Η οικονομία πόλεων ανά τον κόσμο επλήγη, ιδίως εκείνων που εξαρτώνταν άμεσα από τη βαριά βιομηχανία. Οι κατασκευές πάγωσαν, οι αγροτο-κτηνοτροφικές εργασίες υποχώρησαν λόγω πτώσης των τιμών στις σοδειές κατά 40% με 60%. Με υψηλά επίπεδα ζήτησης, σε συνδυασμό με την έλλειψη εναλλακτικών εργασιών, περιοχές που εξαρτώνταν από τον πρωτογενή τομέα όπως εκμετάλλευση γης, ορυχείων και ξύλου υπέφεραν ακόμη περισσότερο.

Πετρελαϊκή κρίση 1973 & 1979

Ο ΟΠΕΚ ανήλθε στη διεθνή σκηνή κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970, καθώς οι χώρες-μέλη πήραν τον έλεγχο των εσωτερικών βιομηχανιών πετρελαίου τους και απέκτησαν τον έλεγχο στην τιμολόγηση του ακατέργαστου πετρελαίου στις παγκόσμιες αγορές. Υπήρξαν δύο κρίσεις στην τιμολόγηση του πετρελαίου, η πρώτη ισχυρή πετρελαϊκή κρίση το 1973 προς το 1974 οφειλόταν στην επίθεση των Αράβων κατά του Ισραήλ. Ο πόλεμος είχε σοβαρές αρνητικές συνέπειες καθώς οι Άραβες πραγματοποίησαν εμπάργκο κατά τη διάρκεια του πολέμου που διατάραξε τη ροή του αργού πετρελαίου, προκαλώντας πλήγμα στην αγορά. Η τιμή του αργού πετρελαίου φτάνει στα 12 δολάρια το βαρέλι από τα 2,5 δολάρια, μία αύξηση περίπου 300%. Η πραγματοποίηση αυτού του εμπάργκο θα έχει μεγαλύτερες επιπτώσεις στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία, οι οποίες εξαρτώνταν κατά 75% και 80% αντίστοιχα από το Αραβικό πετρέλαιο. Η εξάρτηση των ΗΠΑ τότε δεν ξεπερνούσε το 10%, αλλά προκειμένου να βοηθήσει την Ευρώπη και την Ιαπωνία δίνει το παράδειγμα της ενεργειακής εγκράτειας και καλεί όλες τις χώρες της Δύσης να κάνουν το ίδιο. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προσπάθησε να αναλάβει πρωτοβουλίες για την διαχείριση της κρίσης αλλά απέτυχε στην υιοθέτηση ενιαίας πολιτικής. Οι χώρες της Ε.Ε. συμφώνησαν στην υιοθέτηση του “New Strategy” (1974) το οποίο προέβλεπε τη μείωση των εισαγωγών πετρελαίου, την αξιοποίηση των εγχώριων δυνατοτήτων παραγωγής ενέργειας (κυρίως πυρηνικής), τον εξορθολογισμό της χρήσης ενέργειας, τις επενδύσεις σε προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα της ενέργειας, και την προώθηση (αν και σε περιορισμένο βαθμό) της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Το ξέσπασμα της Ιρανικής Επανάστασης το 1979 συνέβαλε στη δεύτερη πετρελαϊκή κρίση. Αιτία ήταν η Ιρανική επανάσταση, αλλά και η εισβολή της τότε Σοβιετικής Ένωσης στο Αφγανιστάν. Η επανάσταση στο Ιράν, την δεύτερη πετρελαιοπαραγωγό χώρα του καρτέλ και η εισβολή των Σοβιετικών στο Αφγανιστάν, προκάλεσαν το δεύτερο πετρελαϊκό σοκ στην παγκόσμια οικονομία, αφού η τιμή του αργού πετρελαίου έφθασε στα 35 με 40 δολάρια το βαρέλι. Οι κρίσεις αυτές οδήγησαν στην απότομη αύξηση της τιμής του πετρελαίου και προκάλεσαν ύφεση στην οικονομική δραστηριότητα σε όλο τον κόσμο και επηρέασαν και την Ευρώπη.

Κρίση της λατινικής Αμερικής 1980

Η διεθνής ύφεση που συνδυαζόταν με τις πετρελαϊκές κρίσεις των ετών 1973 και 1979 προκάλεσε πτώση των τιμών των εξαγόμενων προϊόντων στα οποία εξακολουθούσαν να στηρίζονται πολλές λατινοαμερικανικές οικονομίες (μέχρι και το 2001, για παράδειγμα, τα μισά έσοδα από τις εξαγωγές της Χιλής προέρχονταν από την εξαγωγή χαλκού). Η οικονομική ύφεση στη Δύση έστρεψε τις μεγάλες δυτικές τράπεζες σε πιθανούς δανειολήπτες εκτός των δυτικών χωρών που χειμάζονταν από την οικονομική κρίση. Την ίδια εποχή (δεκαετία του 1970) οι λατινοαμερικανικές οικονομίες αναζητούσαν διαθέσιμα κεφάλαια. Τα κεφάλαια αυτά αντλήθηκαν από τις διεθνείς χρηματαγορές, στις οποίες είχαν σωρευθεί λόγω των υψηλών εσόδων από την άνοδο των τιμών του πετρελαίου. Όμως αργότερα, κατά τη δεκαετία του 1980, οι λατινοαμερικανικές οικονομίες συμπίεστηκαν ανάμεσα στην πτώση των τιμών των εξαγωγών τους και την άνοδο των χρεών τους. Σύναψαν νέα δάνεια προκειμένου να εξοφλήσουν τους τόκους των παλιών δανείων. Αυτό οδήγησε σε υπερχρέωση. Πρώτο το Μεξικό, το 1982, ανήγγειλε διεθνώς την αδυναμία εξυπηρέτησης των χρεών του.

Ακολούθησε μια περίοδος έμμεσου μακροοικονομικού ελέγχου, ουσιαστικά επιτήρησης των οικονομιών της περιοχής από ξένες τράπεζες, από το Διεθνές Νομισματικό Ταμείο και από τις ΗΠΑ. Τα μέτρα που επιβλήθηκαν, μεταξύ άλλων στις οικονομίες της Χιλής, της Βολιβίας, του

Μεξικού, της Αργεντινής και του Περού, αντανakλούσαν το νέο-φιλελεύθερο οικονομικό δόγμα: περαιτέρω άνοιγμα των οικονομιών στο διεθνές εμπόριο και τις ξένες επενδύσεις, περιορισμός του κρατικού παρεμβατισμού, καταπολέμηση του πληθωρισμού, συγκράτηση μισθών.

Μία κρίσιμη συνέπεια ήταν ότι, σε διαδοχικά έτη της δεκαετίας του 1980, μειώθηκε το κατά κεφαλήν εισόδημα. Στη Χιλή, για παράδειγμα, κατά την εκπνοή της δικτατορίας του Augusto Pinochet (τέλη της δεκαετίας του 1980) περισσότερο από το 40 % του πληθυσμού ζούσε κάτω από το όριο της φτώχειας.

Ιαπωνική κρίση στις τιμές των περιουσιακών στοιχείων 1986 – 1990

Η ιαπωνική φούσκα των τιμών των περιουσιακών στοιχείων διήρκεσε από το 1986 έως το 1990. Σε αυτή την περίοδο τα ακίνητα και τα αποθέματα παρουσίασαν εξαιρετικά διογκωμένες τιμές. Η κατάρρευση της φούσκας διήρκεσε για περισσότερο από μια δεκαετία με τις τιμές των μετοχών να φθάνουν πολύ χαμηλά το 2003, ενώ σήμερα βρίσκονται ακόμα χαμηλότερα λόγω της τρέχουσας παγκόσμιας κρίσης του 2008.

Τις δεκαετίες μετά τον Β 'Παγκόσμιο Πόλεμο, στην Ιαπωνία εφαρμόστηκαν αυστηρές τιμολογιακές πολιτικές με σκοπό την ώθηση των ανθρώπων, στην αποταμίευση του εισοδήματός τους. Με περισσότερα χρήματα σε τράπεζες, τα δάνεια και οι πιστώσεις έγιναν εύκολα προσβάσιμα. Επίσης, τα μεγάλα εμπορικά πλεονάσματα οδήγησαν στην ανατίμηση του γιεν έναντι των ξένων νομισμάτων. Το γεγονός αυτό επέτρεψε σε τοπικές εταιρείες να επενδύσουν σε κεφάλαια με πολύ μεγαλύτερη ευκολία από ότι οι ανταγωνιστές τους στο εξωτερικό. Άμεση συνέπεια ήταν η μείωση στις τιμές των ιαπωνικών αγαθών, που οδήγησε στην περαιτέρω διεύρυνση του εμπορικού πλεονάσματος. Σε συνδυασμό με την ανατίμηση του γιεν, η Διαχείριση χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων ήταν πολύ επικερδής.

Με τόσα πολλά χρήματα διαθέσιμα για επενδύσεις, η κερδοσκοπία ήταν αναπόφευκτη, ιδιαίτερα στο Χρηματιστήριο του Τόκιο και στην αγορά ακινήτων. Ο δείκτης μετοχών Nikkei έφτασε στο υψηλότερο επίπεδο όλων των εποχών, στις 29 Δεκεμβρίου 1989, στις 38.957,44 μονάδες πριν το κλείσιμο στις 38.915,87 μονάδες. Επιπλέον, οι τράπεζες χορηγούσαν όλο και περισσότερα επιρρεπή στον κίνδυνο δάνεια.

Οι υψηλότερες τιμές συναντώνταν στην περιοχή Ginza, στο Τόκιο το 1989, με συγκεκριμένα ακίνητα να έχουν αξία πάνω από 100 εκατομμύρια γιεν (\$1.000.000) ανά τετραγωνικό μέτρο. Οι τιμές ήταν οριακά μικρότερες σε άλλες μεγάλες επιχειρηματικές περιοχές του Τόκιο. Μέχρι το 2004, οι "πρώτης τάξης" ιδιοκτησίες στο Τόκιο κύλησαν σε λιγότερο από το 1% της μέγιστης αξίας που είχαν και οι υπόλοιπες κατοικίες υποχώρησαν σε λιγότερο από το ένα δέκατο της ανώτατης αξίας που είχαν επιτύχει. Παρόλα αυτά εξακολουθούσαν να αναφέρονται ως τα πιο ακριβά ακίνητα στον κόσμο μέχρι που η τιμή τους ξεπεράστηκε στα τέλη του 2000 από τη Μόσχα και άλλες ανερχόμενες πόλεις. Δεκάδες τρισεκατομμύρια δολάρια χάθηκαν με την κατάρρευση του χρηματιστηρίου του Τόκιο και της αγοράς ακινήτων. Αν και μόνο το 2007 οι τιμές ακινήτων είχαν αρχίσει τις να αυξάνονται, στα τέλη του 2008 άρχισαν να πέφτουν λόγω της οικονομικής κρίσης.

Με την οικονομία να οδηγείται από τα υψηλά ποσοστά επανεπένδυσης, αυτή η κατάρρευση προκάλεσε σκληρό πλήγμα. Οι επενδύσεις κατευθύνονταν εκτός χώρας και οι μεταποιητικές επιχειρήσεις έχασαν σε κάποιο βαθμό την τεχνολογική τους αιχμή. Καθώς τα ιαπωνικά προϊόντα έγιναν λιγότερο ανταγωνιστικά στο εξωτερικό, το χαμηλό ποσοστό της κατανάλωσης άρχισε να φθείρει την οικονομία, προκαλώντας αποπληθωριστικές τάσεις. Η ιαπωνική Κεντρική Τράπεζα έθεσε τα επιτόκια περίπου στο μηδέν.

Η ευκόλως αποκτούμενη πίστωση, που είχε συμβάλει στη δημιουργία και την διόγκωση της φούσκας των ακινήτων, συνέχισε να αποτελεί πρόβλημα για πολλά χρόνια ακόμη και έως το

1997 οι τράπεζες εξακολουθούσαν να χορηγούν δάνεια που είχαν μικρή πιθανότητα να επιστραφούν. Μερικές φορές κατέφευγαν σε καταθέσεις των μετρητών, που ήταν διαθέσιμα για επενδύσεις, σε μια ανταγωνιστική τράπεζα. Η διόρθωση του πιστωτικού προβλήματος έγινε ακόμη πιο δύσκολη, δεδομένου ότι η κυβέρνηση άρχισε να επιδοτεί τράπεζες και επιχειρήσεις υπό πτώχευση, δημιουργώντας πολλές "νεκροζώντανες επιχειρήσεις".

Η χρονική στιγμή μετά την κατάρρευση της φούσκας η οποία έγινε σταδιακά, είναι γνωστή ως "χαμένη δεκαετία" ή "το τέλος του αιώνα" στην Ιαπωνία. Τον Οκτώβριο του 2008 ο δείκτης χρηματιστηρίου Nikkei 225 κατέληξε στην χαμηλότερη τιμή του σε διάστημα 26 ετών, 6.994,90 μονάδες.

Μαύρη Δευτέρα 1987

Την δευτέρα 19 Οκτωβρίου, 1987 τα χρηματιστήρια ανά τον κόσμο κατέρρευσαν σημειώνοντας μεγάλες απώλειες σε μικρό χρονικό διάστημα. Η κατάρρευση ξεκίνησε στο Hong Kong και επεκτάθηκε δυτικά ακολουθώντας τις ζώνες ώρας πρώτα στην Ευρώπη και έπειτα στην Αμερική. Ο Dow Jones Industrial Average έχασε 508 μονάδες σημειώνοντας πτώση 22,61%. Μέχρι το τέλος του Οκτωβρίου το χρηματιστήριο του Hong Kong σημείωσε πτώση 45,8%, της Αυστραλίας 41,8%, της Ισπανίας 31%, της Μεγάλης Βρετανίας 26,4%, των Η.Π.Α. 22,68%, του Καναδά 22,5% και της Νέας Ζηλανδίας 60%. Για την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία η κατάρρευση αναφέρεται ως μαύρη Τρίτη εξαιτίας της διαφοράς μεταξύ των ζωνών ώρας.

Μαύρη Τετάρτη 1992

Στους βρετανικούς πολιτικούς και οικονομικούς κύκλους, η Μαύρη Τετάρτη αναφέρεται στις 16 Σεπτεμβρίου 1992 που η κυβέρνηση αναγκάστηκε να αποσύρει τη Λίρα από τον Ευρωπαϊκό Μηχανισμό Συναλλαγματικών Ισοτιμιών (ΜΣΙ) εξαιτίας των ενεργειών εμπορών συναλλάγματος με κυριότερο παίχτη τον Τζωρτζ Σόρος που κέρδισε πάνω από \$1.000.000.000 εκείνη τη μέρα. Το 1997, το βρετανικό θησαυροφυλάκιο υπολόγισε το κόστος στα £3.300.000.000. Οι απώλειες στις συναλλαγές κατά τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο υπολογίστηκαν στα £800.000.000, αλλά η κύρια απώλεια στους φορολογούμενους προήλθε από το γεγονός ότι αν γινόταν υποτίμηση, αυτή η υποτίμηση θα συνεπαγόταν κέρδη. Τα χαρτιά δείχνουν ότι αν η κυβέρνηση είχε διατηρήσει \$24.000.000.000 αποθέματα σε ξένο συνάλλαγμα, και η λίρα είχε πέσει κατά αυτό το ποσό, τότε το Ηνωμένο Βασίλειο θα είχε κερδίσει £2.400.000.000 από την υποτίμηση της λίρας. (Financial Times, 10 Φεβρουαρίου 2005).

Οικονομική κρίση στο Μεξικό 1994

Το 1994 η οικονομική κρίση στο Μεξικό, ευρύτερα γνωστή ως κρίση του μεξικανικού πέσο, συνέβη από την ξαφνική υποτίμηση του μεξικανικού πέσο, το Δεκέμβριο του 1994. Οι επιπτώσεις της οικονομικής κρίσης στο Μεξικό και τη Βραζιλία του έδωσαν το όνομα Tequila Effect.

Η κρίση είναι επίσης γνωστή ως "Το Λάθος του Δεκεμβρίου" - όρος που επινοήθηκε από τον τότε πρώην πρόεδρο Carlos Salinas de Gortari. Αν και οι αναλυτές συμφωνούν ότι μια υποτίμηση ήταν απαραίτητη, υποστηρίζουν ότι ο τρόπος που πραγματοποιήθηκε ήταν πολιτικά

μη ορθός(αν και οικονομικά αποδεκτός). Η συναλλαγματική πολιτική του Salinas de Gortari πίεσε την εθνική οικονομία.

Μια προεκλογική διάθεση για την τόνωση της οικονομίας, προσωρινή και ασταθής, οδήγησε στην μετεκλογική οικονομική αστάθεια. Υπήρξαν ανησυχίες για το επίπεδο και την ποιότητα των πιστωτικών επεκτάσεων από τις τράπεζες κατά τη διάρκεια της προηγούμενης περιόδου χαμηλού επιτοκίου, καθώς και για τα πρότυπα για την πιστωτική επέκταση. Ο κίνδυνος χώρας, επίσης, επηρεάστηκε από μια ένοπλη εξέγερση στην περιοχή Chiapas, με αποτέλεσμα οι επενδυτές να ανησυχούν για τις επενδύσεις τους. Η οικονομία του Μεξικού και η ταμειακή διαθεσιμότητα επιβαρύνεται περαιτέρω από δύο δεκαετίες με αύξηση των δαπανών, των χρεών και των χαμηλών τιμών του πετρελαίου. Η ικανότητά της να απορροφά κραδασμούς εμποδίστηκε από τις δεσμεύσεις της για τη χρηματοδότηση παρελθόντων δαπανών.

Για την χρηματοδότηση του ελλείμματος (7% του ΑΕΠ ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών), ο Salinas εξέδωσε το *Tesobonos*, ουσιαστικά ομόλογα σε πέσος αλλά με δυνατότητα αναπροσαρμογής τους σε δολάρια. Το Μεξικό είχε μια σταθερή συναλλαγματική ισοτιμία που έκανε αποδεκτό το πέσο από τους επενδυτές, παρά τον υψηλό κίνδυνο. Ωστόσο, το Μεξικό δεν είχε επαρκή συναλλαγματικά διαθέσιμα για να διατηρηθεί η σταθερή συναλλαγματική ισοτιμία και το απόθεμα σε δολάρια εξαντλήθηκε στα τέλη του 1994. Η κυβέρνηση επέτρεψε την υποτίμηση του πέσο, παρά τις προηγούμενες διαβεβαιώσεις για το αντίθετο, με αποτέλεσμα να απομακρύνει τους επενδυτές και να αυξήσει περαιτέρω το προφίλ κινδύνου. Όταν η κυβέρνηση προσπάθησε να ανατραπεί ορισμένα από τα χρέη, οι επενδυτές ήταν απρόθυμοι να αγοράσουν το χρέος.

Όλα τα παραπάνω γεγονότα, μαζί με την αύξηση του ελλείμματος του ισοζυγίου τρεχουσών συναλλαγών, που ενισχύθηκε από τη δέσμευση για δημόσιες δαπάνες, προκάλεσε συναγερμό μεταξύ εκείνων που αγόρασαν το *tesobonos*. Οι επενδυτές πούλησαν το *tesobonos* γρήγορα, εξαντλώντας τα ήδη χαμηλά διαθέσιμα της κεντρικής τράπεζας. Με δεδομένο το γεγονός ότι ήταν ένα έτος εκλογών, για να αποφευχθούν ανατροπές στο πολιτικό σκηνικό λόγω της οικονομικής κρίσης, η Τράπεζα του Μεξικού (Banco de México) αποφάσισε να αγοράσει τα ομόλογα χρησιμοποιώντας τα εθνικά αποθέματα που προορίζονταν για τη διατήρηση της νομισματικής βάσης εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο αύξηση των επιτοκίων. Αυτό προκάλεσε ακόμη μεγαλύτερη πτώση στα αποθεματικά του δολαρίου. Λίγες ημέρες μετά από μία ιδιωτική συνάντηση με τους μεγάλους επιχειρηματίες Μεξικού, στην οποία τη διοίκησή ζήτησε τη γνώμη τους για την προγραμματισμένη υποτίμηση, ο Zedillo (είχε αναλάβει καθήκοντα την 1^η Δεκεμβρίου του 1994) ανακοίνωσε η κυβέρνησή του θα αφήσει το εύρος του σταθερού επιτοκίου να αυξηθεί στο 15% (μέχρι 4 πέσος ανά δολάριο ΗΠΑ), διακόπτοντας τα μέτρα της προηγούμενης διοίκησης της για να κρατηθεί σε σταθερό επίπεδο. Η κυβέρνηση, μη μπορώντας ακόμη και να πραγματοποιήσουμε αυτή τη γραμμή, αποφάσισε να το αφήσει να επιπλέουν.

Το πέσο κατέρρευσε κάτω από ένα καθεστώς κυμαινόμενων συναλλαγματικών αξιών (από τέσσερα πέσος το δολάριο σε 7,2 πέσος το δολάριο) σε διάστημα μιας εβδομάδας. Οι Ηνωμένες Πολιτείες παρενέβησαν γρήγορα, πρώτα με την αγορά πέσος και στη συνέχεια με τη χορήγηση βοήθειας με τη μορφή των € 50 δισ. ευρώ σε εγγυήσεις δανείων. Το δολάριο σταθεροποιήθηκε στην τιμή 6 πέσος ανά δολάριο. Μέχρι το 1996, η οικονομία αναπτύσσονταν (κορυφή η αύξηση 7% το 1999).

Οικονομική κρίση στη Ρωσία (Ruble crisis) 1998

Στις 13 Αυγούστου, 1998, οι αγορές συναλλάγματος, παραγώγων και τα χρηματιστήρια κατέρρευσαν εξαιτίας του φόβου των επενδυτών για επερχόμενη υποτίμηση του Ρουβλιού. Το χρηματιστήριο έκλεισε για 35 λεπτά εξαιτίας της κατάρρευσης των τιμών. Την στιγμή που

έκλεισε κατέγραφε απώλειες της τάξης του 65%. Από τον Ιανουάριο μέχρι τον μήνα Αύγουστο το χρηματιστήριο έχασε πάνω από το 75% της αξίας του. Το 39% χάθηκε μέσα σε ένα μήνα, τον Μάιο.

Στις 17 Αυγούστου, 1998, η κεντρική τράπεζα της Ρωσίας σε συνεργασία με την ρωσική κυβέρνηση ανακοίνωσαν από κοινού ότι:

1. Το εύρος κύμανσης της τιμής ρούβλι/δολάριο θα αυξάνονταν από 5,3 – 7,1 RUR/USD σε 6,0 – 9,5 RUR/USD.
2. Το χρέος της Ρωσίας σε ρούβλια θα αναθεωρούνταν και θα ανακοινώνονταν σε άλλη χρονική στιγμή.
3. Ένα προσωρινό χρονικό περιθώριο διάρκειας 90 ημερών θα επιβάλλονταν για την πληρωμή υποχρεώσεων προς τις τράπεζες, συμπεριλαμβανομένου χρεών και συμβολαίων συναλλάγματος. Επίσης ανακοινώθηκε ότι το εύρος κύμανσης ισοτιμίας ρουβλιού δολαρίου θα αυξάνονταν περεταίρω. Την ίδια χρονική περίοδο, τράπεζα συναλλάγματος της Μόσχας όριζε, σε καθημερινή βάση, μια σταθερή αναλογία συναλλαγών στον Μηχανισμό Συναλλαγματικών Ισοτιμιών μέσω επαναληπτικών δημοπρασιών με γραπτή κατάθεση προσφοράς.

Από τις 17 μέχρι τις 25 Αυγούστου σημειώθηκε σταδιακή υποτίμηση έναντι του δολαρίου (από 6.43 σε 7.86 RUR/USD). Στις 26 Αυγούστου τερματίστηκαν οι συναλλαγές δολαρίου – ρουβλιού.

Στις 2 Σεπτεμβρίου εγκαταλείπεται η παρεμβατική πολιτική στην αγορά συναλλάγματος. Μέχρι τις 21 Σεπτεμβρίου η αναλογία RUR/USD έφτασε τις 25 μονάδες. Τα 2/3 τις αξίας του νομίσματος χάθηκαν μέσα σε ένα μήνα.

Το 1998 ο πληθωρισμός στη Ρωσία έφτασε στο 84%. πολλές σημαντικές τράπεζες, εκ των οποίων οι Inkombank, Oneximbank και Tokobank έκλεισαν ως αποτέλεσμα της κρίσης. Μόνο οι μισθοί των ανθρακωρύχων ανέρχονταν σε \$919 εκατομμύρια (ποσό μεγαλύτερο από το 1% του επίσημου προϋπολογισμού).

11η Σεπτέμβριου 2001

Αν και τα γεγονότα της συγκεκριμένης ημέρας επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό τα χρηματιστήρια ανά το κόσμο, η όλη κατάσταση δεν προκλήθηκε ούτε λόγω προβλημάτων στους τραπεζικούς κλάδους ούτε λόγω περιόδου ύφεσης. Παρόλο που η επίδραση διήρκεσε για μικρό χρονικό διάστημα επέφερε μεγάλες αλλαγές. Κύριο αίτιο αυτής της κρίσης θεωρείται η ψυχολογία των επενδυτών.

Οι αγορές New York Stock Exchange (NYSE), the American Stock Exchange (AMEX), και NASDAQ παρέμειναν κλειστές από τις 11 μέχρι τις 17 Σεπτεμβρίου. Όταν οι αγορές ξανάνοιξαν ο δείκτης Dow Jones σημείωσε πτώση 684 μονάδων, καταγράφοντας απώλειες 7,1%. Μέχρι το τέλος της εβδομάδας ο DJIA έπεσε 13.369,7 μονάδες (απώλειες 14,35%). Μόνο οι αμερικανικές αγορές έχασαν \$1,4 τρις σε αξία μέσα στην εβδομάδα ².

Σημαντικές υπήρξαν οι απώλειες και στις αεροπορικές εταιρείες. Ο εναέριος χώρος στην νότια Αμερική παρέμεινε κλειστός για ημέρες. Επίσης, μετά το άνοιγμά του καταγράφεται πτώση των επιβατών κατά 20 ποσοστιαίες μονάδες.

² Bob, Fernandez (2001-09-22). "U.S. Markets Decline Again". KRTBN Knight Ridder Tribune Business News (The Philadelphia Inquirer)

Πιστωτική κρίση 2008

Η παγκόσμια οικονομική ύφεση του 2008 είναι το αποτέλεσμα που προκλήθηκε από τη διεθνή χρηματοπιστωτική κρίση του 2007 σε τομείς της πραγματικής οικονομίας της διεθνούς κοινότητας.

Η πιστωτική κρίση από την έλλειψη ρευστότητας έγινε εμφανής στους χρηματιστηριακούς δείκτες των ανεπτυγμένων χωρών, ενώ πολλά χρηματιστήρια παρέμειναν κλειστά λόγω των μεγάλων απωλειών από τις πωλήσεις των επενδυτών.

Σημαντικοί κλάδοι της οικονομίας επλήγησαν, όπως ο τραπεζικός, ο ασφαλιστικός, ο κτηματομεσιτικός, οι αυτοκινητοβιομηχανίες, το εμπόριο και άλλοι, με άμεσα αποτελέσματα στα οικονομικά μεγέθη των οικονομιών, όπως αύξηση της ανεργίας, νέες πληθωριστικές πιέσεις, υποτίμηση νομισμάτων κ.α. Σύμφωνα με αναλυτές, η κατάσταση της οικονομικής ύφεσης προσομοιάζει με εκείνη του 1930, με τους ρυθμούς ανάπτυξης να υποχωρούν και τα δημοσιονομικά των χωρών να εκτίθενται στο ενδεχόμενο εκτροπής.

Μέχρι τις αρχές Νοέμβρη του 2008 ο δείκτης S&P 500 είχε χάσει 45% της αξίας του σε σχέση με τις τιμές το 2007. Οι τιμές στα ακίνητα σημείωσαν πτώση 20% σε σχέση με το 2006. Οι συνολικές επενδύσεις σε κατοικίες το 2006 είχαν εκτιμώμενη αξία 13 τρις δολάρια. Μέσα στο 2008 υποχώρησαν στα 8,8 τρις δολάρια. Οι συνολικές επενδύσεις με σκοπό την συνταξιοδότηση έχασαν το 22% τις αξίας του καταλήγοντας στα 8 τρις δολάρια στα μέσα του 2008 από τα 10,3 τρις δολάρια που ήταν το 2006.

Τη "Μαύρη Παρασκευή", 24 Οκτωβρίου του 2008, σημειώνονται απώλειες \$ 3,2 τρις σε Ευρασία, ενώ ξένοι επενδυτές σπεύδουν σε μαζικές ρευστοποιήσεις στην Ελλάδα. Ο γενικός χρηματιστηριακός δείκτης των Αθηνών πέφτει κάτω από τις 1.800 μονάδες, στα χαμηλότερα επίπεδα από το 1989, παρά τα κέρδη που εμφανίζουν οι ελληνικές τράπεζες και επιχειρήσεις.

Περίοδοι που επιλέχθηκαν για την πραγματοποίηση προβλέψεων

Προβλέψεις, με χρήση ενός νεύρο-ασαφούς μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν για τέσσερα χρονικά διαστήματα. Κάθε χρονικό διάστημα καλύπτει την εντονότερη περίοδο της οικονομικής κρίσης που περιγράφει (crisis peak). Στην πλειοψηφία των μετοχών οι περίοδοι ακραίων μεταβολών ταυτίζονται. Εντούτοις, κάποιες μετοχές παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις σε διαφορετικές περιόδους. Το όλο θέμα αντιμετωπίστηκε με μια διεύρυνση των χρονικών διαστημάτων όπου κρίθηκε απαραίτητο.

Πιο συγκεκριμένα, για την κρίση που είναι ευρέως γνωστή με το όνομα Μαύρη Δευτέρα του 1987 επιλέχθηκε η περίοδος από την 1^η Σεπτεμβρίου του 1987 έως την 1^η Ιανουαρίου του 1988.

Στην πιστωτική κρίση του 2008 επιλέχθηκε η περίοδος από τις 15 Απριλίου του 2008 έως τις 10 Νοεμβρίου του 2008.

Το 1998, για την Ρωσική οικονομική κρίση, επιλέχθηκε η περίοδος από τις 15 Μαΐου του 1998 έως τις 5 Οκτωβρίου του 1998.

Τέλος για τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου το χρονικό διάστημα που επιλέχθηκε ξεκινά στις 8 Σεπτεμβρίου του 2001 και τελειώνει στις 25 Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους.

Χρηματιστήρια και χρηματιστηριακοί δείκτες

Μερικές Πληροφορίες

Το πρώτο Χρηματιστήριο Αξιών ιδρύθηκε στη Φλάνδρα, πιθανότατα στην Αμβέρσα (σημερινό Βέλγιο) το 1460. Ο θεσμός διαδόθηκε γρήγορα στην περιοχή. Το 1602 εισήχθη στο Χρηματιστήριο του Άμστερνταμ και η πρώτη πολυμετοχική εταιρεία, η ολλανδική Εταιρεία των Ανατολικών Ινδιών.

Σήμερα τα χρηματιστήρια είναι ένας απαραίτητος θεσμός για το οικονομικό σύστημα της Δύσης. Στις πλούσιες οικονομίες του κόσμου συναντάμε και τις πιο ανεπτυγμένες κεφαλαιαγορές που συνήθως βασίζονται σε ένα χρηματιστήριο αξιών, όπως τα χρηματιστήρια της Νέας Υόρκης (Wall Street και NASDAQ), το χρηματιστήριο του Λονδίνου, του Παρισιού ή της Φρανκφούρτης.

Η αξία των χρηματιστηρίων παγκοσμίως εκτιμώταν σε \$ 36,6 τρισεκατομμύρια στις αρχές του Οκτωβρίου 2008³. Οι αγορές οικονομικών παραγώγων στο σύνολό τους έχουν αξία περίπου \$791 τρισεκατομμύρια, 11 φορές το μέγεθος της παγκόσμιας οικονομίας.

Ο Dow Jones Industrial Average αποτελεί έναν από τους πολλούς χρηματιστηριακούς δείκτες ανά τον κόσμο και αποτελεί τον δεύτερο παλαιότερο σε ηλικία χρηματιστηριακό δείκτη στις Η.Π.Α. ιδρύθηκε στις 26 Μαΐου του 1896 και αντιπροσώπευε την μέση τιμή δώδεκα μετοχών από σημαντικές Αμερικανικές Βιομηχανίες. Η τιμή του, σήμερα, δίνεται συνυπολογίζοντας την αξία 30 τίτλων (που αντιστοιχούν στις μεγαλύτερες εταιρείες της Αμερικής). Το όνομα του προήλθε από τον Charles Dow, αμερικανό δημοσιογράφο, και τον συνεργάτη του Edward Jones, στατιστικολόγο.

3 <http://seekingalpha.com/article/99256-world-equity-market-declines-25-9-trillion>

Μετοχές που χρησιμοποιήθηκαν

Λίγα λόγια

Χρησιμοποιήθηκαν στο σύνολό τους δέκα μετοχές όλες εκ των οποίων αντιστοιχούν σε γνωστές εταιρείες με μεγάλη ιστορία, οι οποίες καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος παραγωγής αγαθών και υπηρεσιών. Όλες οι μετοχές εμπορεύονται στην Αμερικανική Αγορά και συμμετέχουν στον υπολογισμό της τιμής του δείκτη Dow Jones.

Περιγραφή των εταιρειών

Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή της εταιρίας που αντιπροσωπεύει κάθε μετοχή. Με έντονα μαύρα γράμματα αναφέρονται κατά σειρά: Το όνομα της εταιρείας, τα αρχικά της μετοχής που την αντιπροσωπεύει, η ημερομηνία εισαγωγής της στον δείκτη Dow Jones και, εφόσον ήταν διαφορετικό, το αρχικό όνομα της εταιρείας.

3M Company. (MMM), 09-Αυγούστου-1976 ως Minnesota Mining and Manufacturing Company.

Αποτελεί όμιλο επιχειρήσεων. Η 3M ξεκίνησε στη βόρεια όχθη της λίμνης Superior σε Δύο Λιμάνια στη Μινεσότα από τους Henry S. Bryan, Herman W. Cable, John Dwan, William A. McGonagle, and Dr. J. Danley Budd το 1902. Αρχικά ασχολούνταν με την εξόρυξη πέτρας. Σήμερα, τα κεντρικά της γραφεία βρίσκονται στο Marlewood (προάστιο του St. Paul). Έχουν έκταση 1,92 τετραγωνικά χιλιόμετρα και αριθμούνται περισσότερα από 50 κτίρια.

Με περισσότερους από 76.000 εργαζόμενους που παράγουν χιλιάδες προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των: κόλλες, λειαντικά, ελάσματα, είδη παθητικής πυροπροστασίας, οδοντιατρικά είδη, ηλεκτρικά υλικά, ηλεκτρονικά κυκλώματα και οπτικά φιλμ. Η 3M, δραστηριοποιείται σε περισσότερες από 60 χώρες - 29 διεθνείς εταιρείες κατασκευής και 35 εργαστήρια. Τα προϊόντα της 3M είναι διαθέσιμα για αγορά μέσω διανομέων και λιανοπωλητών σε περισσότερες από 200 χώρες, πολλά εξ αυτών διατίθενται άμεσα από την εταιρεία.

Alcoa, Inc. (AA), 1-Μαΐου-1959 ως Aluminum Company of America.

Εταιρεία παραγωγής αλουμινίου. Το όνομα της εταιρείας, όπως είναι γνωστό σήμερα, χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά το 1907. Η εταιρεία μέχρι τότε ήταν γνωστή ως Pittsburgh Reduction Company και αποτελούσε την μοναδική νόμιμη προμηθεύτρια εταιρεία αλουμινίου των Η.Π.Α. Ιδρυτής υπήρξε ο Charles Martin Hall, του οποίου ο τρόπος παραγωγής αλουμινίου χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Το ακρωνύμιο Alcoa δόθηκε το 1910.

Η Alcoa αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη παραγωγό αλουμινίου στον κόσμο μετά τις Tinto Alcan και Rusal. Τα κεντρικά της βρίσκονται στο Pittsburgh της Pennsylvania. Η εταιρεία επιχειρεί σε 44 χώρες. Θεωρήθηκε μία από τις τρεις πιο εύρωστες οικονομικά εταιρείες στον κόσμο από το World Economic Forum στο Davos της Ελβετίας.

American Express Company. (AXP), 30-Αυγούστου-1982.

Ενίοτε γνωστή και ως "AmEx" ή "Amex". Πρόκειται για μια διεθνής εταιρεία χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών. Ιδρύθηκε το 1850 ως ταχυδρομική επιχείρηση στην Albany της New York ως σύμπραξη εταιρειών υπό τον έλεγχο των Henry Wells (Wells & Company), William Fargo (Livingston, Fargo & Company) και John Warren Butterfield (Wells, Butterfield & Company). Είναι ευρέως γνωστή για τις πιστωτικές / χρεωστικές κάρτες και τις ταξιδιωτικές επιταγές. Το 2007 οι Business Week και Interbrand κατατάσσουν το σήμα της American Express ως το δέκατο τέταρτο πιο πολύτιμο σήμα στον κόσμο, εκτιμώντας την αξία του σε 20,87 δισ. δολάρια (Αμερικής).

Η έδρα της εταιρείας εντοπίζεται στον 51 όροφο του Three World Financial Center στην New York City. Άλλα σημαντικά γραφεία βρίσκονται στις πόλεις Fort Lauderdale, FL, Salt Lake City, UT, Greensboro, NC και Phoenix, AZ. Το 2008 η American Express κατατάσσεται 62^η ανάμεσα στις καλύτερες εταιρείες για εργασία, βάση του περιοδικού Fortune.

E. I. du Pont de Nemours and Company ή DuPont. (DD) 20-Σεπτεμβρίου-1935.

Αμερικάνικη εταιρεία κατασκευής χημικών. Ιδρύθηκε το 1802 ως εταιρεία παρασκευής μαρμαριού από τον Eleuthère Irénée du Pont. Σήμερα αποτελεί την δεύτερη μεγαλύτερη εταιρεία παρασκευής χημικών στον κόσμο. Οι επιχειρήσεις της κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες: Ηλεκτρονική και τεχνολογίες επικοινωνίας, υλικά επιδόσεων, επικαλύψεις και τεχνολογία χρώματος, ασφάλεια και προστασία, καλλιέργειες και διατροφή.

Η εταιρεία απασχολεί περισσότερα από 60.000 άτομα ανά τον κόσμο και παρέχει μια τεράστια ποικιλία προϊόντων. Το 2005 κατατάσσεται 66^η ⁴ σε δυναμικότητα με έσοδα 12 δισ. δολάρια (Αμερικής) και 1,8 δισ. δολάρια κέρδη. Τα κεντρικά κτίρια βρίσκονται στο Wilmington του Delaware.

Exxon Mobil Corporation, or ExxonMobil. (XOM) 1-Οκτωβρίου-1928 ως Standard Oil.

Ιδρύθηκε στις 30 Νοεμβρίου του 1999 από την ένωση των Exxon και Mobil. Πρόκειται για μια αμερικανική εταιρεία παραγωγής και εμπορίας πετρελαίου, παραγώγων αυτού και αερίου. Είναι παγκοσμίως η μεγαλύτερη εισηγμένη εταιρεία, όσον αφορά τα έσοδα. Τα αποθέματα της εταιρείας ανέρχονταν σε 72×10^9 βαρέλια πετρελαίου, στο τέλος του 2007. Υπό την κατοχή της βρίσκονται 38 διυλιστήρια πετρελαίου σε 21 χώρες με συνολική ημερήσια ικανότητα άντλησης 6,3 εκατομμυρίων βαρελιών.

Τα κεντρικά γραφεία βρίσκονται στο Irving του Texas. Συνολικά απασχολεί πάνω από 82.000 ⁵ άτομα παγκοσμίως εκ των οποίων 4.000 άτομα στα γραφεία στο Fairfax της Virginia (μάρκετινγκ, διύλιση και λιανικές πωλήσεις) και 27.000 άτομα στο Houston του Texas (αναζήτηση πετρελαίου, εξόρυξη, ναυτιλία καθώς και χονδρικές πωλήσεις).

⁴ Fortune 500

⁵ Βάση του ExxonMobil's 2006 Corporate Citizen Report

General Electric Company. (GE) 7-Νοεμβρίου-1907.

Συνιστά όμιλο επιχειρήσεων τεχνολογίας και παροχής υπηρεσιών. Η εταιρεία σχηματίστηκε το 1892 με την ένωση των εταιρειών Edison General Electric και Thomson-Houston Company. Το 1896 ήταν μία από τις 12 εταιρείες στον, τότε, νέο βιομηχανικό δείκτη Dow Jones Industrial Average.

Ο πολυεθνικός όμιλος ετερογενών δραστηριοτήτων εδρεύει στο Fairfield του Connecticut. Τα κεντρικά γραφεία βρίσκονται στην Νέα Υόρκη στο Rockefeller Center. Το 2009 το περιοδικό Forbes την κατέταξε ως την μεγαλύτερη εταιρεία στον κόσμο. GE Capital, GE Technology Infrastructure, GE Energy Infrastructure και NBC Universal είναι τα επιμέρους τμήματα που συνιστούν την εταιρεία. Επίσης, αποτελεί την 4^η μεγαλύτερη παραγωγό αέριων ρύπων στις Η.Π.Α.

International Business Machines Corporation. (IBM) 29-Ιουνίου-1979.

Πολυεθνική εταιρεία τεχνολογίας υπολογιστών και διαχείρισης πληροφοριακών συστημάτων. Είναι ευρέως γνωστή με το ψευδώνυμο Big Blue. Ιδρύθηκε το 1896 με την επωνυμία Tabulating Machine Company από τον Herman Hollerith, στο Broome County της New York. Το 1917 μετονομάστηκε σε International Business Machines όνομα που κατοχυρώθηκε το 1924 υπό τον Thomas J. Watson.

Με πάνω από 388.000 υπαλλήλους παγκοσμίως η IBM αποτελεί την μεγαλύτερη και πιο επικερδή εταιρεία πληροφορικής παγκοσμίως. Έχει κατοχυρώσει περισσότερες πατέντες από κάθε άλλη εταιρεία τεχνολογιών και διαθέτει 8 ερευνητικά εργαστήρια παγκοσμίως.

Merck & Co., Inc. (MRK) 29-Ιουνίου-1979.

Επίσης γνωστή ως Merck Sharp & Dohme ή MSD. Συνιστά πολυεθνική εταιρεία κατασκευής φαρμακευτικών προϊόντων. Τα κεντρικά γραφεία βρίσκονται στο Whitehouse Station, New Jersey. Ιδρύθηκε το 1891 από τον George Merck.

Παρακάτω αναφέρονται κάποια από τα προϊόντα της εταιρείας που συναντώνται στο εμπόριο. Antivenin, Arcoxia (etoricoxib), Cancidas (caspofungin), Cosopt (dorzolamide and timolol), Cozaar/Hyzaar (losartan), Crixivan (indinavir), Emend (aprepitant), Emend Injection (fosaprepitant dimeglumine), Emflex (Acemetacin), Fosamax (alendronate), Fosamax Plus D (alendronate/vitamin D), Gardasil (HPV vaccine), Isentress (raltegravir), Janumet (sitagliptin/metformin), Januvia (sitagliptin), Maxalt (rizatriptan), MMR Vaccine, Pneumovax 23 (Pneumococcal polysaccharide vaccine), Primaxin (imipenem with cilastatin), Prinzide (lisinopril/hydrochlorothiazide), Propecia/Proscar (finasteride), ProQuad (MMRV vaccine), Recombivax HB (hepatitis B vaccine), Rotateq, Singulair (montelukast), Timoptic (timolol), Tredaptive (laropiprant/ER niacin), Trusopt (dorzolamide), Vaqta (Hepatitis A vaccine), Varivax (Varicella vaccine), Vioxx (rofecoxib), Vytorin (ezetimibe/simvastatin), Zetia (ezetimibe), Zocor (simvastatin), Zolinza (vorinostat), Zostavax.

Procter & Gamble Co. (PG) 26-Μαΐου-1932.

Αμερικανική πολυεθνική εταιρεία παρασκευής καταναλωτικών αγαθών. Από το 2008 αποτελεί την 8^η μεγαλύτερη εταιρεία στον κόσμο όσο αφορά την κεφαλαιοποίηση στην αγορά και την 14^η μεγαλύτερη εταιρεία στις Η.Π.Α. με βάση τα κέρδη που σημειώνει. Ιδρύθηκε στις 31 Οκτωβρίου του 1837 από τους William Procter και James Gamble.

Τα κεντρικά της γραφεία βρίσκονται στο Cincinnati του Ohio. Το 2007 η P&G ξόδεψε 2,62 δισ. δολάρια για διαφήμιση, το μεγαλύτερο ποσό εκείνο το έτος και σχεδόν διπλάσιο από αυτό της General Motors ⁶. Κάποια ονόματα θυγατρικών παρουσιάζονται παρακάτω: Always, Ariel, Actonel, Bounty, Braun, Crest, Dawn, Downy/Lenor, Duracell, Fusion, Gain, Gillette, Head & Shoulders, Old Spice, Ivory, Nice 'n Easy, Olay, Oral-B, Pampers, Pantene, Prilosec OTC, Pringles, Puffs, Secret, TAG, Tide, Vicks, Wella, Whisper.

United Technologies Corporation. (UTC) 14-Μαρτίου-1939 ως United Aircraft.

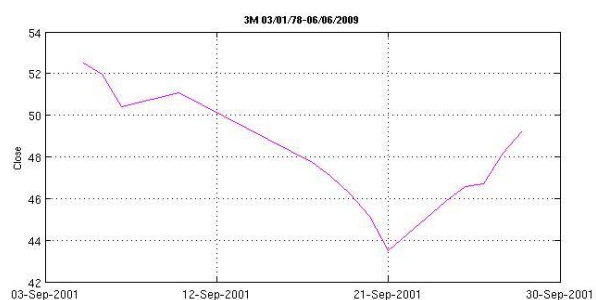
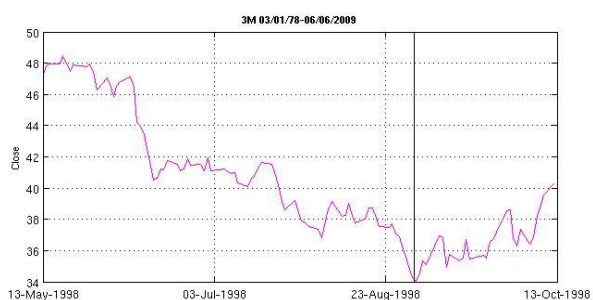
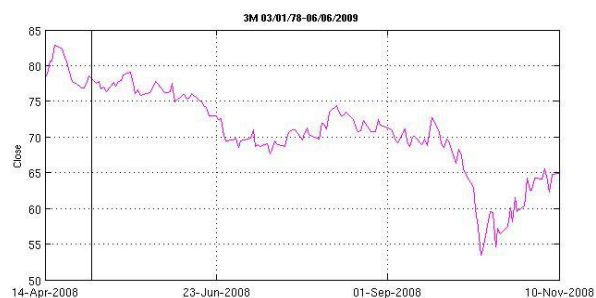
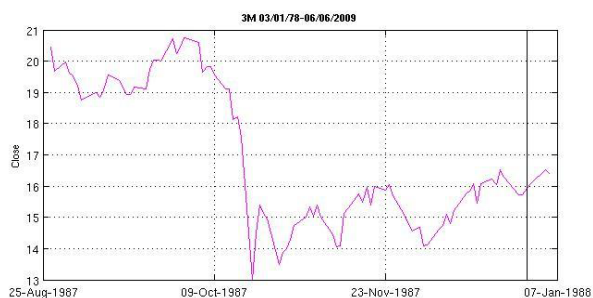
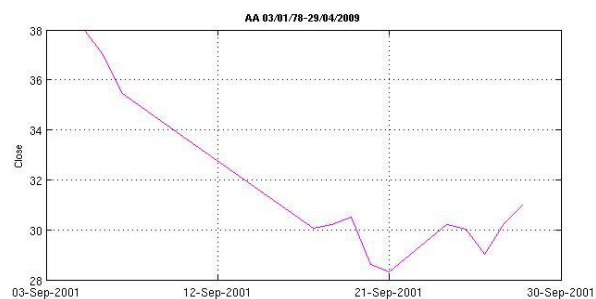
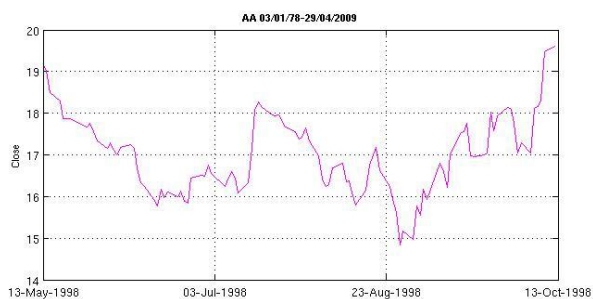
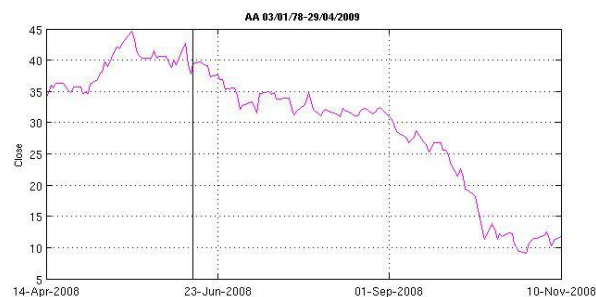
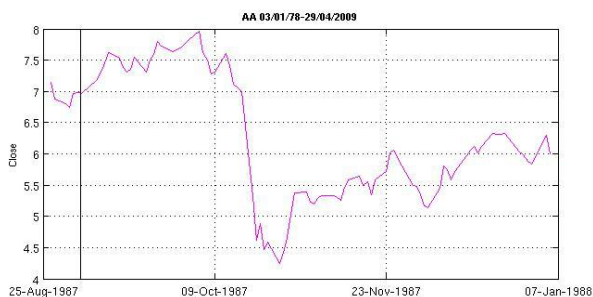
Αμερικανική πολυεθνική εταιρεία με σκοπό την έρευνα, την ανάπτυξη και την κατασκευή υψηλής τεχνολογίας προϊόντων σε πολλούς τομείς, στους οποίους περιλαμβάνονται: μηχανές αεροπλάνων, ελικόπτερα, κυψέλες καυσίμων, ανελκυστήρες, συστήματα ασφαλείας, ψύξης και θέρμανσης. Εκτός των παραπάνω συνεργάζεται και με τον Αμερικανικό στρατό. Το 2005 ανέλαβε στρατιωτικά συμβόλαια αξίας άνω των 5 δισ. δολαρίων.

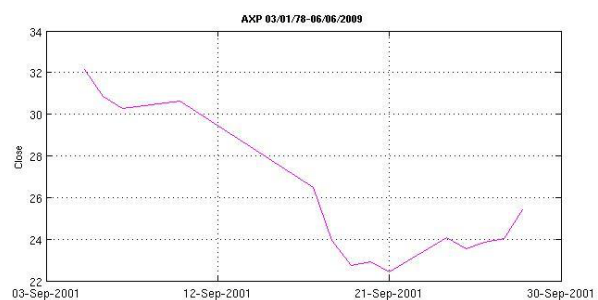
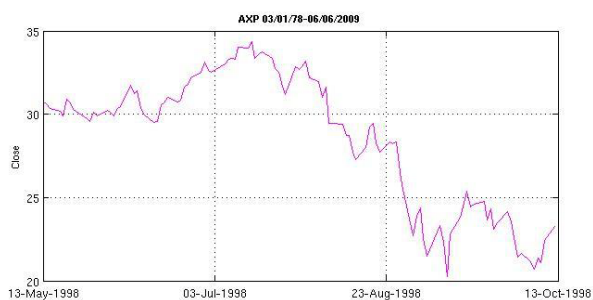
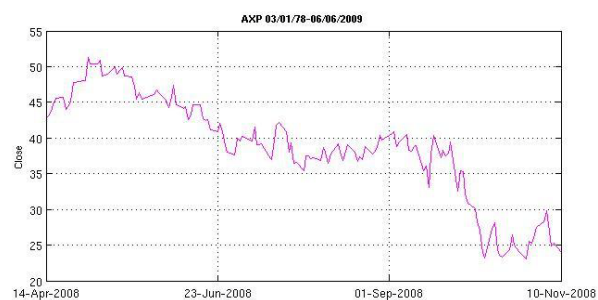
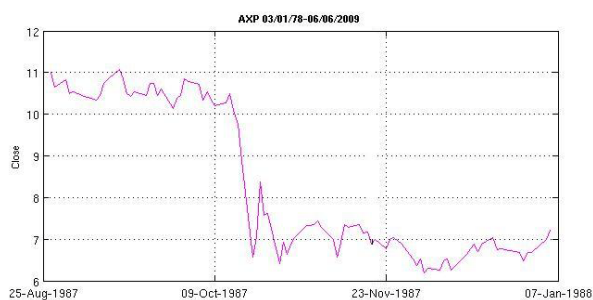
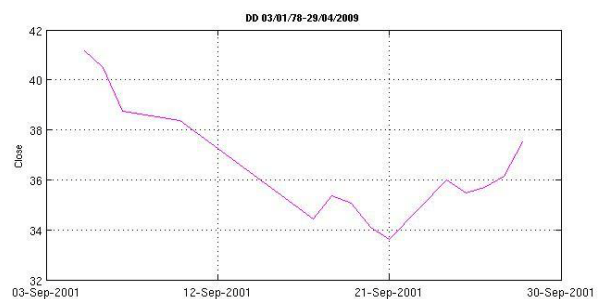
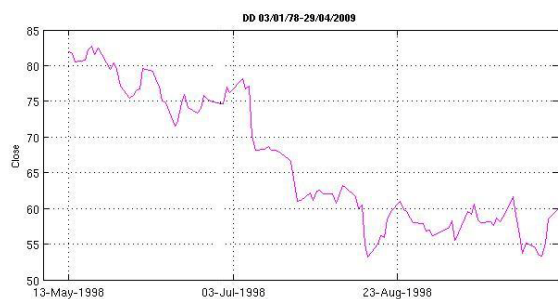
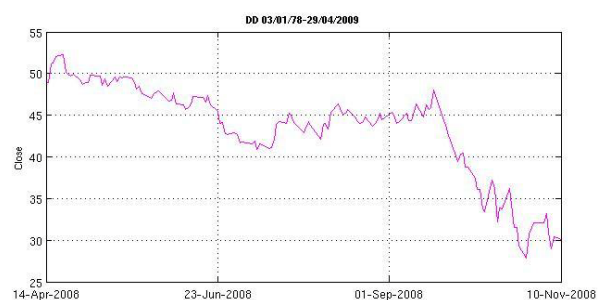
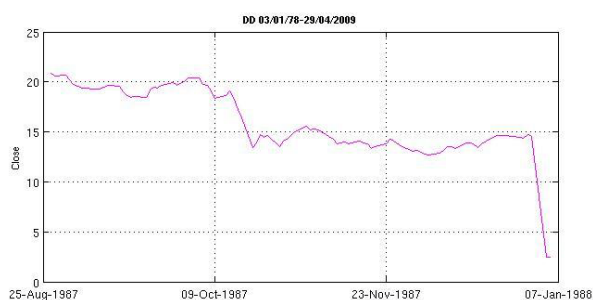
Το 1975 η United Aircraft μετονομάστηκε σε United Technologies. Από το 1979 και έπειτα ακολούθησε κύμα εξαγορών και συγχωνεύσεων. Οι εταιρείες που αποκτήθηκαν ήταν: Carrier Refrigeration και Mostek το 1979, Sundstrand Corporation το 1999, Chubb Security το 2001, Schweizer Aircraft Corporation το 2004, Kidde και Boeing's Rocketdyne division το 2005. Η έδρα της βρίσκεται στο Hartford του Connecticut.

Κίνηση της τιμής κάθε μετοχής

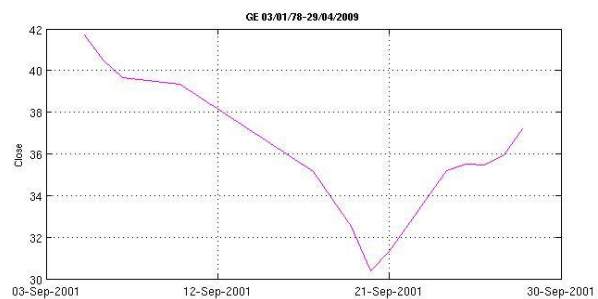
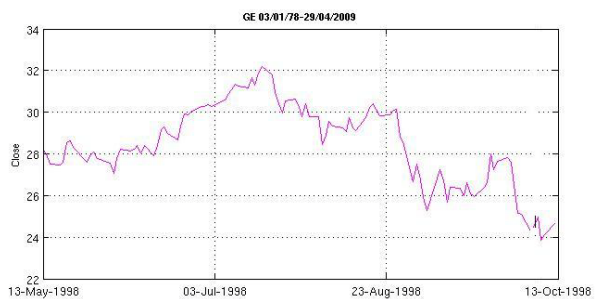
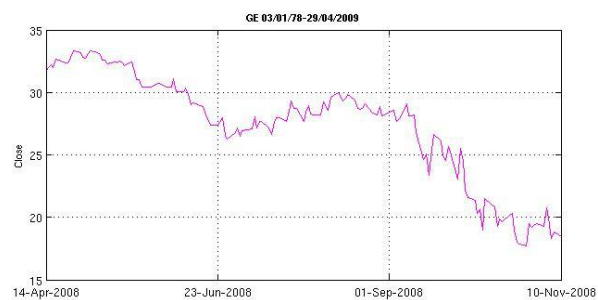
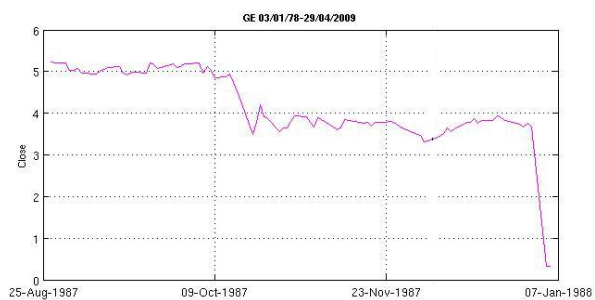
Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τις τιμές κλεισίματος κάθε μετοχής για την περίοδο εφαρμογής του μοντέλου PATSOS (το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω). Για κάθε περίοδο κρίσης επιλέχθηκε ένα σταθερό χρονικό διάστημα ώστε να είναι δυνατή η μετέπειτα σύγκριση. Όπως θα φανεί παρακάτω σε αυτά τα διαστήματα υπάρχει καθοδική (bear market), ανοδική (bull market) και πλάγια κίνηση της τιμής των μετοχών. Ο τίτλος κάθε γραφήματος παρουσιάζει το όνομα κάθε μετοχής και το χρονολογικό εύρος των δεδομένων που υπήρχαν διαθέσιμα. Το πάνω αριστερά διάγραμμα αναφέρεται στην περίοδο Μαύρη Δευτέρα, το πάνω δεξιά στην πιστωτική κρίση του 2008, το κάτω αριστερά στην ρωσική κρίση του 1998 και το κάτω δεξιά στα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου του 2001.

6 Βάση της Nielsen Company

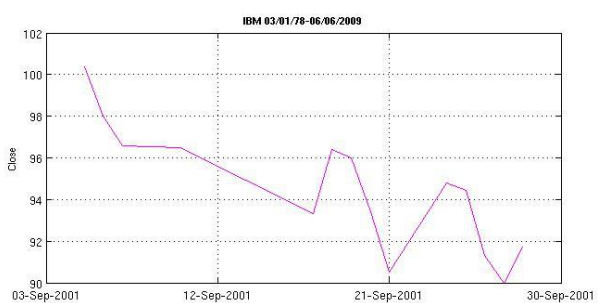
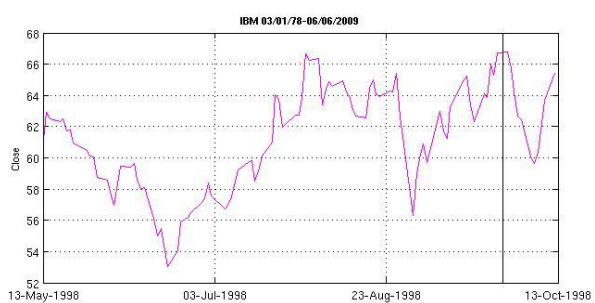
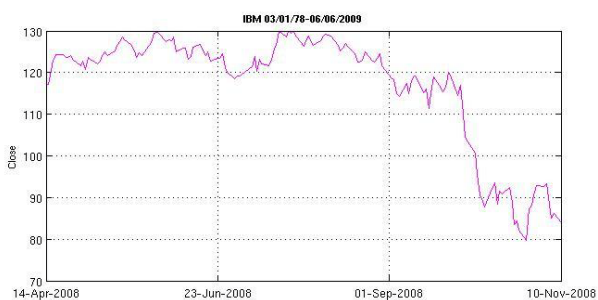
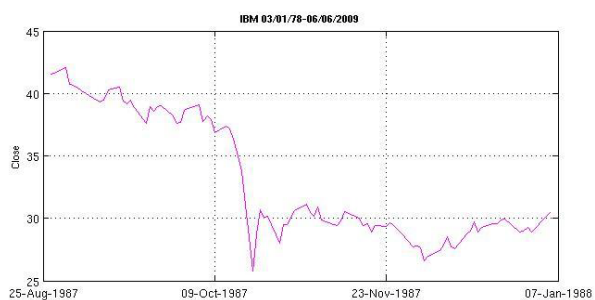
3M**AA**

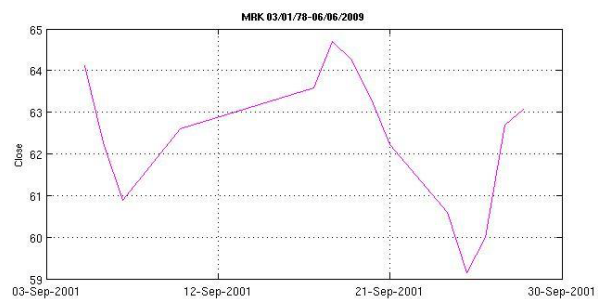
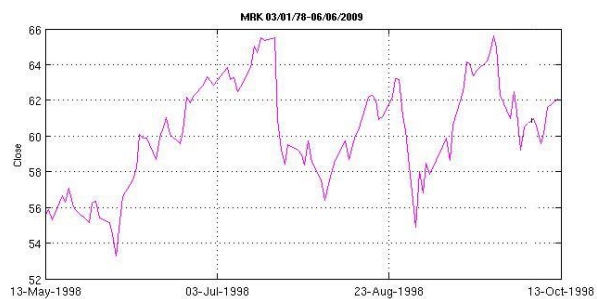
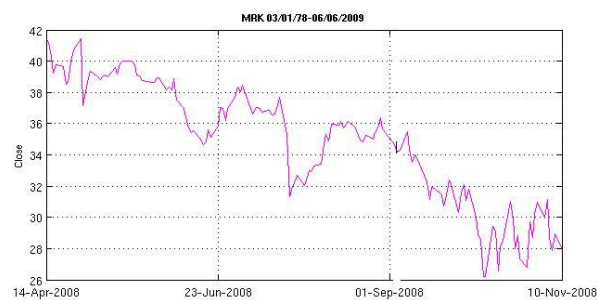
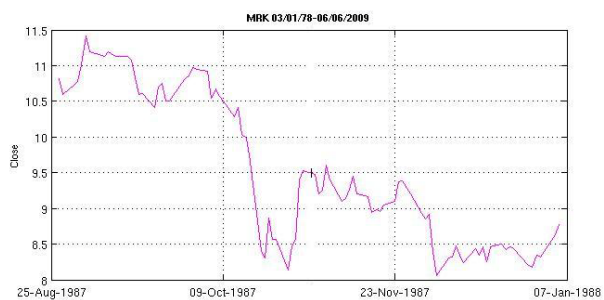
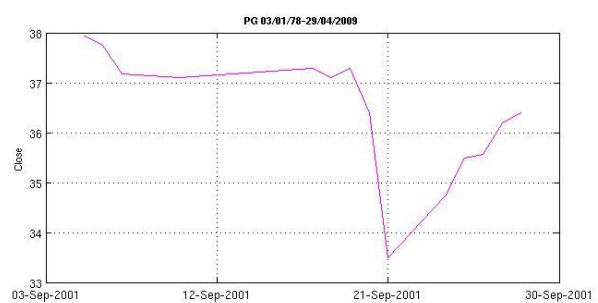
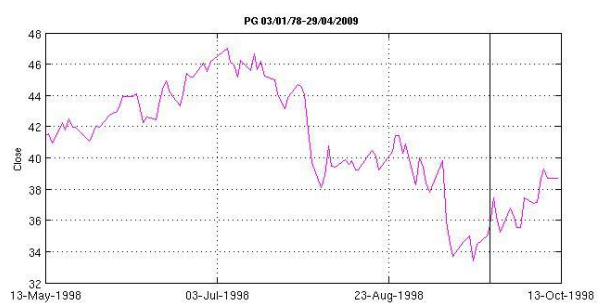
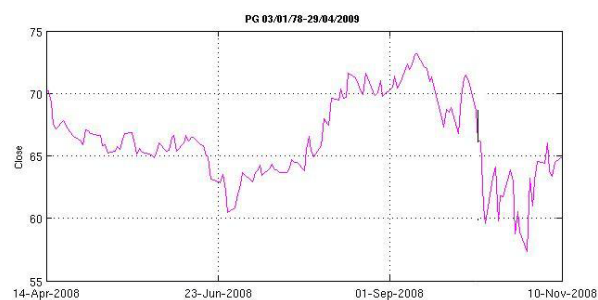
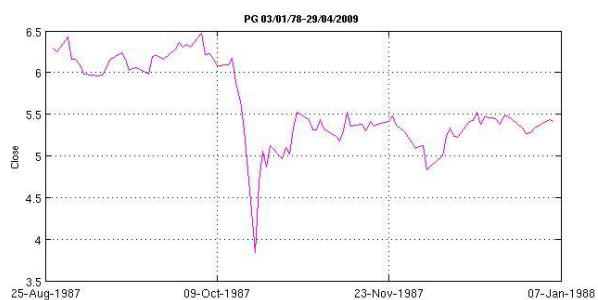
AXP**DD**

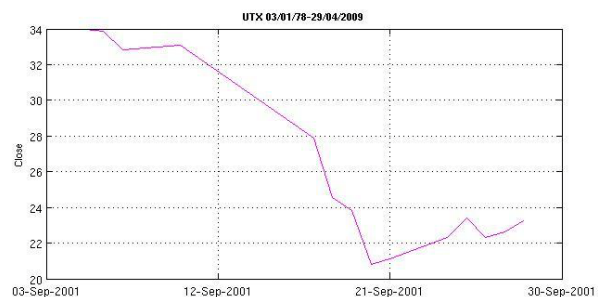
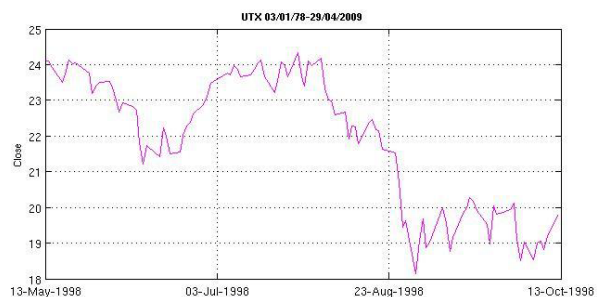
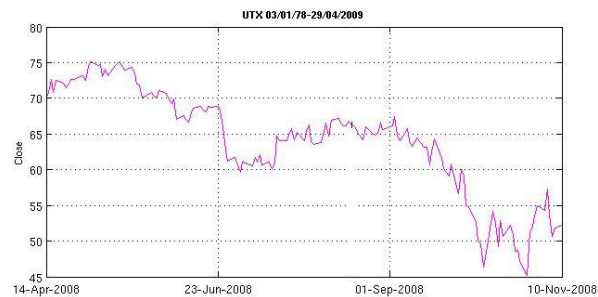
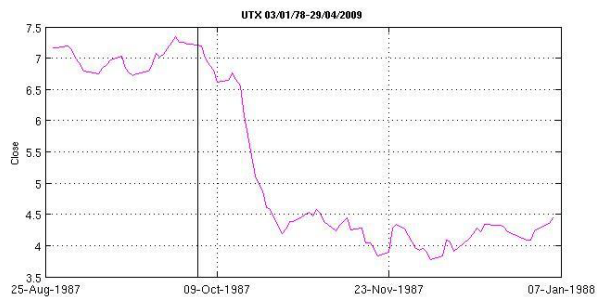
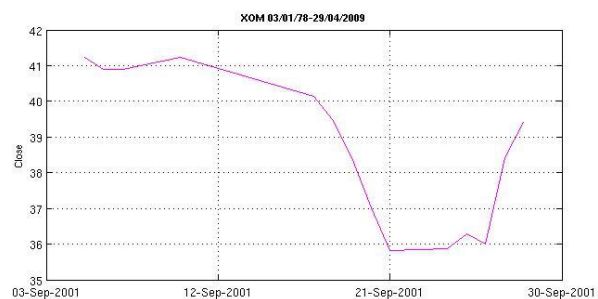
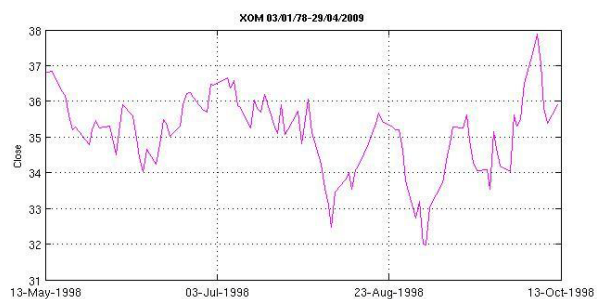
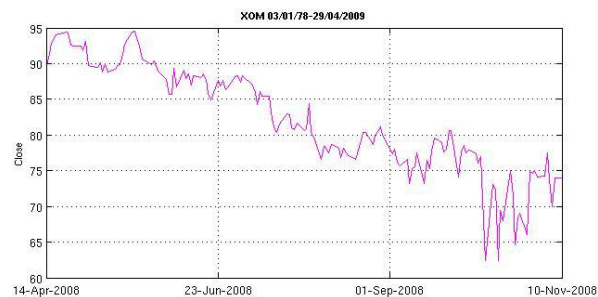
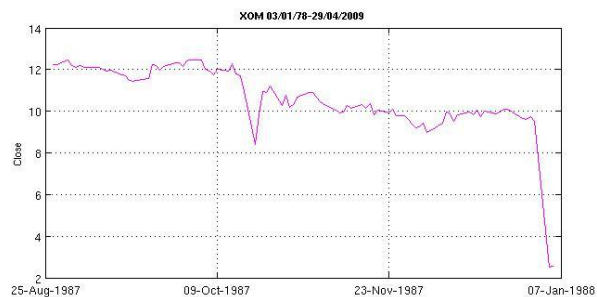
GE



IBM



MRK**PG**

UTX**XOM**

Ασαφής λογική (Fuzzy Logic)

Ιστορία

Στα μέσα του 1960 ο Lotfi A. Zadeh του πανεπιστημίου Berkeley της Καλιφόρνια εφηύρε την θεωρία των ασαφών συνόλων, η οποία λέει ότι συνήθως στον κόσμο που ζούμε τα αντικείμενα γύρω μας ανήκουν σε διάφορα σύνολα με διαφορετικούς βαθμούς συμμετοχής. Πχ. η κλάση των "ψηλών ανθρώπων" δεν έχει αυστηρό κριτήριο συμμετοχής. Ο ασαφής ορισμός κλάσεων παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στην ανθρώπινη επικοινωνία. Το 1965 ο Zadeh θεμελίωσε πλήρως την θεωρία των ασαφών συνόλων και της ασαφής λογικής ολοκληρώνοντας την δουλειά αρκετών άλλων μαθηματικών μέχρι τότε. Η θεωρία του Zadeh δέχθηκε μεγάλη αμφισβήτηση κυρίως στην Αμερική. Την δεκαετία του 1970 ο Ebrahim H. Mamdani, μηχανικός στο πανεπιστήμιο Queen Mary του Λονδίνου δοκίμασε για πρώτη φορά την ασαφή λογική για την ανάπτυξη ενός ελεγκτή ατμομηχανής.

Η θεωρία συνόλων αρχικά αναπτύχθηκε από τον Cantor (1845-1918). Η θεωρία του δέχθηκε μεγάλη αμφισβήτηση και τελικά πέθανε το 1918 σε ψυχιατρική κλινική. Σύνολο είναι οποιαδήποτε συλλογή - ομάδα ομοειδών πραγμάτων (πραγμάτων που έχουν ή ικανοποιούν μία συγκεκριμένη ιδιότητα). Τα μέλη της ομάδας αυτής καλούνται στοιχεία του συνόλου. Το πλήθος των στοιχείων ενός συνόλου καλείται πληθικός αριθμός του συνόλου (συμβολίζεται συνήθως με N). Υπάρχουν πεπερασμένα και άπειρα σύνολα, ανάλογα με το αν ο πληθικός τους αριθμός είναι πεπερασμένος ή άπειρος.

Ασαφή σύνολα

Ένα ασαφές σύνολο (fuzzy set) ορίζεται ως ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών $(x, (x))$ A μ όπου $x \in X$ και $(x) \in [0,1]$ A μ. Το σύνολο X αποτελεί ένα ευρύτερο σύνολο αναφοράς (universe of discourse) που περιλαμβάνει όλα τα αντικείμενα στα οποία μπορεί να γίνει αναφορά. Η τιμή $\mu_A(x)$ λέγεται συνάρτηση συμμετοχής (membership function) ή βαθμός αληθείας (degree of truth), συμβολίζει το βαθμό συμμετοχής του x στο A και παίρνει τιμές στο διάστημα $[0,1]$. Η διαφορά των ασαφών συνόλων συγκριτικά με την κλασική θεωρία συνόλων είναι ότι στη δεύτερη ισχύει $(x) \in \{0,1\}$ A μ, δηλαδή το x είτε ανήκει στο A [$\mu_A(x) = 1$] ή δεν ανήκει [$\mu_A(x) = 0$]. Το ασαφές σύνολο ορίζεται ως: $A = \sum_X \mu_A / X$ στην διακριτή και $A = \int \mu_A / X$ στην περίπτωση που το X είναι ένα συνεχές διάστημα.

Συνεπαγωγές

Έστω οι προτάσεις $p = "x$ ανήκει στο σύνολο $A"$ και $q = "y$ ανήκει στο σύνολο $B"$ όπου A και B είναι κλασσικά σύνολα. Η πρόταση " p συνεπάγεται q " που θα συμβολίζεται $R : p \rightarrow q$, ερμηνεύεται ως $\neg(p \wedge \neg q)$ δηλαδή ότι δεν μπορεί να αληθεύει το p και να μην αληθεύει το q . Η πλήρης ερμηνεία της συνεπαγωγής είναι ότι ο βαθμός αλήθειας της $p \rightarrow q$ καθορίζει κατά πόσο το q αληθεύει τουλάχιστον κατά τον ίδιο βαθμό όσο το p . Έτσι σύμφωνα με την κλασσική λογική ο πίνακας αλήθειας της φυσικής συνεπαγωγής είναι ο ακόλουθος

p	q	$p \rightarrow q$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Μια επέκταση της φυσικής συνεπαγωγής $R : p \rightarrow q$ χρησιμοποιώντας ασαφή σύνολα A και B είναι η σχέση R μεταξύ των A και B.

$$\mu_R(x, y) = \begin{cases} 1, & \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ 0, & \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases}$$

που ονομάζεται αυστηρή συνεπαγωγή. Ο πιο διαδεδομένος τελεστής συνεπαγωγής στα ασαφή σύνολα είναι αυτός του Mamdani που ορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\mu_R(x, y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}.$$

Προσεγγιστικός συλλογισμός

Στην συμπερασματική συλλογιστική, δεδομένων αληθών προτάσεων το συμπέρασμα που βγαίνει δεν μπορεί να είναι ψευδές. Κλασσικό παράδειγμα συμπερασματικής συλλογιστικής είναι το ακόλουθο:

Πρόταση: Όλοι οι άνθρωποι είναι θνητοί
Γεγονός: Ο Σωκράτης είναι άνθρωπος
Συμπέρασμα: Ο Σωκράτης είναι θνητός

Ο έλεγχος διαδικασιών ή συστημάτων με ασαφείς ελεγκτές προϋποθέτει την ύπαρξη κάποιων λεκτικών κανόνων που περιγράφουν τις αντιδράσεις ενός ανθρώπου χειριστή. Αυτοί οι κανόνες περιγράφονται από ένα σύνολο προτάσεων της μορφής "ΑΝ A τότε B". Είναι προφανές ότι σε πολύπλοκες διαδικασίες δεν είναι γνωστοί όλοι οι κανόνες εκ των προτέρων. Άρα ζητείτε ένας μηχανισμός που μπορεί να παίρνει αποφάσεις με ελλιπή στοιχεία, κάτι που η ασαφής λογική αποδεικνύεται ότι μπορεί να κάνει.

Στον προσεγγιστικό συλλογισμό και την ασαφή λογική ο σημαντικότερος κανόνας συνεπαγωγής είναι ο Generalized Modus Ponens (GMP) για τον οποίο ισχύει

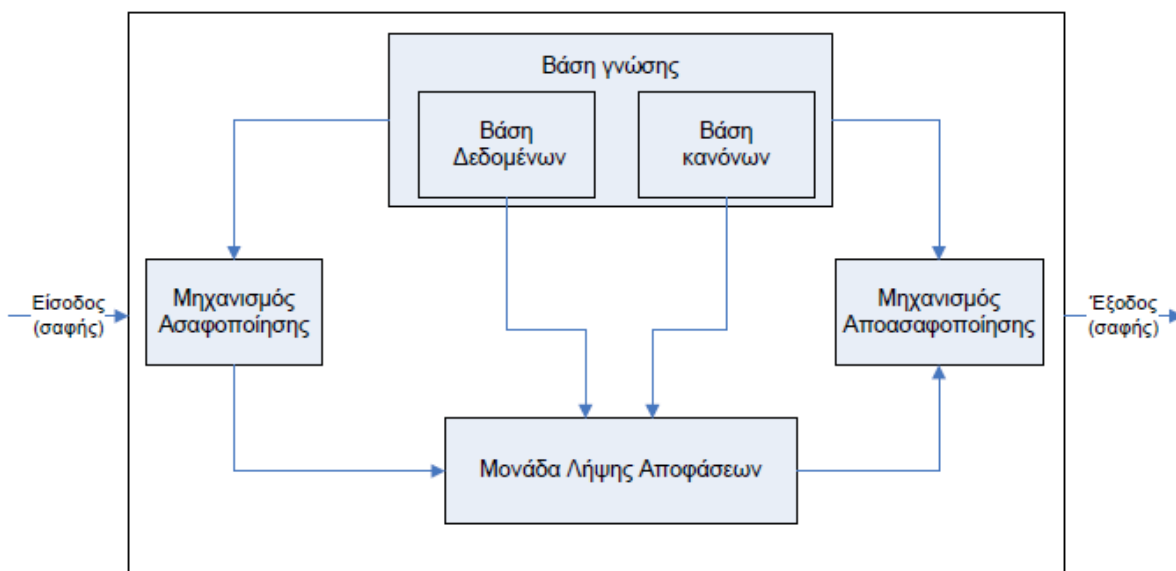
ΠρότασηR: ΑΝ x είναι A ΤΟΤΕ y είναι B
Γεγονός: x είναι A
Συμπέρασμα: y είναι B

Στόχος είναι η εύρεση ενός συμπεράσματος έχοντας σαν δεδομένα τα αίτια. Το συμπέρασμα B' προκύπτει από την σύνθεση του A' και του πίνακα αλήθειας της συνεπαγωγής. Η σύνθεση όπως έχουμε ήδη πει μπορεί να οριστεί με διάφορους τελεστές. Αν τώρα έχουμε παραπάνω από μία συνεπαγωγές $R^1, R^2, \dots, R^n$ τότε ο συνδυασμός αυτών των σχέσεων γίνεται με "OR" συνήθως χρησιμοποιώντας τον τελεστή max.

Ασαφείς ελεγκτές

Τα βασικά στοιχεία ενός ασαφούς ελεγκτή είναι τα ακόλουθα:

- Βάση γνώσης. Σε αυτήν είναι αποθηκευμένοι οι κανόνες ελέγχου για το έλεγχο της διαδικασίας.
- Ασαφή σύνολα. Έχοντας ορίσει τα ασαφή σύνολα είναι δυνατή η μετάφραση των λεκτικών κανόνων της βάσης γνώσης σε μαθηματικούς κανόνες.
- Ασαφοποιητής. Αναλαμβάνει την μετατροπή των πραγματικών τιμών των μεταβλητών εισόδου του ελεγκτή σε ασαφή σύνολα.
- Μηχανισμός συμπερασμού. Εκεί παράγονται μέσω συνεπαγωγών τα ασαφή σύνολα των συμπερασμάτων.
- Αποασαφοποιητής. Τα ασαφή σύνολα των συμπερασμάτων μετατρέπονται σε πραγματικούς αριθμούς έτσι ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση της δράσης ελέγχου στην διαδικασία.



Εικόνα 1 Διαγραμματική απεικόνιση της δομής ενός ασαφούς ελεγκτή

Ασαφοποίηση εισόδων

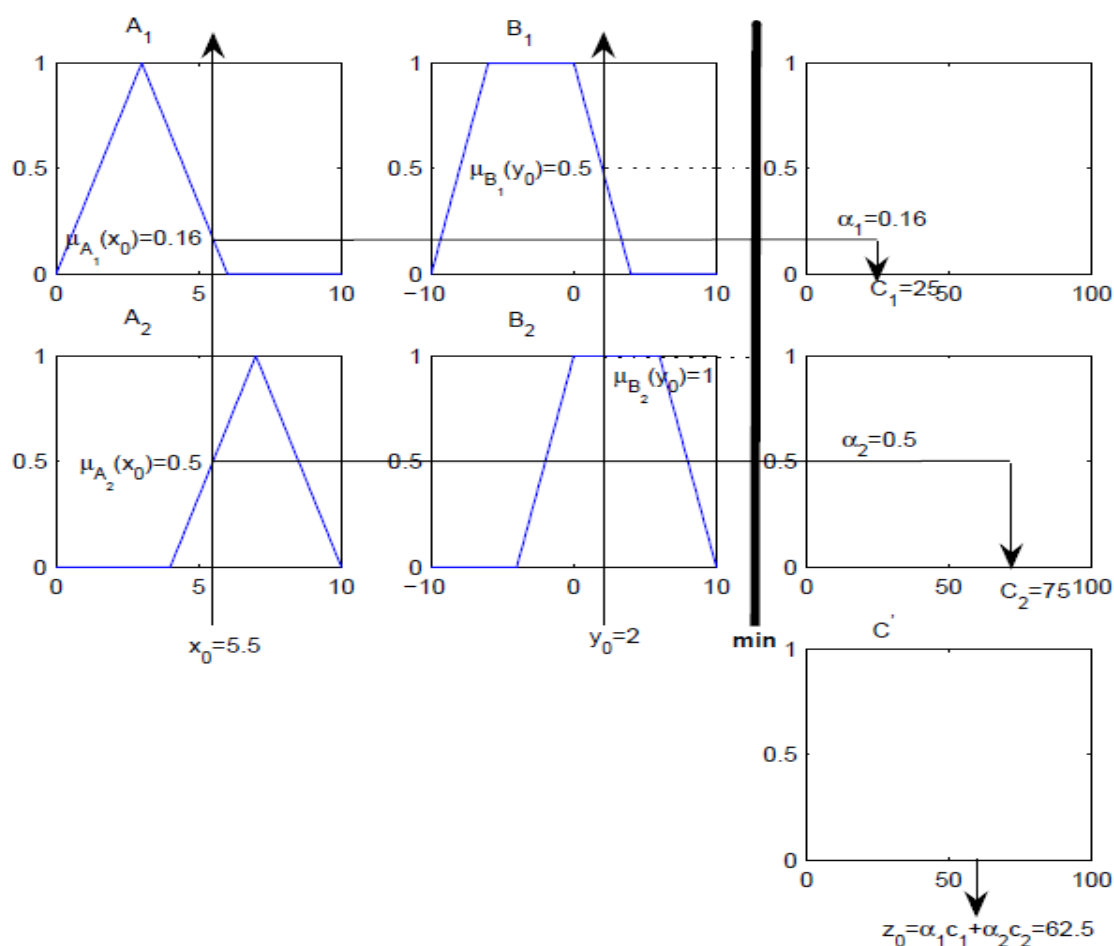
Οι είσοδοι σε έναν ασαφή ελεγκτή είναι σήματα άρα σαφείς μεταβλητές, γι αυτό και απαιτείται σαν πρώτο βήμα η ασαφοποίησή των. Η ασαφοποίηση μπορεί να γίνει είτε με χρήση πίνακα τιμών είτε μέσα από μια αποτίμηση μιας συνάρτησης.

Μηχανισμός συμπερασμού

Ο μηχανισμός συμπερασμού για να οριστεί πλήρως χρειάζεται να οριστεί ο τελεστής συνεπαγωγής, ο τελεστής σύνθεσης που χρησιμοποιείται, το συνδετικό μεταξύ των η κανόνων, και ο τελεστής "ΚΑΙ" που ενώνει τις προϋποθέσεις των κανόνων.

<u>Τελεστής "ΚΑΙ"</u>	<u>Τελεστής "ΟΡ"</u>	<u>Τελεστής συνεπαγωγής</u>	<u>Τελεστής σύνθεσης</u>
Mamdani (max)	Mamdani (min)	Αυστηρή	Mamdani (max – min)
Probor	Larsen (prod)	Gödel	Larsen (max – prod)
		Larsen (prod)	max – average
		Mamdani (min)	

Το ασαφές μοντέλο τύπου Sugeno προτάθηκε από τους Tagaki, Sugeno και Kang σε μια προσπάθεια να αναπτύξουν μια συστηματική προσέγγιση που θα τους επιτρέπει την παραγωγή ασαφών κανόνων από ένα συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων εισόδου-εξόδου. Ένας τυπικός ασαφής κανόνας για το ασαφές μοντέλο τύπου Sugeno έχει την ακόλουθη μορφή: Αν x είναι A και y είναι B , τότε $z = f(x,y)$, όπου τα A και B είναι ασαφή σύνολα στην υπόθεση (antecedent), ενώ το $z = f(x,y)$ είναι μια σαφής (crisp) συνάρτηση στην απόδοση (consequent). Συνήθως το $f(x,y)$ είναι ένα πολυώνυμο των μεταβλητών εισόδου x και y , αλλά μπορεί να είναι οποιαδήποτε συνάρτηση, αρκεί να μπορεί να περιγράψει κατάλληλα την έξοδο του μοντέλου εντός της ασαφούς περιοχής που καθορίζεται από την υπόθεση (antecedent) του κανόνα.



Εικόνα 2 Απλοποιημένος Sugeno-Takagi ελεγκτής

Ο στόχος είναι να παραχθεί ένα ασαφές σύνολο σαν απόφαση του ελεγκτή. Τα συστήματα που χρησιμοποιούν Sugeno μηχανισμό συμπερασμού είναι περισσότερο ακριβή αλλά απαιτούν περισσότερο υπολογιστικό χρόνο. Ενώ αυτά που χρησιμοποιούν Mamdani ερμηνεύονται περισσότερο και απαιτούν λιγότερο υπολογιστικό χρόνο αλλά είναι λιγότερο ακριβή.⁷

Αποασαφοποίηση εξόδων

Για να προκύψει τελικά μια σαφής ενέργεια ελέγχου πρέπει στο ασαφές σύνολο C να εφαρμοστεί μια από τις παρακάτω τεχνικές αποασαφοποίησης.

- Κέντρου βάρους (Center of area - Centroid). Η έξοδος υπολογίζεται από τον τύπο $z = \frac{\sum y_i \mu_C(y_i)}{\sum \mu_C(y_i)}$ στην διακριτή και $z = \frac{\int y_i \mu_C(y_i)}{\int \mu_C(y_i)}$ στην συνεχή περίπτωση.
- Αποασαφοποίηση μικρότερου των μεγίστων (Smallest of maxima – SOM). Είναι το μικρότερο σε απόλυτη τιμή από τα y_i που έχουν την μέγιστη τιμή συμμετοχής στο C.
- Αποασαφοποίηση μεγαλύτερου των μεγίστων (Largest of maxima – LOM). Είναι το μεγαλύτερο σε απόλυτη τιμή από τα y_i που έχουν την μέγιστη τιμή συμμετοχής στο C.
- Αποασαφοποίηση μέσου των μεγίστων (Middle of maxima - MOM). Είναι ο μέσος όρος όλων των στοιχείων y_i $i = 1, \dots, N$ που παίρνουν την μέγιστη τιμή στο C. $z = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$

Ανάλυση κανόνων

Η σχεδίαση ενός ασαφούς ελεγκτή εντοπίζεται κυρίως στην εύρεση κατάλληλων κανόνων, έτσι ώστε το κλειστό σύστημα να ικανοποιεί κάποιες δεδομένες προϋποθέσεις. Στην θεωρία των ασαφών ελεγκτών δεν υπάρχουν συγκεκριμένες διαδικασίες έτσι ώστε να σχεδιαστεί ένας τέτοιος ελεγκτής, σε αντίθεση με την γραμμική θεωρία αυτομάτου ελέγχου όπου υπάρχουν τεχνικές όπως ο γεωμετρικός τόπος ριζών, τα διαγράμματα Nyquist κλπ. Το πρόβλημα είναι ότι η σχέση εισόδου εξόδου του ελεγκτή είναι μη γραμμική και πολύ δύσκολη να περιγραφεί μαθηματικά. Παρόλα αυτά δημιουργήθηκαν κάποια test με σκοπό να δείχνουν αν μια βάση κανόνων πληρεί κάποια βασικά κριτήρια. Τα βασικά κριτήρια για την ανάλυση των κανόνων είναι τα ακόλουθα.

1. Πληρότητα - Είναι αρκετοί οι κανόνες που δημιουργήθηκαν;
2. Συνέπεια - Μήπως οι κανόνες αλληλοσυγκρούονται;
3. Πλεονασμός - Μήπως υπάρχουν στη βάση κανόνων κάποιοι περιττοί κανόνες;
4. Αλληλεπίδραση - Υπάρχουν κάποιοι κανόνες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους;

Συναρτήσεις συμμετοχής

Συναρτήσεις συμμετοχής γενικευμένης καμπανοειδούς μορφής (Generalized bell Mfs). Η γενικευμένη καμπανοειδής συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από τρεις παραμέτρους $\{a, b, c\}$, όπου η παράμετρος b είναι συνήθως θετική.

⁷ Jang, 1997

$$gbellmf(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}}$$

Συναρτήσεις συμμετοχής γκαουσιανής μορφής (Gaussian Mfs). Μια Γκαουσιανή συνάρτηση συμμετοχής προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους $\{c, \sigma\}$

$$gaussmf(x, c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - c}{\sigma} \right)^2}$$

Το δυσκολότερο σημείο είναι η επιλογή των ασαφών μεταβλητών, των τιμών τους και των κανόνων με τους οποίους θα συνδυαστούν. Ο προσδιορισμός των διαφόρων συναρτήσεων συμμετοχής συνήθως γίνεται αυτόματα με τη χρήση τεχνικών των νευρωνικών δικτύων. Άλλα σημεία που απαιτούν προσοχή είναι η επιλογή κατάλληλου τελεστή συνεπαγωγής, της μεθόδου αποασαφοποίησης κλπ. Ένα από τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα σύστημα ασαφούς συλλογιστικής είναι η σταθερότητα, δηλαδή η ικανότητά του να εμφανίζει καλή συμπεριφορά σε όλο το φάσμα τιμών εισόδου. Συνήθως η σταθερότητα συμπεριλαμβάνεται σαν ασαφής μεταβλητή στην περιγραφή του συστήματος και οι σχετικοί κανόνες ρυθμίζουν τη συμπεριφορά του συστήματος σε ακραίες καταστάσεις.

Ασαφής λογική και προβλέψεις

Ο Hiemstra Y. (1994) παρουσίασε μια γενική προσέγγιση στη χρηματιστηριακή πρόβλεψη και εισήγαγε ένα σύστημα υποστήριξης πρόβλεψης με ασαφή λογική. Το μοντέλο προβλέπει τριμηνιαίες χρηματιστηριακές αποδόσεις. Η ιδέα είναι να συγκρίνει τις επενδυτικές συνθήκες με την αποτίμηση της χρηματιστηριακής αγοράς. Οι εισοδοί του μοντέλου είναι ο πληθωρισμός, η τάση του πληθωρισμού, η τάση ανάπτυξης του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος, ο ρυθμός ανάπτυξης του ακαθάριστου εθνικού προϊόντος, η τάση των επιτοκίων καταθέσεων και η αποτίμηση της αγοράς. Για τον υπολογισμό της αποτίμησης της αγοράς το μοντέλο πολλαπλασιάζει τον πολλαπλασιαστή κερδών με το επιτόκιο καταθέσεων. Το μοντέλο προσομοιώθηκε με δεδομένα του χρηματιστηριακού δείκτη S&P500, καλύπτοντας την περίοδο 1979-1989. Τα αποτελέσματα έδειξαν αποδεκτή αποδοτικότητα του μοντέλου. Το βασικό μοντέλο έδωσε συντελεστή συσχέτισης 0,17 κατά την προσομοίωση, ο οποίος είναι αρκετά ικανοποιητικός και συγκρίνεται με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών.

Ο Ghoshray S. (1996) χρησιμοποίησε ένα ασαφές μοντέλο επαναδημιουργίας βασιζόμενο σε ασαφή πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης για να προβλέψει τις τιμές συναλλάγματος. Χρησιμοποίησε χρονολογικές σειρές τιμών συναλλάγματος πολλών ευρωπαϊκών νομισμάτων έναντι του δολαρίου Αμερικής (US\$). Παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνεται η εμπέδωση (η), η χρονική υστέρηση (t) και το διάνυσμα των γειτονικών δεδομένων, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των νομισμάτων αυξάνει και επιβεβαιώνεται η αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθόδου.

Οι Chen T. et al. (1999) εφάρμοσαν ασαφή λογική για να προβλέψουν την τιμή και τις πωλήσεις στη βιομηχανία των ημιαγωγών. Χρησιμοποίησαν ασαφή παρεμβολή (fuzzy

interpolation FI) και ασαφή γραμμική παλινδρόμηση (fuzzy linear regression FLR). Τα αποτελέσματα των προβλέψεων συγκρίνονται με άλλες παραδοσιακές τεχνικές.

Οι Setnes M. et al. (1999) εξέτασαν την εφαρμογή των ασαφών μοντέλων Takagi- Sugeno (TS) στο πρόβλημα της ανάλυσης των χρηματιστηρίων. Διαφορετικές αρχιτεκτονικές αξιολογήθηκαν στο γερμανικό χρηματιστηριακό δείκτη Dutch AEX. Ο στόχος ήταν να μοντελοποιηθούν μακροχρόνιες σχέσεις μεταξύ δεικτών των αγορών και μακροοικονομικών μεταβλητών. Υπήρξε η υπόθεση ότι δεν ήταν γνωστή προηγούμενη γνώση της συμπεριφοράς των αγορών. Για να αξιολογήσει το προτεινόμενο Takagi-Sugeno σύστημα, τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης και ένα μοντέλο διακράτησης. Το TS είχε καλύτερο συνολικό αποτέλεσμα σε σχέση με τα άλλα δύο μοντέλα, σύμφωνα με διάφορα κριτήρια αξιολόγησης. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις το μοντέλο διακράτησης είναι καλύτερο με κριτήριο αξιολόγησης τη ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE). Παρά την έλλειψη ακριβών προβλέψεων, το μοντέλο έχει οικονομική αξία με βάση το πρόσημο της πρόβλεψης. Το TS μοντέλο, όταν συνδυαστεί με κανόνες συναλλαγών, αποδίδει περισσότερο από το δείκτη της αγοράς, δίνοντας απόδοση επενδυμένου κεφαλαίου 79.60%, χρησιμοποιώντας σταθμισμένα δεδομένα και το R2 ως κριτήριο επιλογής.

Ο Ettes D. (2000) ανάλυσε την αξιοπιστία των συστημάτων συναλλαγών τα οποία χρησιμοποιούν μοντέλα πρόβλεψης. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα μοντέλα βελτιστοποιούν την ελαχιστοποίηση του τετραγώνου του σφάλματος πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών των μετοχών. Για να αυξήσει την αξιοπιστία, πρότεινε μια προσέγγιση η οποία βελτιστοποιεί την κατάταξη των μοντέλων με τη χρήση ενός στόχου κέρδους. Δύο διαφορετικοί στόχοι κερδών χρησιμοποιήθηκαν: ένας άμεσος στόχος κερδών και ένας στόχος ο οποίος περιλαμβάνει ανάλυση ευαισθησίας της συνάρτησης κέρδους. Για την κατάταξη των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε η τεχνική των γενετικών αλγόριθμων (GA). Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Takagi-Sugeno, ασαφή μοντέλα και singleton ασαφή μοντέλα. Η κατάταξη των μοντέλων βελτιστοποιήθηκε με τη χρήση πραγματικού κώδικα γενετικών αλγόριθμων. Όταν τα μοντέλα Takagi-Sugeno και τα singleton ασαφή μοντέλα συγκρίθηκαν, φάνηκε ότι τα singleton δίνουν καλύτερα αποτελέσματα.

Ο Huarng K. (2001) πρότεινε την κατανομή του μέσου όρου του μήκους της διαφοράς των τιμών, για να βελτιώσει την πρόβλεψη σε ασαφείς χρονολογικές σειρές. Ημερήσια δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν από το χρηματιστήριο της Taiwan (TAIEX), για να αποδειχθεί η επίδραση του ιδανικού μήκους των διαστημάτων στα αποτελέσματα της πρόβλεψης. Τα αποτελέσματα πρόβλεψης από τη χρήση του μοντέλου CHEN με διάφορα διαστήματα μήκους συγκρίνονται με αυτά της κατανομής του μέσου όρου του μήκους του διαστήματος και τα τελευταία δίνουν προβλέψεις καλύτερες από πολλά τυχαία επιλεγμένα διαστήματα για πρόβλεψη του TAIEX.

Οι Tay N.S.P. et al. (2001) επεκτείνουν το Santa Fe Artificial Stock Market Model (SFASM) το οποίο μελετήθηκε από τον LeBaron. Οι στόχοι ήταν να μοντελοποιηθεί μια inductive reasoning διαδικασία και να ερευνηθούν οι επιπτώσεις της στη συνολική συμπεριφορά της αγοράς και ιδιαίτερα στη συμπεριφορά των μετοχών. Οι ειδικοί αναφέρουν τις προσδοκίες τους, χρησιμοποιώντας ένα γενετικό ασαφές σύστημα ταξινόμησης. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης δείχνουν ότι το μοντέλο είναι ικανό να παράγει συμπεριφορές οι οποίες έχουν ομοιότητες με αυτές των πραγματικών χρηματαγορών.

Οι Dourra H. et al. (2002) πρότειναν τη χρήση τεχνικής ανάλυσης με ασαφή λογική, για να δημιουργήσουν έναν ασαφή δείκτη ο οποίος προτείνει αγορά πώληση ή διακράτηση μετοχών. Χρησιμοποίησαν τη μέθοδο συμπερασμού Mamdani. Το μοντέλο αποτελείται από μερικές εισόδους, μία έξοδο και μερικούς ασαφείς κανόνες οι οποίοι εκφράζουν τη σχέση μεταξύ χρηματοοικονομικών δεικτών. Θεμελιώδεις δείκτες χρησιμοποιούνται με ασαφή λογική για μακροχρόνιες προβλέψεις και τεχνικοί δείκτες για βραχυχρόνιες προβλέψεις. Οι τεχνικοί δείκτες μετατρέπονται σε εισόδους οι οποίες τροφοδοτούν το ασαφές σύστημα. Δεδομένα τριών ετών

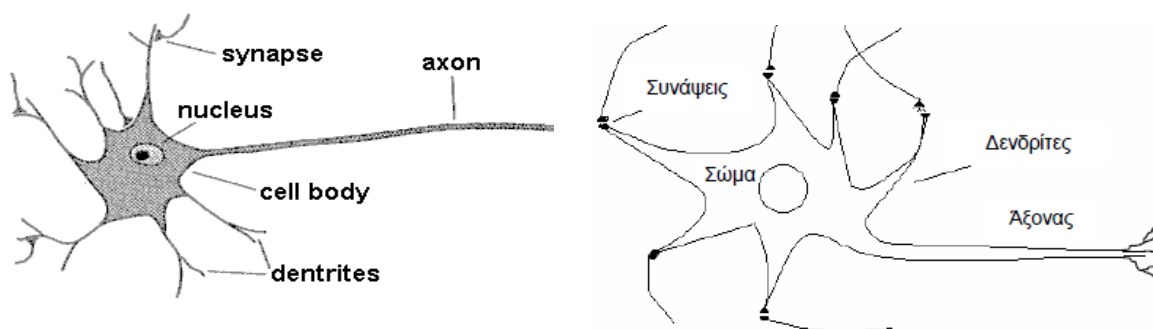
διαφορετικών εταιρειών χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του συστήματος. Οι επενδυτικές αποδόσεις ήταν πολύ καλές.

Ο Wang Y.F. (2002) πρότεινε ένα ασαφές σύστημα (fuzzy grey) πρόβλεψης της τιμής της μετοχής ανά πάσα στιγμή, το οποίο προέβλεπε και την τάση. Το πλεονέκτημα της χρήσης ασαφούς grey πρόβλεψης είναι ότι απαιτούνται ελάχιστες είσοδοι, για να προβλέψουν τη συμπεριφορά της μετοχής. Τα δεδομένα αξιολόγησης του μοντέλου προέρχονται από το Χρηματιστήριο της Ταϊβάν και αφορούν χρονικό διάστημα ανά 5 λεπτά. Το αδύνατο σημείο του συστήματος ήταν ότι οι περισσότερες παράμετροι πρέπει να είναι προκαθορισμένες και δεν μπορούν να αλλαχθούν από το χρήστη. Για περαιτέρω ανάπτυξη πρέπει να αναπτυχθεί ένα περισσότερο φιλικό περιβάλλον για το χρήστη.

Νευρωνικά δίκτυα

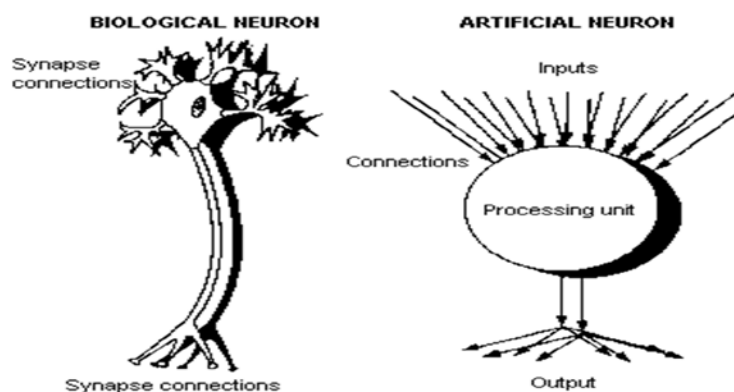
Ιστορία

Η μελέτη υπολογιστικών συστημάτων που βασίζονται σε πρότυπα του ανθρώπινου εγκεφάλου έκανε τα πρώτα της βήματα το 1943 από τους McCulloch και Pitts οι οποίοι σχεδίασαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο. Η πολυπλοκότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι τέτοια έτσι ώστε απαγορεύει την πλήρη κατανόησή του. Ακόμα και η κατανόηση της λειτουργίας ενός νευρώνα του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι φοβερά πολύπλοκη. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από 10^{10} νευρώνες, με κάθε νευρώνα να έχει αρκετές χιλιάδες συνδέσεις. Βασικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου εγκεφάλου είναι η αναγνώριση προτύπων (pattern recognition), ο συνειρμός, η πολυπλοκότητα και η ανεκτικότητα στο θόρυβο.



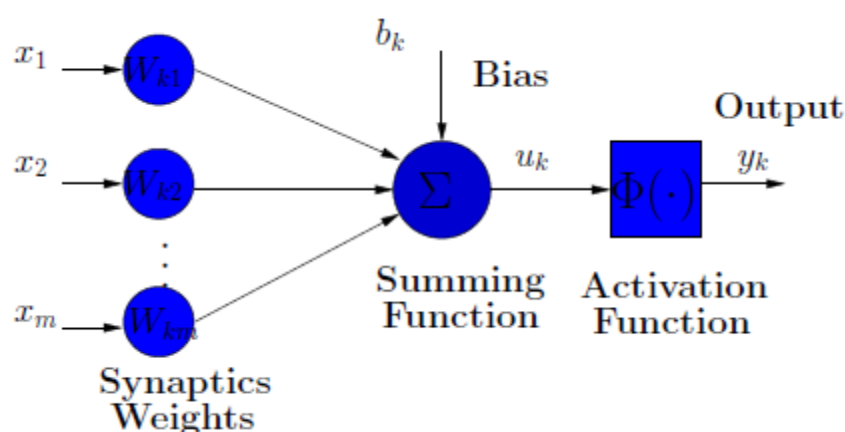
Ένας νευρώνας ενεργοποιείται όταν το σήμα εισόδου του γίνεται μεγαλύτερο από μία τιμή. Οι συνάψεις (συνδέσεις νευρώνων) μπορεί να είναι είτε διεγερτικές είτε ανασταλτικές. Ο νευρώνας έχει ένα κυτταρικό σώμα, μια δενδρική δομή εισόδων τους δενδρίτες και δενδρική δομή εξόδων τους άξονες. Οι άξονες συνδέονται με δενδρίτες άλλων νευρώνων μέσω των συνάψεων. Τα ηλεκτροχημικά σήματα εισόδων διαδίδονται από τους δενδρίτες στο κυτταρικό σώμα και έπειτα μέσω των αξόνων σε άλλους νευρώνες. Αντίστοιχες δομές ακολουθούνται και στα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.

Η δομή-σύντομη περιγραφή



Το νευρωνικό δίκτυο είναι ένα δίκτυο από υπολογιστικούς κόμβους (νευρώνες, νευρώνια), συνδεδεμένους μεταξύ τους. Είναι εμπνευσμένο από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ), το οποίο προσπαθούν να προσομοιώσουν. Στην ουσία πρόκειται για ένα συστήματα επεξεργασίας της πληροφορίας που αποτελείται από στρώματα (layers) κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από στοιχεία επεξεργασίας που καλούνται νευρώνες.

Οι νευρώνες είναι τα δομικά στοιχεία του δικτύου. Υπάρχουν δύο 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 συναπτικά βάρη και υπολογίζουν το άθροισμα του γινομένου. Κάθε νευρώνας εκτελεί μία προκαθορισμένη μαθηματική λειτουργία και παράγει μία και μόνη έξοδο. Το άθροισμα που προκύπτει είναι το όρισμα της συνάρτησης ενεργοποίησης. Ο κάθε νευρώνας λειτουργεί ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους.



Εικόνα 3 Μοντέλο νευρώνα

Το μοντέλο του νευρώνα που παρουσιάζεται παραπάνω περιλαμβάνει επίσης και ένα εξωτερικό βάρος b_k . Το βάρος b_k έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση ή την μείωση της τιμής που δίνει σαν είσοδο το δίκτυο στην συνάρτηση ενεργοποίησης ανάλογα με το αν είναι αρνητικό ή θετικό. Το βάρος αυτό καλείται πόλωση ή κατώφλι (bias, threshold). Η τιμή της εισόδου του είναι πάντα η μονάδα, $x_0 = 1$.

Με μαθηματικούς όρους, μπορούμε να περιγράψουμε έναν νευρώνα k από το παρακάτω ζεύγος εξισώσεων :

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j$$

$$y_k = \Phi(u_k - b_k)$$

όπου $x_1, x_2, \dots, x_m$ είναι τα εισερχόμενα σήματα, $w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$ είναι τα βάρη των συνάψεων του νευρώνα k , u_k είναι η έξοδος του γραμμικού συνδιαστή, $\Phi(\cdot)$ είναι η συνάρτηση ενεργοποίησης και y_k είναι το σήμα που δίνει σαν έξοδο ο νευρώνας k .

Η δεύτερη εξίσωση δείχνει την ιδιαίτερη σημασία του βάρους b_k . Εάν το συνολικό άθροισμα από τις υπόλοιπες εισόδους του νευρώνα είναι μεγαλύτερο από την τιμή αυτή, τότε ο νευρώνας ενεργοποιείται. Εάν είναι μικρότερο, τότε ο νευρώνας παραμένει ανενεργός.

Συναρτήσεις ενεργοποίησης

Η συνάρτηση ενεργοποίησης ορίζει την έξοδο του νευρώνα σε σχέση με την δυνατότητα ενεργοποίησης στην είσοδό του. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι συναρτήσεων ενεργοποίησης :

1. Η *συνάρτηση κατώφλι* (Threshold function). $\Phi(u) = \begin{cases} 1, & u \geq 0 \\ 0, & \text{else} \end{cases}$
2. Piecewise Linear Function. $\Phi(u) = \begin{cases} 1, & u \geq \frac{1}{2} \\ u, & \frac{1}{2} > u > \frac{1}{2} \\ 0, & \text{else} \end{cases}$
3. *Σιγμοειδής συνάρτηση* ενεργοποίησης. Η σιγμοειδής συνάρτηση είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη συνάρτηση ενεργοποίησης για την κατασκευή ΤΝΔ. Ορίζεται ως μια γνησίως αύξουσα συνάρτηση που είναι ομαλή και ασυμπτωτική. $\Phi(u) = \frac{1}{1+e^{-au}}$

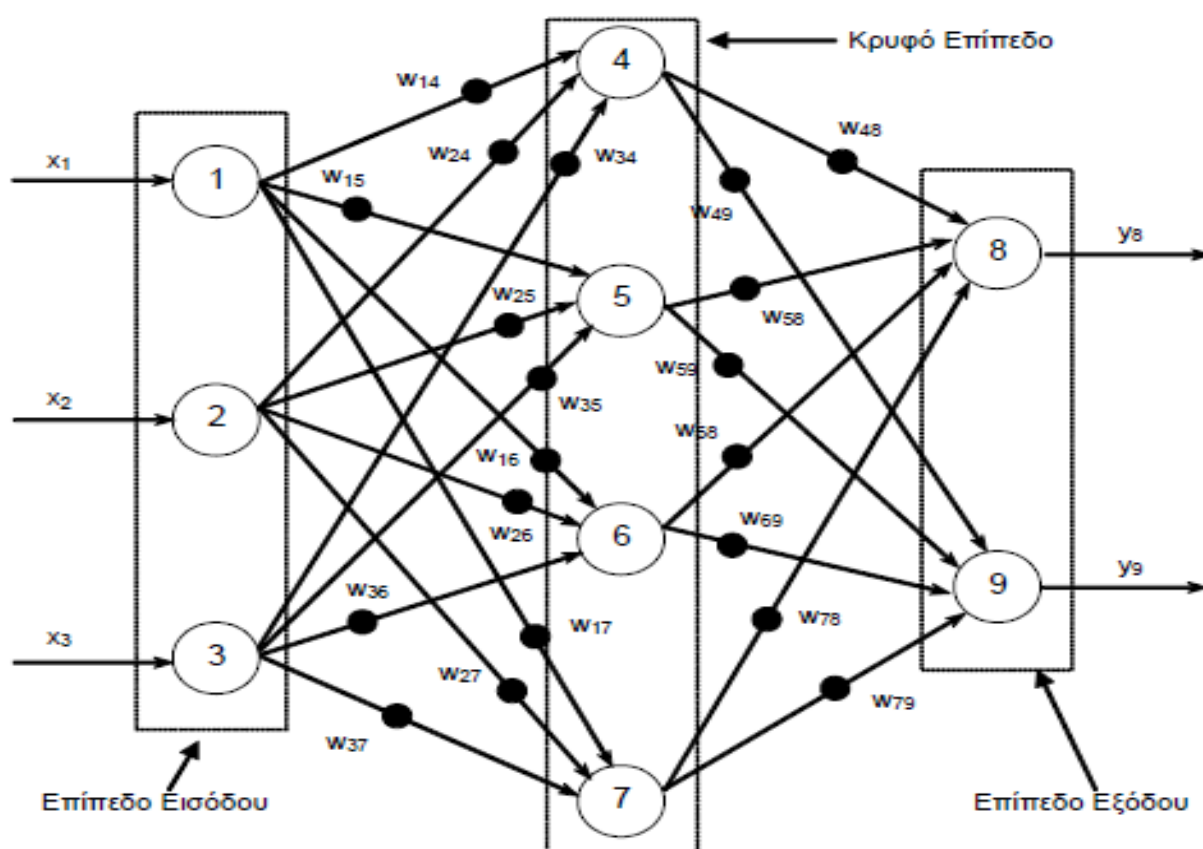
Αρχιτεκτονικές Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων

Ο τρόπος με τον οποίο οι νευρώνες ενός ΤΝΔ είναι δομημένοι είναι στενά συνδεδεμένος με τον αλγόριθμο εκπαίδευσης που χρησιμοποιείται για το δίκτυο. Γενικά υπάρχουν τρεις βασικές διαφορετικές κλάσεις αρχιτεκτονικών δικτύου.

1. *Feedforward Δίκτυα Ενός Επιπέδου (Single Layer Feedforward networks)*. Στα νευρωνικά δίκτυα οι νευρώνες του δικτύου οργανώνονται σε διάφορα επίπεδα. Η πιο απλή μορφή νευρωνικού δικτύου με επίπεδα είναι ένα νευρωνικό δίκτυο με ένα επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή έχουμε ένα επίπεδο με κόμβους εισόδου που προβάλλονται σε ένα επίπεδο εξόδου με νευρώνες (όπου γίνονται οι υπολογισμοί), ενώ το αντίθετο δεν ισχύει, δεν μπορούμε δηλαδή να πάμε από τους νευρώνες εξόδου στους κόμβους εισόδου. Σε αυτή την περίπτωση, το δίκτυο είναι ένα αυστηρά εμπρόσθιας τροφοδότησης (feedforward) δίκτυο και καλείται *Feedforward Δίκτυο Ενός Επιπέδου*. Με τον όρο ένα επίπεδο εννοούμε το επίπεδο εξόδου που περιέχει και τους νευρώνες όπου γίνονται οι υπολογισμοί. Σημειώνεται ότι δεν υπολογίζεται το επίπεδο εισόδου με τους κόμβους εισόδου γιατί σε αυτό δεν γίνονται καθόλου υπολογισμοί.
2. *Feedforward Δίκτυα Πολλαπλών Επιπέδων (Multilayer Feedforward Networks)*. Η δεύτερη κλάση εμπρόσθιας τροφοδότησης νευρωνικών δικτύων διαφέρει από την πρώτη στην ύπαρξη ενός ή περισσότερων *κρυφών* επιπέδων, των οποίων οι νευρώνες καλούνται *κρυφοί νευρώνες*. Η λειτουργία των κρυφών νευρώνων είναι να παρεμβάλλονται μεταξύ των κόμβων εισόδου και των νευρώνων εξόδου του δικτύου. Με την προσθήκη ενός ή περισσότερων κρυφών επιπέδων, το δίκτυο έχει την δυνατότητα να προσεγγίζει συναρτήσεις μεγαλύτερης πολυπλοκότητας. Οι κόμβοι εισόδου στο επίπεδο εισόδου του δικτύου παρέχουν τα στοιχεία των προτύπων εισόδου, με την μορφή διανυσμάτων, που γίνονται είσοδοι στους νευρώνες του δεύτερου επιπέδου, δηλαδή του πρώτου κρυφού επιπέδου. Τα σήματα εξόδου των νευρώνων του δεύτερου κρυφού επιπέδου, γίνονται σήματα εισόδου στο τρίτο επίπεδο και συνεχίζεται κατά αυτό τον τρόπο η ροή των σημάτων μεταξύ των επιπέδων του δικτύου μέχρι να φτάσουν στο επίπεδο εξόδου. Συνήθως, οι νευρώνες σε κάθε επίπεδο του δικτύου, παίρνουν σαν είσοδο, τα σήματα εξόδου από τους νευρώνες του προηγούμενου επιπέδου μόνο. Το σύνολο των σημάτων εξόδου στο επίπεδο εξόδου (τελευταίο επίπεδο του δικτύου), αποτελεί και την απάντηση του δικτύου για τα δεδομένα που εισάγονται στους κόμβους εισόδου. Γενικά ένα δίκτυο

με m κόμβους εισόδου, h_1 νευρώνες στο πρώτο κρυφό επίπεδο, h_2 νευρώνες στο δεύτερο κρυφό επίπεδο, κ.λπ. h_n νευρώνες στο n -οστό κρυφό επίπεδο και q νευρώνες στο επίπεδο εξόδου, αναφέρεται σαν ένα $m - h_1 - h_2 - \dots - h_n - q$ δίκτυο.

3. Αναδρομικά Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Networks). Ένα Αναδρομικό Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο (ΑΤΝΔ) διαφέρει από ένα Feedforward δίκτυο στο γεγονός ότι περιέχει έναν τουλάχιστον βρόγχο ανατροφοδότησης. Αυτό σημαίνει ότι σε έναν τουλάχιστον νευρώνα, το σήμα εξόδου του επηρεάζει το σήμα που έρχεται στην είσοδο του νευρώνα. Για παράδειγμα, ένα ΑΤΝΔ μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο επίπεδο νευρώνων όπου κάθε νευρώνας επιστρέφει το σήμα εξόδου του σαν σήμα εισόδου σε όλους τους άλλους νευρώνες του επιπέδου.



Εικόνα 4 Παράδειγμα ΤΝΔ

Εκπαίδευση-μάθηση

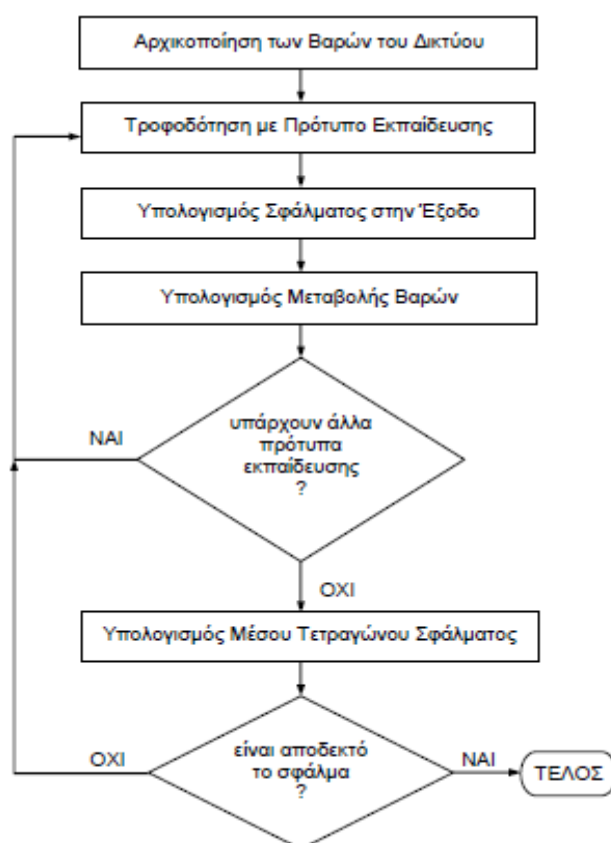
Τα βάρη αποτελούν τα στοιχεία μνήμης της αντίστοιχης διάταξης νευρώνων. Οι τιμές που παίρνουν τα βάρη καθορίζονται από την διαδικασία μάθησης. Όλες οι μέθοδοι εκμάθησης κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

1. εκπαίδευση με επίβλεψη (supervised learning). Διαδικασία στην οποία απαιτείται κάποιο διάνυσμα εξόδου το οποίο αντιστοιχεί στις επιθυμητές τιμές. Οι μέθοδοι που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι η εκμάθηση με διόρθωση σφάλματος (error correction learning), η στοχαστική εκμάθηση (stochastic learning) και τα hardwired systems

2. εκπαίδευση χωρίς επίβλεψη (unsupervised learning). Διαδικασία η οποία βασίζεται μόνο στην τοπική πληροφορία κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης. Παραδείγματα αλγορίθμων εκπαίδευσης χωρίς επίβλεψη είναι ο αλγόριθμος Hebbian, ο διαφορικός αλγόριθμος Hebbian και Min-Max αλγόριθμος.

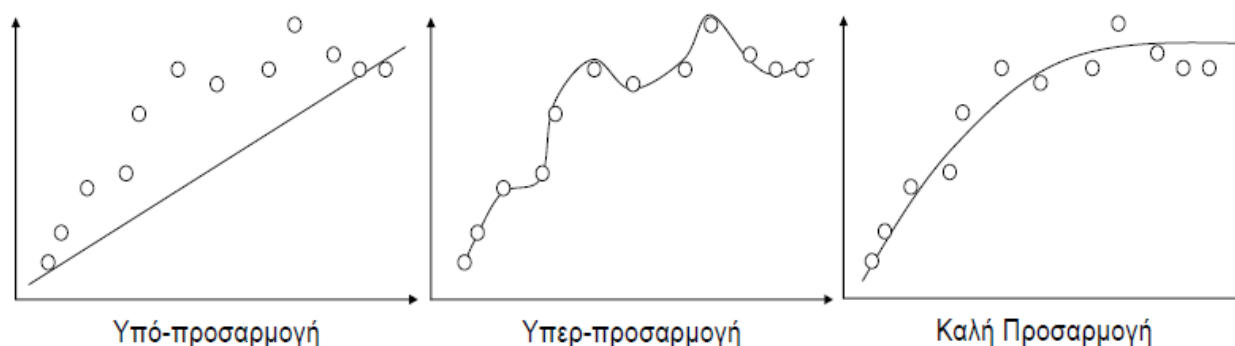
Παρακάτω παρατίθεται η διαδικασία εκπαίδευσης με τη μορφή σχεδιαγράμματος. Η όλη διαδικασία βασίζεται στην ανάστροφη μετάδοση του σφάλματος (back propagation):

1. Η αναπροσαρμογή των βαρών γίνεται από το επίπεδο εξόδου προς το εισόδου.
2. Διαδικασία βελτιστοποίησης επικλινούς καθόδου (gradient descent optimization procedure) που ελαχιστοποιεί το μέσο τετραγωνικό σφάλμα E μεταξύ της εξόδου του δικτύου και της επιθυμητής εξόδου, για τα p διανύσματα εκπαίδευσης



Εικόνα 5 Διαδικασία εκπαίδευσης ενός ΤΝΔ

Η εκπαίδευση ενός δικτύου τελειώνει όταν τα αποτελέσματα που δίνει βρίσκονται εντός κάποιων προδιαγραφών που δίνονται από τον χρήστη ή/και την μορφή του προβλήματος. Εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας στην εκπαίδευση ενός νευρωνικού δικτύου είναι ο αριθμός εποχών εκπαίδευσης. Ως εποχή (epoch) εννοούμε την χρήση όλων των δεδομένων εκπαίδευσης (από το δίκτυο) για μία φορά. Μικρός αριθμός εποχών εκπαίδευσης συνήθως οδηγεί σε άσχημα αποτελέσματα ενώ αντίθετα μεγάλος αριθμός εποχών εκπαίδευσης οδηγεί στην υπερεκπαίδευση και απαιτεί μεγάλο υπολογιστικό χρόνο. Υπερεκπαίδευση έχουμε όταν το νευρωνικό δίκτυο προσαρμοστεί πολύ καλά στα δεδομένα εκπαίδευσης και μόνο σε αυτά. Οι αναφορές μικρός και μεγάλος αριθμός εποχών είναι σχετικές και αναφέρονται στο εκάστοτε πρόβλημα.



Εικόνα 6 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις εκπαιδευμένων ΤΝΔ

Νευρωνικά δίκτυα και προβλέψεις

Μία περίληψη των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων των μη συμβατικών τεχνικών με έμφαση στα νευρωνικά δίκτυα περιγράφεται από τον Corr, (1994). Οι μη συμβατικές τεχνικές αποδίδουν εξίσου καλά αποτελέσματα με τις οικονομετρικές τεχνικές, λόγω της γενικευμένης λειτουργίας που επιτελούν μέσω της δυνατότητας να μιμούνται μια ευρεία ποικιλία μορφών (Curry, 2002). Ενώ λειτουργούν ως γενικευμένα μοντέλα, δεν εγγυώνται ικανοποιητικά αποτελέσματα σε προβλέψεις εκτός δεδομένων (out of sample). Παρόλα αυτά όμως, δίνουν καλύτερες αποδόσεις από τα συμβατικά μοντέλα στις περιπτώσεις όπου τα δεδομένα υποκρύπτουν μη γραμμικές σχέσεις, πράγμα το οποίο είναι το σύνηθες σε περιπτώσεις που μοντελοποιείται η απόκριση της αγοράς. Επιπλέον τα κρυφά επίπεδα των νευρωνικών δικτύων αναπτύσσουν μια εσωτερική αντιπροσώπευση των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών, με αποτέλεσμα να μην έχουν ανάγκη ορισμένες προϋποθέσεις που απαιτούν τα μοντέλα παλινδρόμησης, όπως είναι η έλλειψη συγγραμμικότητας μεταξύ των μεταβλητών, η ομαλότητα του θορύβου κλπ.

Επίσης τα νευρωνικά δίκτυα αποδίδουν ικανοποιητικά και σε περιπτώσεις έλλειψης κάποιων δεδομένων σε αντίθεση με τα μοντέλα παλινδρόμησης όπου δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα (Venugopal, 1994). Ο Corr et al. (1994) συμπέραναν ότι τα νευρωνικά δίκτυα είναι κατάλληλα για πολύπλοκα φαινόμενα για τα οποία υπάρχουν ικανοποιητικά μέτρα μέτρησης της απόδοσης τους, αλλά δεν υπάρχει γνώση, για να κατανοηθούν οι σχέσεις εντός αυτών των φαινομένων. Επίσης διατύπωσαν, την άποψη ότι είναι ιδανικά για πρόβλεψη και πρόγνωση. Από την άλλη μεριά, η κύρια ανεπάρκεια των νευρωνικών δικτύων αφορά την αιτιακή μοντελοποίηση και τον έλεγχο των υποθέσεων. Υπάρχουν, όμως, αρκετά επιτυχή αιτιακά μοντέλα που χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα. Τα οικονομετρικά μοντέλα ερμηνεύουν πολύ ευκολότερα τα αποτελέσματα και επιτρέπουν τον έλεγχο υποθέσεων. Η χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων για χρηματοοικονομικές προβλέψεις συναντάται σε πλήθος ερευνών. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές.

Οι Kimoto T. et al. (1990) πρότειναν ένα σύστημα πρόβλεψης του χρόνου αγοράς και πώλησης στο χρηματιστήριο του Τόκιου. Ο στόχος ήταν να προβλέψουν την καλύτερη χρονική στιγμή αγοράς και πώλησης για ένα μήνα, βασιζόμενοι σε ένα νευρωνικό δίκτυο με τρία επίπεδα. Το σύστημα πρόβλεψης χρησιμοποιούσε ένα εβδομαδιαίο κινητό μέσο όρο για κάθε δείκτη, για να ελαχιστοποιήσει την επίδραση του τυχαίου περιπάτου των τιμών. Για την επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος πραγματοποιήθηκε προσομοίωση αγοράς- πώλησης. Το σύστημα πρόβλεψης έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά την προσομοίωση.

Οι Baba N. et al. (1992) εφάρμοσαν ένα νευρωνικό δίκτυο για να προβλέψει τις τιμές των μετοχών. Το νευρωνικό δίκτυο είχε δύο κρυφά επίπεδα, 15 εισόδους και μία έξοδο. Ο στόχος

ήταν να επιτευχθεί μία τιμή πρόβλεψης κοντά στο 1 όταν η τιμή της μετοχής είναι υψηλή και 0 όταν η τιμή της μετοχής είναι χαμηλή. Σχεδόν όλες οι προβλέψεις ήταν κοντά στο 1 και η πραγματική αύξηση της τιμής της μετοχής ήταν 20% στους δύο επόμενους μήνες με αποτέλεσμα οι προβλέψεις να είναι ικανοποιητικές.

Οι Schumann M. et al. (1993) σύγκριναν τις προβλέψεις ενός νευρωνικού δικτύου και ενός μοντέλου APMA για το γερμανικό δείκτη DAX και τη μετοχή Hochtief. Τα αποτελέσματα δεν δίνουν ξεκάθαρο συμπέρασμα εάν θα πρέπει να προτιμάται η τεχνική ανάλυση ή η θεμελιώδης ανάλυση στην πρόβλεψη. Άλλο ένα αδύνατο σημείο είναι ο χρόνος που απαιτείται για να προσαρμοστεί το ARIMA, καθώς και ο καθορισμός των δεδομένων μάθησης του ANN.

Ο Wikowska D. (1995) προσπάθησε να προβλέψει τις τιμές μετοχών σε τρεις γνωστές εταιρείες (Wedel Works, Okocim, Zywiec), εισηγμένες στο χρηματιστήριο της Βαρσοβίας, αναπτύσσοντας ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, για να προβλέπει τις τιμές στις επόμενες δέκα συνεδριάσεις. Γνωρίζοντας τις σχέσεις μεταξύ των τιμών των μετοχών στο χρηματιστήριο, ο συγγραφέας ανέπτυξε 6 νευρωνικά δίκτυα τα οποία αποτελούνται από ένα κρυμμένο επίπεδο. Στο πρώτο δίκτυο χρησιμοποιεί 5 μεταβλητές εισόδου: τιμές 4 μετοχών και την ισοτιμία δολαρίου και ζλότυ. Στο δεύτερο δίκτυο οι μετοχές μειώνονται σε 3 (OKO, WED και ZYW) και στο τρίτο δίκτυο σε δύο (OKO and ZYW). Στα τελευταία τρία δίκτυα διαφέρει μόνο η έξοδος από το πρώτο, έχοντας μια μεταβλητή εξόδου η οποία είναι είτε η OKO, WED είτε η ZYW. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με ένα οικονομετρικό μοντέλο, το οποίο περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ των τιμών των μετοχών και της τιμής του δολαρίου. Οι παράμετροι του μοντέλου υπολογίστηκαν με τη χρήση της μεθόδου OLS. Για την αξιολόγηση των προβλέψεων υπολογίστηκαν τα σφάλματα πρόβλεψης. Τα νευρωνικά δίκτυα έδωσαν προβλέψεις αρκετά κοντά στις πραγματικές τιμές για όλα τα δίκτυα και τις μεταβλητές εξόδου.

Οι Chenoweth T. et al. (1996) πρότειναν ένα υβριδικό μη γραμμικό σύστημα για την πρόβλεψη του δείκτη S&P500 με τη χρήση δύο νευρωνικών δικτύων, από τα οποία το ένα εκπαιδεύεται με δεδομένα από ανοδική αγορά και το άλλο εκπαιδεύεται με δεδομένα από καθοδική αγορά. Ο στόχος του συστήματος είναι να αποκτήσει μεγαλύτερες ετήσιες αποδόσεις με ταυτόχρονη μείωση των συναλλαγών, για να μειωθεί το κόστος συναλλαγών. Η έξοδος του συστήματος είναι η πρόβλεψη των κινήσεων του δείκτη S&P500. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά, αλλά δεν υποστηρίζεται εάν το προτεινόμενο σύστημα είναι αποδοτικότερο από τη στρατηγική διακράτησης, όταν ληφθεί υπόψη το κόστος συναλλαγών. Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του υβριδικού συστήματος με ένα απλό σύστημα δείχνει ότι το υβριδικό αποκτά υψηλότερες αποδόσεις με λιγότερες συναλλαγές.

Οι Podding T. et al. (1996) παρουσίασαν μια οικονομική προσέγγιση σε ανάλυση χρηματαγορών υψηλής ολοκλήρωσης με τεχνητά νευρωνικά δίκτυα. Ανέπτυξαν ένα παγκόσμιο μοντέλο ("world") αποτελούμενο από μετοχές, ομόλογα και συνάλλαγμα των Η.Π.Α., της Ιαπωνίας και της Γερμανίας. Ο στόχος ήταν να καθοριστεί η συνολική τιμή ισορροπίας των περιουσιακών στοιχείων (asset), χρησιμοποιώντας δια συνδεόμενα μοντέλα αγοράς. Η απόδοση των μεμονωμένων μοντέλων των αγορών συγκρίνεται με την απόδοση των ολοκληρωμένων μοντέλων, χρησιμοποιώντας μια εκτός δείγματος προσέγγιση. Χρησιμοποιήθηκαν 126 μηνιαίες χρονολογικές σειρές (Ιανουάριος 1978- Μάιος 1994). Οι χρονολογικές σειρές αφορούσαν τιμές περιουσιακών στοιχείων (asset), εθνικά και διεθνή μακροοικονομικά δεδομένα και άλλες σημαντικές χρονολογικές σειρές. Η έξοδος του μοντέλου ήταν οι εξαμηνιαίες αποδόσεις κάθε περιουσιακού στοιχείου έξι μήνες μετά. Τα μεμονωμένα μοντέλα δεν παρέχουν περισσότερης απόδοσης από το απλοϊκό μοντέλο. Το μοντέλο καμία βάση γενικής παλινδρόμησης αποδίδει περισσότερο από το απλοϊκό μοντέλο. Τα διασυνδεόμενα μοντέλα είναι ανώτερα από τα μοντέλα των μεμονωμένων αγορών.

Οι Wittkemper H.G. et al. (1996) χρησιμοποίησαν διάφορες μεθόδους για να συγκρίνουν το μελλοντικό συστηματικό κίνδυνο β (beta) και κατέταξαν τις προβλέψεις με βάση τη μέση

απόλυτη απόκλιση από τις πραγματικές τιμές. Επτά παραδοσιακά μοντέλα συγκρίθηκαν με δύο διαφορετικούς τύπους νευρωνικών δικτύων. Το γενικό παλίνδρομο νευρωνικό δίκτυο ήταν αναγκαίο για την ανάλυση, διότι ο αριθμός των δεδομένων δεν ήταν αρκετός για τη χρήση της μεθόδου της οπίσθιας τροφοδότησης στη φάση της εκπαίδευσης. Το γενικό παλίνδρομο νευρωνικό δίκτυο με το προηγούμενο β ως τη μόνη μεταβλητή εισόδου απέδωσε καλύτερα από το δίκτυο το οποίο χρησιμοποιούσε θεμελιώδεις μεταβλητές.

Οι Atiya A. et al. (1997) ανέπτυξαν μια μέθοδο πρόβλεψης των τιμών των μετοχών με νευρωνικά δίκτυα. Η πρόβλεψή τους βασίζεται σε θεμελιώδη δεδομένα των επιχειρήσεων, όπως είναι : τα κέρδη ανά μετοχή, ο πολλαπλασιαστής κερδών, τα μερίσματα, οι πωλήσεις και τα περιθώρια κέρδους. Το κριτήριο σύγκρισης της μεθόδου είναι τα ετήσια κέρδη. Τα αποτελέσματα του νευρωνικού δικτύου είναι σταθερά ανώτερα από τη στρατηγική αγοράς και διακράτησης.

Οι Kim S.H. et al. (1998) εξέτασαν έναν αριθμό σχετικών μοντέλων και παρουσίασαν μια αρχιτεκτονική πρόβλεψης με τη χρήση ενός arrayed probabilistic network APN, με τη χρήση ενός “mistake chart” για να συγκρίνουν την ακρίβεια των συστημάτων μάθησης. Αξιολόγησαν αρκετά μοντέλα οπίσθιας τροφοδότησης έναντι ενός recurrent νευρωνικού δικτύου (RNN) καθώς και των PNN, APN. Η μελέτη αφορούσε την περίπτωση του Χρηματιστηρίου της Σιγκαπούρης προβλέποντας την τιμή του δείκτη PI σε όρους αλλαγής από την τωρινή τιμή του (FPI). Με το APN ως μοντέλο πρόβλεψης, ο στόχος ήταν να προβλεφθεί η ανοδική ή καθοδική αγορά. Το APN δίκτυο υπεραπέδωσε σε σχέση με τα δίκτυα οπίσθιας τροφοδότησης και το recurrent νευρωνικό δίκτυο.

Ο Kim S.S. (1998) παρουσίασε ένα recurrent νευρωνικό δίκτυο (TDRNN) με χρονική υστέρηση ως μοντέλο πρόβλεψης. Το TDRNN, το πολλαπλό recurrent νευρωνικό δίκτυο (MRNN), το προσαρμοστικό νευρωνικό δίκτυο με χρονική υστέρηση (ATNN) που πρότεινε ο Lin και το νευρωνικό δίκτυο με χρονική υστέρηση (TDNN) που προτάθηκε από τον Warble εφαρμόστηκαν στην πρόβλεψη της χαοτικής χρονολογικής σειράς των Mackey Glass και στο δείκτη του χρηματιστηρίου της Κορέας. Το κανονικοποιημένο μέσο τετραγωνικό σφάλμα (NMSE) χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των προβλέψεων των δικτύων. Τα δεδομένα εκπαίδευσης αφορούν τις τιμές των πρώτων 250 δεικτών του χρηματιστηρίου της Κορέας. Τα δεδομένα αξιολόγησης αφορούν τους δεύτερους 150 δείκτες. Τα δίκτυα αξιολογήθηκαν στην πρόβλεψη της χαοτικής χρονολογικής σειράς έξι βήματα μπροστά. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το TDRNN είναι ικανό να προβλέψει την τάση της χρηματιστηριακής αγοράς με καλύτερη ακρίβεια από τα δίκτυα ATNN and TDNN.

Ο Min Q. (1999) μοντελοποίησε τις σχέσεις μεταξύ των υπεραποδόσεων και των μεταβλητών πρόβλεψης. Εξετάστηκε η προβλεψιμότητα του δείκτη S&P500 χρησιμοποιώντας γραμμική παλινδρόμηση και μη γραμμικά νευρωνικά δίκτυα σε μηνιαίες παρατηρήσεις ενός σετ εννέα χρηματοοικονομικών και οικονομικών μεταβλητών. Το γραμμικό μοντέλο και το νευρωνικό δίκτυο υπολογίστηκαν με δεδομένα έξι ετών και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν, για να προβλέψουν τις αποδόσεις στο έβδομο έτος. Πέντε παραδοσιακά μέτρα σφάλματος χρησιμοποιήθηκαν για να εξακριβωθεί η ακρίβεια της πρόβλεψης: RMSE, MAE, CORR, Sign. Το νευρωνικό μοντέλο υπερτερεί και εντός και εκτός δείγματος του γραμμικού μοντέλου καθώς δίνει μικρότερο σφάλμα RMSE, MAE, MAPE και υψηλότερη Pearson συσχέτιση.

Οι Quah T.S. et al. (1999) χρησιμοποίησαν ένα νευρωνικό δίκτυο για να προβλέψουν την απόδοση των μετοχών στο χρηματιστήριο Σιγκαπούρης. Ιστορικά δεδομένα, από χρηματοοικονομικές μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι στο μοντέλο και ως έξοδος χρησιμοποιήθηκε η απόδοση της μετοχής. Ο σκοπός ήταν να επιλεγθούν μετοχές που θα υπερβαίνουν σε απόδοση τη συνολική αγορά και να αποφύγουν μετοχές που θα υστερούν σε απόδοση. Η έξοδος ήταν η διαφορά μεταξύ της απόδοσης των μετοχών και της απόδοσης της

συνολικής αγοράς. Τα χαρτοφυλάκια που επιλέχθηκαν υπεραπέδωσαν κατά 69.23% σε σχέση με το χαρτοφυλάκιο αξιολόγησης.

Ο Walezak S. (1999) χρησιμοποίησε ένα νευρωνικό δίκτυο για να αξιολογήσει την άποψη ότι οι αναπτυσσόμενες χρηματιστηριακές αγορές, όπως της Σιγκαπούρης, επηρεάζονται από εξωτερικά σήματα και προσπάθησε να εκμεταλλευτεί τυχόν πλεονεκτήματα στις συναλλαγές από τέτοια σήματα. Η τεχνική των νευρωνικών δικτύων, όπως αυτή εφαρμόστηκε στην αναπτυσσόμενη χρηματιστηριακή αγορά της Σιγκαπούρης, συγκρίθηκε με μια περισσότερο αναπτυγμένη αγορά, όπως αυτή του δείκτη Dow Jones. Εννέα διαφορετικά σετ μεταβλητών εισόδου χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο πρόβλεψης, για να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της χρηματιστηριακής αγοράς της Σιγκαπούρης. Κάθε νέος δείκτης που εισαγόταν ως μεταβλητή εισόδου αυξάνει το μέγεθος του διανύσματος εισόδου κατά έξι μεταβλητές. Όλα τα μοντέλα έδωσαν έξοδο που προβλέπει την τιμή του δείκτη ύστερα από πέντε ημέρες. Το ετήσιο ποσοστό απόδοσης του επενδυμένου κεφαλαίου 62% αποδεικνύει τα πλεονεκτήματα των νευρωνικών δικτύων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα εξωτερικά σήματα βελτιώνουν τις προβλέψεις στις αναπτυσσόμενες αγορές όπως της Σιγκαπούρης, αλλά δεν έχουν επίδραση στην πρόβλεψη του Dow Jones.

Οι Harvey C.R. et al. (2000) ερεύνησαν εάν οι αποδόσεις στις αναπτυσσόμενες χρηματιστηριακές αγορές μπορούσαν να προβλεφθούν καλύτερα χρησιμοποιώντας νευρωνικά δίκτυα παρά γραμμικά μοντέλα πρόβλεψης. Η ανάλυση συγκρίνει ένα νευρωνικό μοντέλο με τη στρατηγική αγοράς και διακράτησης και τη στρατηγική αγοραπωλησιών με βάση ένα μοντέλο παλινδρόμησης. Τρία μέτρα απόδοσης χρησιμοποιήθηκαν: οι συνολικές αποδόσεις, η κατεύθυνση της αγοράς και η μεταβολή της κατεύθυνσης της αγοράς. Το νευρωνικό δίκτυο υπεραποδίδει σε σχέση και με τις δύο ανωτέρω στρατηγικές.

Οι Motiwalla L. et al. (2000) εξέτασαν τα στοιχεία της προβλεψιμότητας της μεταβλητότητας των αποδόσεων του Αμερικάνικου χρηματιστηρίου με τη χρήση ενός νευρωνικού δικτύου και ενός μοντέλου παλινδρόμησης. Η απόδοση της επένδυσης κρίνεται χρησιμοποιώντας διάφορα μέτρα, όπως: οι συνολικές αποδόσεις, οι μέσες αποδόσεις, και οι αποδόσεις σταθμισμένες με τον κίνδυνο. Χρησιμοποίησαν μηνιαία δεδομένα έντεκα αμερικάνικων δεικτών. Οι αποδόσεις των δεικτών αυτών αποτελούν την έξοδο του μοντέλου. Χρησιμοποιήθηκαν 28 μεταβλητές εισόδου, οι οποίες αντιπροσωπεύουν διάφορα επιτόκια καταθέσεων σε επίπεδα και στην πρώτη και δεύτερη διαφορά τους και τιμές των προηγούμενων τιμών. Για τη μέτρηση της απόδοσης του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η στρατηγική αγοράς και διακράτησης και δύο στρατηγικές αγοράς και πώλησης μετοχών. Το νευρωνικό μοντέλο είναι περισσότερο αποδοτικό σε σχέση με το μοντέλο παλινδρόμησης καθώς έδωσε περισσότερα κερδοφόρα σήματα.

Οι Yiwen Y. et al. (2000) προέβλεψαν την τάση του χρηματιστηρίου της Σαγκάης. Ανέλυσαν το δείκτη SSE μέχρι τέταρτης τάξης κύματα. Στη συνέχεια, σχεδίασαν ένα νευρωνικό δίκτυο οπίσθιας τροφοδότησης με ρυθμό μάθησης 0,1 με moment παράμετρο 0,09 και με δομή επιπέδων 6-10-1, λαμβάνοντας τα επαναδημιουργηθέντα διανύσματα ως πολλαπλές εισόδους. Τα δεδομένα εκπαίδευσης σταματούν 5 συνεδριάσεις (μία εβδομάδα) πριν και η τάση προβλέπεται για τις επόμενες 44 (2 μήνες) συνεδριάσεις. Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης της τάσης του SSE είναι ικανοποιητικά.

Ο Andreou A. S. (2000) παρουσίασε διαφορετικές αρχιτεκτονικές νευρωνικών δικτύων, για να προβλέψει τις τιμές μετοχών στο χρηματιστήριο της Κύπρου. Επίσης, εξετάστηκε η επίδραση οικονομικών και πολιτικών παραγόντων από το εθνικό και διεθνές περιβάλλον. Οι εφαρμογές των μοντέλων έγιναν με δεδομένα του γενικού δείκτη CSE και με δεδομένα αντιπροσωπευτικών μετοχών από πέντε κλάδους της αγοράς. Τα αποτελέσματα της έρευνας προσδιόρισαν την κατάλληλη αρχιτεκτονική του νευρωνικού δικτύου, τις κατάλληλες εισόδους

και τις κατάλληλες συναρτήσεις μεταφοράς. Όλες οι δοκιμές με δεδομένα, παρείχαν ικανοποιητικά αποτελέσματα πρόβλεψης.

Οι Fernandez-Rodriguez F. et al. (2000) ερεύνησαν την κερδοφορία που μπορεί να επιτύχουν τα νευρωνικά δίκτυα στις αγορές μετοχών. Οι προβλέψεις των νευρωνικών δικτύων χρησιμοποιούνται για την εφαρμογή μιας στρατηγικής αγорών και πωλήσεων. Η κερδοφορία της συγκρίνεται με την κερδοφορία της στρατηγικής αγοράς και διακράτησης. Τα δεδομένα αφορούν το χρηματιστήριο της Μαδρίτης, ενώ οι εισοδοι του μοντέλου είναι οι παρελθοντικές αποδόσεις των προηγούμενων εννέα συνεδριάσεων. Η έξοδος του μοντέλου είναι μια τιμή στο διάστημα $(-1, 1)$. Μία τιμή μεγαλύτερη του 0 αποτελεί σήμα αγοράς, ενώ μια τιμή μικρότερη από 0 αποτελεί σήμα πώλησης. Το πρόσημο πρόβλεψης για τις συνιστώμενες εντολές αγοραπωλησιών πλησιάζει σε επιτυχία 54%-58%, το οποίο δίδει καλύτερη απόδοση σε σχέση με την τυχαία πορεία των τιμών. Χωρίς τον υπολογισμό του κόστους συναλλαγών η στρατηγική αγοραπωλησιών είναι πάντα πιο κερδοφόρα από τη στρατηγική διακράτησης για καθοδική και πλάγια αγορά. Όταν η αγορά είναι ανοδική, η στρατηγική διακράτησης δίνει καλύτερες αποδόσεις από τη στρατηγική αγοραπωλησιών μετοχών με βάση τα σήματα που δίνει το νευρωνικό δίκτυο.

Ο Casas C.A. (2001) εκπαιδευσε ένα νευρωνικό δίκτυο, για να υποστηρίξει μια τακτική τοποθέτησης κεφαλαίων σε μετοχές, σε ομόλογα και στην αγορά χρήματος. Το νευρωνικό δίκτυο εκπαιδεύτηκε για να προβλέψει την πιθανότητα ότι κάθε μία τοποθέτηση θα υπεραποδίδει σε σχέση με τις δύο άλλες στο τέλος του μήνα. Η στρατηγική προσομοιώθηκε για περίοδο ενός έτους. Οι εισοδοι του μοντέλου αποτελούνταν από τεχνικούς και θεμελιώδεις παράγοντες και η έξοδος από το ποσοστό της απόδοσης της κάθε τοποθέτησης. Κατά την περίοδο της προσομοίωσης η στρατηγική υπεραπέδωσε σε σχέση με το δείκτη S&P500 Index κατά 1,792 μονάδες βάσης.

Οι Baba N. et al. (2002) χρησιμοποίησαν ένα νευρωνικό δίκτυο και τη μέθοδο temporal Difference Learning Method, για να αναπτύξουν ένα έξυπνο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, ώστε να προβλέπει την τιμή των μετοχών στο χρηματιστήριο του Τόκιο ένα μήνα μπροστά. Επιλέχθηκαν 16 εταιρείες οι μετοχές των οποίων διαπραγματεύονται στο χρηματιστήριο. Δεκατέσσερις (14) μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν ως παράγοντες κλειδιά για την αλλαγή της τιμής κάθε μετοχής. Τα δεδομένα εκπαίδευσης αφορούν πέντε έτη. Το σύστημα παρήγαγε ικανοποιητικά κέρδη στο χρηματιστήριο του Τόκιο ακόμα και την περίοδο που το χρηματιστήριο υπέφερε από βαθιά πτώση. Η TD-Learning Method μπορεί να είναι μία σημαντική προσέγγιση για προσαρμογή στις ξαφνικές αλλαγές του χρηματιστηριακού περιβάλλοντος.

Ο Kyong. J.O. (2002) πρότεινε ένα σύστημα συναλλαγών για μετοχές βασιζόμενο σε χαστική ανάλυση και σε μη γραμμικά μοντέλα. Αποτελείται από τέσσερις φάσεις: καθορίζει τη χρονική υστέρηση των εισόδων με τη χρήση χαστικής ανάλυσης, προσδιορίζει σημεία αναστροφής της τάσης μιας μετοχής, προβλέπει τα σημεία αλλαγής με τη χρήση νευρωνικού δικτύου οπίσθιας τροφοδότησης και προβλέπει την τιμή της μετοχής με τη χρήση ενός νευρωνικού δικτύου οπίσθιας τροφοδότησης (BPN). Τα δεδομένα αφορούν 3069 ημερήσιες παρατηρήσεις κατά την περίοδο 1990- 2000 του δείκτη KOSPI. Για τη μέτρηση της απόδοσης του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε το απόλυτο ποσοστό σφάλματος. Το προτεινόμενο μοντέλο δίνει σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα σε βαθμό σημαντικότητας 1%, σε σχέση με το βασικό μοντέλο BPN.

Οι Chen A.S. et al. (2003) ανέπτυξαν ένα πιθανολογικό νευρωνικό δίκτυο (PNN), για να προβλέψουν την κατεύθυνση του δείκτη του χρηματιστηρίου της Taiwan. Το PNN έχει τρία επίπεδα σε σύγκριση με τα τέσσερα επίπεδα που έχει το βασικό PNN. Η απόδοση του συγκρίνεται με αυτή της generalized methods of moments (GMM) με φίλτρο Kalman. Οι προβλέψεις των διαφόρων στρατηγικών συναλλαγών συγκρίνονται με τη στρατηγική διακράτησης, με την τυχαία πορεία των τιμών και το παραμετρικό GMM. Το μοντέλο PNN, με

οποιοδήποτε χρονικό επενδυτικό ορίζοντα, είναι ικανό να προβλέψει τη σωστή κατεύθυνση σε περισσότερες από το 50% των περιπτώσεων σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Το μοντέλο GMM-με φίλτρο Kalman προβλέπει σωστή κατεύθυνση πάνω από 50% σε επίπεδο σημαντικότητας 10% μόνο για πρόβλεψη έξι μήνες μπροστά. Οι κανόνες συναλλαγών του PNN υπεραποδίδουν σε σχέση με το μοντέλο GMM-Kalman, το μοντέλο τυχαίας πορείας των τιμών και τη στρατηγική αγοράς και διακράτησης. Επιπρόσθετα το PNN με πολλαπλά κατώφλια εντολών αποδίδει καλύτερα από ένα κατώφλι εντολών.

Οι Thawornwong S. et al. (2004) παρουσίασαν μία έρευνα της δυνατότητας πρόβλεψης πρόσφατων μεταβλητών στην ακρίβεια της πρόβλεψης. Το πρόσημο της πρόβλεψης χρησιμοποιείται ως απόφαση συναλλαγής. Ένας επαγωγικός αλγόριθμος δενδρικής μορφής χρησιμοποιήθηκε για να επιλεγεί το σετ των μεταβλητών. Το νευρωνικό δίκτυο που δημιούργησαν έχει ένα κρυφό επίπεδο, που χρησιμοποιεί ως συνάρτηση μεταφοράς μια σιγμοειδή υπερβολική εφαπτόμενη συνάρτηση. Τα μοντέλα πρόβλεψης συγκρίθηκαν με ένα μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης. Η κερδοφορία των μοντέλων χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο σύγκρισης των μοντέλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι περισσότερες σωστές προβλέψεις της κατεύθυνσης της αγοράς δεν συνεπάγονται υψηλότερη κερδοφορία. Το νευρωνικό δίκτυο δίνει μεγαλύτερη κερδοφορία σε σύγκριση με τη στρατηγική αγοράς και διακράτησης.

Νεύρο-ασαφή συστήματα (υβριδικά συστήματα)

Χρήσιμες Πληροφορίες

Τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούν μια πολύ ελκυστική μέθοδο αναγνώρισης προτύπων, αλλά δεν προσφέρονται για την εξήγηση της διαδικασίας λήψης της απόφασης. Μπορούν να θεωρηθούν ως μαύρο κουτί (black box), όπου η εξαγωγή γνώσης από το εκπαιδευμένο δίκτυο είναι αρκετά δύσκολη. Όπως είναι φυσικό, θα ήταν επιθυμητό να υπήρχε πρόσβαση στο συλλογιστικό μηχανισμό των νευρωνικών δικτύων, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα ευκολότερης διαχείρισης και κατασκευής τους. Από την άλλη πλευρά, η επιβολή εξωτερικής γνώσης στο σώμα ενός νευρωνικού δικτύου αναφορικά με ένα συγκεκριμένο πρόβλημα είναι αρκετά δύσκολη. Ένα ακόμα μειονέκτημα που εμφανίζουν τα νευρωνικά δίκτυα είναι ότι γενικά δεν είναι γνωστή η ακριβής μορφή της αρχιτεκτονικής του δικτύου και, συνεπώς, η δομή του καθορίζεται μόνο μέσω πειραματικών διαδικασιών.

Η ασαφής λογική μπορεί να εξηγήσει τη συμπεριφορά της λειτουργίας ενός συστήματος χρησιμοποιώντας κανόνες, και έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι δεν απαιτεί ακρίβεια της πληροφορίας. Στις περιπτώσεις, όμως, που δεν υπάρχει διαθέσιμη εξωτερική γνώση, η δυνατότητα εφαρμογής των ασαφών συστημάτων περιορίζεται. Επίσης, διάφορα ζητήματα εμφανίζουν δυσκολίες, όπως ο ακριβής διαμερισμός του χώρου εισόδων και εξόδων ενός προβλήματος σε ασαφή σύνολα, οι τιμές των παραμέτρων των συναρτήσεων συμμετοχής και ο ακριβής αριθμός των ασαφών κανόνων, που έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της σημαντικής ισχύος που χαρακτηρίζει την ασαφή λογική.

Τα νευρωνικά δίκτυα και τα ασαφή συστήματα μπορούν να θεωρηθούν ως ισοδύναμες μέθοδοι, όσον αφορά τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων. Όλοι οι παραπάνω λόγοι οδήγησαν στη γένεση νέων συνδυασμών των μεθόδων αυτών με κύριο στόχο την εξουδετέρωση όλων των παραπάνω μειονεκτημάτων. Τα υβριδικά συστήματα υπολογιστικής νοημοσύνης (hybrid computational intelligent systems) περιλαμβάνουν μια σύνθεση των δύο παραπάνω μεθόδων. Τα συστήματα που βασίζονται στην ασαφή λογική και αυτά που βασίζονται στα ANN έχουν πολύ διαφορετικές (αντίθετες αν προτιμάτε) απαιτήσεις κατά την εφαρμογή τους. Για παράδειγμα τα ασαφή συστήματα είναι κατάλληλα όταν υπάρχει αρκετή γνώση ειδικού για την εξεταζόμενη διαδικασία, ενώ τα συστήματα ANN είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν αρκετά μετρήσιμα δεδομένα για την εξεταζόμενη διαδικασία. Και οι δύο προσεγγίσεις κατασκευάζουν μη-γραμμικά συστήματα βασισμένα πάνω σε συνεχείς μεταβλητές, με τη διαφορά ότι η μεταχείριση των νευρωνικών συστημάτων γίνεται με τρόπο αριθμητικό-ποσοτικό, ενώ η μεταχείριση των ασαφών συστημάτων γίνεται με τρόπο συμβολικό-ποιοτικό. Τα νεύρο-ασαφή συστήματα, όμως, παρουσιάζουν τόσο συμβολικά όσο και αριθμητικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, μπορούν μέσω λειτουργιών βάσει κανόνων να κάνουν επεξεργασία των μεταχειρισμένων από αυτά συμβόλων (symbolic processing via rule-based operations). Από την άλλη πλευρά, οι συναρτήσεις συμμετοχής επιτρέπουν στα ασαφή συστήματα την αριθμητική επεξεργασία των καθορισμένων λεκτικών μεταβλητών που μεταχειρίζονται. Κατά συνέπεια, η σύνθεση νευρωνικών και ασαφών συστημάτων οδηγεί σε μια νέα κατάσταση όπου το ασαφές σύστημα παρέχει ένα ισχυρό υπόβαθρο για την αναπαράσταση της γνώσης των ειδικών, ενώ τα ANN παρέχουν ικανότητες μάθησης και είναι κατάλληλα για υπολογιστικά αποτελεσματικές εφαρμογές μέσω Η/Υ. Η σημασία της σύνθεσης αυτής εξάγεται και από τις διαφορές των ξεχωριστών αυτών συστημάτων, καθώς τα ANN δεν παρέχουν ένα ισχυρό πλαίσιο για αναπαράσταση γνώσης, ενώ οι ελεγκτές ασαφούς λογικής δεν διακρίνονται για την ικανότητα

αυτόματης μάθησης. Τα υβριδικά νεύρο-ασαφή συστήματα μπορούν να δημιουργηθούν με τρεις τρόπους:

1. Neural Fuzzy System: Σε αυτού του είδους τα συστήματα τα νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται ως εργαλεία μέσα σε ένα ασαφές μοντέλο.
2. Fuzzy Neural Networks: Τα δίκτυα αυτά ουσιαστικά συνιστούν την ασαφοποίηση του συμβατικού μοντέλου νευρωνικού δικτύου.
3. Fuzzy-neural Hybrid System: Τα συστήματα αυτά συνίστανται στην ενσωμάτωση τεχνολογίας ασαφούς λογικής και νευρωνικών δικτύων σε υβριδικά συστήματα.

Για τις δύο πρώτες κατηγορίες, η σύνθεση νεύρο-ασαφών συστημάτων προκύπτει παρέχοντας σε ένα νευρωνικό δίκτυο την ικανότητα χειρισμού ασαφούς πληροφορίας (fuzzy-neural network - FNN) και ενισχύοντας ένα ασαφές σύστημα με νευρωνικά δίκτυα, προκειμένου να βελτιωθούν χαρακτηριστικά, όπως η ευελιξία, η ταχύτητα και η προσαρμοστικότητα (neural-fuzzy systems – NFS). Σε ένα FNN οι είσοδοι και τα βάρη των συνδέσεων και οι έξοδοι του δικτύου αποτελούν ασαφή υποσύνολα ή ένα σύνολο από τιμές συμμετοχής σε ασαφή σύνολα. Για τη μοντελοποίηση αυτών των δικτύων χρησιμοποιούνται λεκτικές τιμές, όπως "μικρό, μεσαίο, μεγάλο", ή ασαφείς αριθμοί. Νευρωνικά δίκτυα που χρησιμοποιούν ασαφείς νευρώνες χαρακτηρίζονται επίσης FNN, καθώς θεωρούνται ικανά να επεξεργαστούν ασαφείς πληροφορίες. Ένα νεύρο-ασαφές σύστημα (NFS) από την άλλη πλευρά έχει ως σκοπό την πραγματοποίηση της διαδικασίας ασαφούς συλλογιστικής (fuzzy reasoning), όπου τα βάρη των συνδέσεων του δικτύου αντιστοιχούν στις παραμέτρους της ασαφούς συλλογιστικής. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μάθησης της μορφής backpropagation, το NFS μπορεί να αναγνωρίσει ασαφείς κανόνες και να "μάθει" τις συναρτήσεις συμμετοχής της ασαφούς συλλογιστικής. Συγκεκριμένα το NFS θα πρέπει να είναι ικανό να "μάθει" λεκτικούς κανόνες και συναρτήσεις συμμετοχής ή να βελτιστοποιεί τους ήδη υπάρχοντες κανόνες ή συναρτήσεις συμμετοχής. Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις:

- 1) Το σύστημα ξεκινά χωρίς κανόνες και δημιουργεί νέους κανόνες μέχρι το πρόβλημα της μάθησης να επιλυθεί. Η δημιουργία ενός νέου κανόνα προκύπτει από ένα πρότυπο εκμάθησης που δεν καλύπτεται αρκετά από την τρέχουσα βάση κανόνων.
- 2) Το σύστημα ξεκινά με όλους εκείνους τους κανόνες που μπορούν να δημιουργηθούν από το διαμερισμό των μεταβλητών και διαγράφοντας ανεπαρκείς κανόνες από τη βάση κανόνων με βάση την αξιολόγηση της απόδοσής τους.
- 3) Το σύστημα ξεκινά με μια βάση κανόνων που αποτελείται από σταθερό αριθμό κανόνων. Κατά τη διαδικασία της εκμάθησης οι κανόνες αντικαθίστανται μέσω μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης.

Αναφορικά με την τρίτη προσέγγιση, τόσο οι τεχνικές ασαφούς λογικής, όσο και οι τεχνικές των νευρωνικών δικτύων παίζουν καθοριστικό ρόλο σε ένα υβριδικό σύστημα. Εκτελούν τις δραστηριότητές τους για διαφορετικές λειτουργίες του συστήματος. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει το ANFIS (Adaptive Network based Fuzzy Inference System Adaptive ή αλλιώς Adaptive Neuro Fuzzy Inference System). Εμπεικλείοντας το σύστημα ασαφούς συμπερασμού σε ένα πλαίσιο προσαρμοστικών δικτύων (adaptive networks), προκύπτει η δομή του ANFIS (Jang, 1997).

Τα πρόσφατα αναπτυγμένα νεύρο-ασαφή συστήματα, που ενσωματώνουν τις επιθυμητές αρχές τόσο των ασαφών συστημάτων όσο και των νευρωνικών δικτύων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ασαφών κανόνων με "φυσικό" τρόπο. Η μάθηση στα νεύρο-

ασαφή συστήματα καταλήγει σε κατανοήσιμους λεκτικούς κανόνες της μορφής "εάν - τότε". Είναι εξαιρετικά χρήσιμα στην επεξήγηση της συλλογιστικής που κρύβεται πίσω από κάθε αποτέλεσμα τους, ενώ οι κανόνες "εάν - τότε" που παράγουν είναι αρκετά απλοί, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα έμπειρο σύστημα, σε περίπτωση που χρειαστεί. Οι κανόνες αυτής της μορφής, επίσης, επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών δεδομένων.

Πέρα από τους κανόνες στους οποίους καταλήγουν τα νεύρο-ασαφή συστήματα, εξωτερικά καθορισμένες οδηγίες μπορούν να εισαχθούν ως "εάν - τότε" κανόνες. Το σύστημα χρησιμοποιεί και τα δύο σύνολα, δηλαδή εκείνα που δημιουργούνται από παραδείγματα εκμάθησης και εκείνα που καθορίζονται από το χρήστη ως οδηγίες για σκοπούς ταξινόμησης. Η διαδικασία παροχής οδηγιών είναι εξαιρετικά χρήσιμη σε περιπτώσεις όπου πρόσθετη πληροφόρηση παρέχεται από τον ειδικό στο συγκεκριμένο αντικείμενο που εξετάζεται. Συνήθως στις πραγματικές εφαρμογές, οι οδηγίες αυτές παρέχουν πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες στο σύνολο των δεδομένων εκμάθησης, και είναι το αποτέλεσμα της εμπειρικής γνώσης του ειδικού που ασχολείται πολλά χρόνια με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Ανάλογη παροχή οδηγιών σε νευρωνικό δίκτυο δεν είναι εύκολο να υπάρξει, παρά το ότι μια χρονοβόρα κατάλληλη προσαρμογή των βαρών από το χρήστη θα μπορούσε να την καταστήσει δυνατή. Εξαιτίας της ασαφопоίησης των δεδομένων εισόδου, οι μεταβλητές εισόδου στο νεύρο-ασαφές σύστημα παίρνουν μερικές ασαφопоιημένες τιμές (π.χ. μικρό, μεσαίο, μεγάλο), αντί για μια μεγάλη γκάμα πραγματικών αριθμητικών τιμών. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται μεγάλη μείωση του χρόνου μάθησης για το νεύρο-ασαφές σύστημα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των νεύρο-ασαφών συστημάτων συνοψίζονται στα ακόλουθα:

1. Κατασκευή ευέλικτου, μη-τυπικού μοντέλου για τα δεδομένα εκπαίδευσης με τη μορφή ασαφών κανόνων (fuzzy rules).
2. Χρησιμοποίηση a priori γνώσης για το πρόβλημα.
3. Η αρχική γνώση μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί βάσει των δεδομένων εκπαίδευσης με νευρωνικούς αλγόριθμους μάθησης.
4. Η γνώση είναι άμεσα προσπελάσιμη με τη μορφή κανόνων (rules). Οι κανόνες είναι της μορφής : Εάν (if) <συνθήκες (conditions) > τότε (then) <αποτελέσματα (consequents)>.
5. Ο τρόπος διατύπωσης των κανόνων είναι πολύ κοντά στην κοινή ανθρώπινη λογική και συνεπώς η δυνατότητα των ασαφών συστημάτων για παροχή επεξηγήσεων του τρόπου εξαγωγής ενός συμπεράσματος είναι εξαιρετικά αποτελεσματική.

Τα κυριότερα ολοκληρωμένα νεύρο-ασαφή συστήματα που παρουσιάζονται στην διεθνή βιβλιογραφία είναι :

- Το Adaptive Network based Fuzzy Inference System (ANFIS) το οποίο δημιουργήθηκε από τον J.-S.R. Jang (Jang, 1993). Το ANFIS ανήκει στα προσαρμοστικά δίκτυα (adaptive networks), τα οποία ομοιάζουν με τα νευρωνικά δίκτυα. Το προσαρμοστικό δίκτυο αποτελείται από τους προσαρμοστικούς και τους μη προσαρμοστικούς κόμβους (adaptive, non-adaptive nodes). Ουσιαστικά το προσαρμοστικό δίκτυο είναι ένα πολύ-επίπεδο δίκτυο πρόσθιας τροφοδότησης (multi-layer feed-forward network), στο οποίο κάθε κόμβος εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία πάνω στα εισερχόμενα σήματα και πάνω στο σύνολο των παραμέτρων που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο κόμβο. Οι κόμβοι συνδέονται μέσω κατευθυντήριων συνδέσμων (directional links). Μερικοί ή όλοι οι κόμβοι είναι προσαρμόσιμοι, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι το αποτέλεσμα καθενός από αυτούς τους κόμβους εξαρτάται από τις παραμέτρους που σχετίζονται με αυτόν τον κόμβο, και ο

κανόνας μάθησης προσδιορίζει πώς αυτοί οι παράμετροι θα πρέπει να μεταβληθούν για την ελαχιστοποίηση ενός προκαθορισμένου μέτρου σφάλματος. Το είδος της λειτουργίας του κάθε κόμβου μπορεί να ποικίλει από κόμβο σε κόμβο, και η επιλογή της λειτουργίας ενός κόμβου εξαρτάται από τη συνολική επεξεργασία πάνω στις εισόδους και την έξοδο που το προσαρμοστικό δίκτυο πρέπει να εκτελέσει.

- Το Mamdani Integrated Neuro-Fuzzy System το οποίο δημιουργήθηκε από τους E.H. Mamdani and S. Assilian (Mamdani, 1975). Χρησιμοποιεί τον αλγόριθμό μάθησης backpropagation προκειμένου να προσαρμόσει τις παραμέτρους των συναρτήσεων συμμετοχής.
- Το Takagi-Sugeno Integrated Neuro-fuzzy system, (Sugeno, 1985) το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο μάθησης backpropagation για την προσαρμογή των συναρτήσεων συμμετοχής και την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για τον υπολογισμό του γραμμικού μέρους των κανόνων.
- Το Fuzzy Adaptive Learning Control Network (FALCON), (Lin, 1991). Χρησιμοποιεί το μηχανισμό συμπερασμού Mamdani με αρχιτεκτονική πέντε επιπέδων. Ο αλγόριθμος μάθησης είναι υβριδικός και εξελίσσεται σε δύο φάσεις. Στην αρχική φάση καθορίζονται τα κέντρα και τα βάρη των συναρτήσεων συμμετοχής με τεχνικές μάθησης self-organized. Στη δεύτερη φάση εφαρμόζεται ο αλγόριθμος backpropagation για την προσαρμογή των παραμέτρων των συναρτήσεων συμμετοχής.
- Το FuNe το οποίο δημιουργήθηκε από τους S.K. Halgamuge and M. Glesner (Halgamuge, 1994). Παράγει ασαφείς κανόνες με την χρήση δεδομένων βασιζόμενο στις τεχνικές μάθησης των νευρωνικών δικτύων. Στην πρώτη φάση εξάγονται τυχαίοι κανόνες και στην δεύτερη φάση με τη χρήση των δεδομένων εκπαίδευσης οι κανόνες βελτιστοποιούνται. Δεν υπάρχουν περιορισμοί στον αριθμό των μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Κάθε μεταβλητή μπορεί να έχει μέχρι τρεις ασαφείς εισόδους.
- Το GARIC (General Approximate Reasoning-based Intelligent Control) το οποίο δημιουργήθηκε από τους H.R. Berenji and P. Khedkar (Berenji, 1992). Αποτελείται από ένα νεύρο-ασαφές δίκτυο το οποίο μαθαίνει με τη χρήση μεθόδων βαθμωτή κατάβαση. Περιλαμβάνει τρία κύρια τμήματα: α) Action Evaluation Network (AEN), β) Action Selection Network (ASN) και γ) Stochastic Action Modifier (SAM).
- Το Neuro-Fuzzy Controller (NEFCON) το οποίο δημιουργήθηκε από τους D. Nauck, and R. Kruse (Nauck, 1994). Έχει την δυνατότητα να μαθαίνει ασαφή σύνολα και ασαφείς κανόνες χρησιμοποιώντας τον μηχανισμό συμπερασμού Mamdani. Η διαδικασία μάθησης χωρίζεται σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση το σύστημα μαθαίνει τους κανόνες και στη δεύτερη φάση βελτιστοποιεί τους κανόνες μεταβάλλοντας τα ασαφή σύνολα των κανόνων. Η μάθηση των κανόνων γίνεται με δύο μεθόδους. Η πρώτη μέθοδος είναι η incremental και χρησιμοποιείται όταν η σωστή έξοδος δεν είναι γνωστή, οπότε οι κανόνες δημιουργούνται με βάση υπολογισμένες τιμές της εξόδου. Καθώς εξελίσσεται η εκπαίδευση όλο και περισσότεροι κανόνες προστίθενται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των δεδομένων. Η δεύτερη μέθοδος είναι η decremental στην οποία αρχικά οι κανόνες δημιουργούνται λόγω της ασαφούς διαίρεσης των διαστημάτων των μεταβλητών και στη συνέχεια κατά την διαδικασία της μάθησης απαλείφονται οι κανόνες που δεν χρησιμοποιούνται. Και οι δύο μέθοδοι χρησιμοποιούν ένα ασαφές σφάλμα E, το οποίο αποτυπώνει την ποιότητα του συστήματος, για να δημιουργηθούν και να βελτιστοποιηθούν οι κανόνες. Οι συναρτήσεις συμμετοχής των κανόνων μεταβάλλονται σύμφωνα με τον αλγόριθμο Fuzzy Error Backpropagation

- Το Neuro-Fuzzy Classification (NEFCLASS), (Nauck, 1995). Εξάγει ασαφείς κανόνες από τα δεδομένα τα οποία μπορούν να διαιρεθούν σε σαφείς περιοχές (ταξινόμηση). Η βάση δεδομένων του συστήματος προσεγγίζει μια άγνωστη συνάρτηση ϕ η οποία αναπαριστά το πρόβλημα της ταξινόμησης και αντιστοιχίζει κάθε τιμή της εισόδου x στην τάξη της C_i
- Το Neuro-Fuzzy Function Approximation (NEFPROX), (Nauck, 1999). Αποτελεί μια τροποποιημένη έκδοση του NEFCON χωρίς την reinforcement μάθηση και χρησιμοποιείται για να προσεγγίσει μια συνάρτηση. Σε σχέση με το ANFIS μπορεί να χρησιμοποιήσει εκτός από Sugeno και Mamdani μηχανισμό συμπερασμού.
- Το Fuzzy Inference Environment Software with Tuning (FINEST), (Tano, 1996). Βελτιστοποιεί το μηχανισμό συμπερασμού μόνο του. Χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο backpropagation για την βελτιστοποίηση των παραμέτρων.
- Το Self Constructing Neural Fuzzy Inference Network (SONFIN), (Feng, 1998). Χρησιμοποιεί ένα Takagi-Sugeno μηχανισμό συμπερασμού. Οι ασαφείς κανόνες δημιουργούνται και προσαρμόζονται καθώς η διαδικασία μάθησης εξελίσσεται και ταυτόχρονα δημιουργούνται η δομή και οι παράμετροι του συστήματος.
- Το Fuzzy Net (FUN), (Sulzberger, 1993). Μπορεί να αναπαραστήσει λογικές εκφράσεις μέσω ασαφών κανόνων και συναρτήσεων συμμετοχής σε ένα δίκτυο με βάση τις συναρτήσεις ενεργοποίησης κάποιων ειδικών νευρώνων.
- Τα Evolving Fuzzy Neural Networks (EFuNN) and Dynamic Evolving Fuzzy Neural Networks (dmFFuNNs), (Kasabov, 1998). Και τα δύο συστήματα βασίζονται στη μεθοδολογία Evolving Connectionist Systems (ECOS) καθώς χρησιμοποιούν υβριδικό (με επίβλεψη και χωρίς επίβλεψη) αλγόριθμο μάθησης

Εφαρμογές

Οι Wong F.S. et al. (1992) παρουσίασαν ένα έξυπνο σύστημα επιλογής μετοχών (ISS) το οποίο επεκτείνει τα νευρωνικά δίκτυα, για να χειριστούν ασαφείς πιθανολογικές και Boolean πληροφορίες. Συνδυάζει τα πλεονεκτήματα ενός έμπειρου συστήματος, των τεχνητών νευρωνικών δικτύων και της ασαφούς λογικής. Για τη δοκιμή του ISS συστήματος χρησιμοποιείται μια βάση δεδομένων 800 μετοχών με 3 ετών δεδομένα τα οποία είναι οι εισοδοί του μοντέλου: ο συντελεστής β (beta), σχέση τιμή προς λογιστική αξία, ο μέσος όρος τριών ετών της τιμής προς τη λογιστική αξία, ο πολλαπλασιαστής κερδών, ο τζίρος των μετοχών, ο μέσος τζίρος τριών ετών των μετοχών, ο ρυθμός κερδών, η τιμή του μοντέλου προεξόφλησης μερισμάτων, το περιθώριο κέρδους profit margin και οι αποδόσεις του τρέχοντος έτους. Η έξοδος είναι οι αποδόσεις. Τα αποτελέσματα ήταν ικανοποιητικά.

Οι Nishina T. et al. (1997) πρότειναν ένα νεύρο-ασαφές σύστημα FINN το οποίο μπορεί αυτόματα να καταστήσει πρότυπα εισόδων-εξόδων και να εξαγάγει σαφείς κανόνες «εάν - τότε». Το FINN προβλέπει την τάση των τιμών των μετοχών της επόμενης μέρας. Τα δεδομένα δέκα εισόδων χωρίστηκαν σε δύο ίσες ομάδες: η πρώτη χρησιμοποιήθηκε για να εκπαιδευτεί το μοντέλο και η δεύτερη για να αξιολογηθεί. Οι τιμές πρόβλεψης του FINN είναι αρκετά κοντά στις πραγματικές τιμές. Οι τιμές πρόβλεψης του FINN είναι περισσότερο κοντά στις πραγματικές, σε σύγκριση με ένα νευρωνικό δίκτυο οπίσθιας τροφοδότησης (BP).

Οι Kuo R.J. et al. (1998) πρότειναν ένα έξυπνο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων συναλλαγών για την χρηματιστηριακή αγορά, το οποίο λαμβάνει υπόψη του ποιοτικούς και ποσοτικούς παράγοντες. Αποτελείται από τέσσερις φάσεις: συγκέντρωση παραγόντων, μοντέλο

ποιοτικών παραγόντων, μοντέλο ποσοτικών παραγόντων και το νεύρο-ασαφές μοντέλο ολοκλήρωσης. Οι ποσοτικοί παράγοντες είναι είσοδοι του ποσοτικού νευρωνικού μοντέλου και κανονικοποιούνται στο διάστημα $[0,1]$. Τα ποιοτικά δεδομένα ομαδοποιήθηκαν σε έξι κατηγορίες: πολιτικοί παράγοντες, χρηματοοικονομικοί, οικονομικοί, τεχνικοί, διάφοροι και διεθνείς παράγοντες, ώστε να δημιουργηθεί το ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα της μεθόδου Delphi αποτελούν μη ποσοτικές επιδράσεις πάνω στην τάση των τιμών των μετοχών. Η έρευνα επιβεβαιώνει δύο διαφορετικές εξόδους. Οι έξοδοι εξαρτώνται από τους δείκτες της σημερινής συνεδρίασης και των τριών προηγούμενων συνεδριάσεων. Η αξιολόγηση δείχνει ότι το μοντέλο αποδίδει καλύτερα από ένα απλό μοντέλο νευρωνικών δικτύων.

Ο Rast M. (1999) παρουσίασε μια περίπτωση όπου μελετάει και συγκρίνει ένα νεύρο-ασαφές μοντέλο (FNN) και την κλασική προσέγγιση των νευρωνικών δικτύων κατά τη διάρκεια του κραχ του 1987 και του 1988. Για τη σύγκριση των νευρωνικών δικτύων χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης DAX. Ο δείκτης κανονικοποιήθηκε με τις πληρωμές μερισμάτων. Εάν το δίκτυο προβλέπει θετική αλλαγή της τιμής, οδηγεί σε σήμα αγοράς. Σήμα πώλησης εμφανίζεται, εάν το δίκτυο προβλέπει πτώση της τιμής του δείκτη. Σύμφωνα με τα σήματα αυτά, η αποδοτικότητα του συστήματος αυξάνει, όταν η πρόβλεψη του δικτύου είναι σωστή. Οι κανόνες δημιουργούν μία περισσότερο σταθερή ποιότητα πρόβλεψης, ενώ η απόδοση δεν είναι τόσο καλή όσο με τη χρήση κλασικών νευρωνικών δικτύων. Το FNN αποδίδει καλύτερα από την κλασική προσέγγιση μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, ενώ σε συνήθεις καταστάσεις έχει υψηλότερη ποιότητα πρόβλεψης.

Οι Siekmann S. et al. (1999) μελέτησαν μεθόδους για να προβλέψουν την τιμή του γερμανικού δείκτη DAX. Δημιουργήθηκαν από ειδικούς γλωσσικοί κανόνες οι οποίοι μετατράπηκαν σε νευρωνικό δίκτυο. Οι παράμετροι του νευρωνικού δικτύου αντιπροσωπεύουν γλωσσικές μεταβλητές και βελτιστοποιούνται με τη χρήση ιστορικών δεδομένων. Το μοντέλο αποτελείται από εννέα κανόνες και η λειτουργία του είναι πολύ εύκολη. Για τη σύγκριση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν ένα γραμμικό μοντέλο, η στρατηγική αγοράς και διακράτησης και η απλή πρόβλεψη. Η συμπεριφορά κατά το διάστημα διακύμανσης της αγοράς είναι πολύ ενθαρρυντική, επειδή το μοντέλο προβλέπει πολλές φορές σωστή κατεύθυνση του δείκτη.

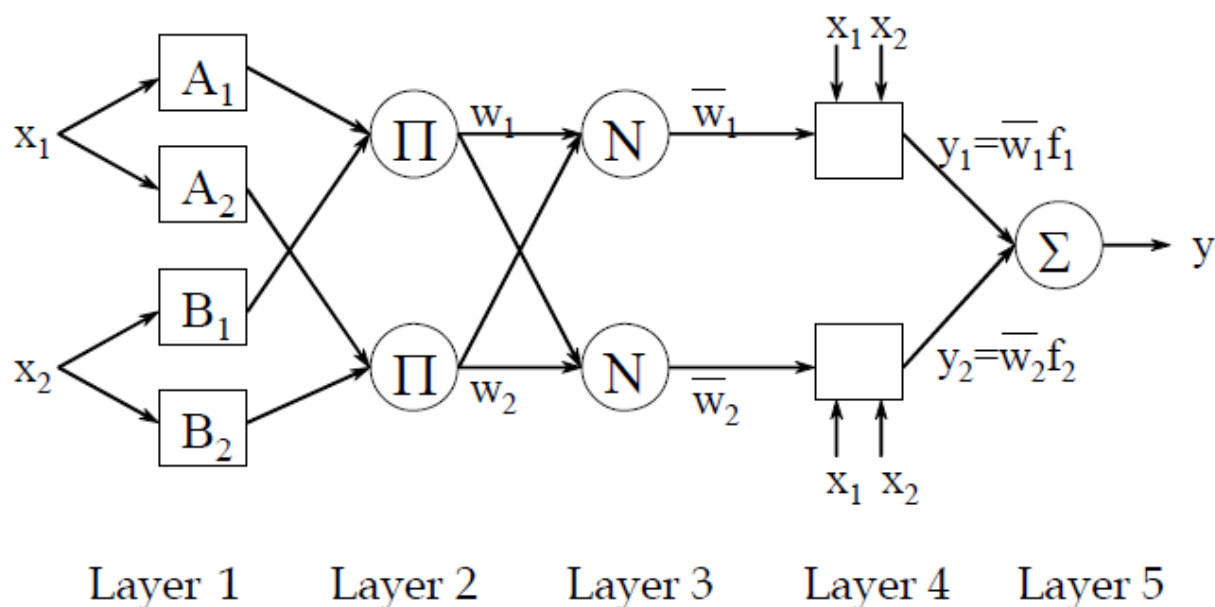
Οι Kim K. et al. (2000) πρότειναν ένα γενετικό αλγόριθμο (GA) για τη βελτιστοποίηση των βαρών ενός τεχνητού νευρωνικού δικτύου (ANN) για να προβλέψουν την τιμή ενός δείκτη. Οι GA χρησιμοποιήθηκαν όχι μόνο για να βελτιώσουν τον αλγόριθμο μάθησης, αλλά και για να μειώσουν την πολυπλοκότητα των χαρακτηριστικών του διαστήματος (complexity in feature space). Οι GA βελτιστοποιούν συγχρόνως τα βάρη των συνδέσεων μεταξύ των επιπέδων του νευρωνικού δικτύου και των κατωφλίων για διαχωρισμό του διαστήματος. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν τεχνικούς δείκτες και κατεύθυνση συναλλαγής των ημερήσιων τιμών του δείκτη του χρηματιστηρίου της Κορέας KOSPI. Τρία μοντέλα συγκρίθηκαν μεταξύ τους: το GAFD, το BPLT και το GALT. Το GAFD είχε υψηλότερη ακρίβεια πρόβλεψης από το BPLT και το GALT. Το GAFD αποδίδει καλύτερα από τα άλλα δύο μοντέλα με βαθμό στατιστικής σημασίας 1%.

Οι Wu X. et al. (2001) πρότειναν ένα νεύρο-ασαφές σύστημα εμπρόσθιας τροφοδότησης FFNF για χρηματοοικονομικές εφαρμογές. Το σύστημα ενσωματώνει μια τεχνική ασαφών κανόνων και μια τεχνική νευρωνικών δικτύων, για να προβλέψει τη μηνιαία τάση του δείκτη S&P500. Ως είσοδοι του μοντέλου χρησιμοποιούνται: ο δείκτης τιμών καταναλωτή, σημαντικοί οικονομικοί δείκτες, το επιτόκιο των ομοσπονδιακών κεφαλαίων, η τιμή του S&P500 μία συνεδρίαση πριν, δύο συνεδριάσεις πριν, τρεις συνεδριάσεις πριν, ο συνολικός δείκτης βιομηχανικής παραγωγής, τα τραπεζικά επιτόκια δανεισμού και το ποσοστό της ανεργίας. Η έξοδος του μοντέλου είναι η τιμή κλεισίματος του δείκτη S&P500. Το FFNF είχε καλύτερα αποτελέσματα από ένα νευρωνικό δίκτυο της μορφής BPNN.

Οι Abraham A. et al. (2001) χρησιμοποίησαν ένα υβριδικό μοντέλο εύκαμπτης υπολογιστικής για αυτόματο υπολογισμό προβλέψεων στο χρηματιστήριο. Το σύστημα βασίζεται σε ένα τεχνικό νευρωνικό δίκτυο ANN το οποίο εκπαιδεύτηκε με τον αλγόριθμο conjugate και σε ένα νεύρο- ασαφές σύστημα για ανάλυση του χρηματιστηρίου.

Προσαρμοστικό νεύρο-ασαφές σύστημα (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System - ANFIS)

Το ANFIS θεωρείται ότι ανήκει στα προσαρμοστικά δίκτυα (adaptive networks), τα οποία είναι αρκετά όμοια με τα νευρωνικά δίκτυα. Το προσαρμοστικό δίκτυο αποτελείται από τους προσαρμοστικούς και τους μη προσαρμοστικούς κόμβους (adaptive, non-adaptive nodes). Ουσιαστικά το προσαρμοστικό δίκτυο είναι ένα πολύ-επίπεδο δίκτυο πρόσθιας τροφοδότησης (multi-layer feed-forward network), στο οποίο κάθε κόμβος εκτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία πάνω στα εισερχόμενα σήματα και πάνω στο σύνολο των παραμέτρων που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο κόμβο. Οι κόμβοι συνδέονται μέσω κατευθυντήριων συνδέσμων (directional links). Μερικοί ή όλοι οι κόμβοι είναι προσαρμόσιμοι, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι το αποτέλεσμα καθενός από αυτούς τους κόμβους εξαρτάται από τις παραμέτρους που σχετίζονται με αυτόν τον κόμβο, και ο κανόνας μάθησης προσδιορίζει πώς αυτοί οι παράμετροι θα πρέπει να μεταβληθούν για την ελαχιστοποίηση ενός προκαθορισμένου μέτρου σφάλματος. Το είδος της λειτουργίας του κάθε κόμβου μπορεί να ποικίλει από κόμβο σε κόμβο, και η επιλογή της λειτουργίας ενός κόμβου εξαρτάται από τη συνολική επεξεργασία πάνω στις εισόδους και την έξοδο που το προσαρμοστικό δίκτυο πρέπει να εκτελέσει. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο Σχήμα που παρουσιάζει τη δομή αυτού του δικτύου οι σύνδεσμοί του απλά υποδεικνύουν την κατεύθυνση της ροής των σημάτων ανάμεσα στους κόμβους, ενώ σταθμικά βάρη δεν σχετίζονται με τους συνδέσμους.



Εικόνα 7 Η αρχιτεκτονική δομή του ANFIS

Για την απεικόνιση των διαφορετικών ικανοτήτων προσαρμοστικότητας χρησιμοποιούνται τόσο κυκλικοί όσο και τετράγωνοι κόμβοι στην αναπαράσταση του δικτύου. Ένας τετράγωνος κόμβος περιλαμβάνει παραμέτρους (adaptive node), ενώ ο κυκλικός κόμβος δεν έχει καμία παράμετρο (fixed node). Το σύνολο των παραμέτρων ενός προσαρμοστικού δικτύου είναι η ένωση των συνόλων των παραμέτρων του κάθε ενός προσαρμοστικού κόμβου. Οι παράμετροι αυτοί ενημερώνονται κατάλληλα, σύμφωνα με τα δοσμένα δεδομένα εκπαίδευσης και μία

gradient based διαδικασία μάθησης, προκειμένου να επιτευχθεί μία επιθυμητή αντιστοίχιση μεταξύ των δεδομένων εισόδου-εξόδου.

Το Sugeno ασαφές μοντέλο είναι το μοντέλο που χρησιμοποιείται στο εκπαιδευόμενη ασαφούς λογικής δίκτυο ANFIS. Το ANFIS είναι μία συστηματοποιημένη προσπάθεια παραγωγής κανόνων της μορφής "εάν - τότε" από ζευγάρια εισόδου-εξόδου.

Το μοντέλο PATSOS

Το μοντέλο PATSOS συνιστά ένα σύστημα ελέγχου, που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη της βραχυχρόνιας τάσης της τιμής των μετοχών, βάσει νεύρο-ασαφών μεθόδων. Το PATSOS αποτελεί σύνθεση δύο μοντέλων: τον ελεγκτή (CON-ANFIS) και την διαδικασία (PR-ANFIS).

Ο ελεγκτής αναπαριστάται από ένα νεύρο-ασαφές μοντέλο, το οποίο αναπτύσσεται με βάση την αρχιτεκτονική του ανάστροφου ελέγχου (inverse control) και εκπαιδεύεται, ώστε να παράγει ενέργειες ελέγχου που οδηγούν τη διαδικασία σε μία επιθυμητή τροχιά. Ως επιθυμητή τροχιά ορίζεται η κατεύθυνση της τιμής της μετοχής. Ο ελεγκτής έχει δύο εισόδους και μία έξοδο. Η έξοδος ($u(k)$) αντιστοιχεί σε κάποια ενέργεια ελέγχου, η οποία είναι μία από τις εισόδους στο μοντέλο της διαδικασίας. Οι εισοδοί είναι η μεταβολή στην τιμή κλεισίματος (της μετοχής, του μετάλλου κλπ.) την παρούσα χρονική στιγμή ($y(k)$) και την επόμενη ($y(k+1)$). Σε αυτή την έρευνα μια χρονική στιγμή αντιστοιχεί σε μία μέρα. Κατά την φάση εκπαίδευσης του εκλεκτή η τιμή της επόμενης μέρας υπάρχει διαθέσιμη. Αντίθετα, στην φάση εφαρμογής του μοντέλου, όπου η τιμή δεν είναι διαθέσιμη, χρησιμοποιούμε ένα σταθμισμένο κινούμενο μέσο 3, 5 ή 9 ημερών ($y_d(k+1)$)⁸.

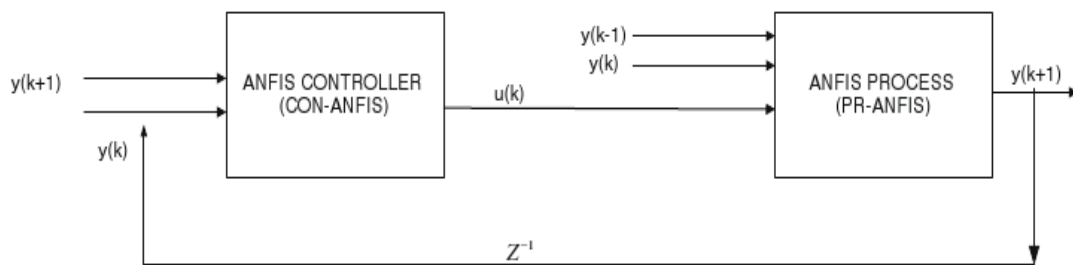
Η διαδικασία (το μοντέλο του χρηματιστηρίου) αναπαριστάνεται από ένα νεύρο-ασαφές μοντέλο, το οποίο εκπαιδεύεται, για να προβλέπει την έξοδο της διαδικασίας ένα βήμα μπροστά, δηλαδή να προβλέπει την κατεύθυνση της τιμής της μετοχής στην επόμενη συνεδρίαση. Η διαδικασία έχει ως εισόδους τις: τιμή κλεισίματος $y(k)$, τιμή κλεισίματος της προηγούμενης $y(k-1)$ και την ενέργεια ελέγχου $u(k)$. Η έξοδος που παράγεται είναι η τιμή κλεισίματος της επομένης. Η διαδικασία (PR-ANFIS) αποτελεί ένα υποκατάστατο του μαθηματικού μοντέλου του χρηματιστηρίου⁹.

Χαρακτηριστικά	CON-ANFIS	PR-ANFIS
Τύπος ασαφούς μηχανισμού συμπερασμού	Sugeno	Sugeno
Αριθμός εισόδων	2	3
Ονομασία 1ης εισόδου	$y(k)$	$y(k)$
Ονομασία 2ης εισόδου	$y(k+1)$	$y(k-1)$
Ονομασία 3ης εισόδου	-	$u(k)$
Αριθμός εξόδων	1	1
Ονομασία εξόδου	$u(k)$	$y(k+1)$
And method	Product	Product
Or method	Max	Max
Imp. method	Product	Product
Agg. method	Max	Max
Defuzz. method	Wtaver	Wtaver

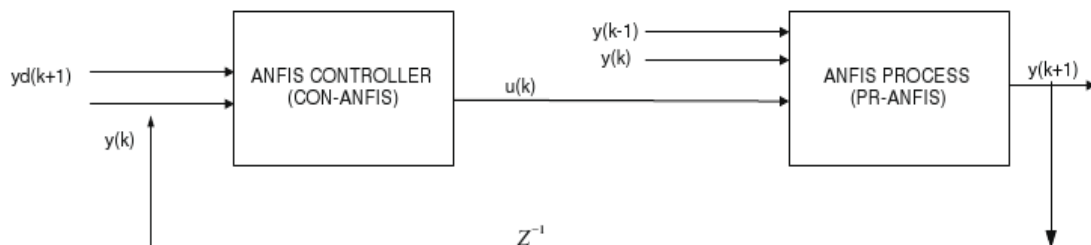
Το σύστημα εκπαιδεύεται κάθε φορά μέχρι την παρούσα χρονική στιγμή και κάνει μια εκτίμηση για την επόμενη. Σε αυτό το σημείο θα τονίσουμε ότι μας ενδιαφέρει η τάση της μετοχής και όχι η ακριβής πρόβλεψη.

⁸ Norgaard, Ravn, and Poulsen (2003)

⁹ Το οποίο πρακτικά είναι αδύνατο να υπάρξει λόγω της πολυπλοκότητάς του.



Εικόνα 8 Το σύστημα ελέγχου PATSOS κατά την φάση της εκπαίδευσης



Εικόνα 9 Το σύστημα ελέγχου PATSOS κατά τη φάση της εφαρμογής

Παραπάνω προσδιορίστηκε η δομή (structure identification) του συστήματος PATSOS. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του συγκεκριμένου συστήματος πρόβλεψης είναι ότι δεν απαιτείται να είναι γνωστές εκ των προτέρων οι δυναμικές σχέσεις της διαδικασίας (του χρηματιστηρίου). Οι σχέσεις αυτές ενσωματώνονται στο μοντέλο μέσω της εκπαίδευσης του ελεγκτή ANFIS, κατά τον καθορισμό του ανάστροφου μοντέλου (inverse model) και κατά την εκπαίδευση του μοντέλου της διαδικασίας. Υποτίθεται ότι υπάρχουν οι ανάστροφες σχέσεις της διαδικασίας, όπως απαιτεί η χρήση της ανάστροφης μεθόδου μάθησης (inverse learning). Η κατανομή των δεδομένων εκπαίδευσης μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα στην αποτελεσματικότητα του συστήματος. Το ιδανικό είναι τα δεδομένα εκπαίδευσης να κατανέμονται κατά μήκος του διαστήματος εισόδου με κάποιο ομοιόμορφο τρόπο. Αυτό όμως δεν είναι δυνατό λόγω του ότι τα δεδομένα εισόδου ακολουθούν χρονολογική σειρά. Η εφαρμογή του υβριδικού κανόνα μάθησης, ο οποίος συνδυάζει την μέθοδο της απότομης κατάβασης (steepest descent) και τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, μειώνει σημαντικά το χρόνο εκπαίδευσης του συστήματος και εξοικονομείται πολύτιμος χρόνος.

Παράμετροι λειτουργίας

Η απόδοση του μοντέλου εξαρτάται από τα δεδομένα εκπαίδευσης, τις συναρτήσεις ενεργοποίησης, το είδος και το πλήθος των συναρτήσεων συμμετοχής, ο αριθμός επαναλήψεων της εκπαίδευσης (εποχές εκπαίδευσης). Ο χρόνος εκπαίδευσης του μοντέλου εξαρτάται από τις παραμέτρους λειτουργίας και από την υπολογιστική ισχύ του Η/Υ.

Ορίζοντας πρόβλεψης

Οι δύο προσεγγίσεις πρόβλεψης των τιμών των μετοχών, η θεμελιώδης και η τεχνική ανάλυση, έχουν διαφορετική σημασία όταν εξετάζονται υπό το πρίσμα του ορίζοντα πρόβλεψης. Στην πραγματικότητα ο ερευνητής μπορεί να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε ή και όλες τις πληροφορίες οι οποίες αξιόπιστα βοηθούν στη λύση του προβλήματος. Εάν ο ορίζοντας

πρόβλεψης είναι δύο ή τρία έτη, είναι καλύτερα να ληφθούν υπόψη θεμελιώδη στοιχεία και οικονομικές αποδόσεις. Εάν ο ορίζοντας πρόβλεψης είναι οι επόμενοι τρεις μήνες ή συντομότερες περίοδοι, είναι καλύτερο να λαμβάνεται υπόψη η προσφορά και η ζήτηση η οποία ενσωματώνεται σε δείκτες της τεχνικής ανάλυσης και στις τιμές των μετοχών. Η πρόβλεψη της τιμής μιας μετοχής στην επόμενη συνεδρίαση θεωρείται από τις πιο δύσκολες προβλέψεις, πράγμα το οποίο απεικονίζεται στα χαμηλά ποσοστά ακρίβειας των ημερήσιων προβλέψεων που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία. Αντιθέτως, η εβδομαδιαία ή μηνιαία πρόβλεψη επιτυγχάνεται ευκολότερα, καθόσον τα δεδομένα είναι περισσότερο κανονικοποιημένα, διότι αποφεύγονται οι συχνές και οξείες διακυμάνσεις των τιμών που παρατηρούνται στις ημερήσιες τιμές. Στην παρούσα εργασία ο ορίζοντας πρόβλεψης είναι η τιμή της μετοχής στην επόμενη συνεδρίαση και η περίοδος αξιολόγησης είναι το ημερολογιακό τρίμηνο, που αποτελείται από 60 συνεδριάσεις του χρηματιστηρίου.

Τα δεδομένα εκπαίδευσης

Για να δημιουργηθεί ένα όσο το δυνατό καλύτερο μοντέλο, είναι σημαντικό ο αριθμός των δεδομένων εκπαίδευσης να είναι αρκετές φορές μεγαλύτερος από τον αριθμό των παραμέτρων που θα υπολογιστούν. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε παράμετρο θα υπάρχει ένα μεγάλος αριθμός δεδομένων ο οποίος εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή εκπαίδευση των παραμέτρων. Συνήθως για ένα μοντέλο μιας εισόδου απαιτούνται τουλάχιστον 10 δεδομένα. Ομοίως για ένα μοντέλο 2 εισόδων απαιτούνται $10^2 = 100$ δεδομένα και για τρεις εισόδους $10^3 = 1.000$ δεδομένα (Jang, 1997).

Τα δεδομένα αυτά επεξεργάζονται, προκειμένου να υπολογιστεί η μεταβολή της τιμής της μετοχής σε σχέση με την προηγούμενη συνεδρίαση, σύμφωνα με τη σχέση:

$$pricerate = \frac{price(k) - price(k-1)}{price(k-1)}$$

Η τιμή του pricerate στο χρόνο (k) αποτελεί την είσοδο $y(k)$ και η τιμή του pricerate στο χρόνο (k-1) αποτελεί την είσοδο $y(k-1)$. Στη συνέχεια υπολογίζεται η τετραγωνική ρίζα της διαφοράς της μεταβολής της τιμής κλεισίματος της συνεδρίασης σε σχέση με την προηγούμενη συνεδρίαση για τον υπολογισμό του $u(k)$ με βάση τον τύπο ¹⁰: $u(k) = \sqrt{[y_k - y_{k-1}]^2}$. Από τα αρχικά δεδομένα υπολογίζεται ο κινητός μέσος των 3 τελευταίων συνεδριάσεων της τιμής κλεισίματος με βάση τη σχέση:

$$SMA = \frac{\sum_{j=now-3}^{now} closing\ price\ (j)}{3}$$

όπου now είναι η χρονική στιγμή της τελευταίας (πιο πρόσφατης) τιμής κλεισίματος. Επειδή οι εισοδοί του μοντέλου αναφέρονται σε μεταβολές των τιμών των μετοχών, για να υπάρχει ομοιομορφία των δεδομένων, ακολουθεί ο υπολογισμός της μεταβολής του κινητού μέσου από τη σχέση:

$$moving\ average = \frac{SMA(k) - SMA(k-1)}{SMA(k-1)}$$

Ως κριτήρια για την επιλογή του αριθμού των επαναλήψεων εκπαίδευσης, υπολογίζονται η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος και το ποσοστό της ακριβούς πρόβλεψης της τάσης της μετοχής. Η μικρή τιμή της ρίζας του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) καταδεικνύει ότι το μοντέλο έχει συλλάβει σε σημαντικό βαθμό τις δυναμικές σχέσεις μεταξύ των εισόδων και της

εξόδου του ελεγκτή. Επίσης, αποδεικνύει ότι τα δεδομένα εκπαίδευσης περιέχουν όλη την απαραίτητη πληροφορία η οποία επηρεάζει την έξοδο του μοντέλου.

Η εκπαίδευση

Δύο κατηγορίες παραμέτρων βελτιστοποιούνται κατά την εκπαίδευση των CON-Anfis (ελεγκτή) και PR-Anfis (διαδικασίας).

1. Οι παράμετροι της υπόθεσης των κανόνων $[c, \sigma]$, οι οποίες προσδιορίζουν το κέντρο και το πλάτος των συναρτήσεων συμμετοχής γκαουσιανής μορφής. Οι παράμετροι είναι μη γραμμικές και προσαρμόζονται με τον αλγόριθμο οπισθόδρομης διάδοσης (backpropagation), ο οποίος χρησιμοποιεί τη μέθοδο απότομη κατάβαση.
2. Οι παράμετροι της απόδοσης των κανόνων $[w, p, q, r]$, οι οποίες αφορούν την έξοδο του συστήματος. Οι παράμετροι είναι γραμμικές και προσαρμόζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Εμφανίζονται στο τέταρτο επίπεδο, με τη μορφή βαρών (weights, w) των εξόδων. Ο αλγόριθμος μάθησης τείνει να βελτιστοποιεί τις προσαρμοσμένες παραμέτρους, ώστε η έξοδος του ANFIS να ταιριάζει με τα δεδομένα εκπαίδευσης (Ikonen, 1996). Ο βασικός κανόνας μάθησης ενός προσαρμοστικού δικτύου είναι ο αλγόριθμος backpropagation (Rumelhart, 1986), ο οποίος βασίζεται στην μέθοδο απότομη κατάβαση. Το ANFIS χρησιμοποιεί τον γρήγορο υβριδικό αλγόριθμο μάθησης, που πρότεινε ο Jang, (1991), ο οποίος συνδυάζει τη μέθοδο βαθμωτής κατάβασης και τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Τρόποι αξιολόγησης των αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση του συστήματος πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό ορισμένων δημοφιλών στατιστικών μέτρων μέτρησης του σφάλματος, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές σε παρόμοιες έρευνες ¹¹. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα μέτρα αυτά δεν είναι σημαντικά για τους οικονομικούς αναλυτές, τους επενδυτές και τους χρήστες συστημάτων πρόβλεψης της τάσης των τιμών. Αυτοί περισσότερο ενδιαφέρονται και επικεντρώνονται στην ακριβή πρόβλεψη της κατεύθυνσης της μετοχής παρά στην ελαχιστοποίηση των παρακάτω σφαλμάτων. Χρησιμοποιούνται όμως πολλές φορές για σύγκριση μοντέλων από την ακαδημαϊκή κοινότητα.

1. Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE).

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N e_t^2$$

2. Ρίζα μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}}$$

¹¹ Makridakis et al., 1983 και Goh, 1996

3. Μέσο απόλυτο σφάλμα (MAE).

$$MAE = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N |e_t|$$

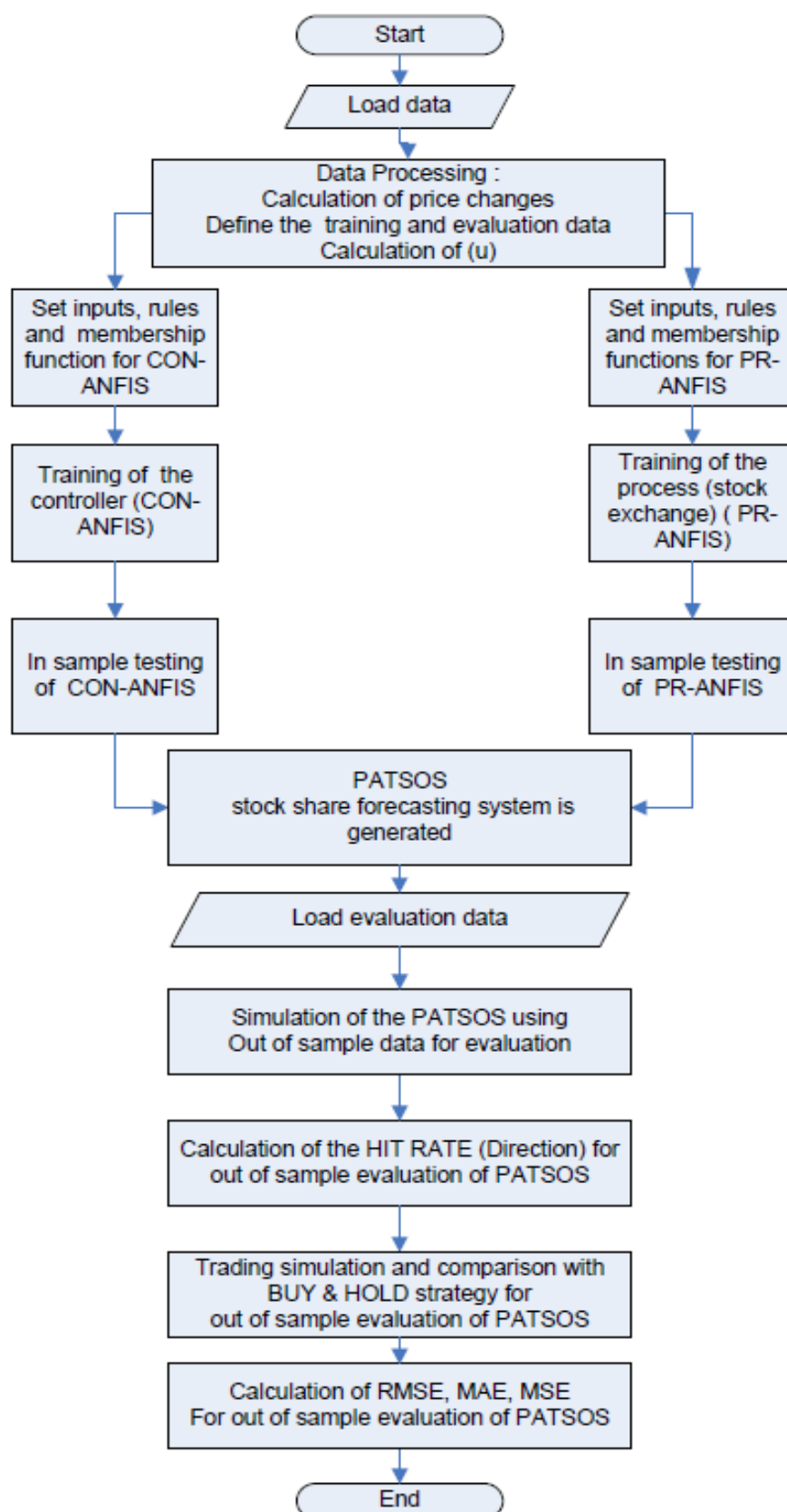
4. Απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου (ROE).

Υπάρχουν και μερικές άλλες, διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για να μετρήσουν την απόδοση των μοντέλων που υιοθετήθηκαν ευρέως στη βιβλιογραφία, όπως η συσχέτιση (CORR), η μέτρηση της κατεύθυνσης (HIT), ο συντελεστής ανισότητας Theil (Theil inequality coefficient), οι μετρήσεις των αποδόσεων κάθε μοντέλου μέσω διαφόρων εμπορικών συναλλαγών (RETURNS), η απόκλιση των αποδόσεων αυτών (STD-R) και ο λόγος Sharpe.

Στην πράξη

Ο προσδιορισμός της τάσης της τιμής δεν δίνει καμία πληροφορία για το μέγεθος της κίνησης της τιμής. Για την αξιολόγηση του συστήματος θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα του PATSOS με τις πραγματικές τιμές. Επίσης, θα προσομοιώσουμε το σύστημα, επενδύοντας ένα κεφάλαιο και πραγματοποιώντας αγοροπωλησίες μετοχών σύμφωνα με την κατεύθυνση της μετοχής που προβλέπει το σύστημα. Εάν η τάση είναι ανοδική αγοράζουμε. Διαφορετικά πουλάμε. Αν η μετοχή έχει πωληθεί και η επόμενη πρόβλεψη είναι καθοδική, δεν πραγματοποιείται καμία συναλλαγή, έως ότου η πρόβλεψη είναι ανοδική, οπότε ξαναγοράζεται η μετοχή και ούτω καθ' εξής. Το τελικό κεφάλαιο συγκρίνεται με αυτό που θα είχαμε εάν εφαρμόζαμε την στρατηγική αγοράς και διακράτησης (Buy & Hold). Επίσης δεν λαμβάνονται υπόψη τα έξοδα συναλλαγής. Οι συναλλαγές αφορούν μόνο τοποθετήσεις με σκοπό το κέρδος από την άνοδο της τιμής της μετοχής (long positions). Δεν γίνονται συναλλαγές με σκοπό το κέρδος από την πτώση των τιμών (short-selling). Αυτό βεβαίως δεν αποκλείει στην πράξη να γίνονται και τα δύο παραπάνω είδη συναλλαγών, αποκομίζοντας μεγαλύτερα θετικά αποτελέσματα. Η προσομοίωση των συναλλαγών έγινε με ένα υποθετικό αρχικό κεφάλαιο 10.000 ευρώ. Στο τέλος της περιόδου προσομοίωσης η απόδοση του κεφαλαίου δίνεται από την σχέση: $ROE = \frac{I_{(k+n)} - I_k}{I_k}$ όπου ROE είναι η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου, I_k είναι το ύψος του αρχικού κεφαλαίου που επενδύεται στη μετοχή στην αρχή της περιόδου και $I_{(k+n)}$ είναι το ύψος του κεφαλαίου που διαμορφώνεται στο τέλος της περιόδου μετά από n χρηματιστηριακές συνεδριάσεις.

Η όλη διαδικασία λειτουργίας του συστήματος PATSOS παρουσιάζεται αναλυτικά (για όλα τα στάδια) στο παρακάτω διάγραμμα ροής.

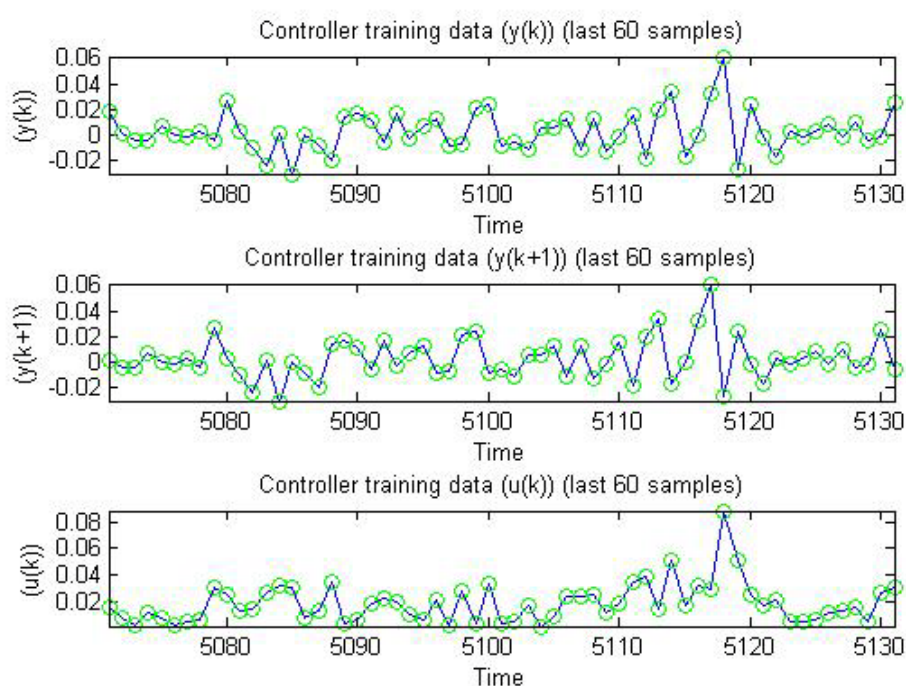


Για την όλη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Matlab. Κάθε έκδοση από τη 7.14 και πάνω πρέπει να είναι συμβατή με τον κώδικα του μοντέλου PATSOS.

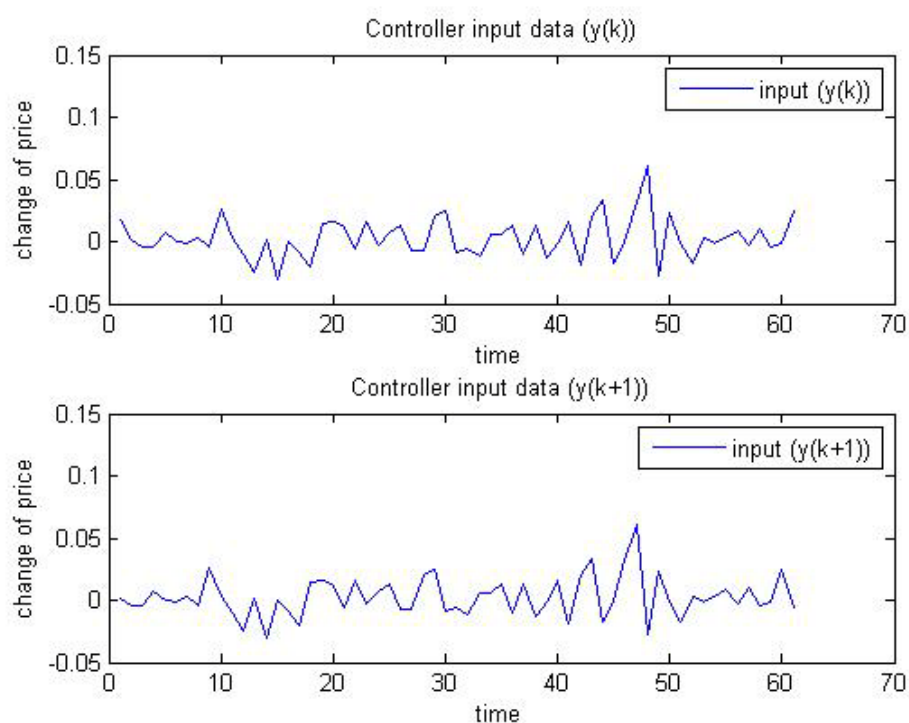
Αποτελέσματα κατά την εκτέλεση του μοντέλου

Αποτελέσματα για μία συγκεκριμένη μετοχή

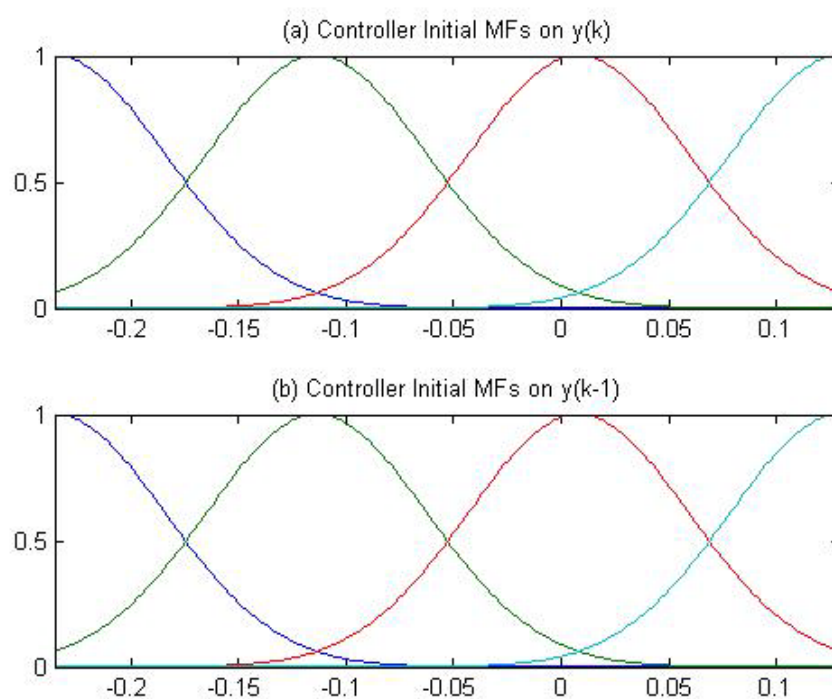
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έδωσε το μοντέλο για την μετοχή της IBM κατά την περίοδο της Ρωσικής οικονομικής κρίσης, το 1998, με τέσσερις συναρτήσεις συμμετοχής και 300 εποχές εκπαίδευσης. Κατά την εκτέλεση του μοντέλου πέρα των αριθμητικών τιμών, παράγεται και ένα πλήθος γραφημάτων προς διευκόλυνση του ερευνητή/επενδυτή.



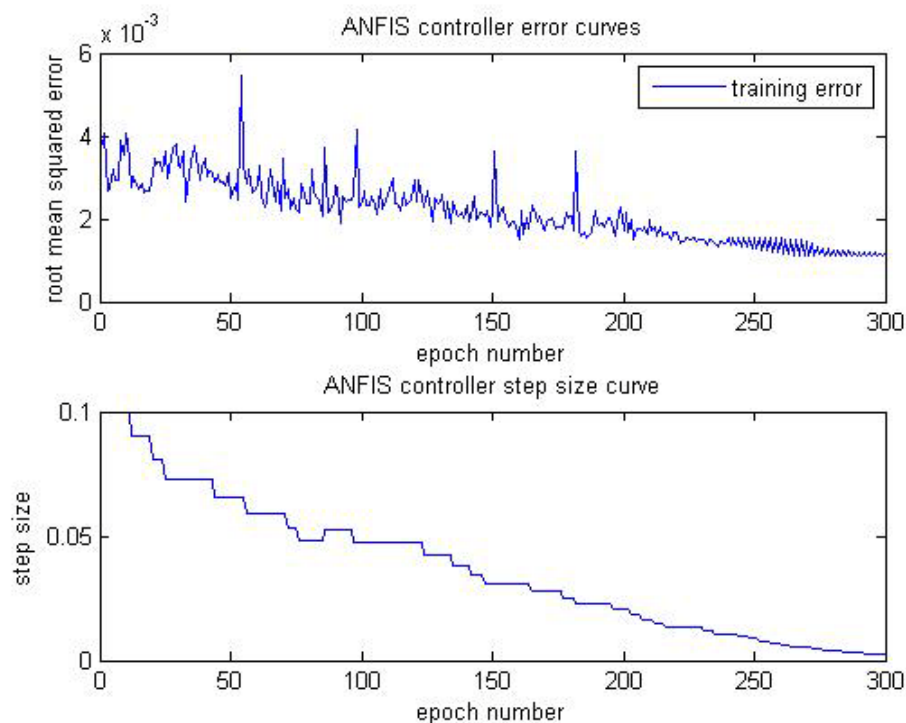
Εικόνα 10 Τα δεδομένα εκπαίδευσης του ελεγκτή (60 τελευταίες τιμές).



Εικόνα 11 δεδομένα εκπαίδευσης του ελεγκτή - μεταβολή στις τιμές.

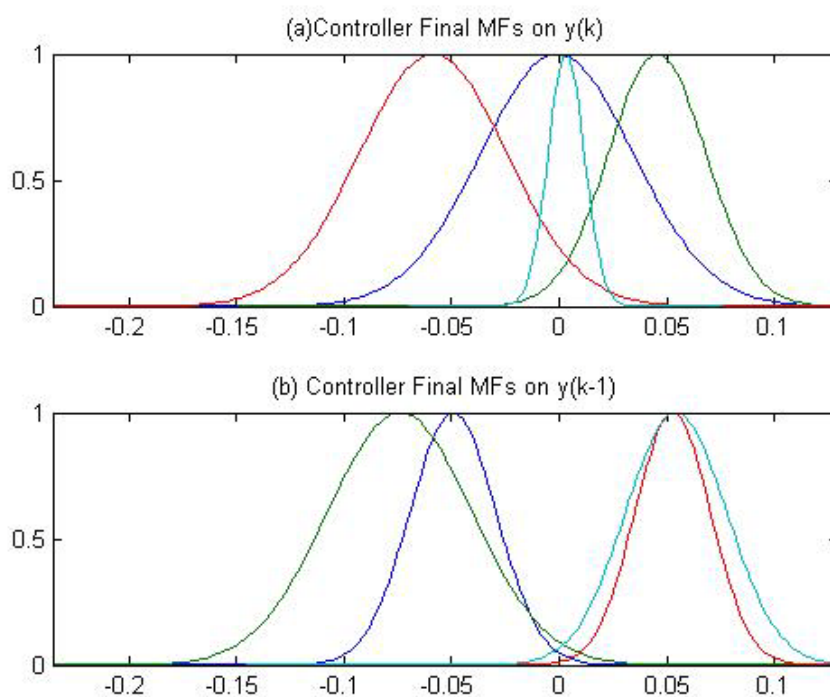


Εικόνα 12 Διάγραμμα των συναρτήσεων συμμετοχής του CON-ANFIS πριν την εκπαίδευση.

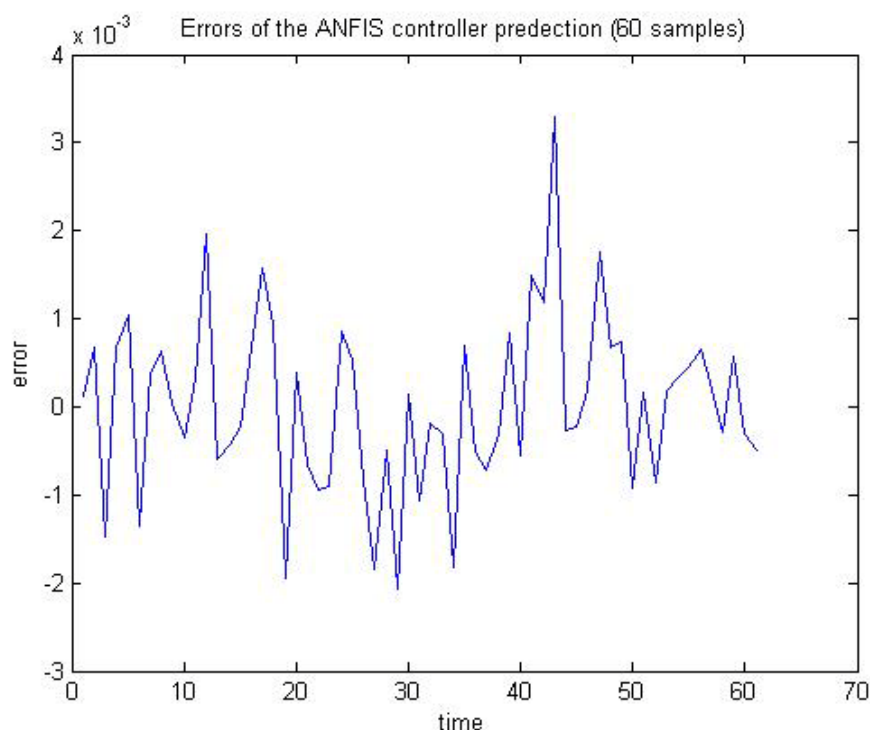


Εικόνα 13 Η εξέλιξη στην ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) και το βήμα μάθησης (step size) του CON-ANFIS κατά την εκπαίδευση του μοντέλου.

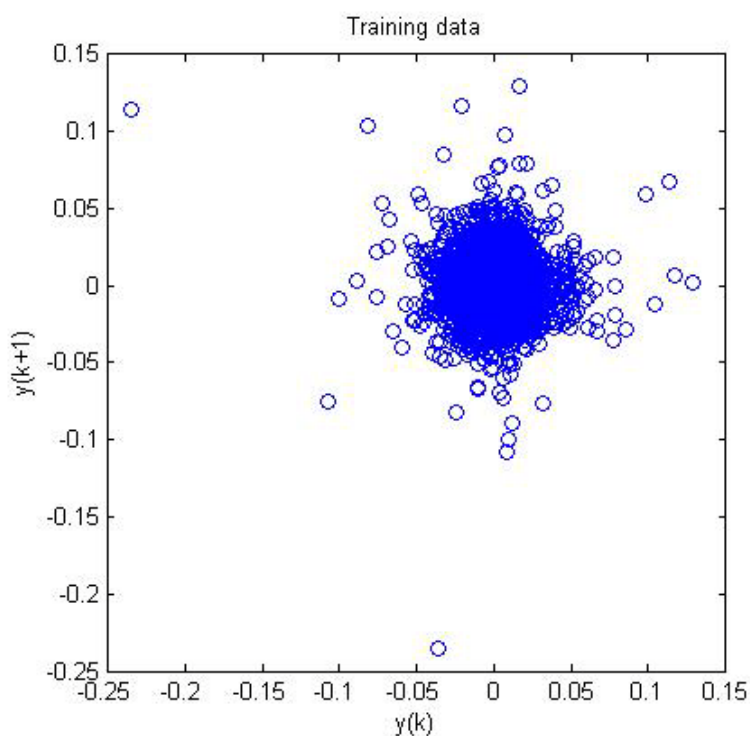
Από το διάγραμμα στην παραπάνω εικόνα δεν παρατηρείται υπερεκπαίδευση (overfitting), καθώς η καμπύλη του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων.



Εικόνα 14 Οι συναρτήσεις συμμετοχής όπως έχουν διαμορφωθεί μετά την εκπαίδευση του μοντέλου.

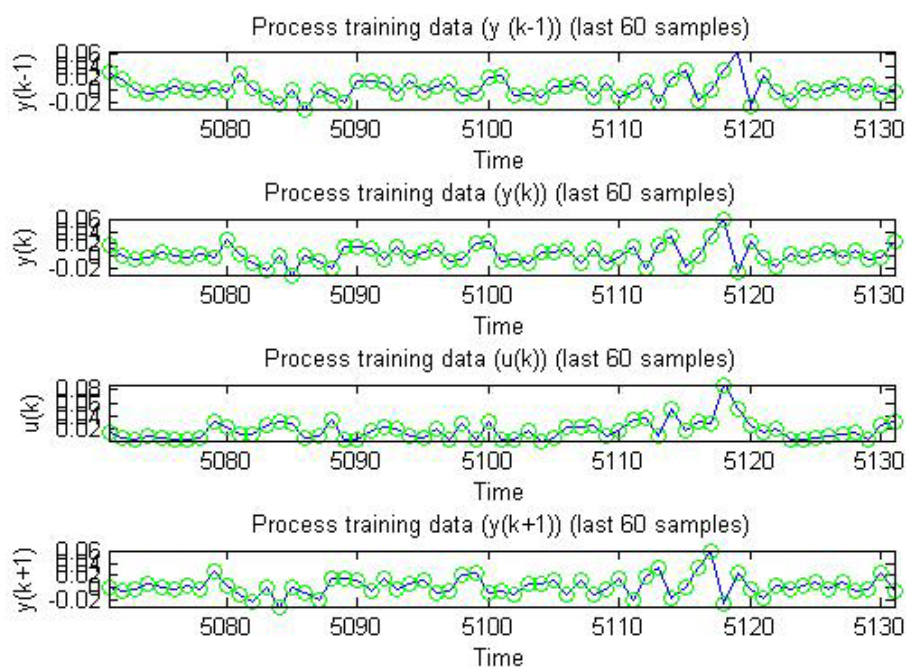


Εικόνα 15 Το σφάλμα του ελεγκτή για το σύνολο των τελευταίων 60 δειγμάτων της εντός δείγματος αξιολόγησης.

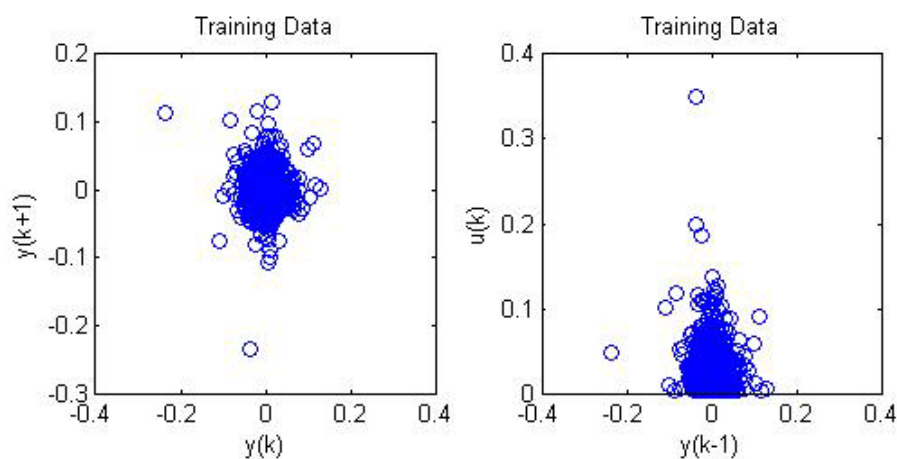


Εικόνα 16 2-D απεικόνιση της διασποράς των δεδομένων εκπαίδευσης.

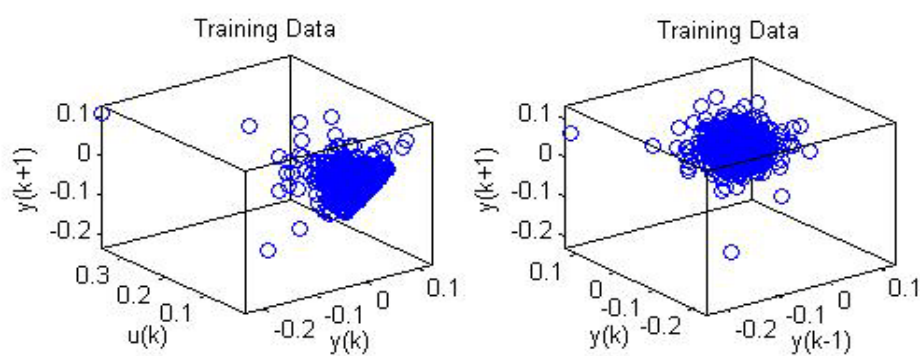
Σε γενικές γραμμές είναι επιθυμητή η διασπορά των δεδομένων ώστε το μοντέλο να συλλάβει καλύτερα τις δυναμικές σχέσεις της όποιας διαδικασίας (εν προκειμένω του χρηματιστηρίου). Η ιδανική περίπτωση θα ήταν οι τιμές να καλύπτουν όλη την έκταση της επιφάνειας, γεγονός που δεν συμβαίνει εδώ.



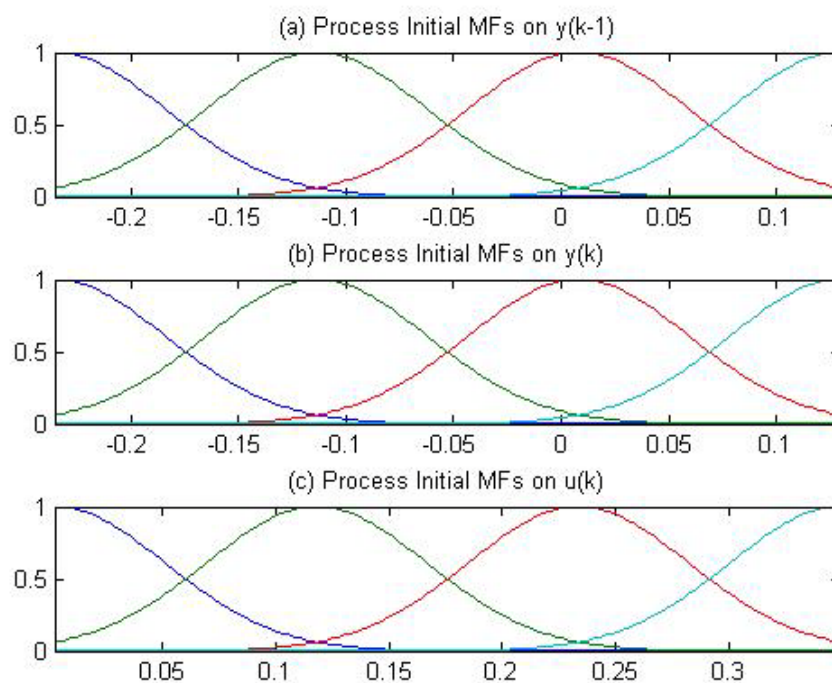
Εικόνα 17 Ενδεικτική παρουσίαση των τελευταίων 60 δεδομένων εκπαίδευσης



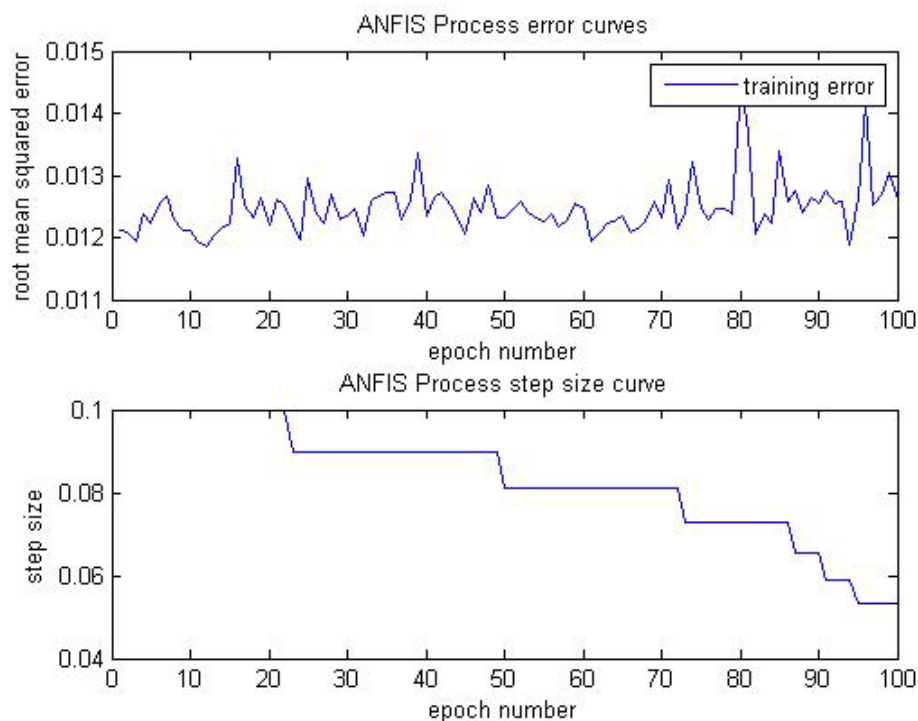
Εικόνα 18 Δυσδιάστατη παρουσίαση των δεδομένων εκπαίδευσης του PR-ANFIS.



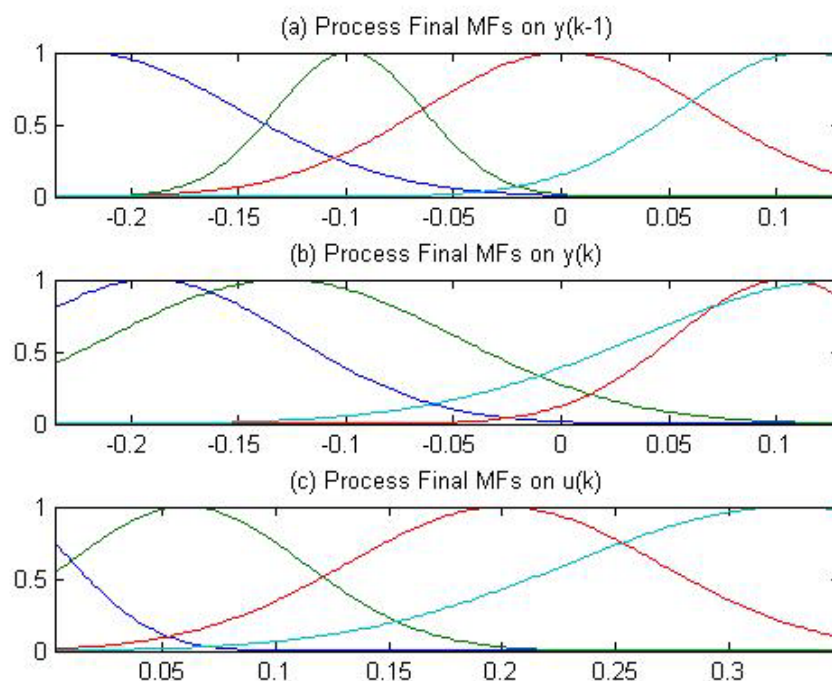
Εικόνα 19 Τρισδιάστατη παρουσίαση των δεδομένων εκπαίδευσης του PR-ANFIS



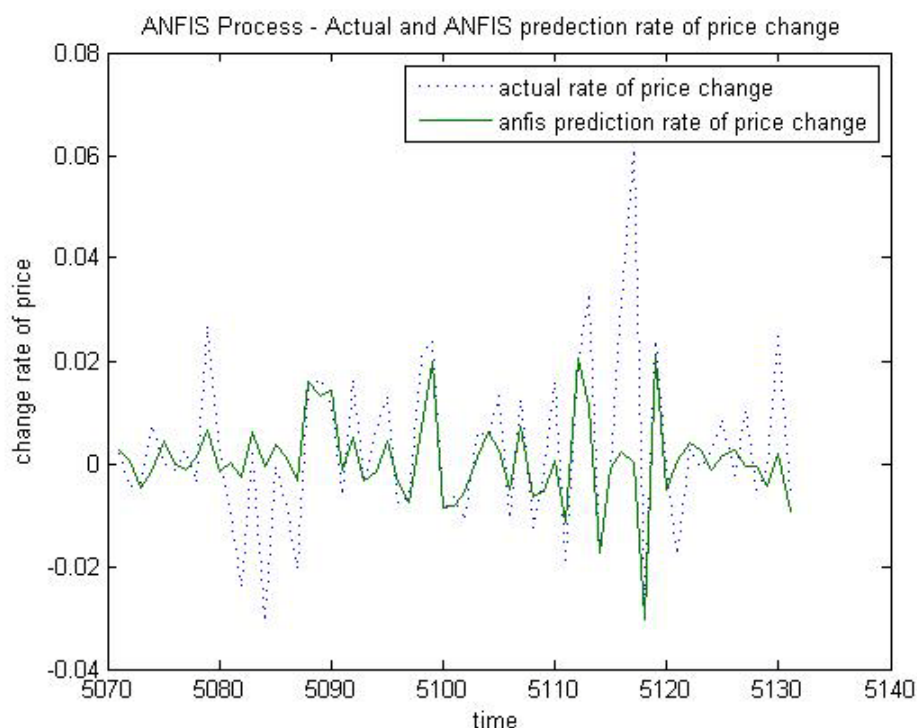
Εικόνα 20 Διάγραμμα των συναρτήσεων συμμετοχής του PR-ANFIS πριν από την εκπαίδευση όπως έχουν οριστεί από τον χρήστη.



Εικόνα 21 Η ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE) και το βήμα μάθησης (step size) του PR-ANFIS

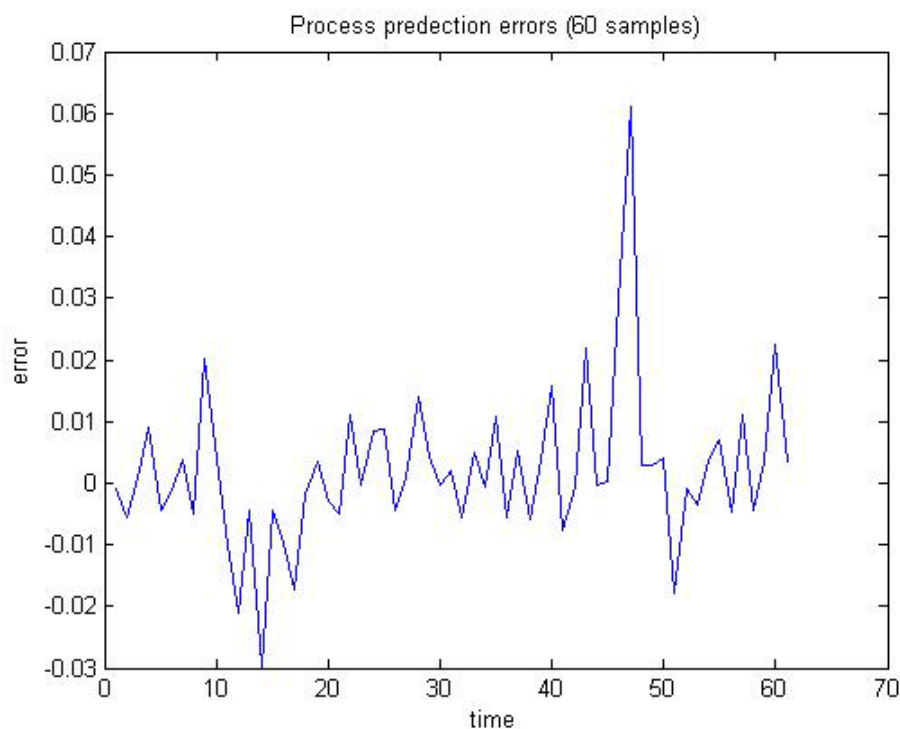


Εικόνα 22 Διάγραμμα των συναρτήσεων συμμετοχής του PR-ANFIS μετά την εκπαίδευση

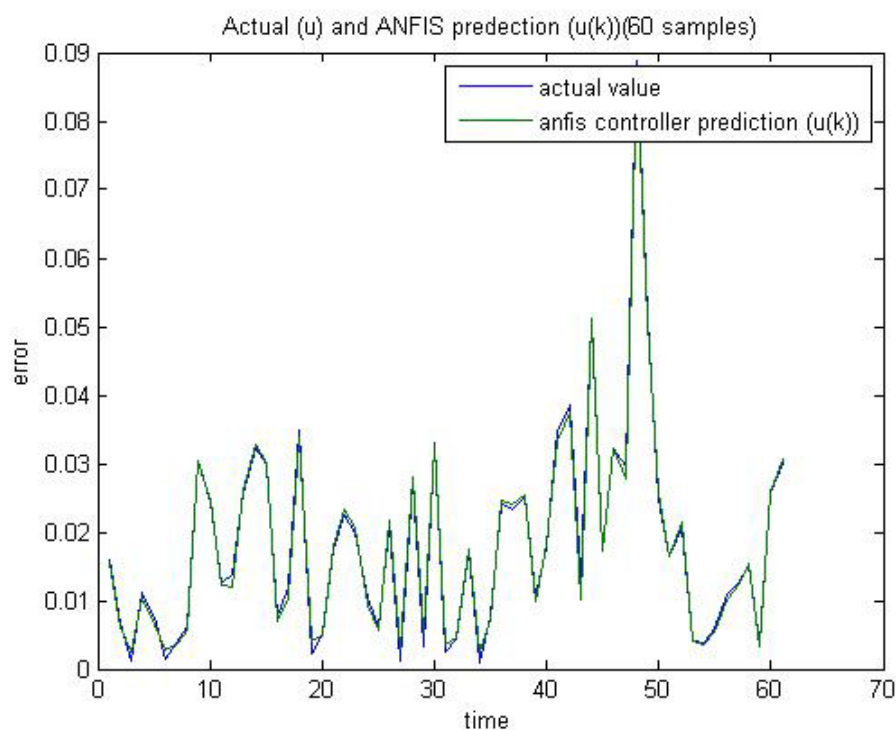


Εικόνα 23 Πραγματική τιμή του $y(k+1)$ και έξοδος του PR-ANFIS για τα τελευταία 60 δείγματα

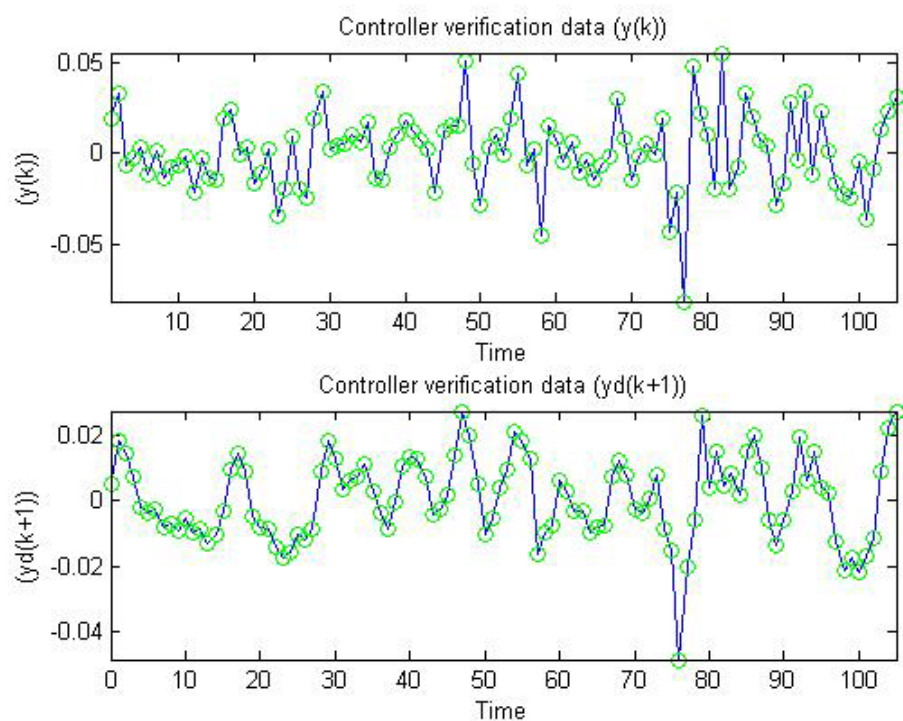
Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ότι το μοντέλο προβλέπει σωστά την τάση της μετοχής στις περισσότερες των περιπτώσεων. Εντούτοις, η πρόβλεψη στο μέγεθος της μεταβολής απέχει πολύ από τα πραγματικά δεδομένα.



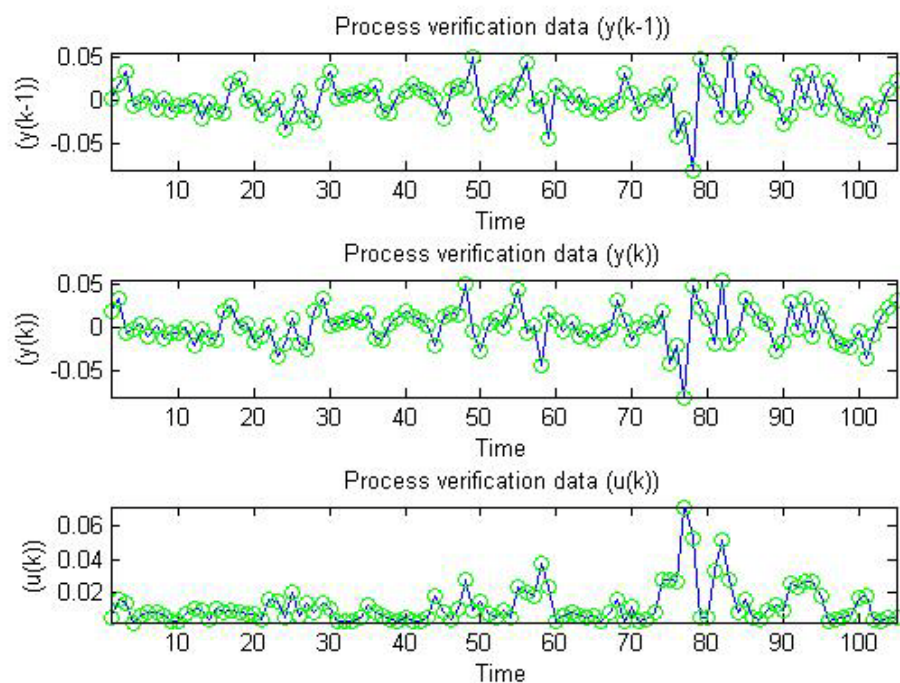
Εικόνα 24 Διάγραμμα σφάλματος της πρόβλεψης του PR-ANFIS



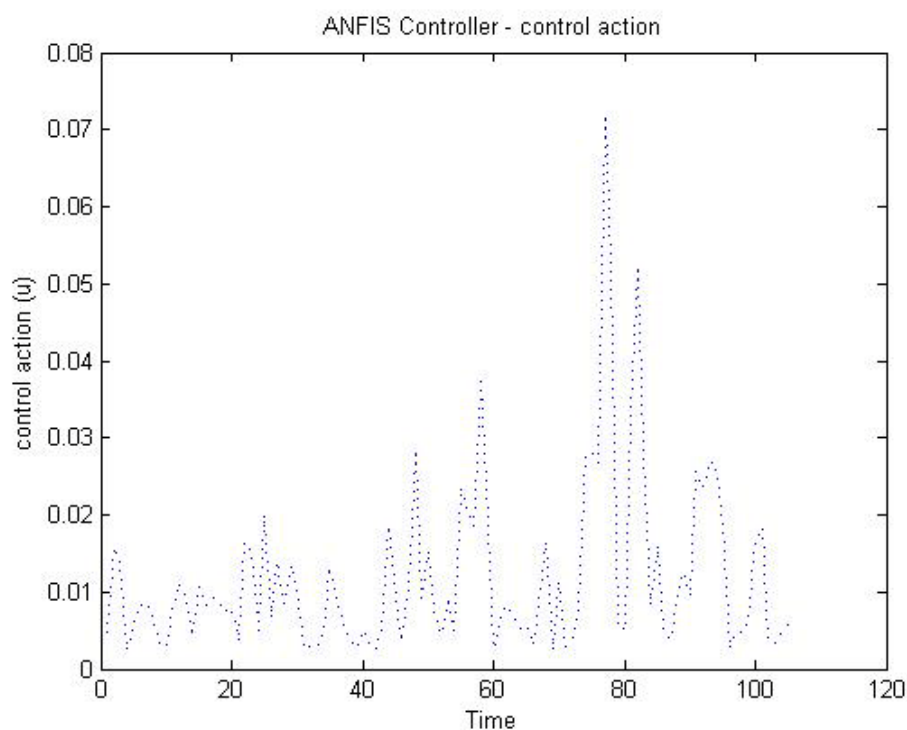
Εικόνα 25 Σύγκριση της εξόδου του ελεγκτή u με την πραγματική τιμή $\sqrt{[y(k) - y(k-1)]^2}$ κατά την εντός δείγματος αξιολόγηση



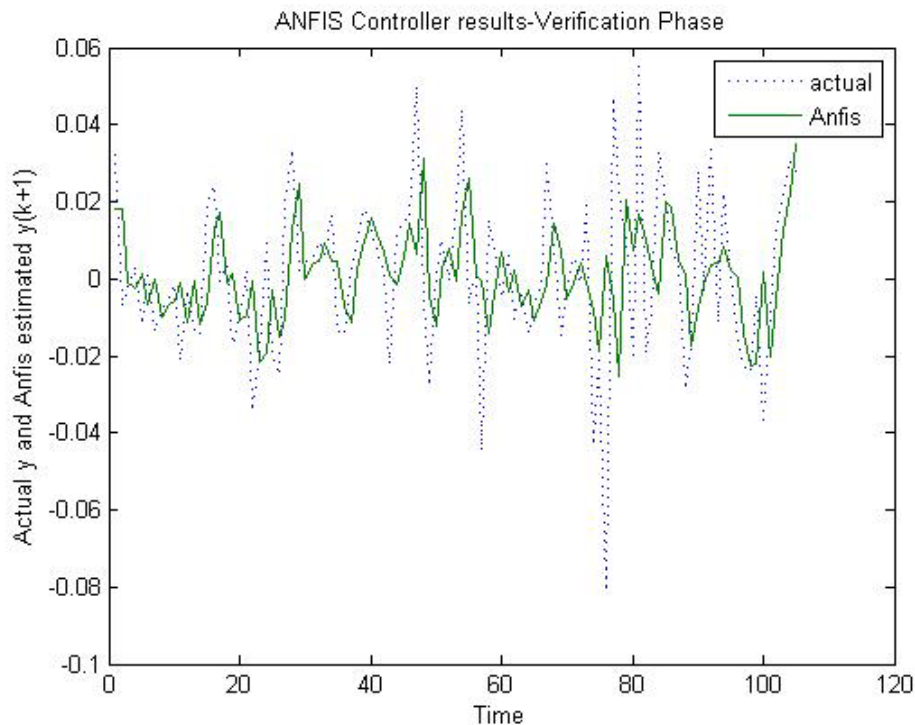
Εικόνα 26 Γραφική παράσταση των δεδομένων των εισόδων του ελεγκτή κατά την αξιολόγηση.



Εικόνα 27 Γραφική παράσταση των δεδομένων των εισόδων της διαδικασίας κατά την αξιολόγηση

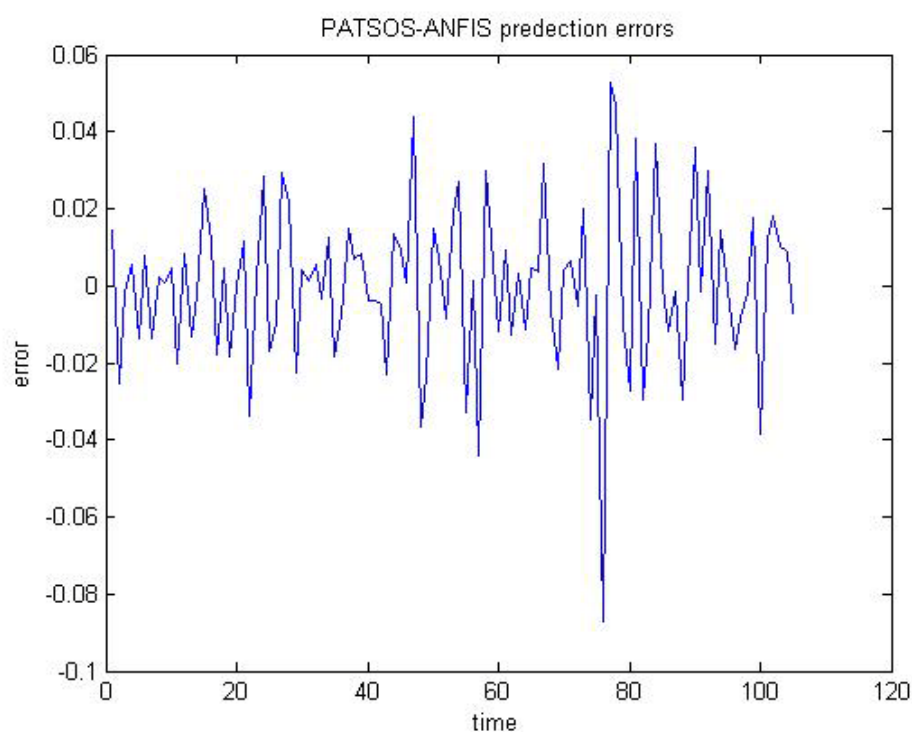


Εικόνα 28 Η ενέργεια ελέγχου που παράγει ο ελεγκτής του συστήματος

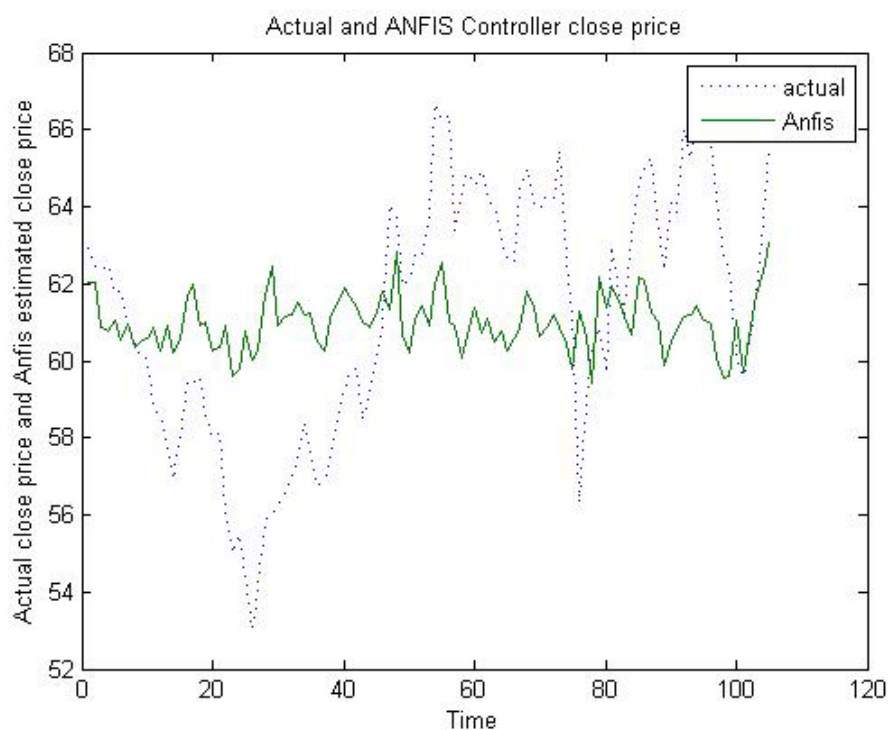


Εικόνα 29 Η ενέργεια ελέγχου που παράγει ο ελεγκτής του συστήματος PATSOS

Η αξιολόγηση του μοντέλου με βάση την τάση της μετοχής απαιτεί τη σύγκριση της εξόδου του συστήματος με την πραγματική τάση της μετοχής. Συγκρίνεται αν η ανοδική ή καθοδική τάση που προβλέπει το σύστημα για την επόμενη συνεδρίαση, είναι πράγματι ανοδική ή καθοδική με βάση τις πραγματικές τιμές της μετοχής (Hit rate). Η τάση προσδιορίζεται από τον τύπο: $Hitrate = h/n$ όπου h είναι ο αριθμός των σωστών προβλέψεων της τάσης ή κατεύθυνσης της μετοχής που δίνει το σύστημα PATSOS και n είναι ο αριθμός των συνεδριάσεων για τις οποίες πραγματοποιήθηκε πρόβλεψη. Η μπλε διακεκομμένη γραμμή απεικονίζει τις πραγματικές τιμές και η πράσινη συνεχής γραμμή απεικονίζει τις τιμές που δίνει το σύστημα PATSOS. Η πράσινη γραμμή στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθεί την κατεύθυνση της μπλε συνεχούς γραμμής.

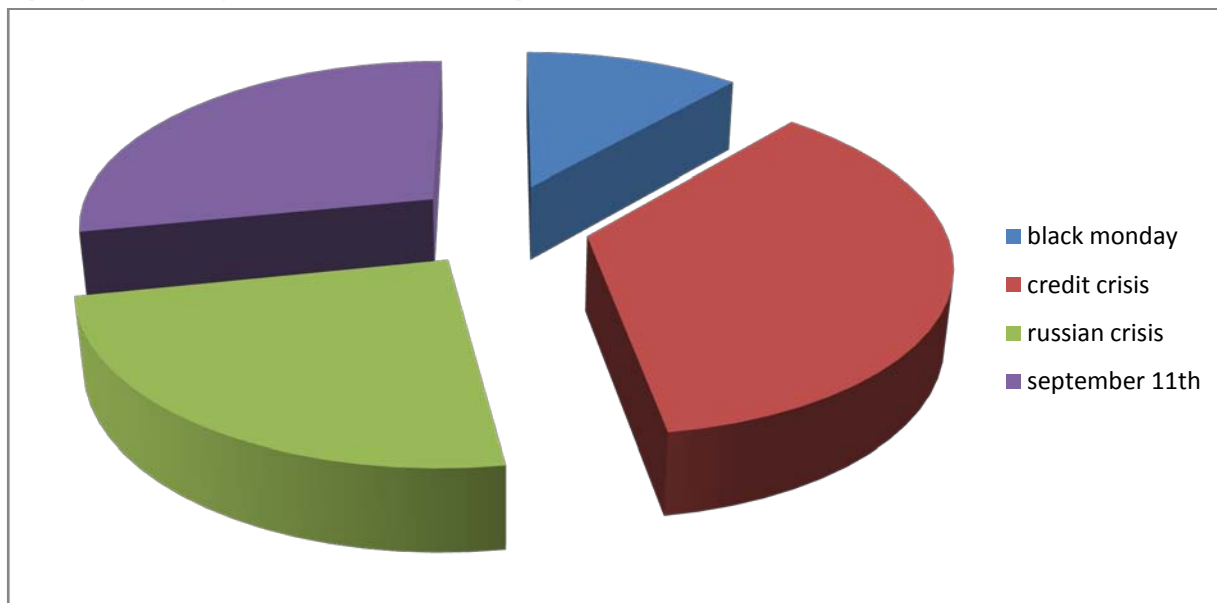


Εικόνα 30 Το σφάλμα της πρόβλεψης του συστήματος PATSONS



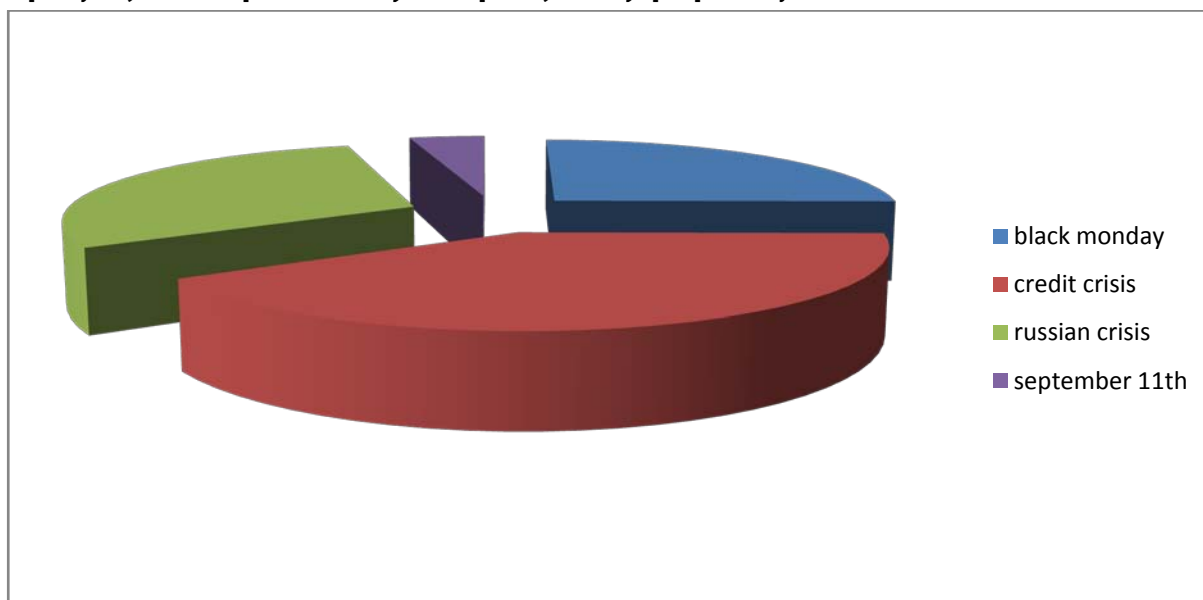
Σύγκριση αποτελεσμάτων για το σύνολο των μετοχών

Αριθμός δεδομένων εκπαίδευσης



Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται το πλήθος των δεδομένων εκπαίδευσης για κάθε χρονική περίοδο. Στην περίοδο που ακολούθησε την Μαύρη Δευτέρα χρησιμοποιήθηκαν 2426 τιμές κλεισίματος στην εκπαίδευση του μοντέλου για κάθε μετοχή. Κατά την περίοδο της πιστωτικής κρίσης, 2008, χρησιμοποιήθηκαν 7627 τιμές κλεισίματος. Στην ρωσική οικονομική κρίση του 1998 χρησιμοποιήθηκαν 5133 τιμές κλεισίματος. Τέλος, για το σύντομο χρονικό διάστημα πριν και μετά τα γεγονότα της 11^η Σεπτεμβρίου χρησιμοποιήθηκαν 5969 τιμές κλεισίματος για την εκπαίδευση του μοντέλου.

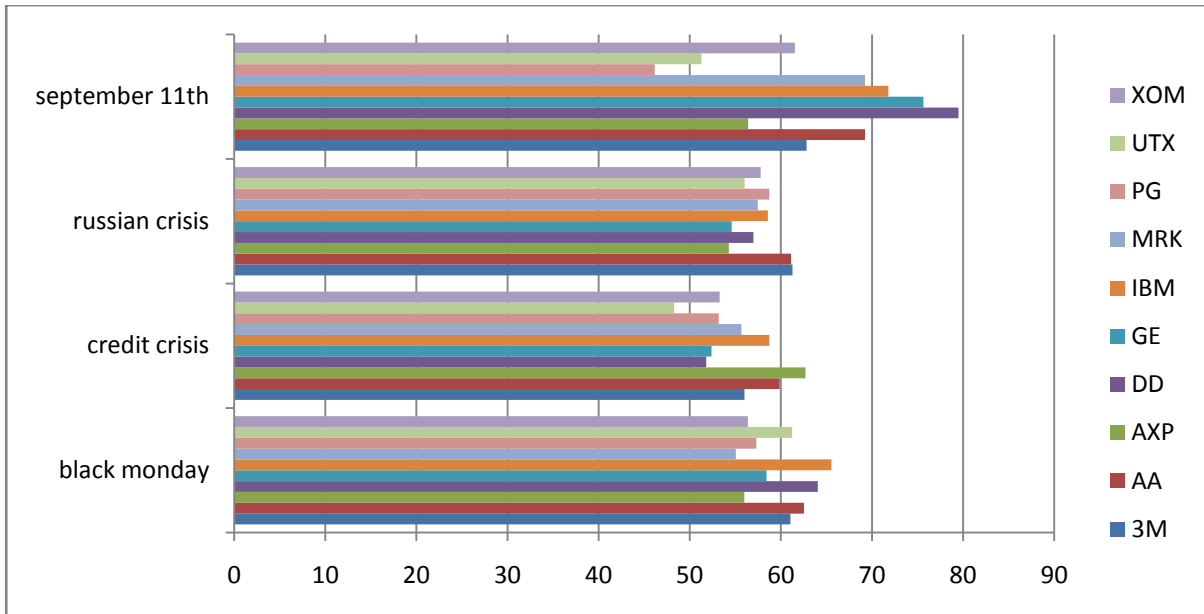
Αριθμός συνεδριάσεων για την αξιολόγηση του μοντέλου



Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται το πλήθος των συνεδριάσεων που εφαρμόσαμε το μοντέλο για κάθε οικονομική κρίση και για κάθε μετοχή. Την μαύρη Δευτέρα, 1987

εφαρμόσαμε το μοντέλο πρόβλεψης για 91 συνεδριάσεις, στην πιστωτική κρίση του 2008, για 149 συνεδριάσεις, στην οικονομική κρίση της Ρωσίας το 1998, για 107 συνεδριάσεις και στην 11^η Σεπτεμβρίου για 15 συνεδριάσεις.

Επιτυχία πρόβλεψης του ελεγκτή



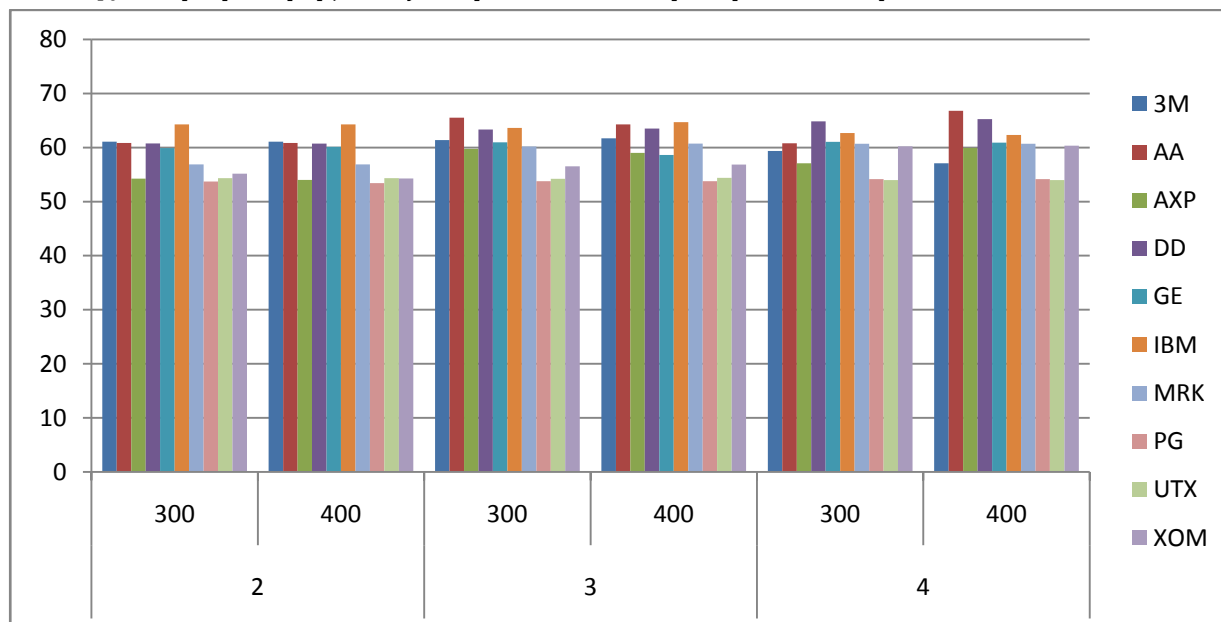
Το παραπάνω γράφημα παρουσιάζει το ποσοστό επιτυχίας στην έξοδο του ελεγκτή σε κάθε περίοδο οικονομικής κρίσης για κάθε μετοχή. Η έξοδος u του ελεγκτή συγκρίνεται με την τιμή $\sqrt{[y_k - y_{k-1}]^2}$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με 2 δεκαδικά ψηφία.

Στο διάστημα μετά την Μαύρη Δευτέρα, το 1987, η έξοδος του ελεγκτή δίνει μέση τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 61,04 μονάδες, για την AA 62,54, για την AXP 55,99, για την DD 64,04, για την GE 58,42, για την IBM 65,54, για την MRK 55,05, για την PG 57,30, για την UTX 61,23 και για την XOM 56,36.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης η έξοδος του ελεγκτή δίνει μέση τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M δίνει 56,00 μονάδες, για την AA 59,86, για την AXP 62,69, για την DD 51,81, για την GE 52,38, για την IBM 58,73, για την MRK 55,66, για την PG 53,17, για την UTX 48,29 και για την XOM 53,28.

Στο διάστημα της Ρωσικής κρίσης, το 1998, η έξοδος του ελεγκτή δίνει μέση τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M δίνει 61,26 μονάδες, για την AA 61,11, για την AXP 54,28, για την DD 56,98, για την GE 54,60, για την IBM 58,57, για την MRK 57,46, για την PG 58,73, για την UTX 56,03 και για την XOM 57,77.

Λίγο μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου η έξοδος του ελεγκτή δίνει μέση τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M δίνει 62,82 μονάδες, για την AA 69,23, για την AXP 56,41, για την DD 79,48, για την GE 75,64, για την IBM 71,79, για την MRK 69,23, για την PG 46,15, για την UTX 51,28 και για την XOM 61,53.

Επιτυχία πρόβλεψης ελεγκτή. Αναλυτική παρουσίαση

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η τιμή του ποσοστού επιτυχίας πρόβλεψης του ελεγκτή για όλους τους αριθμούς συναρτήσεων συμμετοχής (2,3,4) και τους αριθμούς εποχών. Με άλλα λόγια συγκρίνουμε την έξοδο $u(k)$ του ελεγκτή με την τιμή $\sqrt{[y(k) - y(k-1)]^2}$. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

Στην περίπτωση των 300 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 61,08 μονάδες, για την AA 60,84, για την AXP 54,25, για την DD 60,76, για την GE 59,89, για την IBM 64,29, για την MRK 56,88, για την PG 53,73, για την UTX 54,34 και για την XOM 55,17.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 61,37 μονάδες, για την AA 65,54, για την AXP 59,75, για την DD 63,34, για την GE 60,95, για την IBM 63,64, για την MRK 60,21, για την PG 53,78, για την UTX 54,20 και για την XOM 56,52.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 59,36 μονάδες, για την AA 60,80, για την AXP 57,08, για την DD 64,86, για την GE 61,06, για την IBM 62,68, για την MRK 60,70, για την PG 54,16, για την UTX 53,99 και για την XOM 60,23.

Στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

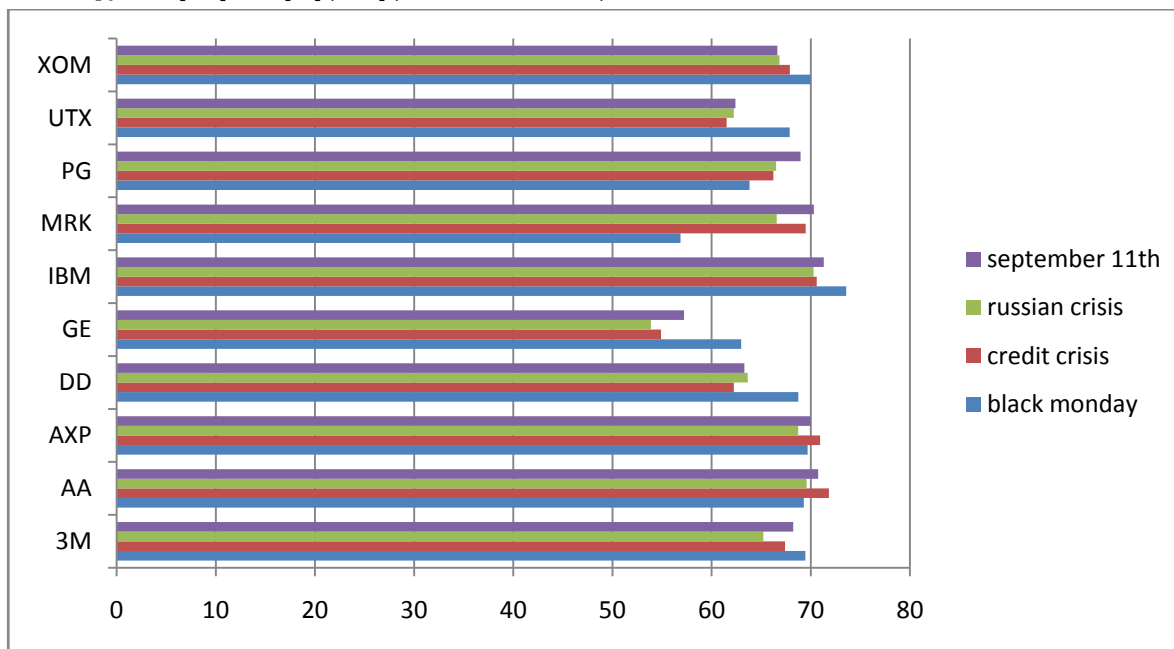
Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 61,08 μονάδες, για την AA 60,84, για την AXP 54,01, για την DD 60,73, για την GE 60,13, για την IBM 64,29, για την MRK 56,88, για την PG 53,42, για την UTX 54,34 και για την XOM 54,29.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 61,71 μονάδες, για την AA 64,29, για την AXP 59,02, για την DD 63,51, για την GE 58,62, για την IBM 64,69, για την MRK 60,72, για την PG 53,78, για την UTX 54,38 και για την XOM 56,86.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής η έξοδος του ελεγκτή δίνει τιμή επιτυχίας πρόβλεψης για την μετοχή 3M 57,09 μονάδες, για την AA 66,80, για την AXP 59,93, για την DD 65,26, για την GE 60,896, για την IBM 62,34, για την MRK 60,70, για την PG 54,16, για την UTX 53,99 και για την XOM 60,35.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη δεν μπορούμε να εξαγάγουμε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα. Εντούτοις, αξίζει να τονίσουμε ότι τα καλύτερα αποτελέσματα κατά μέσο όρο προέκυψαν όταν χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής και τέσσερις εποχές εκπαίδευσης.

Επιτυχία πρόβλεψης της διαδικασίας



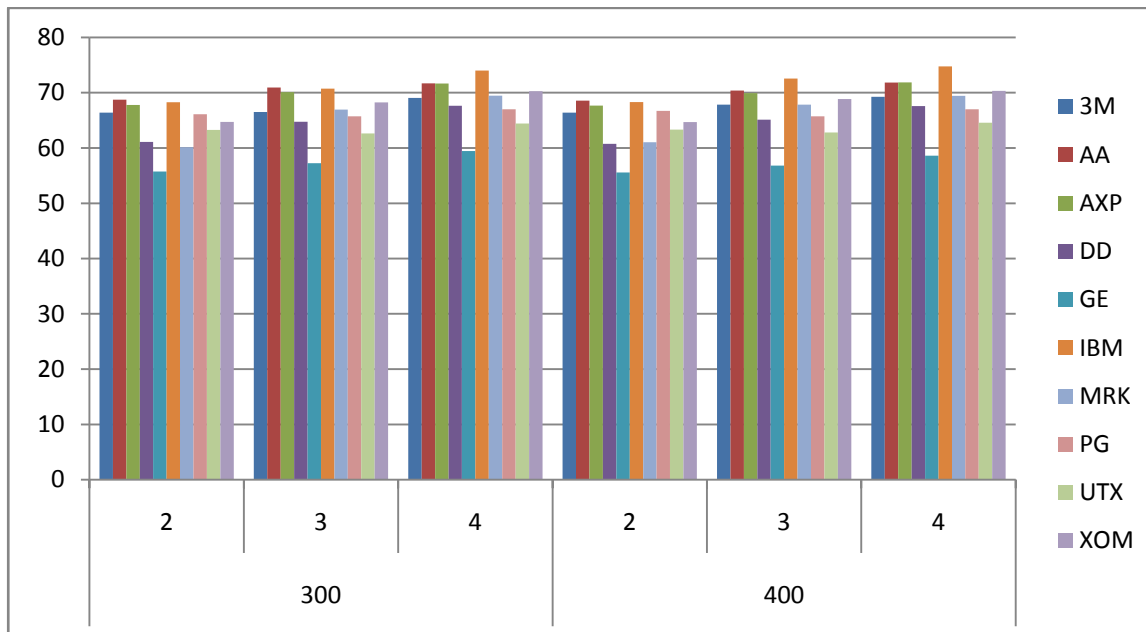
Το παραπάνω γράφημα παρουσιάζει το ποσοστό επιτυχίας του μοντέλου στην πρόβλεψη τάσης της μετοχής σε κάθε περίοδο οικονομικής κρίσης για κάθε μετοχή. Με άλλα λόγια ελέγχουμε εάν η τιμή που δίνει το μοντέλο κινείται στην ίδια κατεύθυνση με την μετοχή στην επόμενη συνεδρίαση. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με δύο δεκαδικά ψηφία.

Στο διάστημα μετά την Μαύρη Δευτέρα η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά, κατά μέσο όρο, με ποσοστιαία τιμή 69,45 μονάδες, για την AA 69,29, για την AXP 69,67, για την DD 68,75, για την GE 62,98, για την IBM 73,57, για την MRK 56,87, για την PG 63,82, για την UTX 67,87 και για την XOM 70,01.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά, κατά μέσο όρο, με ποσοστιαία τιμή 67,40 μονάδες, για την AA 71,83, για την AXP 70,94, για την DD 62,24, για την GE 54,89, για την IBM 70,60, για την MRK 69,48, για την PG 66,23, για την UTX 61,51 και για την XOM 67,89.

Στο διάστημα της Ρωσικής κρίσης η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά, κατά μέσο όρο, με ποσοστιαία τιμή 65,21 μονάδες, για την AA 69,59, για την AXP 68,73, για την DD 63,65, για την GE 53,88, για την IBM 70,28, για την MRK 66,57, για την PG 66,49, για την UTX 62,24 και για την XOM 66,84.

Λίγο μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά, κατά μέσο όρο, με ποσοστιαία τιμή 68,23 μονάδες, για την AA 70,74, για την AXP 69,98, για την DD 63,30, για την GE 57,22, για την IBM 71,31, για την MRK 70,31, για την PG 68,97, για την UTX 62,40 και για την XOM 66,63.

Επιτυχία πρόβλεψης διαδικασίας. Αναλυτική παρουσίαση

Στο άνωθεν σχεδιάγραμμα παρουσιάζονται τα ποσοστά επιτυχίας του μοντέλου στην πρόβλεψη της τάσης της μετοχής. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

Στην περίπτωση των 300 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 66,39 μονάδες, για την AA 68,75, για την AXP 67,78, για την DD 61,09, για την GE 55,75, για την IBM 68,29, για την MRK 60,14, για την PG 66,11, για την UTX 63,28 και για την XOM 64,70.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 66,52 μονάδες, για την AA 70,92, για την AXP 70,09, για την DD 64,74, για την GE 57,26, για την IBM 70,75, για την MRK 66,94, για την PG 65,73, για την UTX 62,64 και για την XOM 68,23.

Με τέσσερις συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 69,05 μονάδες, για την AA 71,68, για την AXP 71,67, για την DD 67,62, για την GE 59,46, για την IBM 73,99, για την MRK 69,47, για την PG 67,00, για την UTX 64,43 και για την XOM 70,28.

Στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

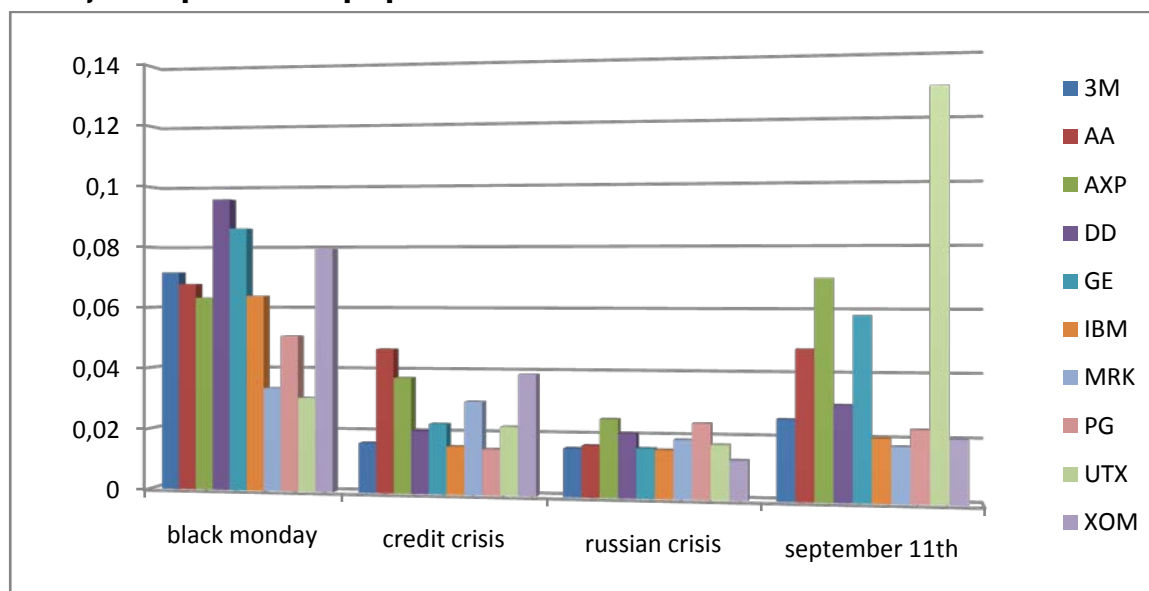
για 2 συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 66,39 μονάδες, η AA 68,55, για την AXP 67,66, για την DD 60,74, για την GE 55,56, για την IBM 68,30, για την MRK 61,05, για την PG 66,70, για την UTX 63,31 και για την XOM 64,69.

Με τρεις συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 67,83 μονάδες, για την AA 70,40, για την AXP 69,91, για την DD 65,13, για την GE 56,83, για την IBM 72,55, για την MRK 67,83, για την PG 67,73, για την UTX 62,80 και για την XOM 68,84.

Με τέσσερις συναρτήσεις συμμετοχής η τάση κίνησης για την μετοχή 3M προβλέπεται σωστά με ποσοστιαία τιμή 69,26 μονάδες, για την AA 71,85, για την AXP 71,88, για την DD 67,59, για την GE 58,61, για την IBM 74,77, για την MRK 69,42, για την PG 67,00, για την UTX 64,57 και για την XOM 70,33.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη η επιτυχία πρόβλεψης του μοντέλου βελτιώνεται με αύξηση του αριθμού εποχών και εκπαίδευσης και επίσης με αύξηση του αριθμού συναρτήσεων συμμετοχής.

MSE γενική επισκόπηση



Το εύρος των τιμών του μέσου όρου του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (MSE), για κάθε μετοχή, σε κάθε περίοδο οικονομικής κρίσης απεικονίζεται στο παραπάνω διάγραμμα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τέσσερα δεκαδικά ψηφία.

Στο διάστημα εκατέρωθεν της Μαύρης δευτέρας, το 1987, το μοντέλο δίνει μέση τιμή MSE για την μετοχή 3M 0,0756 μονάδες, η AA 0,0677, για την AXP 0,0632, για την DD 0,0956, για την GE 0,0860, για την IBM 0,0638, για την MRK 0,0335, για την PG 0,0507, για την UTX 0,0304 και για την XOM 0,0793. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0642.

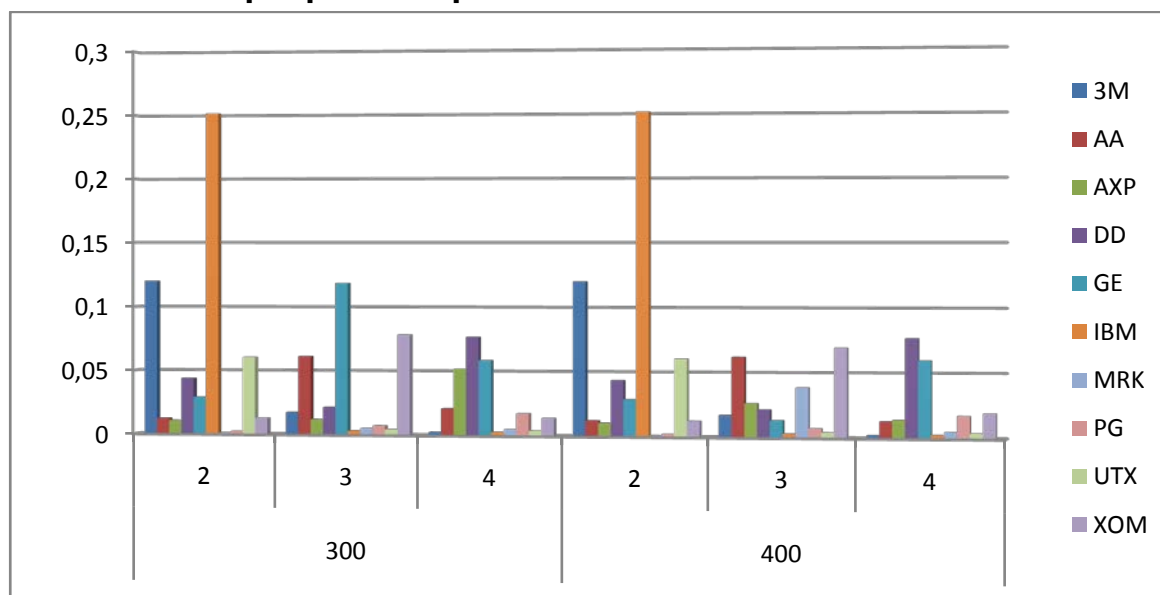
Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 το μοντέλο δίνει μέση τιμή MSE για την μετοχή 3M 0,0162 μονάδες, για την AA 0,046, για την AXP 0,0373, για την DD 0,0204, για την GE 0,0227, η IBM 0,0155, η MRK 0,0300, η PG 0,0148, η UTX 0,0221 και η XOM 0,0387. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0264.

Κατά τη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 το μοντέλο δίνει μέση τιμή MSE για την μετοχή 3M 0,0155 μονάδες, η AA 0,0165, για την AXP 0,0250, για την DD 0,0206, για την GE 0,0159, για την IBM 0,0155, για την MRK 0,0188, για την PG 0,0240, για την UTX 0,0174 και για την XOM 0,0126. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0182.

Λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου το μοντέλο δίνει μέση τιμή MSE για την μετοχή 3M 0,0257 μονάδες, για την AA 0,0475, για την AXP 0,0698, για την DD 0,0304, για την GE 0,0581, για την IBM 0,0202, για την MRK 0,0177, για την PG 0,0230, για την UTX 0,1289 και για την XOM 0,0202. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0441.

Με βάση τα παραπάνω παρατηρούμε ότι το μοντέλο απέδωσε καλύτερα την περίοδο της Ρωσικής κρίσης του 1998.

MSE αναλυτική παρουσίαση



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η τιμή του MSE για όλους τους αριθμούς συναρτήσεων συμμετοχής (2,3,4) και του αριθμού εποχών. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται τέσσερα δεκαδικά ψηφία.

Στην περίπτωση των 300 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

Με 2 συναρτήσεις (2) συμμετοχής η 3M δίνει μέση τιμή MSE 0,0120 μονάδες, για την AA 0,0123, για την AXP 0,0106, για την DD 0,0437, για την GE 0,0290, για την IBM 0,2513, για την MRK 0,0009, για την PG 0,0023, για την UTX 0,0605 και για την XOM 0,0129.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει τιμή MSE 0,0174 μονάδες, για την AA 0,0613, για την AXP 0,0120, για την DD 0,02, για την GE 0,1186, για την IBM 0,0032, για την MRK 0,0051, για την PG 0,0073, για την UTX 0,0045 και για την XOM 0,0785.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει τιμή MSE 0,0026 μονάδες, για την AA 0,0211, για την AXP 0,0519, για την DD 0,0768, για την GE 0,058, για την IBM 0,0029, για την MRK 0,005, για την PG 0,0175, για την UTX 0,0042 και για την XOM 0,0140.

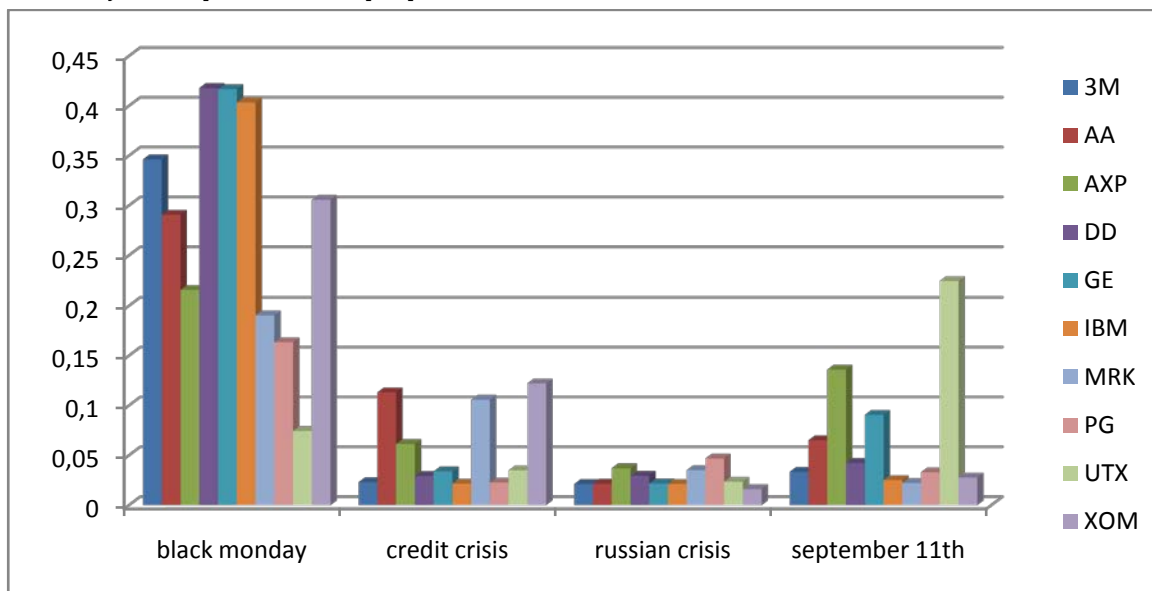
Στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει μέση τιμή MSE 0,1202 μονάδες, για την AA 0,0123, για την AXP 0,010, για την DD 0,0437, για την GE 0,0290, για την IBM 0,2513, για την MRK 0,0009, για την PG 0,0022, για την UTX 0,060 και για την XOM 0,0125.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει τιμή MSE 0,0172 μονάδες, η AA 0,0621, για την AXP 0,0264, για την DD 0,0215, για την GE 0,0133, για την IBM 0,0032, για την MRK 0,00387, για την PG 0,0073, για την UTX 0,0043 και για την XOM 0,0695.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής η 3M δίνει τιμή MSE 0,0024 μονάδες, για την AA 0,0131, για την AXP 0,0170, για την DD 0,0769, για την GE 0,0599, για την IBM 0,0028, για την MRK 0,0051, για την PG 0,0090, για την UTX 0,0042 και για την XOM 0,0196.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη και με τη βοήθεια ολικών αθροισμάτων για δεδομένο αριθμό συναρτήσεων συμμετοχής οι 400 εποχές εκπαίδευσης δίνουν μικρότερο μέσο MSE. Επίσης οι 4 συναρτήσεις συμμετοχής δίνουν μικρότερο μέσο MSE από τις περιπτώσεις εκπαίδευσης του μοντέλου με 2 ή 3 συναρτήσεις συμμετοχής.

RMSE γενική επισκόπηση

Το εύρος των τιμών του μέσου όρου του RMSE, για κάθε μετοχή, σε κάθε περίοδο οικονομικής κρίσης απεικονίζεται στο παραπάνω διάγραμμα. Για διευκόλυνση τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με 4 δεκαδικά ψηφία.

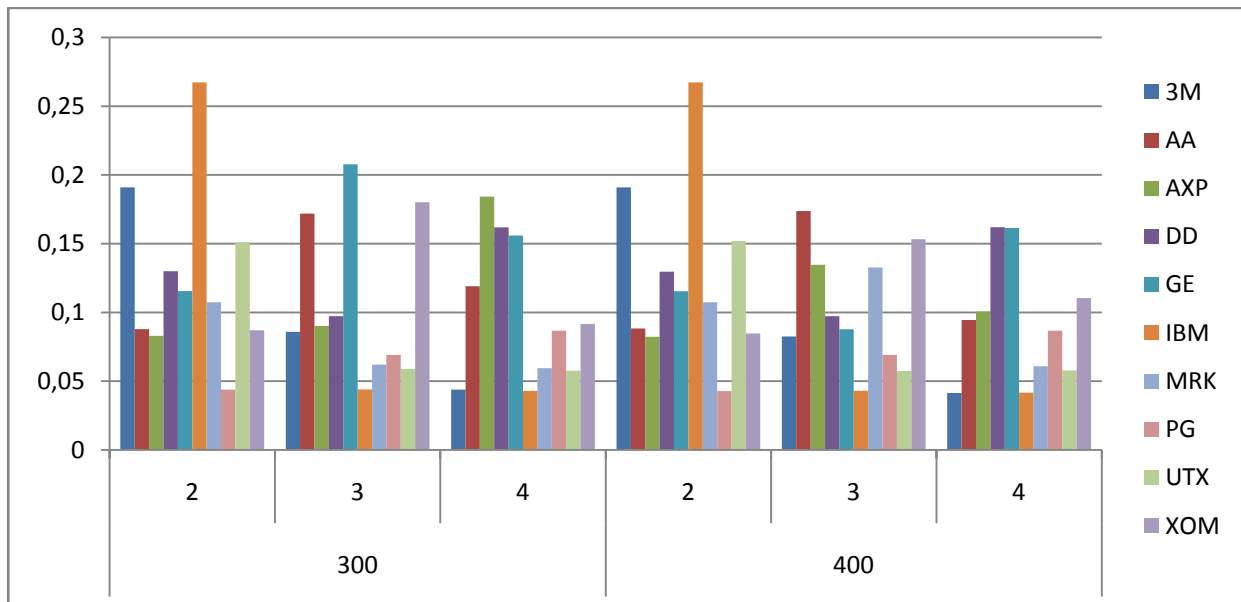
Στο διάστημα εκατέρωθεν της Μαύρης δευτέρας το μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,3462 μονάδες, για την AA 0,2906, για την AXP 0,2158, για την DD 0,4177, για την GE 0,4166, για την IBM 0,4032, για την MRK 0,1902, για την PG 0,1633, για την UTX 0,0743 και για την XOM 0,3057. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,2824.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 το μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0230 μονάδες, για την AA 0,1130, για την AXP 0,0612, για την DD 0,0291, για την GE 0,0337, για την IBM 0,0215, για την MRK 0,105, για την PG 0,0226, για την UTX 0,0347 και για την XOM 0,1220. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0566.

Κατά τη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 το μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0211 μονάδες, η AA 0,0214, για την AXP 0,0369, για την DD 0,0293, για την GE 0,0216, για την IBM 0,211, για την MRK 0,0350, για την PG 0,0467, για την UTX 0,0233 και για την XOM 0,0160. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0272905.

Λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου το μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0333 μονάδες, η AA 0,0650, η AXP 0,1359, για την DD 0,0423, για την GE 0,0904, για την IBM 0,0249, για την MRK 0,0221, για την PG 0,0329, για την UTX 0,2241 και για την XOM 0,0275. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0698.

Με βάση τα παραπάνω, το μοντέλο απέδωσε καλύτερα κατά την περίοδο της Ρωσικής οικονομικής κρίσης του 1998.

RMSE αναλυτική παρουσίαση

Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η τιμή του MSE για όλους τους αριθμούς συναρτήσεων συμμετοχής (2,3,4) και του αριθμού εποχών. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται τέσσερα δεκαδικά ψηφία.

Στην περίπτωση των 300 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

για 2 συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,1909 μονάδες, η AA 0,0878, για την AXP 0,0830, για την DD 0,1300, για την GE 0,2673, για την IBM 0,2673, για την MRK 0,1074, για την PG 0,0439, για την UTX 0,1511 και για την XOM 0,0870.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0858 μονάδες, για την AA 0,1718, για την AXP 0,0901, για την DD 0,0972, για την GE 0,2077, για την IBM 0,0440, για την MRK 0,0620, για την PG 0,0691, για την UTX 0,0590 και για την XOM 0,1800.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0438 μονάδες, για την AA 0,1190, για την AXP 0,1842, για την DD 0,1618, για την GE 0,1559, για την IBM 0,0429, για την MRK 0,0594, για την PG 0,0867, για την UTX 0,0576 και για την XOM 0,0916.

Στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

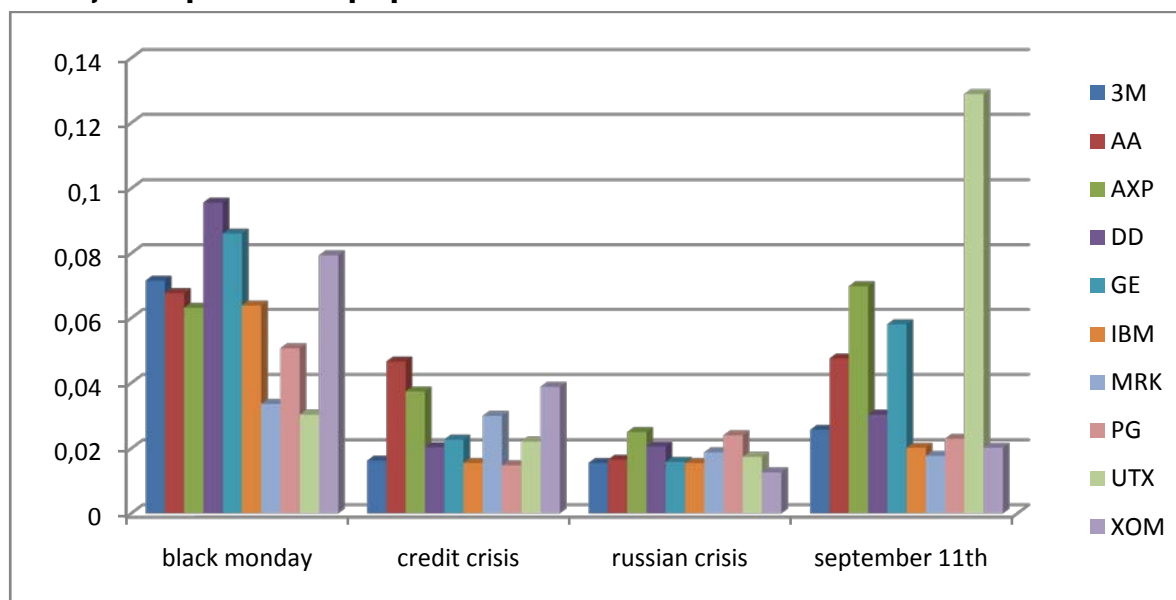
Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,1909 μονάδες, για την AA 0,0883, για την AXP 0,0823, για την DD 0,1295, για την GE 0,1154, για την IBM 0,2673, για την MRK 0,1074, για την PG 0,0428, για την UTX 0,1518 και για την XOM 0,0847.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0825 μονάδες, για την AA 0,1737, για την AXP 0,1345, για την DD 0,0972, για την GE 0,0877, για την IBM 0,0431, για την MRK 0,1326, για την PG 0,0691, για την UTX 0,0574 και για την XOM 0,1532.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής μοντέλο δίνει μέση τιμή RMSE για την μετοχή 3M 0,0413 μονάδες, η AA 0,0944, για την AXP 0,0100, για την DD 0,1619, για την GE 0,1614, για την IBM 0,0416, για την MRK 0,0608, για την PG 0,0867, για την UTX 0,0578 και για την XOM 0,1103.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη αύξηση στον αριθμό συναρτήσεων συμμετοχής επιφέρει μείωση στην τιμή του RMSE. Το ίδιο ισχύει και όταν αυξάνουμε τον αριθμό εποχών εκπαίδευσης.

ΜΑΕ γενική επισκόπηση



Το εύρος των τιμών του μέσου όρου του MAE, για κάθε μετοχή, σε κάθε περίοδο οικονομικής κρίσης απεικονίζεται στο παραπάνω διάγραμμα. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται έχουν 4 δεκαδικά ψηφία.

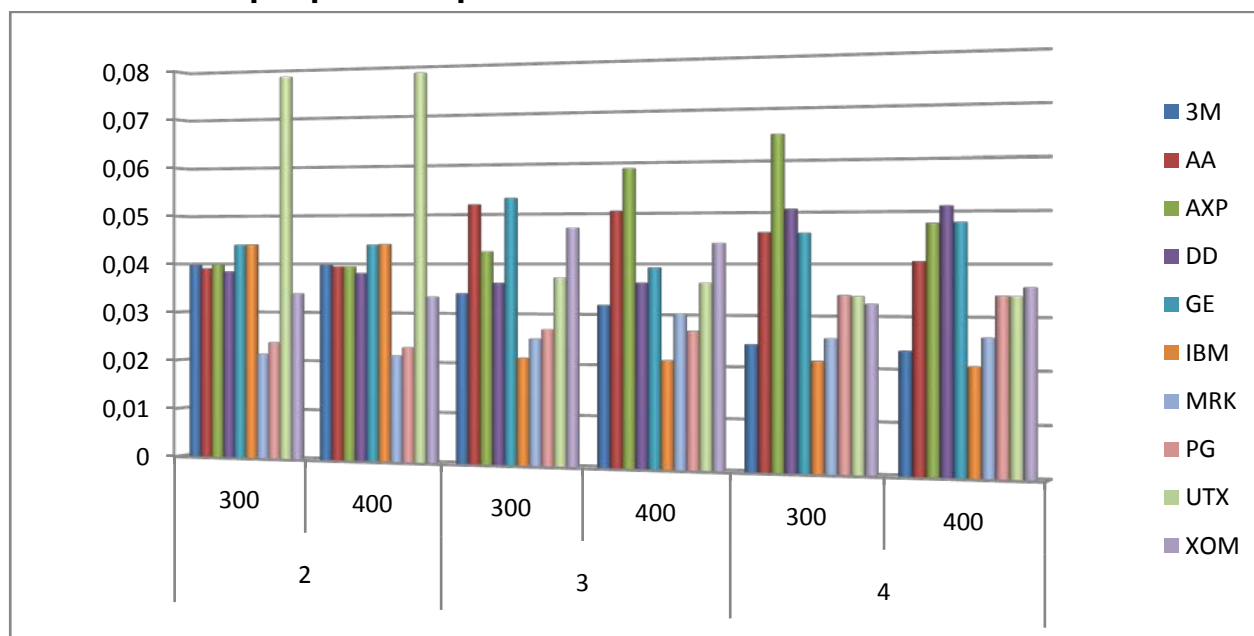
Στο διάστημα εκατέρωθεν της Μαύρης δευτέρας, το 1987, το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0715 μονάδες, για την AA 0,0677, για την AXP 0,0632, για την DD 0,0956, για την GE 0,0860, για την IBM 0,0638, για την MRK 0,0335, για την PG 0,0507, για την UTX 0,0304 και για την XOM 0,07936. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0642.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0162 μονάδες, η AA 0,0466, για την AXP 0,0373, για την DD 0,0204, για την GE 0,0227, για την IBM 0,0155, για την MRK 0,0300, για την PG 0,0148, για την UTX 0,0221 και για την XOM 0,0387. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0264.

Κατά τη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0155 μονάδες, η AA 0,0165, για την AXP 0,0250, για την DD 0,0206, για την GE 0,0159, για την IBM 0,0155, για την MRK 0,0188, για την PG 0,0240, για την UTX 0,0174 και για την XOM 0,0126. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0182

Λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0257 μονάδες, για την AA 0,0475, για την AXP 0,0698, για την DD 0,0304, για την GE 0,0581, για την IBM 0,0202, για την MRK 0,0177, για την PG 0,0230, για την UTX 0,1289 και για την XOM 0,0202. Το αθροιστικό σύνολο είναι 0,0441.

ΜΑΕ αναλυτική παρουσίαση



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η τιμή του MAE για όλους τους αριθμούς συναρτήσεων συμμετοχής (2,3,4) και του αριθμού εποχών. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται τέσσερα δεκαδικά ψηφία.

Στην περίπτωση των 300 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

Με χρήση δύο (2) συναρτήσεων συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0397 μονάδες, για την AA 0,0398, για την AXP 0,0398, για την DD 0,0384, για την GE 0,0439, για την IBM 0,0442, για την MRK 0,0213, για την PG 0,0237, για την UTX 0,0784 και για την XOM 0,0339.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0340 μονάδες, για την AA 0,0519, για την AXP 0,0425, για την DD 0,0362, για την GE 0,0531, για την IBM 0,0212, για την MRK 0,0251, για την PG 0,0269, για την UTX 0,0372 και για την XOM 0,0471.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0245 μονάδες, για την AA 0,0461, για την AXP 0,0648, για την DD 0,0505, για την GE 0,0459, για την IBM 0,0214, για την MRK 0,0257, για την PG 0,0340, για την UTX 0,0338 και για την XOM 0,0324.

Στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης παρατηρούμε:

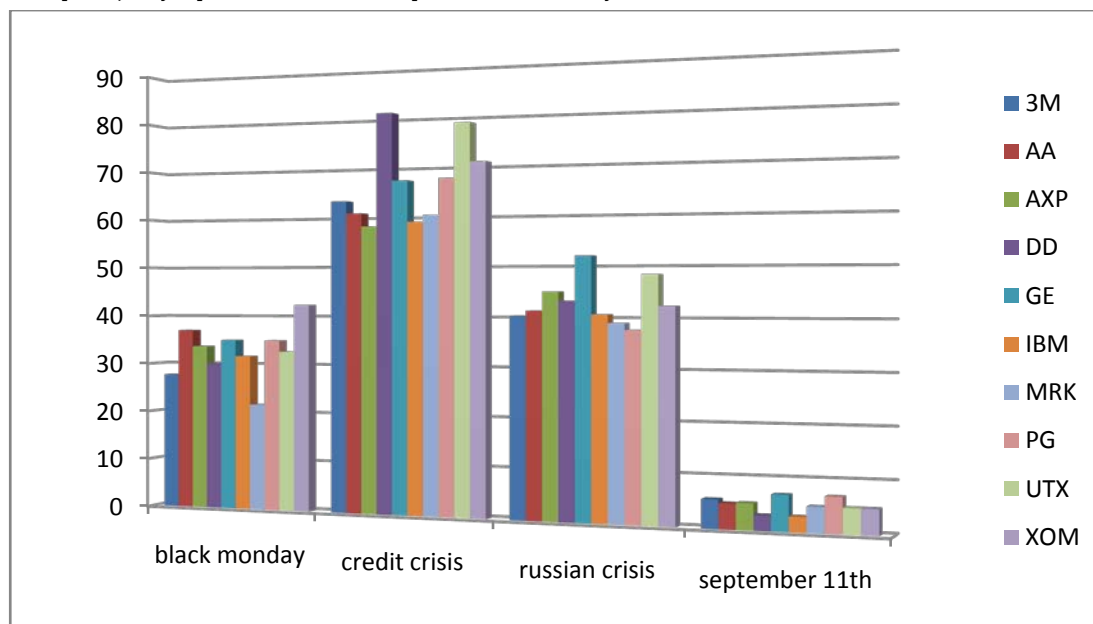
Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0397 μονάδες, για την AA 0,0395, για την AXP 0,0394, για την DD 0,0381, για την GE 0,0439, για την IBM 0,0440, για την MRK 0,0213, για την PG 0,0230, για την UTX 0,0784 και για την XOM 0,0333.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0319 μονάδες, για την AA 0,0504, για την AXP 0,0587, για την DD 0,0363, για την GE 0,0392, για την IBM 0,0211, για την MRK 0,0303, για την PG 0,0269, για την UTX 0,0363 και για την XOM 0,0440.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής το μοντέλο για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή MAE 0,0235 μονάδες, για την AA 0,040, για την AXP 0,0477, για την DD 0,0507, για την GE 0,0469, για την IBM 0,0208, για την MRK 0,0262, για την PG 0,0340, για την UTX 0,0339 και για την XOM 0,0340.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη κατά μέσο όρο το σφάλμα MAE μειώνεται με την αύξηση του αριθμού συναρτήσεων συμμετοχής αλλά όχι με την αύξηση του αριθμού εποχών εκπαίδευσης.

Πλήθος αγορών και πωλήσεων που έγιναν



Με βάση την έξοδο του μοντέλου PATSOS μπορούσαμε να προβούμε σε αγορά, πώληση ή τίποτα από τα δύο. Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται αθροιστικά το σύνολο των αγοροπωλήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε κάθε περίοδο εφαρμογής του μοντέλου, κατά μέσο όρο.

Στο διάστημα εκατέρωθεν της Μαύρης δευτέρας για την μετοχή 3M πραγματοποιήθηκαν 27,66 συναλλαγές, για την AA 37, για την AXP 33,66, για την DD 30, για την GE 35, για την IBM 31,66, για την MRK 21,66, για την PG 35, για την UTX 32,66 και για την XOM 42,33.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 για την μετοχή 3M πραγματοποιήθηκαν 63,33 συναλλαγές, για την AA 60,83, για την AXP 58,16, για την DD 81, για την GE 67,33, για την IBM 59, για την MRK 60,33, για την PG 67,66, για την UTX 78,66 και για την XOM 70,83.

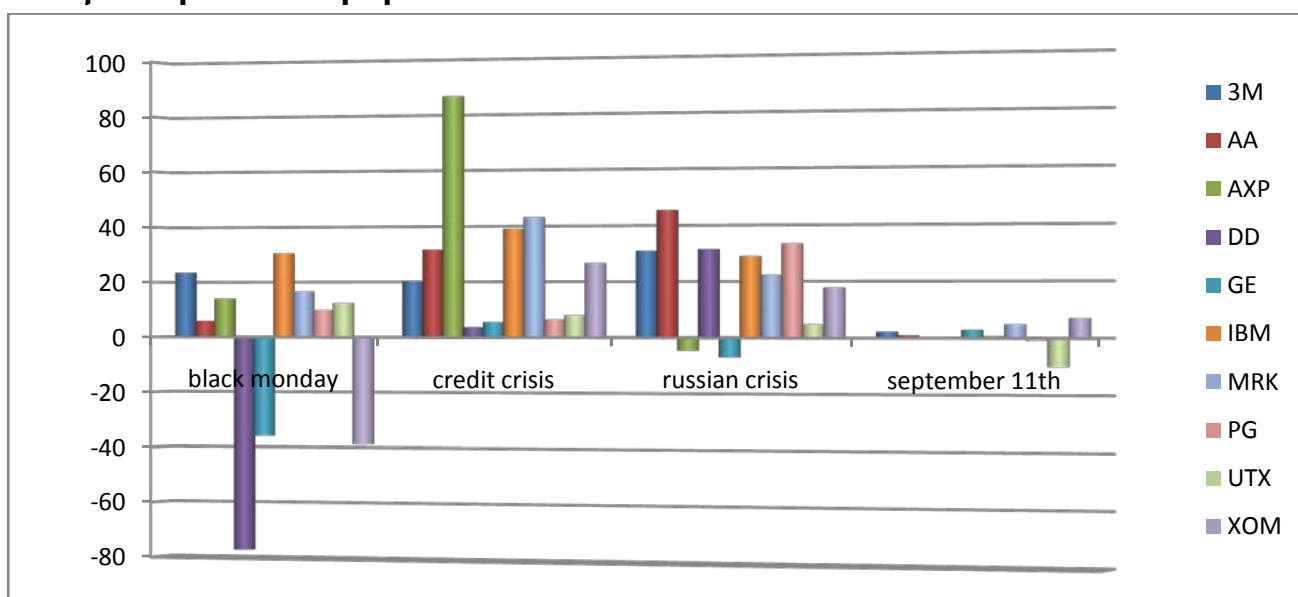
Κατά τη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 για την μετοχή 3M πραγματοποιήθηκαν 40,33 συναλλαγές, για την AA 41,33, για την AXP 45, για την DD 43,33, για την GE 52, για την IBM 40,66, για την MRK 39, για την PG 37,66, για την UTX 48,33 και για την XOM 42,33.

Λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου για τη μετοχή 3M πραγματοποιήθηκαν 5,66 συναλλαγές, για την AA 5, για την AXP 5,16, για την DD 3, για την GE 7, για την IBM 3, για την MRK 5, για την PG 7, για την UTX 5 και για την XOM 5.

Το μέγεθος ROE (return of equity)

Η απόδοση του κεφαλαίου δίνεται από την σχέση: $ROE = \frac{I_{(k+n)} - I_k}{I_k}$ όπου ROE είναι η απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου, I_k είναι το ύψος του αρχικού κεφαλαίου που επενδύεται στη μετοχή στην αρχή της περιόδου και $I_{(k+n)}$ είναι το ύψος του κεφαλαίου που διαμορφώνεται στο τέλος της περιόδου μετά από n χρηματιστηριακές συνεδριάσεις. Συνιστά ένα από τα σημαντικότερα μεγέθη για την αξιολόγηση του μοντέλου. Ειδικά για τους επενδυτές που έχουν άμεσο σκοπό το κέρδος, η απόδοση, είναι το πλέον σημαντικό, κριτήριο. Κατά τις περιόδους στις οποίες αξιολογήθηκε το σύστημα πρόβλεψης οι πραγματικές τιμές της μετοχής κινήθηκαν προς όλες τις κατευθύνσεις. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται αντικειμενικότητα στην αξιολόγηση του μοντέλου, αλλά παράλληλα παρατηρούνται μικρά ποσοστά απόδοσης της μετοχής. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να εξεταστεί και να ληφθεί ως μέτρο απόδοσης η αύξηση του ποσοστού της απόδοσης της επένδυσης. Το οποίο παρουσιάζεται παρακάτω.

ROE γενική επισκόπηση



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μέση τιμή της απόδοσης του κεφαλαίου με προσομοίωση του συστήματος (ROE) για κάθε μετοχή και για κάθε περίοδο κρίσης. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

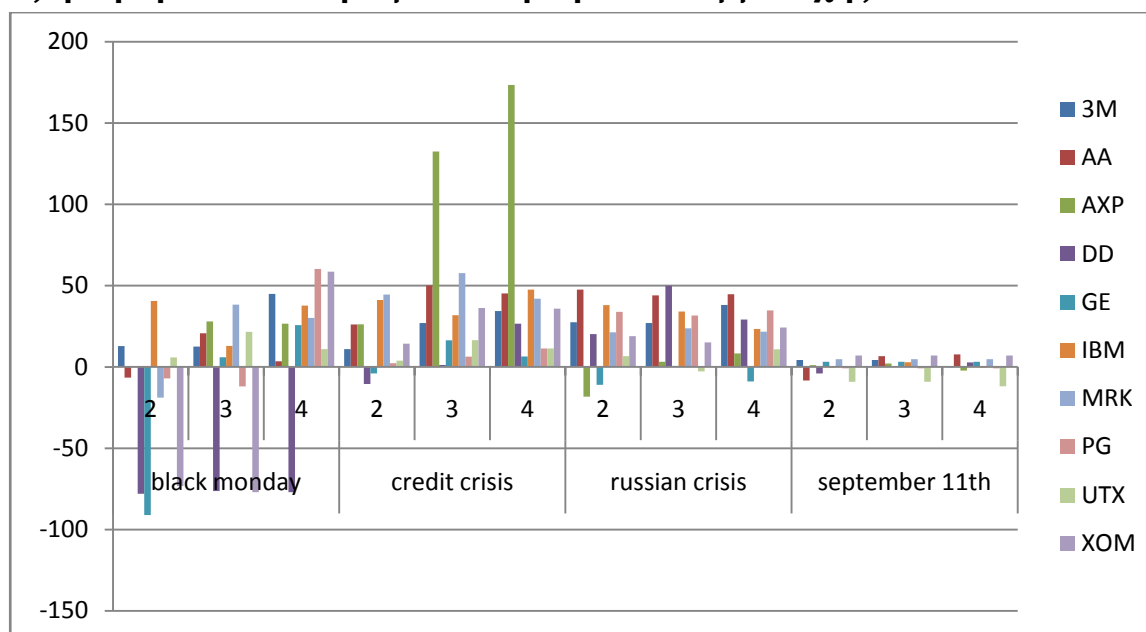
Για την περίοδο 1-Σεπτεμβρίου-1987 έως 1-Ιανουαρίου-1988 (Μαύρη Δευτέρα) για την μετοχή 3M η μέση τιμή ROE υπολογίζεται σε 23,43 μονάδες, για την AA 5,90 για την AXP 13,98, για την DD -77,07, για την GE -35,79, για την IBM 30,40, για την MRK 16,52, για την PG 9,92, για την UTX 12,33 και για την XOM -38,60.

Για την περίοδο 15-Μαΐου-1998 έως 5-Οκτωβρίου-1998 (Ρωσική οικονομική κρίση) για την μετοχή 3M η μέση τιμή ROE υπολογίζεται σε 30,87 μονάδες, για την AA 45,30, για την AXP -4,59, για την DD 31,39, για την GE -6,86, για την IBM 28,92, για την MRK 22,27, για την PG 33,39, για την UTX 4,81 και για την XOM 17,74.

Για την περίοδο 15-Απριλίου-2008 έως 10-Νοεμβρίου-2008 (Πιστωτική κρίση) για την μετοχή 3M η μέση τιμή ROE υπολογίζεται σε 20,18 μονάδες, για την AA 31,53, για την AXP 86,38, για την DD 3,66, για την GE 5,55, για την IBM 38,90, για την MRK 43,04, για την PG 6,45, για την UTX 7,95 και για την XOM 26,63.

Για την περίοδο (11^η Σεπτεμβρίου) για την μετοχή 3M η μέση τιμή ROE υπολογίζεται σε 2,28 μονάδες, για την AA 0,97, για την AXP 0,19, για την DD -0,33, για την GE 2,94, για την IBM 0,69, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -10,02 και για την XOM 3,19.

Εξάρτηση ROE από αριθμό συναρτήσεων συμμετοχής



Το παραπάνω σχήμα απεικονίζεται, με αναλυτικό τρόπο, η μέση τιμή της απόδοσης του συστήματος, που προκύπτει, για όλους τους αριθμούς συναρτήσεων συμμετοχής (2,3,4) . Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

Την περίοδο 1-Σεπτεμβρίου1987 έως 1-Ιανουαρίου-1988 (Μαύρη Δευτέρα).

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 12,83 μονάδες, για την AA -6,50, για την AXP 0,10, για την DD -77,92, για την GE -91,08, για την IBM 40,575, για την MRK -18,85, για την PG -7,03, για την UTX 5,83 και για την XOM -73,261.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 12,50 μονάδες, για την AA 20,70, για την AXP 27,99, για την DD -76,32, η GE -41,99, η IBM 12,93, για την MRK 38,15, για την PG -11,95, για την UTX 20,15 και για την XOM -76,993.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 44,96 μονάδες, για την AA 3,50, για την AXP 13,85, για την DD -76,97, για την GE 25,69, για την IBM 37,71, για την MRK 30,11, για την PG 60,27, για την UTX 11,01 και για την XOM 34,43.

Την περίοδο 15-Μαΐου-1998 έως 5-Οκτωβρίου-1998 (Ρωσική οικονομική κρίση)

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 27,50 μονάδες, για την AA 47,53, για την AXP -19,94, για την DD 17,66, για την GE -11,46, για την IBM 37,99, για την MRK 21,35, για την PG 33,74, για την UTX 6,63 και για την XOM 15,88.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 26,97 μονάδες, για την AA 44,06, για την AXP 3,23, για την DD 49,98, για την GE -0,26, για την IBM 26,27, για την MRK 23,79, για την PG 31,59, για την UTX -3,04 και για την XOM 15,10.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 38,14 μονάδες, για την AA 44,30, για την AXP 2,92, για την DD 26,52, για την GE -8,86, για την IBM 22,51, για την MRK 21,66, για την PG 34,83, για την UTX 10,85 και για την XOM 22,25.

Την περίοδο 15-Απριλίου-2008 έως 10-Νοεμβρίου-2008 (Πιστωτική κρίση)

Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 10,97 μονάδες, για την AA 26,15, για την AXP 26,24, για την DD -12,66, για την GE -3,94, για την IBM 41,21, για την MRK 44,54, για την PG 1,60, για την UTX 3,36 και για την XOM 12,55.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής, οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 21,73 μονάδες, η AA 40,44, για την AXP 100,10, για την DD -1,19, για την GE 14,23, για την IBM 31,39, για την MRK 45,70, για την PG 6,37, για την UTX 9,14 και για την XOM 34,79.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 27,84 μονάδες, για την AA 28,00, για την AXP 132,81, για την DD 24,87, για την GE 6,36, για την IBM 44,10, για την MRK 38,89, για την PG 11,37, για την UTX 11,36 και για την XOM 32,55.

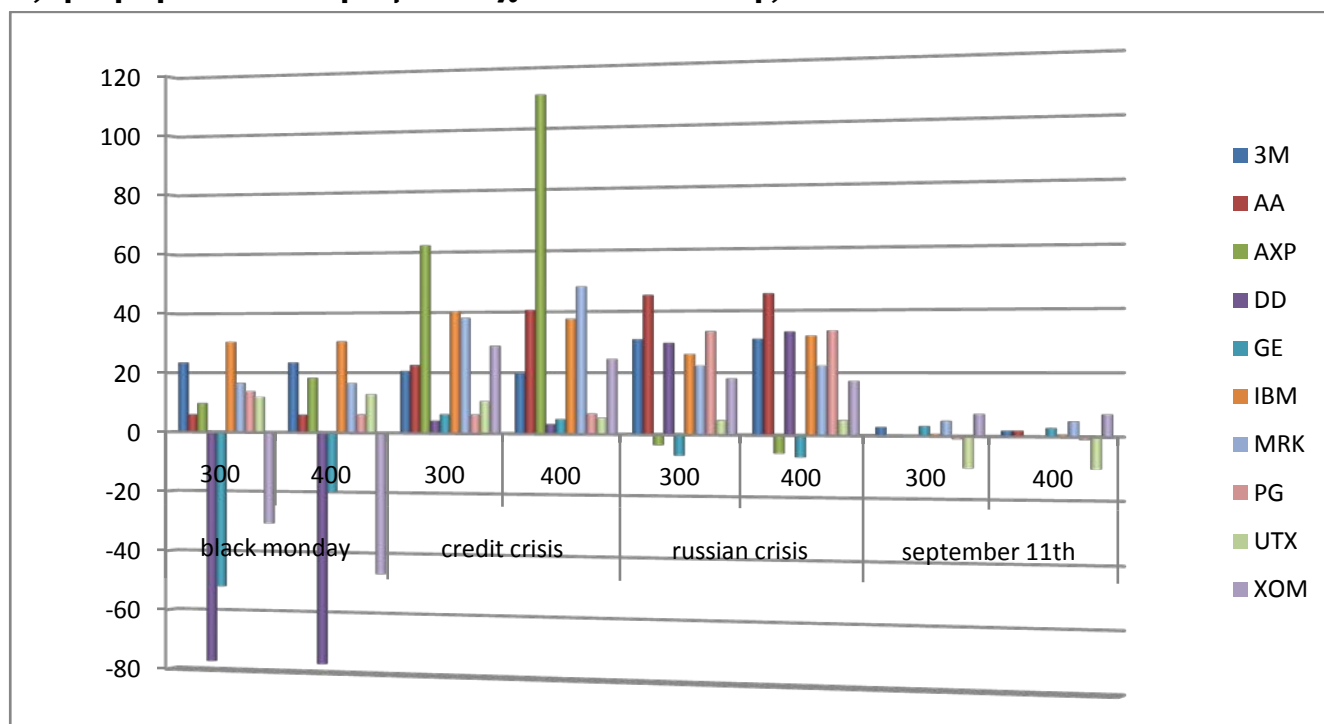
Την περίοδο με έναρξη στις 8 Σεπτεμβρίου του 2001 και τέλος στις 25 Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους (11^η Σεπτεμβρίου) για 2 συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 4,28 μονάδες, η AA -8,35, για την AXP 1,18, για την DD -4,00, για την GE 3,16, για την IBM -0,36, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -9,13 και για την XOM 7,01.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE 3,62 μονάδες, για την AA 6,42, για την AXP 1,97, για την DD 0,17, για την GE 2,49, για την IBM 2,89, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -9,13 και για την XOM 7,01.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής οι αγοροπωλησίες, βάση των σημάτων του μοντέλου, για την μετοχή 3M δίνουν μέση τιμή ROE -1,04 μονάδες, για την AA 4,83, για την AXP -2,57, για την DD 2,82, για την GE 3,16, για την IBM -0,42, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -11,80 και για την XOM 7,01.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη στην περίοδο μετά την 11^η Σεπτεμβρίου και κατά τη διάρκεια της Ρωσικής Κρίσης του 1998 το μοντέλο έδωσε καλύτερα αποτελέσματα για τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής. Αντίθετα, προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 και μετά την μαύρη Δευτέρα του 1987 το μοντέλο δίνει καλύτερα αποτελέσματα για τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής.

Εξάρτηση ROE από αριθμό εποχών εκπαίδευσης



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η μέση τιμή της απόδοσης του κεφαλαίου με προσομοίωση του συστήματος για όλες τις περιπτώσεις εποχών εκπαίδευσης. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

Την περίοδο 1-Σεπτεμβρίου1987 έως 1-Ιανουαρίου-1988 (Μαύρη Δευτέρα) για 300 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 23,43 μονάδες, για την AA 5,90, για την AXP 9,71, για την DD -77,07, για την GE -51,78, για την IBM 30,40, για την MRK 16,52, για την PG 13,76, για την UTX 11,84 και για την XOM -30,54.

Με 400 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 23,43 μονάδες, για την AA 5,90, για την AXP 18,25, για την DD -77,07, για την GE -19,81, για την IBM 30,40, για την MRK 16,52, για την PG 13,76, για την UTX 12,82 και για την XOM -46,663.

Την περίοδο 15-Μαΐου-1998 έως 5-Οκτωβρίου-1998 (Ρωσική οικονομική κρίση) για 300 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 30,87 μονάδες, για την AA 45,15, για την AXP -3,36, για την DD 29,64, για την GE -6,75, για την IBM 26,02, για την MRK 22,27, για την PG 33,35, για την UTX 4,70 και για την XOM 18,11.

Με 400 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 30,87 μονάδες, για την AA 45,44, για την AXP -5,82, για την DD -5,82, για την GE -6,97, για την IBM 31,82, για την MRK 22,27, για την PG 33,34, για την UTX 4,92 και για την XOM 17,37.

Την περίοδο 15-Απριλίου-2008 έως 10-Νοεμβρίου-2008 (Πιστωτική κρίση) για 300 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 20,58 μονάδες, για την AA 22,54, για την AXP 62,05, για την DD 4,15, για την GE 6,27, για την IBM 40,21, για την MRK 38,03, για την PG 6,20, για την UTX 10,58 και για την XOM 28,82.

Με 400 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 19,78 μονάδες, για την AA 40,52, για την AXP 110,71, για την DD 3,18, για την GE 4,82, για την IBM 37,59, για την MRK 48,06, για την PG 6,70, για την UTX 5,32 και για την XOM 24,44.

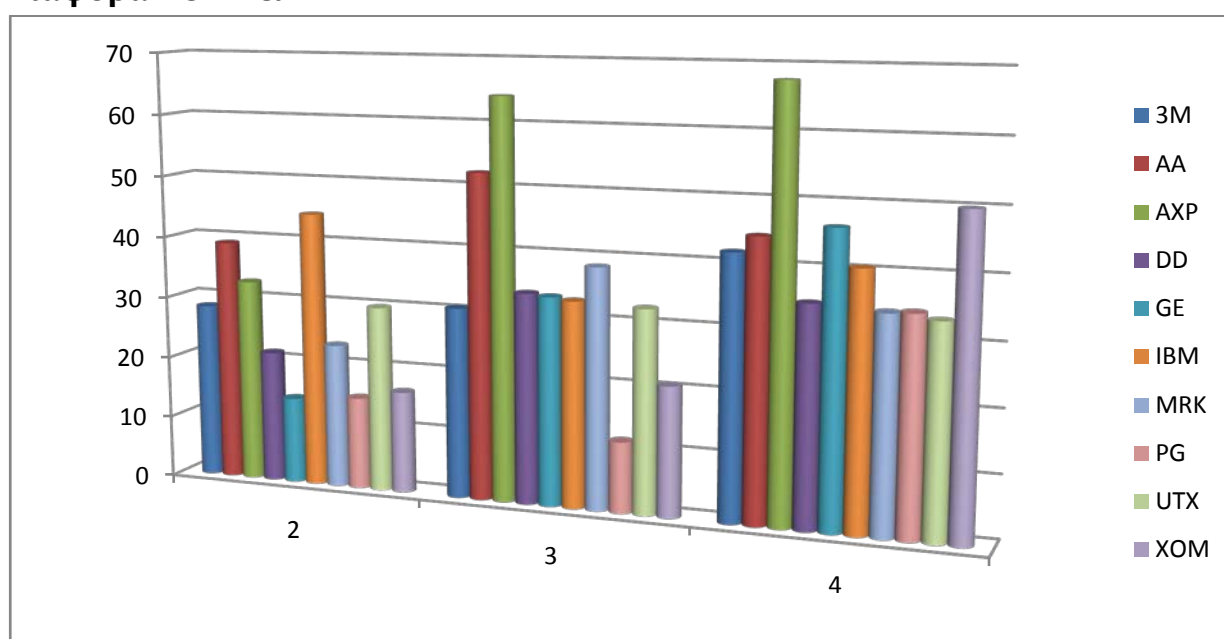
Την περίοδο από τις 8 Σεπτεμβρίου του2001 και μέχρι τις 25 Σεπτεμβρίου του ίδιου έτους (11^η Σεπτεμβρίου) για 300 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή

3M δίνει μέση τιμή ROE 2,28 μονάδες, για την AA 0,08, για την AXP 0,26, για την DD -0,33, για την GE 3,16, για την IBM 0,69, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -10,02 και για την XOM 7,019.

Με 400 εποχές εκπαίδευσης η προσομοίωση του συστήματος για την μετοχή 3M δίνει μέση τιμή ROE 1,81 μονάδες, για την AA 1,85, για την AXP 0,13, για την DD -0,33, για την GE 2,71, για την IBM 0,70, για την MRK 4,82, για την PG -0,86, για την UTX -10,02 και για την XOM 7,01.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω μεγέθη δεν είναι εύκολη η εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος. Αντίθετα, εάν πάρουμε το αθροιστικό (μέσο) σύνολο για 300 ή 400 εποχές εκπαίδευσης σε κάθε περίοδο κρίσης διαπιστώνουμε ότι με 400 εποχές εκπαίδευσης το μοντέλο δίνει καλύτερα αποτελέσματα την περίοδο της πιστωτικής κρίσης του 2008 με μέση τιμή ROE 30,11%. Με 300 εποχές εκπαίδευσης το μοντέλο δίνει, επίσης, καλύτερα αποτελέσματα την περίοδο της πιστωτικής κρίσης με μέση τιμή ROE 23,94%

Διαφορά ROE-B&H



Στο παραπάνω σχήμα απεικονίζεται η διαφορά ROE-B&H, δηλαδή πόσο απέχουν οι αποδόσεις του κεφαλαίου μεταξύ των δύο περιπτώσεων: της στρατηγικής αγοράς και διακράτησης με την στρατηγική αγοροπωλήσεων βάσει των σημάτων του μοντέλου PATSOS. Τα μεγέθη ROE και B&H αντιστοιχούν σε μέσες τιμές ενώ η διαφορά παρουσιάζεται σε απόλυτη τιμή. Για διευκόλυνση χρησιμοποιούνται δύο δεκαδικά ψηφία.

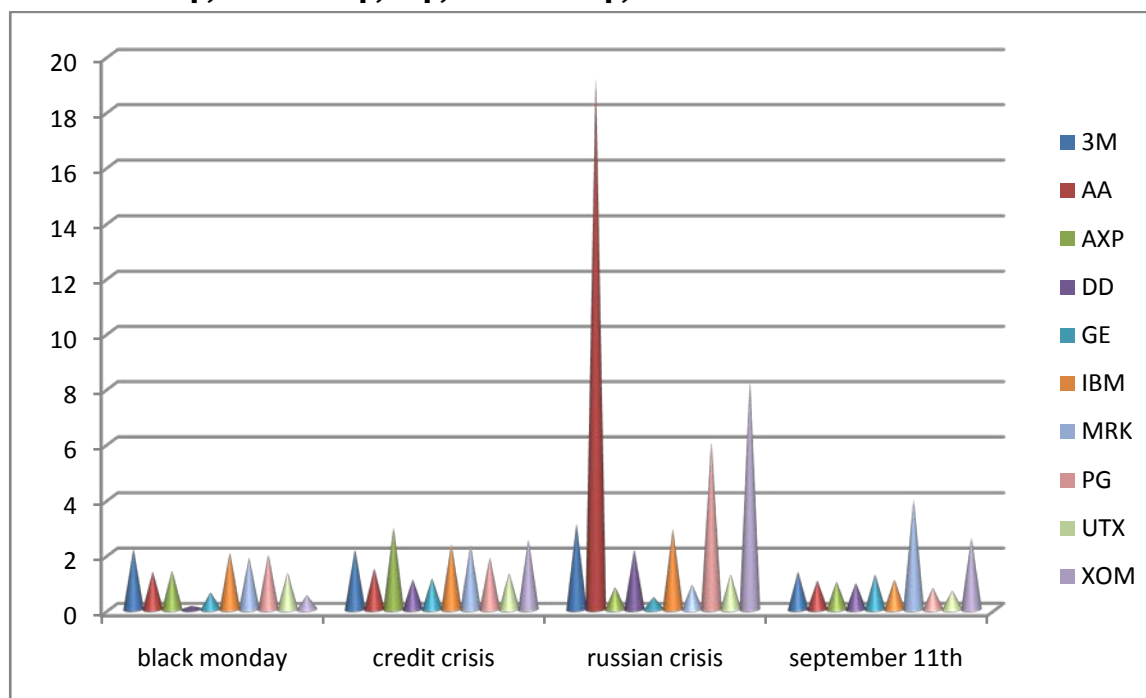
Με δύο (2) συναρτήσεις συμμετοχής η διαφορά ROE-B&H για την μετοχή 3M είναι 28,32 μονάδες, για την AA 39,05, για την AXP 32,78, για την DD 21,32, για την GE 13,93, για την IBM 44,3, για την MRK 23,30, για την PG 14,87, για την UTX 29,88 και για την XOM 16,42.

Με τρεις (3) συναρτήσεις συμμετοχής η διαφορά ROE-B&H για την μετοχή 3M είναι 30,63 μονάδες, για την AA 52,25, για την AXP 64,21, για την DD 33,71, για την GE 33,37, για την IBM 32,95, για την MRK 38,49, για την PG 11,42, για την UTX 32,48 και για την XOM 20,86.

Με τέσσερις (4) συναρτήσεις συμμετοχής η διαφορά ROE-B&H για την μετοχή 3M είναι 41,90 μονάδες, για την AA 44,50, για την AXP 67,64, για την DD 34,86, για την GE 46,35, για την IBM 40,55, για την MRK 34,21, για την PG 34,42, για την UTX 33,56 και για την XOM 49,94.

Όπως φαίνεται στις περισσότερες των περιπτώσεων αύξηση του αριθμού συναρτήσεων συμμετοχής δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

Ποσοστό της απόδοσης της επένδυσης



Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζεται το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης. Η σύγκριση δείχνει την αύξηση του ποσοστού της απόδοσης του επενδυμένου κεφαλαίου (ROE) σε σχέση με το ποσοστό της απόδοσης της στρατηγικής διακράτησης.

Την περίοδο 1-Σεπτεμβρίου1987 έως 1-Ιανουαρίου-1988 (Μαύρη Δευτέρα) το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης για την μετοχή 3M είναι 2,18 μονάδες, για την AA 1,36, για την AXP 1,40, για την DD 0,12, για την GE 0,61, για την IBM 2,06, για την MRK 1,87, για την PG 1,98, για την UTX 1,32 και για την XOM 0,51. Μέση τιμή για την περίοδο 1,34.

Προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης για την μετοχή 3M είναι 2,18 μονάδες, για την AA 1,48, για την AXP 2,96, για την DD 1,09, για την GE 1,32, για την IBM 2,36, για την MRK 2,32, για την PG 1,87, για την UTX 1,31 και για την XOM 2,52. Μέση τιμή για την περίοδο 1,92.

Κατά τη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης για την μετοχή 3M είναι 3,10 μονάδες, για την AA 19,21, για την AXP 0,81, για την DD 2,17, για την GE 0,45, για την IBM 2,91, για την MRK 0,90, για την PG 6,03, για την UTX 1,26 και για την XOM 8,25. Μέση τιμή για την περίοδο 4,51.

Λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου η το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης για την μετοχή 3M είναι 1,36 μονάδες, για την AA 1,05, για την AXP 1,00, για την DD 0,96, για την GE 1,27, για την IBM 1,08, για την MRK 3,97, για την PG 0,78, για την UTX 0,68 και για την XOM 2,58.

Με άλλα λόγια την περίοδο 1-Σεπτεμβρίου1987 έως 1-Ιανουαρίου-1988 (Μαύρη Δευτέρα) σε όρους αύξησης του ποσοστού της απόδοσης, το σύστημα PATSOS αύξησε το ποσοστό της απόδοσης του επενδυμένου κεφαλαίου κατά 134,7% μονάδες (μέση τιμή για το σύνολο των μετοχών), προς το τέλος της πιστωτικής κρίσης του 2008 κατά 192,65%, στη διάρκεια της Ρωσικής κρίσης του 1998 κατά 451,29% και λίγο πριν και μετά τα γεγονότα της 11^{ης} Σεπτεμβρίου κατά 147,75%. Τα καλύτερα αποτελέσματα σημειώθηκαν στην περίοδο της Ρωσικής κρίσης του 1998.

Συμπεράσματα

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του προτεινόμενου συστήματος είναι η δυνατότητα της γρήγορης ενσωμάτωσης των νέων δεδομένων που παρουσιάζονται στο μοντέλο καθώς απαιτούνται 1 έως 17 λεπτά για να επανεκπαιδευτεί το μοντέλο. Ο υπολογιστικός χρόνος αυξάνει σημαντικά με την αύξηση του αριθμού συναρτήσεων συμμετοχής ενώ μικρότερη επίδραση έχει η αύξηση του αριθμού εποχών εκπαίδευσης.

Οι τέσσερις συναρτήσεις συμμετοχής, τόσο στον ελεγκτή όσο και στην διαδικασία, δίνουν καλύτερα αποτελέσματα πρόβλεψης της τάσης της μετοχής τόσο στην περίπτωση 300 εποχών εκπαίδευσης όσο και στην περίπτωση των 400 εποχών εκπαίδευσης.

Το πλήθος των δεδομένων εκπαίδευσης έχει επίσης καθοριστικό ρόλο. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός δεδομένων τόσο καλύτερα συλλαμβάνει τις δυναμικές σχέσεις το μοντέλο PATSOS. Επίσης είναι επιθυμητή υψηλή διασπορά στα δεδομένα εκπαίδευσης. Τα σχετικά χαμηλά ποσοστά επιτυχίας κατά την περίοδο από την 1^η Σεπτεμβρίου του 1987 έως την 1^η Ιανουαρίου του 1988 (Μαύρη Δευτέρα) δικαιολογούνται εν μέρη από τον χαμηλό αριθμό δεδομένων εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής δείχνουν ότι το σύστημα μαθαίνει τους κανόνες της αγοράς πολύ καλά. Η τάση της τιμής της μετοχής, όχι το επίπεδο της τιμής, προσεγγίζεται με υψηλά ποσοστά. Αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα. Στην πράξη οι επενδυτές ενδιαφέρονται περισσότερο για την κατεύθυνση της τιμής παρά για την ακριβή μεταβολή της τιμής.

Κατά μέσο όρο 66,45% είναι το ποσοστό επιτυχίας στην πρόβλεψη της τάσης μετοχής ή 33,55% πιθανότητα απώλειας. Δηλαδή η πιθανότητα να έχουμε κέρδος έναντι της πιθανότητας να έχουμε απώλειες είναι 198,06%.

Στο 75% των περιπτώσεων το κεφάλαιο που προκύπτει από την προσομοίωση του συστήματος είναι μεγαλύτερο από το αρχικό. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η στρατηγική αγοράς και διακράτησης δίνει απώλειες κεφαλαίου στο 92,5% των περιπτώσεων. Κατ' επέκταση το μοντέλο αποτελεί ένα εξαιρετικό συμβουλευτικό σύστημα επενδύσεων σε περιόδους οικονομικής κρίσης.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι χαμηλές τιμές στα σφάλματα δεν εξασφαλίζουν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας στην πρόβλεψη τάσης της μετοχής. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι ότι βελτίωση του ποσοστού σωστής πρόβλεψης του ελεγκτή δεν οδηγεί πάντα σε αυξημένα ποσοστά πρόβλεψης της διαδικασίας.

Η παρούσα έρευνα απορρίπτει την υπόθεση της ήπιας μορφής αποτελεσματικής αγοράς (ΕΜΗ), καθώς αποδεικνύει ότι η χρήση ιστορικών τιμών μιας μετοχής μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην πρόβλεψη των μελλοντικών τιμών.

Επίλογος

Τα συστήματα ασαφούς λογικής και τα νευρωνικά δίκτυα είναι παγκοσμίως γνωστά και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε επιστημονικές εφαρμογές τα τελευταία χρόνια. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν ως συμπληρωματικά παρά ως ανταγωνιστικά των συμβατικών μεθόδων. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιούνται συνεργατικά και όχι αποκλειστικά, για τη λύση προβλημάτων του πραγματικού κόσμου.

Στην παρούσα έρευνα αναγνωρίζεται το γνωστό γεγονός ότι η ασαφής λογική μπορεί να ενσωματώσει τη γνώση των ειδικών με άμεσο και εύκολο τρόπο χρησιμοποιώντας κανόνες και γλωσσικές μεταβλητές. Όμως, συχνά απαιτείται σημαντικός χρόνος για το σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση των συναρτήσεων συμμετοχής των οποίων οι γλωσσικές μεταβλητές καθορίζονται από ποσοτικά δεδομένα. Επίσης, η χρήση υποκειμενισμού στις συναρτήσεις συμμετοχής και οι ακατάλληλες συναρτήσεις συμμετοχής μπορούν να οδηγήσουν σε μειωμένη απόδοση του συστήματος και πιθανόν σε αστάθεια (White et al, 1992). Όμως, η χρήση τεχνικών μάθησης από τον χώρο των νευρωνικών δικτύων μπορεί να μειώσει το χρόνο και το κόστος ανάπτυξης του μοντέλου και παράλληλα να βελτιώσει την απόδοσή του.

Στην έρευνα αυτή αναπτύχθηκε το σύστημα πρόβλεψης PATSOS το οποίο ενσωματώνει μια νέα μεθοδολογία πρόβλεψης με τον σχεδιασμό και τη δημιουργία ενός προσαρμοστικού νεύρο-ασαφούς συστήματος ελέγχου που αποτελείται από τον μοντέλο του ελεγκτή και το μοντέλο της διαδικασίας, με σκοπό την πρόβλεψη της τάσης των τιμών των μετοχών του χρηματιστηρίου της Νέας Υόρκης, στην επόμενη συνεδρίαση του. Η διαδικασία μοντελοποιήθηκε με τη χρήση ενός νεύρο-ασαφούς συστήματος.

Τα αποτελέσματα της πρόβλεψης είναι πολύ ενθαρρυντικά για όλες τις μετοχές του δείγματος αξιολόγησης. Αυτό προκύπτει από τα ποσοστά επιτυχίας της πρόβλεψης της τάσης των μετοχών καθώς και από την απόδοση του επενδυμένου κεφαλαίου.

Το σύστημα δεν λαμβάνει υπόψη του τον κίνδυνο των χρηματαγορών. Ο κίνδυνος είναι μια παράμετρος η οποία θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είτε κατά την εκπαίδευση του μοντέλου είτε κατά την αξιολόγησή του με τη χρήση επενδυτικών στρατηγικών οι οποίες ενσωματώνουν διαφορετικά επίπεδα κινδύνου.

Η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος πρόβλεψης είναι πιθανό να βελτιωθεί, εάν χρησιμοποιηθούν άλλες αρχιτεκτονικές ελέγχου κατά το σχεδιασμό του ελεγκτή, όπως: Internal model control, Feedback linearization, Feedforward with inverse model, Optimal control κλπ.. Η χρήση κάποιου γενετικού αλγορίθμου (πχ. Island Memetic) θα ήταν επίσης ενδιαφέρουσα σαν ιδέα αν και θα απαιτούσε πολύ χρόνο ακόμα και στα πλέον σύγχρονα Desktop PC. Επίσης θα πρέπει να εξεταστεί η απόδοση του συστήματος εάν αντί για το ANFIS χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο νεύρο-ασαφές σύστημα από αυτά που περιγράφονται στην παράγραφο 3.5.

Εκτός από ημερήσια δεδομένα, το προτεινόμενο σύστημα θα μπορούσε να επεκταθεί και να εφαρμοστεί σε δεδομένα εισόδου ανά εβδομάδα ή μήνα. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δεδομένα εισόδου μικρότερων χρονικών περιόδων από τα ημερήσια, όπως ωριαία, πεντάλεπτα, λεπτού κ.λπ..

Βιβλιογραφία

Ιστοσελίδες

1. http://en.wikipedia.org/wiki/1998_Russian_financial_crisis
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/3m>
3. <http://en.wikipedia.org/wiki/Alcoa>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/American_Express
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Black_Monday_\(1987\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Black_Monday_(1987))
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Credit_crisis_of_2008
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Dow_Jones_Index
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/DuPont>
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/ExxonMobil>
10. http://en.wikipedia.org/wiki/General_Electric
11. <http://en.wikipedia.org/wiki/IBM>
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Merck_%26_Co
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Procter_%26_Gamble
14. http://en.wikipedia.org/wiki/Sepember_11_attacks
15. http://en.wikipedia.org/wiki/United_Technologies_Corporation

Βιβλία – Ερευνητικές εργασίες

1. Torben G. Andersen, Tim Bollerslev, Francis X. Diebold and Clara Vega. (2005). Real-Time Price Discovery in Stock, Bond and Foreign Exchange Markets.
2. George S. Atsalakis, Kimon P. Valavanis. (2009). Surveying stock market forecasting techniques – Part II: Soft computing methods. Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 3, Part 2, , Pages 5932-5941.
3. George S. Atsalakis , Kimon P. Valavanis. (2009). Forecasting stock market short-term trends using a neuro-fuzzy based methodology Elsevier Ltd.
4. A. Azadeh, M. Saberi, A. Gitiforouz, Z. Saberi. (2009). A hybrid simulation-adaptive network based fuzzy inference system for improvement of electricity consumption estimation. Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 8, Pages 11108-11117.
5. Brian H. Boyer, Tomomi Kumagai, and Kathy Yuan. (2006). How Do Crises Spread? Evidence from Accessible and Inaccessible Stock Indices THE JOURNAL OF FINANCE • VOL. LXI, NO. 2
6. Hans Bystrom. (2009). The Age of Turbulence - Credit Derivatives Style.
7. Tuğba Efendigil, Semih Önü, Cengiz Kahraman. (2009). A decision support system for demand forecasting with artificial neural networks and neuro-fuzzy models: A comparative analysis. Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 3, Part 2, Pages 6697-6707.
8. Reuven Glick, Andrew K. Rose. (1999). Contagion and trade. Why are currency crises regional? Journal of International Money and Finance 18 , pages 603–617
9. Suran Goonatilake and Philip Treleavean. (1995). Intelligent Systems for Finance and Business. University College London. ISBN: 0471 94404.
10. P. Hartmann, S. Straetmans, and C. G. De vries. (2002). Asset market linkages in crisis periods. JEL classification: G1, F3, C49.
11. Philippe Jorion And William N. Goetzmann. (1999). Global Stock Markets in the Twentieth Century. Journal of Finance.

12. G. Andrew Karolyi. (2003). Does International Financial Contagion Really Exist? *International Finance* 6:2 pages 179–199.
13. Nicola K. Kasabov. (1996). *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems and Knowledge Engineering*. M.I.T. press
14. Ayturk Keles, Munsure Kolcak, Ali Keles. (2008). The adaptive neuro-fuzzy model for forecasting the domestic debt. *Knowledge-Based Systems*, Volume 21, Issue 8, Pages 951-957.
15. V. Kodogiannis and A. Lolis. (2002). *Forecasting Financial Time Series using Neural Network and Fuzzy System-based Techniques*. Springer London. *Neural Computing & Applications* Volume 11, Number 2
16. Rashmi Malhotra and D. K. Malhotra. (2001). Differentiating between good credits and bad credits using neuro-fuzzy systems. Elsevier Science B.V. 19
17. Min-Yuan Cheng, Hsing-Chih Tsai, Chih-Lung Liu. (2009). Artificial intelligence approaches to achieve strategic control over project cash flows. *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 4, Pages 386-393.
18. Babak Rezaee, M.H. Fazel Zarandi. (2009). Data-Driven Fuzzy Modeling for Takagi–Sugeno–Kang Fuzzy System *Information Sciences*, In Press.
19. Rodriguez C.P. Anders, G.J. Feb. 2004 Energy price forecasting in the Ontario competitive power system market. *Power Systems, IEEE Transactions on*. Volume: 19, Issue: 1.
20. Didier Sornette. (2003). *Why Stock Markets Crash, Chapter 1 financial crashes: what, how, why, and when?* Princeton University Press
21. Tang, Y., F. Xu, X. Wan and Y-Q. Zhang. (2002). Web-based Fuzzy Neural Networks for Stock Prediction. *Proceedings Of Second International Workshop On Intelligent Systems Design And Application*. 169 - 174 ISBN:0-9640398-0-X.
22. Vanstone, B.J., G.R. Finnie and C.N.W. Tan. (2005). Evaluating the Application of Neural Networks and Fundamental Analysis in the Australian Stock Market. *Proceedings of Computational Intelligence 2005*, 487-028.
23. Wong, W., M. Manzur, and B. Chew. (2003). How Rewarding is Technical Analysis? Evidence from Singapore Stock Market., *Applied Financial Economics*, 13, 543- 551.
24. Κίμων Βαλαβάνης, Γιώργος Ατσαλάκης, Κωνσταντίνος Ζοπουνίδης. (2008). *Τεχνικές Προβλέψεων*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
25. Βολογιαννίδης Σταύρος. (2006). *Ευφυής Έλεγχος, Θεωρία και Εφαρμογές. Διδακτικές Σημειώσεις Τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών. Σέρρες*.
26. Νικόλαος Ματσατσίνης, Νικόλαος Σπανουδάκης, Ανδρέας Σαμαράς. (2005). *Εισαγωγή στην Τεχνητή νοημοσύνη και στα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων*. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
27. Θεόδωρος Μόδης. (2005). *Προβλέψεις, Προσεγγίζοντας επιστημονικά τα προμηνύματα του αύριο*. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο
28. Ροβέρτος Ε. Κινγκ. (1998). *Υπολογιστική Νοημοσύνη στον έλεγχο συστημάτων*. Εκδόσεις Τραυλός, Αθήνα. ISBN: 960-7122-91-7.

Λοιπές Πηγές

1. Γκ. Χαρδούβελης. 2009. Η ομιλία του Γκ. Χαρδούβελη. Συνέδριο για την Διεθνή Οικονομική Κρίση, Αθήνα
2. Δρ. Γιώργος Σ. Ατσαλάκης & Κωνσταντίνος Δ. Ζοπουνίδης. 24/11/2008. Πως κατέρρευσαν τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Εφημερίδα “ΝΑΥΤΕΜΠΟΡΙΚΗ”.

Δεδομένα

1. <http://www.google.com/finance>

Συγκεντρωτικός πίνακας αποτελεσμάτων

share name	crisis period	sample size	c_mf_num	pr_mf_num	epoch_no_c	mf_type_e_c	epoch_no_pr	mf_type_pr	MSE_anfis_c	RMSE_anfis_c	MAE_anfis_c	ROE_c	epitixia_process	sucess_trend	buy_hold	buy_sel_l_c
3M	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005662	0,023795	0,016844	10,9710	63,056	54,422	17,0070	65
3M	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0005662	0,023795	0,016844	10,9710	63,056	54,422	17,0070	65
3M	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004939	0,022224	0,015783	16,4140	66,466	55,782	17,0070	67
3M	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004805	0,021921	0,015900	27,0560	69,469	57,143	17,0070	63
3M	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004657	0,021580	0,015473	34,3640	70,413	57,823	17,0070	64
3M	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006096	0,024689	0,016534	21,3240	71,974	56,463	17,0070	56
AA	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0055245	0,074327	0,039370	26,1520	70,925	60,544	65,2810	59
AA	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0055245	0,074327	0,039370	26,1520	70,925	60,544	65,2810	59
AA	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0051310	0,071631	0,039299	30,7050	71,803	57,823	65,2810	63
AA	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0191140	0,138250	0,052526	50,1800	70,636	60,544	65,2810	62
AA	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0392070	0,198010	0,062511	10,7720	73,246	59,864	65,2810	55
AA	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0148330	0,121790	0,046695	45,2400	73,456	59,864	65,2810	67
AXP	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0027310	0,052259	0,036899	26,2420	68,275	57,823	43,8670	62
AXP	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0024532	0,049530	0,035590	26,2420	68,223	57,823	43,8670	62
AXP	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0065450	0,080901	0,041368	67,6910	70,728	61,905	43,8670	55
AXP	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0031323	0,055967	0,036061	132,5100	73,325	66,667	43,867	50

																	0
																	-
AXP	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0047053	0,068595	0,037873	92,2220	72,275	63,265	43,8670	58	
AXP	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0026261	0,060300	0,036425	173,4000	72,826	68,707	43,8670	62	
DD	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0008535	0,029214	0,020299	10,4510	55,764	51,020	38,3200	82	
DD	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0008569	0,029274	0,020356	14,8750	55,725	48,980	38,3200	88	
DD	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0008881	0,029801	0,020726	3,6678	63,121	50,340	38,3200	80	
DD	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0009254	0,030421	0,020869	1,2684	62,833	51,020	38,3200	82	
DD	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0007717	0,027780	0,019917	26,5900	68,000	54,422	38,3200	80	
DD	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0008096	0,028453	0,020372	23,1520	68,026	55,102	38,3200	74	
GE	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0009847	0,031380	0,022267	3,9430	53,561	52,381	41,8900	67	
GE	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0009731	0,031195	0,022138	3,9430	53,167	52,381	41,8900	67	
GE	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0011903	0,034501	0,022341	16,3500	54,190	53,061	41,8900	70	
GE	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0011925	0,034532	0,022487	12,1160	54,295	52,381	41,8900	66	
GE	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0012643	0,035557	0,023483	6,4227	57,023	52,381	41,8900	68	
GE	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0012546	0,035421	0,023722	6,3092	57,128	51,701	41,8900	66	
IBM	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004675	0,021622	0,015604	41,2160	68,393	60,544	28,4870	58	
IBM	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004675	0,021622	0,015604	41,2160	68,393	60,544	28,4870	58	
IBM	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004368	0,020899	0,015565	31,8430	68,485	56,463	28,4870	64	

IBM	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0003879	0,019696	0,014792	30,9530	71,056	57,823	- 28,4870	60
IBM	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006479	0,025455	0,016754	47,5840	73,218	59,184	- 28,4870	56
IBM	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0003891	0,019726	0,014854	40,6190	74,098	57,823	- 28,4870	58
MRK	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0014119	0,037576	0,024042	44,5470	66,925	55,102	- 32,5850	62
MRK	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0014074	0,037516	0,024021	44,5470	66,793	55,102	- 32,5850	62
MRK	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0088833	0,094251	0,029529	33,7240	69,416	55,102	- 32,5850	60
MRK	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,1431700	0,378380	0,052281	57,6910	69,600	57,143	- 32,5850	62
MRK	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0016409	0,040508	0,024517	35,8200	72,052	55,782	- 32,5850	56
MRK	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0021379	0,046238	0,025937	41,9600	72,144	55,782	- 32,5850	60
PG	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005925	0,024641	0,015431	0,8544	65,967	50,340	-7,3731	73
PG	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006507	0,025509	0,015576	2,3576	65,626	51,020	-7,3731	69
PG	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004824	0,021964	0,014746	6,3739	65,718	53,741	-7,3731	67
PG	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004824	0,021964	0,014746	6,3739	65,718	53,741	-7,3731	67
PG	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004364	0,020891	0,014180	11,3760	67,187	55,102	-7,3731	65
PG	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004364	0,020891	0,014180	11,3760	67,187	55,102	-7,3731	65
UTX	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0014178	0,037654	0,022768	3,8633	59,777	47,619	- 25,4320	81
UTX	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0016101	0,040126	0,023108	2,8702	59,908	47,619	- 25,4320	81
UTX	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0012344	0,035133	0,022105	16,5290	61,416	48,980	- 25,4320	80
UTX	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0008669	0,029444	0,020893	1,7527	61,679	47,619	- 25,4320	78
UTX	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0011039	0,033225	0,022001	11,3560	62,990	48,980	- 25,4320	76

															0	
															-	
UTX	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0010911	0,033032	0,021987	11,3560	63,318	48,980	25,4320	76
															-	
XOM	credit crisis	149	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0116720	0,108040	0,041428	14,3730	65,311	50,340	17,4800	78
															-	
XOM	credit crisis	149	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0100290	0,100140	0,040078	10,7340	65,036	49,660	17,4800	78
															-	
XOM	credit crisis	149	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0383450	0,153730	0,038345	36,2340	67,226	52,381	17,4800	70
															-	
XOM	credit crisis	149	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0019975	0,044693	0,025232	33,3610	68,931	53,741	17,4800	69
															-	
XOM	credit crisis	149	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0148020	0,121660	0,038202	35,8680	70,164	56,463	17,4800	66
															-	
XOM	credit crisis	149	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0416110	0,203990	0,049510	29,2330	70,728	57,143	17,4800	64
3M	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0007011	0,026479	0,021471	4,2876	68,678	69,231	-6,2857	5
3M	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0007011	0,026479	0,021471	4,2876	68,678	69,231	-6,2857	5
3M	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0016869	0,041072	0,030523	4,2876	65,393	69,231	-6,2857	5
3M	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0007858	0,028033	0,021679	2,9637	67,647	69,231	-6,2857	5
3M	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0020836	0,045646	0,032053	0,2728	69,853	53,846	-6,2857	7
3M	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0010665	0,032657	0,027256	1,8150	69,143	46,154	-6,2857	7
															-	
AA	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0029109	0,053953	0,043395	8,3519	69,616	61,538	18,3730	7
															-	
AA	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0031073	0,055743	0,045026	8,3519	68,829	61,538	18,3730	7
															-	
AA	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0143470	0,119780	0,067937	6,6417	71,476	76,923	18,3730	5
															-	
AA	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0036701	0,060581	0,048790	6,2180	70,538	69,231	18,3730	3
															-	
AA	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0026091	0,051079	0,041453	1,9693	72,097	61,538	18,3730	3
															-	
AA	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0024182	0,049175	0,038684	7,7011	71,907	84,615	18,3730	5

AXP	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0026408	0,051389	0,040244	1,1852	66,817	53,846	- 20,877 0	5
AXP	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0026408	0,051389	0,040244	1,1852	66,817	53,846	- 20,877 0	5
AXP	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0024459	0,049456	0,037671	1,8134	72,465	61,538	- 20,877 0	4
AXP	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0635080	0,252010	0,107970	2,1440	69,164	53,846	- 20,877 0	7
AXP	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0881230	0,296860	0,120010	2,2094	71,912	53,846	- 20,877 0	6
AXP	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0130960	0,114440	0,072772	2,9390	72,733	61,538	- 20,877 0	4
DD	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0018153	0,042606	0,030336	4,0037	59,494	76,923	-8,8435	3
DD	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0018154	0,042607	0,029402	4,0037	58,773	76,923	-8,8435	3
DD	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0017730	0,042107	0,031293	0,1764	62,695	76,923	-8,8435	3
DD	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0018103	0,042548	0,031782	0,1764	64,376	76,923	-8,8435	3
DD	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0017548	0,041890	0,029252	2,8226	67,507	84,615	-8,8435	3
DD	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0017754	0,042135	0,030593	2,8226	66,985	84,615	-8,8435	3
GE	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0062479	0,079044	0,058942	3,1675	55,254	76,923	- 10,791 0	7
GE	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0062479	0,079044	0,058942	3,1675	55,254	76,923	- 10,791 0	7
GE	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0089774	0,094749	0,056460	3,1675	58,925	76,923	- 10,791 0	7
GE	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0070593	0,084020	0,052186	1,8187	57,175	69,231	- 10,791 0	7
GE	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0084530	0,091940	0,057320	3,1675	60,091	76,923	- 10,791 0	7
GE	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0130090	0,114060	0,064856	3,1650	56,662	76,923	- 10,791 0	7
IBM	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006779	0,026036	0,020363	0,3692	66,935	69,231	-8,5999	2
IBM	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006795	0,026067	0,020456	0,3692	66,988	69,231	-8,5999	2
IBM	september	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005648	0,023766	0,019153	2,8970	72,059	76,923	-8,5999	4

	11 th							f								
IBM	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006023	0,024542	0,020453	2,8970	72,029	76,923	-8,5999	4
IBM	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006086	0,024670	0,020869	0,4415	74,620	69,231	-8,5999	4
IBM	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006168	0,024835	0,020053	0,4149	75,279	69,231	-8,5999	2
MRK	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004928	0,022199	0,017704	4,8247	65,376	69,231	-1,6222	5
MRK	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004888	0,022109	0,017831	4,8247	69,118	69,231	-1,6222	5
MRK	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005111	0,022608	0,018572	4,8247	68,393	69,231	-1,6222	5
MRK	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004477	0,021159	0,016738	4,8247	71,780	69,231	-1,6222	5
MRK	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005056	0,022485	0,017589	4,8247	73,758	69,231	-1,6222	5
MRK	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0005001	0,022363	0,017917	4,8247	73,453	69,231	-1,6222	5
PG	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0014109	0,037562	0,025107	0,8675	66,147	46,154	-4,0590	7
PG	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0010926	0,033055	0,022365	0,8675	69,828	46,154	-4,0590	7
PG	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0009115	0,030190	0,021723	0,8675	68,687	46,154	-4,0590	7
PG	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0009115	0,030190	0,021723	0,8675	68,687	46,154	-4,0590	7
PG	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0011054	0,033248	0,023558	0,8675	70,259	46,154	-4,0590	7
PG	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0011054	0,033248	0,023558	0,8675	70,259	46,154	-4,0590	7
UTX	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,2368900	0,486710	0,244930	9,1391	62,611	53,846	31,577 0	5
UTX	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,2368900	0,486710	0,244930	9,1391	62,611	53,846	31,577 0	5
UTX	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0108600	0,104210	0,078356	9,1391	60,903	53,846	31,577 0	5
UTX	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0104920	0,102430	0,075872	9,1391	61,207	53,846	31,577 0	5
UTX	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0067180	0,081964	0,064370	11,805 0	63,583	46,154	31,577 0	5
UTX	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0068905	0,083009	0,065045	11,805 0	63,516	46,154	31,577 0	5
XOM	september 11 th	15	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006883	0,026236	0,019411	7,0196	60,751	61,538	-4,4153	5
XOM	september 11 th	15	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006125	0,024749	0,018621	7,0196	60,935	61,538	-4,4153	5

XOM	september 11 th	15	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006799	0,026074	0,019559	7,0196	68,053	61,538	-4,4153	5
XOM	september 11 th	15	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0007826	0,027975	0,020430	7,0196	68,966	61,538	-4,4153	5
XOM	september 11 th	15	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0007705	0,027759	0,020717	7,0196	70,791	61,538	-4,4153	5
XOM	september 11 th	15	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0010720	0,032742	0,022751	7,0196	70,335	61,538	-4,4153	5
3M	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004518	0,021256	0,015997	27,5070	63,204	60,000	14,6970	39
3M	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004518	0,021256	0,015997	27,5070	63,204	60,000	14,6970	39
3M	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004331	0,020810	0,015674	26,9760	65,835	60,952	14,6970	39
3M	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004331	0,020810	0,015674	26,9760	65,835	60,952	14,6970	39
3M	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004516	0,021250	0,015026	38,1440	66,595	62,857	14,6970	43
3M	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004516	0,021250	0,015026	38,1440	66,595	62,857	14,6970	43
AA	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004922	0,022186	0,016963	47,5340	67,277	62,857	2,2408	39
AA	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004922	0,022186	0,016963	47,5340	67,277	62,857	2,2408	39
AA	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004485	0,021178	0,016344	44,0660	70,844	60,000	2,2408	43
AA	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004485	0,021178	0,016344	44,0660	70,844	60,000	2,2408	43
AA	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004657	0,021579	0,016697	43,8790	70,376	60,000	2,2408	41
AA	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004169	0,020419	0,015742	44,7330	70,922	60,952	2,2408	43
AXP	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0015320	0,039411	0,026018	21,6260	67,355	51,429	24,3490	45
AXP	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0015487	0,039354	0,025941	18,2710	66,927	50,476	24,3490	49
AXP	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0012849	0,035845	0,024358	3,2362	68,408	57,143	24,3490	43
AXP	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0012849	0,035845	0,024358	3,2362	68,408	57,143	24,3490	43
AXP	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0011808	0,034362	0,024024	8,2810	70,824	56,190	24,3490	45

AXP	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0013762	0,037097	0,025657	-	24,274	70,513	53,333	24,349	45
DD	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0011805	0,034358	0,021996	15,098	0	60,359	53,333	26,795	49
DD	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0010634	0,032610	0,021631	20,240	0	59,696	55,238	26,795	47
DD	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0008663	0,029433	0,020595	49,986	0	65,601	60,952	26,795	39
DD	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0008038	0,028352	0,020454	49,986	0	65,738	60,952	26,795	39
DD	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006699	0,025882	0,019585	23,839	0	65,075	55,238	26,795	43
DD	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0006494	0,025483	0,019493	29,206	0	65,445	56,190	26,795	43
GE	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005075	0,022527	0,016446	11,999	0	52,602	55,238	12,491	55
GE	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004988	0,022333	0,016335	10,921	0	52,232	56,190	12,491	55
GE	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004226	0,020556	0,015164	0,6105		53,148	54,286	12,491	51
GE	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004247	0,020607	0,015220	-	1,1418	52,855	53,333	12,491	53
GE	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004849	0,022021	0,016176	-	8,8698	56,246	54,286	12,491	49
GE	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004815	0,021944	0,016119	-	8,8698	56,207	54,286	12,491	49
IBM	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0003907	0,019765	0,015038	37,994	0	65,601	60,000	7,3843	43
IBM	russian crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0003907	0,019765	0,015038	37,994	0	65,601	60,000	7,3843	43
IBM	russian crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0005849	0,024186	0,016262	18,462	0	68,330	57,143	7,3843	39
IBM	russian crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004372	0,020909	0,015401	34,090	0	73,007	60,000	7,3843	39
IBM	russian crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0004406	0,020991	0,015600	21,622	0	73,806	57,143	7,3843	41
IBM	russian crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussmf	0,0004594	0,021434	0,015784	23,401	0	75,365	57,143	7,3843	39
MRK	russian crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussmf	0,0006675	0,025836	0,017207	21,359	0	64,978	57,143	11,713	41

MRK	crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0006675	0,025836	0,017207	21,359 0	64,978	57,143	11,713 0	41
MRK	crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0008002	0,028287	0,017020	23,798 0	66,011	58,095	11,713 0	39
MRK	crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0008002	0,028287	0,017020	23,798 0	66,011	58,095	11,713 0	39
MRK	crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0025907	0,050899	0,022179	21,660 0	68,739	57,143	11,713 0	37
MRK	crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0025907	0,050899	0,022179	21,660 0	68,739	57,143	11,713 0	37
PG	crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0011423	0,033798	0,023102	33,623 0	68,037	60,000	-6,6361	36
PG	crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0011002	0,033169	0,022921	33,860 0	67,063	58,095	-6,6361	34
PG	crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0055043	0,074191	0,026735	31,595 0	65,699	59,048	-6,6361	40
PG	crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0055043	0,074191	0,026735	31,595 0	65,699	59,048	-6,6361	40
PG	crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0010585	0,032535	0,022457	34,839 0	66,244	58,095	-6,6361	38
PG	crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0010585	0,032535	0,022457	34,839 0	66,244	58,095	-6,6361	38
UTX	crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0005227	0,022863	0,017199	- 6,6301	64,003	55,238	17,891 0	53
UTX	crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0005227	0,022863	0,017199	- 6,6301	64,003	55,238	17,891 0	53
UTX	crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0005481	0,023412	0,017445	- 3,3784	60,320	53,333	17,891 0	49
UTX	crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0005718	0,023913	0,017700	- 2,7166	60,476	54,286	17,891 0	49
UTX	crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0005554	0,023566	0,017464	10,857 0	62,171	59,048	17,891 0	43
UTX	crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0005579	0,023621	0,017480	10,857 0	62,502	59,048	17,891 0	43
XOM	crisis	107	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0002554	0,015982	0,012662	18,984 0	65,017	57,143	-2,4450	46
XOM	crisis	107	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0002537	0,015928	0,012655	12,778 0	65,056	54,286	-2,4450	48
XOM	crisis	107	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0002597	0,016117	0,012671	15,107 0	67,414	57,143	-2,4450	40
XOM	crisis	107	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0002572	0,016037	0,012621	15,107 0	67,219	57,143	-2,4450	40
XOM	crisis	107	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0002597	0,016114	0,012602	20,265 0	68,193	60,000	-2,4450	40
XOM	crisis	107	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0002600	0,016123	0,012586	24,252 0	68,174	60,952	-2,4450	40
3M	black	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm	0,4793800	0,692370	0,104820	12,832	70,627	60,674	-	25

	monday							f				0			19,716 0		
3M	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,4793800	0,692370	0,104820	12,832 0	70,627	60,674	19,716 0		25
3M	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0672840	0,259390	0,074410	12,504 0	68,399	59,551	19,716 0		27
3M	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0672840	0,259390	0,074410	12,504 0	68,399	59,551	19,716 0		27
3M	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0075683	0,086996	0,035479	44,967 0	69,348	62,921	19,716 0		31
3M	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0075683	0,086996	0,035479	44,967 0	69,348	62,921	19,716 0		31
AA	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0404170	0,201040	0,056661	- 6,5061	67,203	58,427	15,966 0		35
AA	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0404170	0,201040	0,056661	- 6,5061	67,203	58,427	15,966 0		35
AA	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,2254700	0,474830	0,084135	20,709 0	69,596	67,416	15,966 0		34
AA	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,2254700	0,474830	0,084135	20,709 0	69,596	67,416	15,966 0		34
AA	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0422280	0,205490	0,063826	3,5041	71,040	61,798	15,966 0		42
AA	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0347330	0,186370	0,061010	3,5041	71,122	61,798	15,966 0		42
AXP	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0357010	0,188950	0,056200	0,1036	68,689	53,933	34,455 0		37
AXP	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0357010	0,188950	0,056200	0,1036	68,689	53,933	34,455 0		37
AXP	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0378570	0,194570	0,066665	27,997 0	68,771	58,427	34,455 0		33
AXP	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0378570	0,194570	0,066665	27,997 0	68,771	58,427	34,455 0		33
AXP	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,1136100	0,337060	0,077412	1,0503	71,700	55,056	34,455 0		31
AXP	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0394500	0,190920	0,056081	26,656 0	71,452	56,180	34,455 0		31

												-				-	
DD	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,1712600	0,413830	0,081226	77,928 0	68,771	61,798	88,255 0	32	
												-				-	
DD	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,1712600	0,413830	0,081226	77,928 0	68,771	61,798	88,255 0	32	
												-				-	
DD	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0827960	0,287740	0,072228	76,324 0	67,574	65,169	88,255 0	28	
												-				-	
DD	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0827960	0,287740	0,072228	76,324 0	67,574	65,169	88,255 0	28	
												-				-	
DD	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,3044000	0,551730	0,133500	76,973 0	69,926	65,169	88,255 0	30	
												-				-	
DD	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,3044000	0,551730	0,133500	76,973 0	69,926	65,169	88,255 0	30	
												-				-	
GE	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,1083300	0,329130	0,078270	91,086 0	61,592	55,056	93,881 0	35	
												-				-	
GE	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,1083300	0,329130	0,078270	91,086 0	61,592	55,056	93,881 0	35	
												-				-	
GE	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,4641500	0,681280	0,118700	89,948 0	62,789	59,551	93,881 0	37	
												-				-	
GE	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0448870	0,211870	0,067286	5,9585	62,995	59,551	93,881 0	37	
												-				-	
GE	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,2249200	0,474260	0,086876	25,693 0	64,480	60,674	93,881 0	33	
												-				-	
GE	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,2249200	0,474260	0,086876	25,693 0	64,480	60,674	93,881 0	33	
												-				-	
IBM	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	1,0039000	1,001900	0,125100	40,575 0	72,236	67,416	28,618 0	31	
												-				-	
IBM	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	1,0039000	1,001900	0,125100	40,575 0	72,236	67,416	28,618 0	31	
												-				-	
IBM	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0115110	0,107290	0,034077	12,938 0	74,134	64,045	28,618 0	33	
												-				-	
IBM	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0115110	0,107290	0,034077	12,938 0	74,134	64,045	28,618 0	33	
												-				-	
IBM	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0101180	0,100590	0,032511	37,713 0	74,340	65,169	28,618 0	31	
												-				-	
IBM	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0101180	0,100590	0,032511	37,713 0	74,340	65,169	28,618	31	

												-				0	
												-				-	
MRK	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0011843	0,344140	0,026493	18,854 0	43,317	46,067	18,854 0	1	
MRK	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0011843	0,344140	0,026493	18,854 0	43,317	46,067	18,854 0	1	
MRK	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0105900	0,102910	0,035334	38,315 0	63,944	58,427	18,854 0	33	
MRK	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0105900	0,102910	0,035334	38,315 0	63,944	58,427	18,854 0	33	
MRK	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0153160	0,123760	0,038832	30,119 0	63,366	60,674	18,854 0	31	
MRK	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0153160	0,123760	0,038832	30,119 0	63,366	60,674	18,854 0	31	
PG	black monday	91	2	2	300	gauss2 mf	100	gauss2 mf	0,0063367	0,079603	0,031417	- 7,0395	64,315	58,427	13,990 0	39	
PG	black monday	91	2	2	400	gauss2 mf	100	gauss2 mf	0,0063367	0,079603	0,031417	- 7,0395	64,315	58,427	13,990 0	39	
PG	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0225430	0,150140	0,044668	11,950 0	62,830	56,180	13,990 0	33	
PG	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0225430	0,150140	0,044668	11,950 0	62,830	56,180	13,990 0	33	
PG	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0677400	0,260270	0,076027	60,277 0	64,315	57,303	13,990 0	33	
PG	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0677400	0,260270	0,076027	60,277 0	64,315	57,303	13,990 0	33	
UTX	black monday	91	2	2	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0033100	0,057533	0,028744	5,8318	66,749	60,674	37,936 0	35	
UTX	black monday	91	2	2	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0033100	0,057533	0,028744	5,8318	66,749	60,674	37,936 0	35	
UTX	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0053693	0,073276	0,031186	18,699 0	67,946	60,674	37,936 0	33	
UTX	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0054983	0,074150	0,030892	21,618 0	67,863	61,798	37,936 0	31	
UTX	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0084370	0,091853	0,031512	11,014 0	68,977	61,798	37,936 0	31	

UTX	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0084370	0,091853	0,031512	11,014 0	68,977	61,798	- 37,936 0	31
XOM	black monday	91	2	2	300	gauss2 mf	100	gauss2 mf	0,0392020	0,198000	0,062152	73,261 0	67,739	51,685	- 79,184 0	44
XOM	black monday	91	2	2	400	gauss2 mf	100	gauss2 mf	0,0392020	0,198000	0,062152	73,261 0	67,739	51,685	- 79,184 0	44
XOM	black monday	91	3	3	300	gaussmf	100	gaussm f	0,2750100	0,524410	0,117970	76,993 0	70,256	55,056	- 79,184 0	48
XOM	black monday	91	3	3	400	gaussmf	100	gaussm f	0,2750100	0,524410	0,117970	76,993 0	70,256	55,056	- 79,184 0	48
XOM	black monday	91	4	4	300	gaussmf	100	gaussm f	0,0403530	0,200880	0,058224	58,613 0	71,988	62,921	- 79,184 0	36
XOM	black monday	91	4	4	400	gaussmf	100	gaussm f	0,0355870	0,188650	0,057692	10,265 0	72,112	61,798	- 79,184 0	34

