

Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΠΕΝΔΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ**

Πτυχιακή εργασία του **ΑΣΤΕΡΙΟΥ ΚΑΚΛΑΜΑΝΟΥ**

Εισηγητής : **ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΔΑΜΙΔΗΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2002

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	1
1. Εισαγωγή	2
2. ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ	4
2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Περιγραφή λειτουργίας των Ε.Α.	4
2.3 Μοντέλα Εξελικτικών Αλγορίθμων	6
2.3.1 Εξελικτικός Προγραμματισμός	7
2.3.2 Εξελικτικές Στρατηγικές	7
2.3.3 Γενετικός Προγραμματισμός	8
2.3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι	10
2.4 Τεχνικές και Τελεστές	10
2.5 Γιατί οι Ε.Α. είναι αποτελεσματικοί	14
2.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα	16
2.7 Εφαρμογές	17
3. ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ	19
3.1 Εισαγωγή	19
3.2 Πράξεις (θέσεις) στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών και στο Χρηματιστήριο Παραγώγων	19
3.3 Επενδυτικά Μοντέλα	21
3.3.1 Είδη επενδυτικών μοντέλων	22
3.4 Τεχνική Ανάλυση	23
3.4.1 Απλός Κινητός Μέσος	24
3.4.2 Εκθετικός Κινητός Μέσος	25
3.4.3 Γραμμική Παλινδρόμηση και r^2	25
3.4.4 Μέση Πραγματική Διακύμανση	27
3.4.5 Δείκτης Σχετικής Ισχύος	28
3.4.6 Συμμετρικά Τρίγωνα	29
3.5 Το πρόβλημα στη δημιουργία επενδυτικών μοντέλων	30
3.6 Προηγούμενες μελέτες για τη δημιουργία επενδυτικών μοντέλων	32

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	38
4.1 Εισαγωγή	38
4.2 Οι παράμετροι του επενδυτικού μοντέλου	38
4.2.1 Κανόνες	38
4.2.2 Σήματα Αγορών / Πωλήσεων	39
4.3 Προϋποθέσεις – Παραδοχές	40
4.4 Οι κανόνες	40
5. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ	47
5.1 Οι παράμετροι του Ε.Α.	47
5.1.1 Αναπαράσταση	47
5.1.2 Γενετικοί τελεστές	48
5.1.3 Μηχανισμός επιλογής	49
5.1.4 Τοπικά βέλτιστα	49
5.1.5 Αρχεία Ιστορικών Τιμών	50
5.1.6 Αποθήκευση καλύτερων λύσεων	50
5.1.7 Συνάρτηση Ποιότητας	50
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	52
6.1 Γενικά	52
6.2 Οι δοκιμές	52
6.3 Συμπεράσματα από τις εκτελέσεις του προγράμματος	54
6.4 Προτάσεις βελτίωσης	55
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' – ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ	60
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ	73

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα Επενδυτικά Μοντέλα είναι αυτοματοποιημένα συστήματα προτάσεων για Αγορές και Πωλήσεις μετοχών, βασισμένα στην εκτίμηση που κάνουν για την μελλοντική πορεία των τιμών. Οι δυσκολίες για την δημιουργία τέτοιων μοντέλων είναι πολύ μεγάλες λόγω της χαώδους συμπεριφοράς που χαρακτηρίζει τις χρηματαγορές και ως εκ τούτου της μικρής δυνατότητας πρόβλεψης που έχουν. Παρόλα αυτά, στην πράξη κάποιοι κανόνες φαίνεται να δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια δημιουργίας Επενδυτικών Μοντέλων με χρήση Εξελικτικών Αλγορίθμων. Ειδικότερα, έχουν δημιουργηθεί κάποιοι επενδυτικοί κανόνες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ορισμένους δείκτες Τεχνικής Ανάλυσης και με τη βοήθεια του Εξελικτικού Αλγορίθμου αναζητούνται οι κανόνες και οι παράμετροι που δίνουν τα καλύτερα αποτελέσματα.

Ύστερα από πολλές εκτελέσεις του προγράμματος που συνοδεύει την παρούσα εργασία, δημιουργείται η εκτίμηση ότι τα αποτελέσματα είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Όπως φαίνεται στο Παράρτημα, οι αποδόσεις των μοντέλων που προτάθηκαν από το πρόγραμμα, μερικές φορές είναι εντυπωσιακές. Πριν όμως εφαρμοσθούν στην πράξη, θα πρέπει να γίνει στατιστική αξιολόγηση της απόδοσής τους στη διάρκεια του χρόνου και να δοκιμαστούν σε νέες περιοχές δεδομένων. Οι δύο ανωτέρω προτάσεις θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βάση για περαιτέρω έρευνα και βελτίωση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων, ο χώρος της πληροφορικής οδηγήθηκε σε νέες τεχνικές αναζήτησης λύσεων και βελτιστοποίησης. Ένα πρόβλημα εξαιρετικά δύσκολο στη λύση του είναι και αυτό της πρόβλεψης της μελλοντικής πορείας των τιμών των μετοχών. Για την επίλυσή του χρησιμοποιήθηκαν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις. Μια από αυτές, που χρησιμοποιήθηκε σχετικά πρόσφατα με ικανοποιητικά αποτελέσματα, είναι η χρήση Εξελικτικών Αλγορίθμων. Λόγω του τρόπου λειτουργίας τους, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο δύο, είναι σε θέση να βρουν ικανοποιητικές λύσεις σε ένα πραγματικά πολύ μεγάλο χώρο λύσεων.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν μερικοί κλασικοί δείκτες Τεχνικής Ανάλυσης για την δημιουργία κάποιων επενδυτικών κανόνων. Οι δείκτες αυτοί χρησιμοποιούνται από τους αναλυτές εδώ και πολλά χρόνια ενώ η δημιουργία των κανόνων βασίστηκε περισσότερο στην εμπειρία από τη χρήση των δεικτών αυτών. Το πρόβλημα εντοπίζεται στην επιλογή των καλύτερων κανόνων και των παραμέτρων των δεικτών που συνθέτουν τους κανόνες αυτούς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του Εξελικτικού Αλγορίθμου. Με το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της εργασίας αυτής, έγινε προσπάθεια εύρεσης των καλύτερων παραμέτρων του αλγορίθμου, ώστε αυτός να είναι πιο αποτελεσματικός. Οι μελέτες γίνονται χρησιμοποιώντας ιστορικές τιμές μετοχών και δεικτών του Χρηματιστηρίου Αξιών Αθηνών.

Στο κεφάλαιο δύο που ακολουθεί, γίνεται μια σύντομη αναφορά στον τρόπο λειτουργίας τους, στα είδη των Εξελικτικών Αλγορίθμων, παρουσιάζονται τα μέρη που απαρτίζουν έναν αλγόριθμο, αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους, εξηγείται γιατί οι Ε.Α. είναι αποτελεσματικοί και τέλος παρουσιάζονται κάποιοι ενδεικτικοί τομείς στους οποίους βρίσκουν εφαρμογή.

Στο κεφάλαιο τρία, γίνεται μια παρουσίαση των επενδυτικών δυνατοτήτων στο Χρηματιστήριο, αναφέρονται μερικά είδη επενδυτικών μοντέλων και οι δυσκολίες που υπάρχουν στην ανάπτυξή τους, οι δείκτες της Τεχνικής Ανάλυσης που

χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή καθώς και προηγούμενες μελέτες και ανακοινώσεις με διαφορετικές προσεγγίσεις στο πρόβλημα.

Το κεφάλαιο τέσσερα αναφέρεται στο σχεδιασμό της εφαρμογής. Παρουσιάζεται ο τρόπος που προσεγγίστηκε το πρόβλημα, πως έγινε η σχεδίασή του, περιγράφονται αναλυτικά οι αποδεκτές και μη καταστάσεις για την εξαγωγή έγκυρων σημάτων Αγοράς και Πώλησης, αναφέρονται μερικοί συμβιβασμοί που έγιναν για πρακτικούς λόγους και τέλος γίνεται αναλυτική περιγραφή των επενδυτικών κανόνων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται πως αναπτύχθηκε η εφαρμογή που υλοποιεί τη σχεδίαση που προηγήθηκε, αναφέρονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξή της και εξηγείται τι και γιατί έγινε σε κάθε στάδιο της εφαρμογής.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των εκτελέσεων του προγράμματος, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προήλθαν από τις εκτελέσεις και τέλος, γίνονται διάφορες προτάσεις βελτίωσης τόσο της παρούσας σχεδίασης όσο και γενικότερων προσεγγίσεων στο πρόβλημα της δημιουργίας επενδυτικών μοντέλων.

2. ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

2.1 Εισαγωγή

Η αυξημένη διαθεσιμότητα υπολογιστικής ισχύος τις τελευταίες δεκαετίες επέτρεψε την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς «έξυπνων» τεχνικών με τη χρήση Η/Υ, όπως Έμπειρα Συστήματα (Expert Systems), Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks) Ασαφή Συστήματα (Fuzzy Systems), Εξελικτικοί Αλγόριθμοι (Evolutionary Algorithms) κλπ. Οι «έξυπνες» αυτές τεχνικές είναι ευέλικτες και μπορούν να προσαρμόζονται σε νέες καταστάσεις.

Οι Εξελικτικοί Αλγόριθμοι είναι τεχνικές επίλυσης προβλημάτων αναζήτησης-βελτιστοποίησης εμπνευσμένοι από την βιολογική εξέλιξη. Βασίζονται σε μια τεχνητή προσομοίωση της διαδικασίας της φυσικής εξέλιξης ή επιβίωσης του καλύτερου, γνωστής από τη *Θεωρία της Εξέλιξης των Ειδών* του Δαρβίνου. Χρησιμοποιούνται για την επίλυση δύσκολων προβλημάτων που με παραδοσιακές μεθόδους θα ήταν πολύ δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να λυθούν.

2.2 Περιγραφή λειτουργίας των *E.A.*

Οι *E.A.* βασίζονται σε μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία εξέλιξης ενός πληθυσμού. Πληθυσμός είναι ένα σύνολο από πιθανές λύσεις του προβλήματος.

Η εξέλιξη του πληθυσμού οφείλεται στην οργανωμένη ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στα διάφορα μέλη του πληθυσμού, που έχουν επιλεγεί κατάλληλα με βάση κάποιους κανόνες επιλογής (*selection rules*), ώστε ο νέος πληθυσμός που θα δημιουργηθεί να είναι πιθανόν καλύτερος από προηγούμενους.

Η διαδικασία της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των μελών ενός πληθυσμού είναι δανεισμένη από τη βιολογία. Στη φύση, δομικά στοιχεία κάθε οργανισμού είναι τα γονίδια (*genes*), καθένα από τα οποία κωδικοποιεί και ένα

χαρακτηριστικό του οργανισμού (π.χ. χρώμα ματιών). Οι τιμές ενός γονιδίου λέγονται *alleles* (π.χ. γαλανά μάτια). Τα γονίδια συνθέτουν τα χρωμοσώματα (*chromosomes*) που είναι αλυσίδες DNA. Σε κάθε οργανισμό, στο στάδιο της αναπαραγωγής, γίνεται τυχαία ανταλλαγή γονιδίων μεταξύ των γονέων για τη δημιουργία των χρωμοσωμάτων του νέου οργανισμού. Έτσι ο νέος οργανισμός κληρονομεί χαρακτηριστικά και από τους δύο γονείς. Συχνά παρατηρούνται και μεταλλάξεις, που είναι τυχαίες μεταβολές των τιμών τους, με αποτέλεσμα ο οργανισμός να παρουσιάζεται με νέα χαρακτηριστικά τα οποία δεν υπήρχαν στους γονείς.

Ουσιώδες χαρακτηριστικό κάθε οργανισμού είναι η ποιότητά του. Πολλές φορές αυτό είναι καθοριστικό για την επιβίωσή του και κατά συνέπεια για την ικανότητά να αναπαράγει απογόνους.

Κατά παρόμοιο τρόπο οι Ε.Α. δημιουργούν (συνήθως με τυχαίο τρόπο) έναν αρχικό πληθυσμό. Στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση του πληθυσμού (*evaluation*). Κάθε στοιχείο του πληθυσμού αξιολογείται με βάση κάποια μέθοδο (συνάρτηση αξιολόγησης - *fitness function*) και του αποδίδεται μία τιμή. Η συνάρτηση αξιολόγησης μετρά την ποιότητα μιας λύσης που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη γενετική δομή. Είναι ειδική για κάθε πρόβλημα και καθορίζει το «περιβάλλον» της εξέλιξης.

Νέες λύσεις δημιουργούνται από κατάλληλα επιλεγμένα μέλη, με κάποιους κανόνες επιλογής (*selection rules*). Μπορεί να γίνουν ανασυνδυασμοί γενετικού υλικού (*recombinations*) μεταξύ των γονέων και μεταλλάξεις (*mutations*) που μεταβάλουν ακόμα περισσότερο τους απογόνους. Η μεταβολή στη δομή τους μας επιτρέπει να διερευνούμε νέες περιοχές στο χώρο λύσεων του προβλήματος. Στη διαδικασία επιλογής μπορεί να περιλαμβάνονται και οι απόγονοι, ώστε στο νέο πληθυσμό να μεταφέρονται τα καλύτερα μέλη.

Ο νέος πληθυσμός αξιολογείται και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται (εξελικτικός κύκλος) έως ότου ικανοποιηθεί κάποια προκαθορισμένη συνθήκη τερματισμού. Αυτή μπορεί να είναι η επίτευξη της βέλτιστης λύσης, μια λύση που δεν βελτιώνεται περαιτέρω, κάποιο κριτήριο πλήρωσης χρόνου, ένας καθορισμένος αριθμός γενεών κ.ά. Ο τελικός πληθυσμός περιέχει μια συλλογή από λύσεις, από τις οποίες μία ή περισσότερες μπορεί να εφαρμοστεί στο συγκεκριμένο πρόβλημα.

Η αλγοριθμική δομή ενός τυπικού Ε.Α. φαίνεται στο Σχήμα 1.


```
Procedure EA(); {  
  T=0 ;  
  Initialize population P(t);  
  Evaluate P(t);  
  Until (done) {  
    T=t+1;  
    Parent selection P(t);  
    Recombine P(t);  
    Mutate P(t);  
    Evaluate P(t);  
    Survive P(t);  
  }  
}
```

Σχήμα 1. Ένας τυπικός E.A.

2.3 Μοντέλα Εξελικτικών Αλγορίθμων

Τα βασικότερα μοντέλα E.A. είναι:

- Εξελικτικός Προγραμματισμός (Evolutionary Programming)
- Εξελικτικές Στρατηγικές (Evolution Strategies)
- Γενετικός Προγραμματισμός (Genetic Programming)
- Γενετικοί Αλγόριθμοι (Genetic Algorithms)

Αν και οι βασικές αρχές τους είναι όμοιες κάθε ένα υλοποιεί τον εξελικτικό αλγόριθμο με διαφορετικό τρόπο και οι διαφορές αυτές αφορούν σχεδόν όλες τις πλευρές, όπως την αναπαράσταση της δομής τους, τους μηχανισμούς επιλογής, τους γενετικούς τελεστές και την μέτρηση της απόδοσης.

2.3.1 Εξελικτικός Προγραμματισμός (*Evolutionary Programming*)

Με την αρχικοποίηση του πληθυσμού (N), όλα τα στοιχεία επιλέγονται σαν γονείς και ύστερα μεταλλάσσονται δημιουργώντας N απογόνους. Οι απόγονοι αξιολογούνται και επιλέγονται τα N καλύτερα στοιχεία από τα συνολικά $2N$, χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση πιθανοτήτων βασισμένη στην ποιότητα (fitness). Δηλαδή, τα στοιχεία με την καλύτερη ποιότητα έχουν περισσότερες πιθανότητες να επιβιώσουν. Ο τρόπος μετάλλαξης εξαρτάται από την αναπαράσταση των στοιχείων και είναι συχνά προσαρμόσιμος (adaptive). Ανασυνδυασμοί γενικά δεν χρησιμοποιούνται καθώς οι τύποι των μεταλλάξεων είναι αρκετά εύελκτοι και παρουσιάζουν αποτελέσματα όμοια με τον ανασυνδυασμό.

```
Procedure EP(); {  
  T=0 ;  
  Initialize population P(t);  
  Evaluate P(t);  
  Until (done) {  
    T=t+1;  
    Parent selection P(t);  
    Mutate P(t);  
    Evaluate P(t);  
    Survive P(t);  
  }  
}
```

Σχήμα 2. Ένας αλγόριθμος Εξελικτικού Προγραμματισμού .

2.3.2 Εξελικτικές Στρατηγικές

Αναπτύχθηκαν από τον Rechenberg (1973) με μέγεθος πληθυσμού ένα και χρησιμοποιώντας μόνο μετάλλαξη. Στη συνέχεια προστέθηκε και ο τελεστής ανασυνδυασμού καθώς και πληθυσμοί με περισσότερα μέλη. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε προβλήματα βελτιστοποίησης και χρησιμοποιούν πραγματικούς αριθμούς

για την αναπαράσταση των μελών τους. Η μετάλλαξη είναι ο κύριος γενετικός τελεστής.

Η επιβίωση των μελών του πραγματοποιείται με δύο τρόπους. Με τον πρώτο όλα τα μέλη του νέου πληθυσμού επιλέγονται μόνο από τους απογόνους και αυτά αντικαθιστούν τους γονείς τους ενώ με τον δεύτερο ο νέος πληθυσμός δημιουργείται από τους καλύτερους γονείς και απογόνους. Καθοριστικό ρόλο κι εδώ παίζει η αυτοπροσαρμογή της μετάλλαξης.

2.3.3 Γενετικός Προγραμματισμός

Εδώ οι λύσεις αναπαριστούνται σαν ιεραρχικές συνθέσεις από συναρτήσεις εμφανίζοντας μια δομή δένδρου (tree-like structure). Οι ακολουθίες κάθε κόμβου παρέχουν τις παραμέτρους της συνάρτησης που ορίζει ο κόμβος. Οι τελικοί κόμβοι, που δεν έχουν ακολουθίες, αντιστοιχούν στα δεδομένα εισόδου. Όλο το δένδρο επίσης αναπαριστά μια συνάρτηση. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι δεν έχουν προκαθορισμένη δομή. Οι ανασυνδυασμοί γίνονται αντικαθιστώντας ένα τυχαία επιλεγμένο τμήμα του δένδρου του ενός γονέα με ένα τμήμα από τον άλλο γονέα. Οι μεταλλάξεις γίνονται με μικρή πιθανότητα και υλοποιούνται με τη χρήση ενός τυχαία δημιουργημένου δένδρου στη θέση του δεύτερου γονέα.

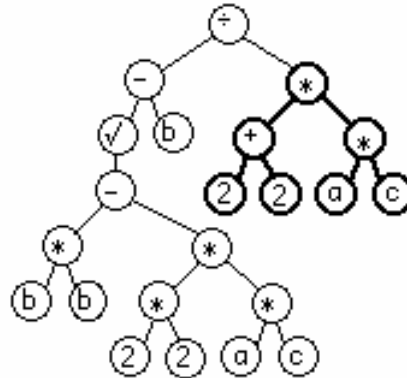
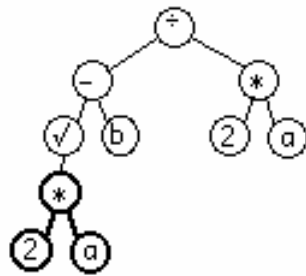
Στο σχήμα 3 φαίνεται η διαδικασία του ανασυνδυασμού.

Crossover Operation with Different Parents

Parents

$$f = (-\sqrt{(*2a) b}) / (*2a),$$

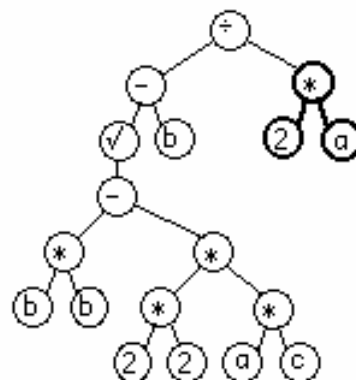
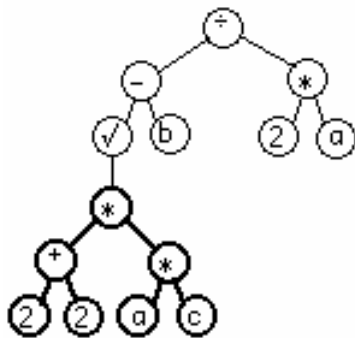
$$f = (-\sqrt{(-2^2 b b) ((*22) (*a c))}) / (*(+22) (*a c)),$$



Children

$$f = (-\sqrt{(*(+22) (*a c))}) / (*2a),$$

$$f = (-\sqrt{(-2^2 b b) ((*22) (*a c))}) / (*2a),$$



$$\frac{\sqrt{2^2 b - 2 \cdot 2^2 a^2 c} - 2}{2 \cdot a} = \frac{-2 + \sqrt{2^2 - 4ac}}{2a}$$

Σχήμα 3. Η διαδικασία του ανασυνδυασμού

2.3.4 Γενετικοί Αλγόριθμοι

Αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '60 από τον John Holland και αρχικά χρησιμοποιούσαν δυαδική κωδικοποίηση σταθερού μήκους. Εφαρμόζονται κυρίως για προβλήματα βελτιστοποίησης. Η επιλογή των γονέων γίνεται σύμφωνα με μια συνάρτηση πιθανότητας, βασισμένη στη σχετική ποιότητα των ατόμων του πληθυσμού. Έτσι αυτά με την καλύτερη ποιότητα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να επιλεγούν σαν γονείς.

Τα μέλη του νέου πληθυσμού δημιουργούνται από τμήματα και των δύο γονέων. Η διαδικασία του ανασυνδυασμού εδώ παίζει καθοριστικό ρόλο και λέγεται **διασταύρωση** (*crossover*). Η μετάλλαξη χρησιμοποιείται με μικρή πιθανότητα και έχει δευτερεύοντα ρόλο.

2.4 Τεχνικές και Τελεστές

Αναπαράσταση

Η δυαδική αναπαράσταση έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιείται ανεξάρτητα από το πρόβλημα. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και άλλες μορφές, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, όπως πραγματικοί αριθμοί, ακέραιοι, αλφαριθμητικά κ.λ.π. Δυστυχώς δεν υπάρχει ένας τρόπος αναπαράστασης που να είναι ο καλύτερος για όλα τα προβλήματα.

Αρχικοποίηση

Το πρώτο βήμα στην υλοποίηση ενός Γενετικού Αλγόριθμου είναι η δημιουργία ενός αρχικού πληθυσμού από πιθανές (και σίγουρα όχι τις καλύτερες) λύσεις του προβλήματος (χρωμοσώματα). Η δημιουργία τους γίνεται συνήθως με τυχαίο τρόπο. Δεν υπάρχουν αυστηροί κανόνες για το μέγεθος του πληθυσμού. Γενικά επιλέγονται τιμές από 100 έως 200. Μεγάλοι πληθυσμοί πιθανόν να οδηγήσουν σε καλύτερες λύσεις, όμως χρησιμοποιούν περισσότερους πόρους του συστήματος.

Ο πληθυσμός στην πορεία της εξέλιξης θα συγκλίνει. Αυτό σημαίνει ότι οι απόγονοι που θα υφίστανται γενετικούς μετασχηματισμούς με τη χρήση των γενετικών τελεστών (ανασυνδυασμού και/ή μετάλλαξης) θα γίνονται όλο και περισσότερο όμοιοι με τη πάροδο των γενεών. Αν υπάρχει σαφής γνώση για το πρόβλημα που καλείται να λύσει ο αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη δημιουργία του αρχικού πληθυσμού π.χ. να περιοριστεί η αρχικοποίηση σε έναν τομέα που μας ενδιαφέρει.

Συνάρτηση ποιότητας (Fitness function)

Η συνάρτηση ποιότητας (fitness function) ή συνάρτηση αξιολόγησης (evaluation function) αξιολογεί τα μέλη του πληθυσμού. Η τιμή της αποτελεί την ποιότητα του ατόμου.

Στόχος του Εξελικτικού Αλγόριθμου είναι να βρει το άτομο που αναπαριστά μια συγκεκριμένη λύση του προβλήματος, που ανάλογα με το πρόβλημα, μεγιστοποιεί ή ελαχιστοποιεί την συνάρτηση ποιότητας.

Επιλογή (Selection)

Η επιλογή καθορίζει ποια μέλη του πληθυσμού θα μεταφέρουν τις πληροφορίες που περικλείονται στη δομή τους, στα μέλη της επόμενης γενιάς. Σκοπός της μεθόδου επιλογής είναι να δώσει στα μέλη με καλύτερο δείκτη ποιότητας περισσότερες πιθανότητες επιλογής για αναπαραγωγή.

Υπάρχουν πολλές εναλλακτικές διαδικασίες επιλογής. Η πιο συνηθισμένη είναι με χρήση τροχού ρουλέτας (roulette wheel) που προτάθηκε από τον Holland.

Roulette wheel selection

Σύμφωνα με αυτήν, τμήματα του τροχού της ρουλέτας αντιστοιχούν σε μέλη του πληθυσμού αναλογικά με την τιμή της ποιότητάς τους, όπως φαίνεται στο σχ. 4. Η επιλογή γίνεται με το «γύρισμα» του τροχού. Η διαδικασία είναι τυχαία αλλά τα άτομα με υψηλό βαθμό ποιότητας έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επιλεγούν. Σε σχετικά μικρό πληθυσμό, που συνήθως χρησιμοποιείται σε τυπικές εφαρμογές, μια σειρά από μη επιθυμητές επιλογές μπορεί να δημιουργήσει ένα δυσανάλογα μεγάλο αριθμό από απογόνους με χαμηλή συγκριτικά ποιότητα.

Επιλογή με τουρνουά (Tournament selection)

Είναι μια ανταγωνιστική διαδικασία κατά την οποία ένας αριθμός ατόμων προεπιλέγονται τυχαία και από αυτά επιλέγεται τελικά αυτό με την καλύτερη τιμή ποιότητας για να συμμετάσχει στην εξέλιξη του πληθυσμού. Με τον τρόπο αυτό τα χειρότερα άτομα δεν θα επιλεγούν ποτέ.

Άλλες μέθοδοι είναι η επιλογή αυστηρά μόνο των καλύτερων και η χρήση ρουλέτας με βαθμολόγηση.

Ο τρόπος επιλογής επηρεάζει σημαντικά την ισορροπία ανάμεσα στην «αξιοποίηση» (exploitation) και την «διερεύνηση» (exploration). Με την έννοια «αξιοποίηση» εννοούμε την εκμετάλλευση των πληροφοριών που αποκτήθηκαν έως τώρα και περιέχονται στη δομή των ατόμων ενώ με την έννοια «διερεύνηση» εννοούμε τη διερεύνηση για λύσεις σε νέες περιοχές του χώρου αναζήτησης (search space). Για παράδειγμα, αν κάποιος ανακαλύψει μια καλή στρατηγική στο σκάκι μπορεί απλά να επικεντρωθεί στην αξιοποίησή της. Αυτό όμως θα τον εμποδίσει να ανακαλύψει νέες και ίσως πολύ καλύτερες στρατηγικές. Βελτιώσεις ανακαλύπτονται μόνο δοκιμάζοντας νέες στρατηγικές. Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των Ε.Α. είναι η ισορροπία ανάμεσα στις δύο παραπάνω έννοιες. Η αναζήτηση επιτυγχάνεται με την χρήση κυρίως της μετάλλαξης ως γενετικού τελεστή.

Γενετικοί τελεστές

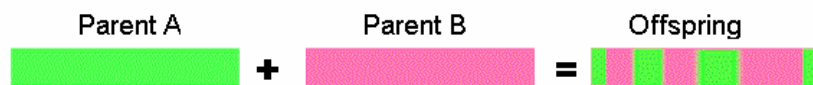
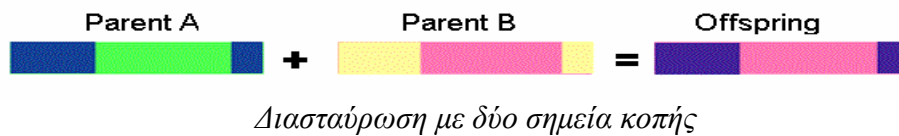
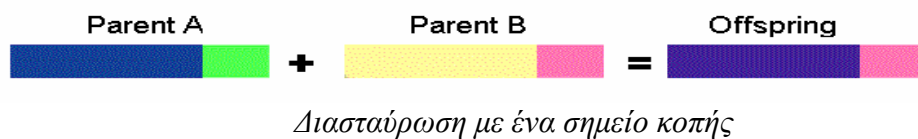
Ανασυνδυασμός (recombination)

Είναι ένας τρόπος αναζήτησης λύσεων, βασισμένος σε πληροφορίες που πάρθηκαν από υπάρχουσες λύσεις. Αν δύο άτομα με υψηλό βαθμό ποιότητας ανταλλάξουν μεταξύ τους μερικά γονίδια, μπορεί να δημιουργηθούν απόγονοι με ακόμη καλύτερη ποιότητα. Μπορεί να υλοποιηθεί με πολλούς τρόπους, όπως ανασυνδυασμός ενός σημείου, δύο σημείων, n-σημείων, ενιαίος (uniform) κ.ά. όπως φαίνεται στο σχήμα 5.

Στην πιο απλή μορφή, του ενός σημείου, επιλέγεται τυχαία ένα σημείο κοπής και ο απόγονος που δημιουργείται παίρνει τα γονίδια δεξιά από το σημείο κοπής από τον ένα γονέα και τα αριστερά από τον άλλο. Έτσι δημιουργείται ένα νέο άτομο,

διαφορετικό από τους γονείς του έχοντας όμως χαρακτηριστικά και των δύο γονέων του.

Για να αποφύγουμε το ενδεχόμενο οι ανασυνδυασμοί να δημιουργούν απογόνους με χειρότερη ποιότητα, δίνουμε τη δυνατότητα να μην υλοποιηθεί, με κάποιο μικρή συνήθως πιθανότητα και έτσι να περάσουν οι γονείς τις γενετικές πληροφορίες τους αναλλοίωτες στην επόμενη γενιά.



Uniform Crossover: Γονίδια αντιγράφονται τυχαία από τον ένα ή τον άλλο γονέα

Σχήμα 5. Διάφορα είδη διασταύρωσης

Μετάλλαξη (Mutation)

Επιλέγονται κάποια γονίδια και μεταβάλλεται τυχαία (ή μή) η τιμή τους. Αυτή η λειτουργία αποτρέπει την σύγκλιση ενός πληθυσμού και οδηγεί σε νέες περιοχές με την προσδοκία καλύτερων λύσεων. Εφαρμόζεται συνήθως με μικρή πιθανότητα.



Σχήμα 6. Μετάλλαξη (Mutation)

2.5 Γιατί οι Ε.Α. είναι αποτελεσματικοί.

Οι Ε.Α. προσπαθούν να βρουν την καλύτερη λύση μέσα σε ένα χώρο τρισεκατομμυρίων πιθανών λύσεων, πολλές φορές της τάξεως του 10^{30} ή και παραπάνω. Φυσικά για πρακτικούς λόγους είναι αδύνατο να χειριστούν ένα τόσο μεγάλο μέγεθος δεδομένων απευθείας και περιορίζονται σε πληθυσμούς της τάξεως των μερικών εκατοντάδων (συνήθως 100 έως 200). Το πώς γίνεται και ένας τόσο μικρός πληθυσμός (αριθμός πιθανών λύσεων), συνήθως ύστερα από μερικές χιλιάδες δοκιμές, να είναι αποτελεσματικός οφείλεται στο γεγονός ότι κάθε άτομο δεν αναπαριστά ένα μόνο συγκεκριμένο σημείο στο χώρο λύσεων του προβλήματος αλλά πολύ περισσότερα. Αυτό εξηγείται με το θεώρημα των σχημάτων και των δομικών τμημάτων (schemata theorem and building blocks hypothesis).

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δυαδική αναπαράσταση των ατόμων. Κάθε θέση στο άτομο αντιστοιχεί στην τιμή 0 ή 1. Αν προσθέσουμε και ένα τρίτο σύμβολο, το «αδιάφορο» και το παραστήσουμε σαν *, τότε κάθε άτομο θα δημιουργείται από το συνδυασμό των τριών αυτών στοιχείων. Η σημασία του στοιχείου «αδιάφορο» (*) είναι καθοριστική και ερμηνεύεται ως εξής: “στη συγκεκριμένη θέση δεν μας ενδιαφέρει αν η τιμή είναι 0 ή 1”, δηλαδή η παράσταση 00**10 αντιστοιχεί στο σύνολο των {000010, 000110, 001010, 001110}. Οι παραστάσεις που περιέχουν το σύμβολο «αδιάφορο» λέγονται *σχήματα (schemata)* ή *όμοια πρότυπα*

Η επιτυχία των Ε.Α. προέρχεται από το γεγονός ότι στην πραγματικότητα ψάχνουν για σχήματα με καλύτερη ποιότητα. Το πόσο σημαντική είναι η έννοια των σχημάτων φαίνεται με το ακόλουθο παράδειγμα.

Έστω ότι έχουμε τις παρακάτω παραστάσεις με τις αντίστοιχες τιμές ποιότητας:

Παράσταση	Τιμή Ποιότητας
10011	361
00110	36
11000	576
01110	196

Χωρίς να ξέρουμε τις τιμές που αντιστοιχούν στις παραστάσεις των 0 και 1 (που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της τιμής ποιότητας), παρατηρούμε ότι σημαντικά καλύτερη τιμή ποιότητας έχουν οι παραστάσεις:

- που αρχίζουν από 1
- που έχουν περισσότερα 1

με την πρώτη παρατήρηση να φαίνεται περισσότερο σημαντική.

Έτσι, μελετώντας μόνο μερικές παραστάσεις από τις συνολικά $2^5=32$, βγάζουμε σημαντικά συμπεράσματα.

- Η παράσταση που περιγράφεται από το σχήμα 1**** θα είναι καλύτερη από την 0****, και
- Τα σχήματα που ταιριάζουν με αυτά του συνόλου {1111*, 111*1, 11*11, 1*111, *1111, 111**, 11**1, 1**11, **111} θα έχουν καλύτερη μέση τιμή ποιότητας από αυτά του συνόλου {0000*, 000*0, 00*00, 0*000, *0000, 000**, 00**0, 0**00, **000}.

Κάθε φορά που ο αλγόριθμος επεξεργάζεται ένα άτομο, στην πραγματικότητα επεξεργάζεται πολλά όμοια πρότυπα. Μια παράσταση 5 ψηφίων αναπαριστά $2^5=32$ διαφορετικές περιπτώσεις αλλά και $3^5=243$ όμοια πρότυπα.

Η δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου αριθμού όμοιων προτύπων σε κάθε γενιά είναι το χαρακτηριστικό του έμμεσου παραλληλισμού (implicit parallelism). Αυτό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα μη ποιοτικά σχήματα, με τη διαδικασία της επιλογής γρήγορα απορρίπτονται, κάνουν τους αλγορίθμους αυτούς ισχυρούς και αποτελεσματικούς μηχανισμούς αναζήτησης.

Αν και ο ανασυνδυασμός και η μετάλλαξη με τις μεταβολές που επιφέρουν καταστρέφουν υπάρχοντα όμοια πρότυπα, εντούτοις είναι απαραίτητα για την δημιουργία καλύτερων. Ο βαθμός καταστροφής τους εξαρτάται από την τάξη και το μήκος των σχημάτων. «Μήκος» είναι η απόσταση μεταξύ του πρώτου 0 ή 1 και του τελευταίου 0 ή 1, δηλαδή η παράσταση 1***0* έχει μήκος 4 και η **111* έχει μήκος 2. «Τάξη» είναι ο αριθμός των σταθερών θέσεων 0 ή 1. Έτσι, σχήματα με μικρή τάξη αναπαριστούν μεγαλύτερο αριθμό ατόμων απ' ό,τι αυτά με μεγαλύτερη τάξη.

Καθώς οι γενετικοί τελεστές αλλοιώνουν τα άτομα, είναι προφανές ότι τα μικρού μήκους σχήματα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης, δηλαδή να μείνουν ανέπαφα. Χαμηλής τάξης σχήματα, που διαχειρίζονται αποτελεσματικά περισσότερα άτομα είναι επίσης πιθανό να μείνουν ανέπαφα. Οι καλύτερες λύσεις

προσεγγίζονται με τον συνδυασμό των παραπάνω: με μικρού μήκους χαμηλής τάξης και υψηλής ποιότητας όποια πρότυπα. Αυτά λέγονται *δομικά τμήματα (building blocks)*.

Αυτή η θεωρία επηρεάζει τον σχεδιασμό νέων ειδών γενετικών τελεστών και τον τρόπο κωδικοποίησης του προβλήματος.

2.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα των Ε.Α. γενικά είναι τα παρακάτω:

- Είναι ευέλικτοι και αποτελεσματικοί και μπορούν να εφαρμοστούν σε διαφορετικών ειδών προβλήματα με την ανάλογη αναπαράσταση.
- Είναι σχετικά απλοί στη σύλληψη και την υλοποίησή τους.
- Το χαρακτηριστικό του έμμεσου παραλληλισμού (implicit parallelism) τους κάνει πολύ αποτελεσματικούς σε προβλήματα βελτιστοποίησης.
- Μπορούν να βρουν σχετικά γρήγορα ικανοποιητικές λύσεις σε προβλήματα με υπερβολικά μεγάλο αριθμός λύσεων.
- Μπορούν να χειριστούν δεδομένα με θόρυβο που μεταβάλλονται συνεχώς.
- Μπορούμε να χρησιμοποιούμε υβριδικές μορφές, υιοθετώντας επιμέρους τεχνικές από άλλες εξειδικευμένες μεθόδους για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητά τους.

Τα μειονεκτήματα τους είναι:

- Δεν εγγυώνται ότι η λύση του προβλήματος είναι η βέλτιστη αν και αυτό δεν μπορεί να επαληθευθεί πάντα γιατί η καλύτερη λύση πολλές φορές δεν μπορεί να υπολογιστεί με άλλους τρόπους.
- Αν ο αλγόριθμος εγκλωβιστεί σε τοπικό βέλτιστο (μέγιστο ή ελάχιστο) δεν είναι σίγουρο ότι θα μπορεί πάντα να ξεφύγει από αυτό.
- Τέλος, δυσκολία υπάρχει στην επιλογή της κατάλληλης αναπαράστασης του κάθε προβλήματος και της επιλογής των παραμέτρων του αλγορίθμου

επειδή οι διαδικασίες επιλογής, ανασυνδιασμών και μετάλλαξης διαφέρουν ανάλογα με τη φύση του προβλήματος.

2.7 Εφαρμογές

Οι Ε.Α. μπορούν να δώσουν λύσεις σε πάρα πολλούς τομείς και οι εφαρμογές τους αυξάνονται συνεχώς. Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά μερικοί τομείς που βρίσκουν εφαρμογή οι Ε.Α.

Χρονοδρομολόγηση (scheduling)

Στα προβλήματα χρονοδρομολόγησης ζητείται να βρεθεί η βέλτιστη σειρά εκτέλεσης ενός πλήθους εργασιών με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παραβιάζονται κάποιοι κανόνες. Συνήθως ζητείται να βρεθεί η βέλτιστη αξιοποίηση διαθέσιμων πόρων ή η ελαχιστοποίηση του χρόνου που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μια σειρά εργασιών. Προβλήματα παρουσιάζονται όταν παραβιάζονται συγκεκριμένοι περιορισμοί, όπως π.χ. όταν μια μηχανή καλείται να εκτελέσει δύο διαφορετικές εργασίες την ίδια χρονική στιγμή. Άλλοι περιορισμοί έχουν να κάνουν με τις προτεραιότητες, με το γεγονός δηλαδή ότι για να εκτελεστεί μια εργασία πρέπει απαραίτητα να έχει ολοκληρωθεί η εκτέλεση μίας άλλης.

Τέτοιου είδους προβλήματα αντιμετωπίζονται στη βιομηχανία (π.χ. γραμμές παραγωγής), στις συγκοινωνίες κ.ά.

Επεξεργασία εικόνας

Στο χώρο αυτόν οι Ε.Α. χρησιμοποιούνται για να συγκρίνουν εικόνες που πάρθηκαν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, όπως ακτινογραφίες, εικόνες από δορυφόρους κ.ά., για τον εντοπισμό αντικειμένων σε μια εικόνα, για την αυτόματη κατάταξη αντικειμένων σε μια εικόνα με βάση κάποια κριτήρια, όπως σε εφαρμογές CAD.

Νευρωνικά Δίκτυα

Τα Νευρωνικά Δίκτυα είναι προγράμματα που προσομοιώνουν, με μια πολύ απλοποιημένη μορφή, την λειτουργία του νευρικού συστήματος με στόχο την επίλυση διαφόρων προβλημάτων. Οι Ε.Α. μπορούν να βοηθήσουν τόσο στο στάδιο της εκπαίδευσης ενός Νευρωνικού Δικτύου όσο και στο βέλτιστο σχεδιασμό της δομής του.

Προβλέψεις

Σαν προβλήματα πρόβλεψης θεωρούνται αυτά όπου ζητείται η εκτίμηση μια μελλοντικής συμπεριφοράς με βάση κάποια ιστορικά δεδομένα. Σαν τέτοια αναφέρονται προβλήματα πρόβλεψης καιρού, σεισμών, του αποτελέσματος ενός αγώνα κ.ά.

Οικονομία

Οι Ε.Α. στην οικονομία μπορούν να δώσουν λύσεις σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως στις οικονομικές προβλέψεις, σε διαδικασίες έγκρισης πίστωσης, σε επενδυτικές αναλύσεις, στις χρηματαγορές κ.ά. Ειδικότερα στο Χρηματιστήριο οι Ε.Α. χρησιμοποιούνται από μεγάλους επενδυτικούς οργανισμούς σε συνδυασμό με Νευρωνικά Δίκτυα και τη Θεωρία του Χάους.

Οι Ε.Α. χρησιμοποιούνται επίσης για την βελτιστοποίηση δύσκολων και σύνθετων συναρτήσεων, στις τηλεπικοινωνίες και τα δίκτυα, στο βιομηχανικό σχεδιασμό, στη ρομποτική και σε πάρα πολλούς άλλους τομείς.

3. ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΙΣΤΗΡΙΟ

3.1 Εισαγωγή

Η προσπάθεια πρόβλεψης της μελλοντικής πορείας των τιμών των μετοχών ήταν πάντα μια μεγάλη πρόκληση γιατί έχει σαν αποτέλεσμα σημαντικά οικονομικά οφέλη. Στην προσπάθεια αυτή χρησιμοποιήθηκαν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις, από τη χρήση εξελιγμένων τεχνικών Τεχνητής Νοημοσύνης έως προβλέψεις με βάση αστρολογικές παραμέτρους.

Οι Εξελικτικοί Αλγόριθμοι, τα τελευταία ειδικά χρόνια, λόγω της αποτελεσματικότητά τους, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στο χώρο του Χρηματιστηρίου, κυρίως στην προσπάθεια εκτίμησης της πορείας των τιμών των μετοχών και όχι για την πρόβλεψη των ακριβών μελλοντικών τιμών. Η ακριβής πρόβλεψη των τιμών είναι πολύ δύσκολη αν όχι αδύνατη.

3.2 Πράξεις (θέσεις) στο Χρηματιστήριο Αξιών Αθηνών και στο Χρηματιστήριο Παραγώγων

Ένας επενδυτής ανάλογα με την εκτίμησή του για την πορεία της αγοράς γενικά ή μιας συγκεκριμένης μετοχής ειδικότερα, μπορεί να κάνει τις παρακάτω κινήσεις:

Στο Χ.Α.Α. (όπου δραστηριοποιούνται και οι περισσότεροι επενδυτές) μπορεί να κερδίσει κάποιος μόνο από την άνοδο μιας μετοχής. Έτσι όταν εκτιμήσει ότι επίκειται άνοδος μπορεί να αγοράσει μια μετοχή για να την πουλήσει στη συνέχεια σε υψηλότερη τιμή αποκομίζοντας κέρδος. Σ' αυτή την περίπτωση οι κινήσεις είναι: Αγορά και Πώληση.

Στο Χ.Π.Α. η κατάσταση είναι πιο σύνθετη γιατί υπάρχουν πολλές επιλογές. Ανάλογα με την εκτίμηση που υπάρχει για την πορεία της αγοράς ο επενδυτής μπορεί:

- Να επιλέξει τα Futures, όπου μπορεί να κερδίσει και στην άνοδο αλλά και στην πτώση. Ειδικότερα:

- Αν η εκτίμηση είναι για άνοδο της αγοράς, θα πρέπει να πάρει θέση Long σε κάποιο συμβόλαιο των δεικτών FTSE20 ή FTSE40. Δηλαδή να αγοράσει ένα (ή περισσότερα) συμβόλαια σε κάποια τιμή για να πουλήσει αργότερα (να κλείσει την θέση του) σε τιμή υψηλότερη και να αποκομίσει κέρδος. Σ' αυτή την περίπτωση οι θέσεις του (κινήσεις) είναι : Enter Long (Αγορά συμβολαίου) και Exit Long (Πώληση συμβολαίου)
- Αν η εκτίμηση είναι για πτώση της αγοράς, θα πρέπει να πάρει θέση Short σε κάποιο συμβόλαιο των δεικτών FTSE20 ή FTSE40. Δηλαδή να πουλήσει ένα (ή περισσότερα) συμβόλαια σε κάποια τιμή (αν και δεν τα έχει) για να το αγοράσει αργότερα (να κλείσει την θέση του) σε τιμή χαμηλότερη και να αποκομίσει κέρδος. Σ' αυτή την περίπτωση οι θέσεις του (κινήσεις) είναι : Enter Short (Πώληση συμβολαίου) και Exit Short (Αγορά συμβολαίου)

- Να επιλέξει τα Options όπου μπορεί να κερδίσει με περισσότερους τρόπους. Εκτός της ανόδου ή της πτώσης, μπορεί να κερδίσει αν εκτιμήσει σωστά την διακύμανση της αγοράς και εφαρμόσει την ανάλογη στρατηγική (άλλη στρατηγική για περιόδους με έντονες διακυμάνσεις, άλλη για περιόδους χωρίς τάση, κλπ.). Οι θέσεις στην αγορά των Options είναι πολύ σύνθετες και η παρούσα εργασία δεν αναφέρεται σε αυτές.

Φυσικά άλλοι κανόνες και προϋποθέσεις ισχύουν για την Αγορά και άλλοι για την Πώληση. Το ζητούμενο είναι να βρεθούν τα καλύτερα σημεία που θα πρέπει να γίνουν οι κινήσεις από την μεριά του επενδυτή και έχουν εφαρμογή στην αγορά του Χ.Α.Α. και των Futures του Χ.Π.Α.

Στη συνέχεια της εργασίας, ο όρος Αγορά θα είναι ισοδύναμος και με την θέση EnterLong και ο όρος Πώληση με τη θέση EnterShort.

3.3. Επενδυτικά μοντέλα

Επενδυτικό μοντέλο είναι ένα σύστημα δημιουργίας σημάτων Αγοράς / Πώλησης μετοχών με βάση την εκτίμηση για την μελλοντική πορεία των τιμών. Βασίζεται σε κάποιες παραδοχές και ανάλογα το είδος του μοντέλου επεξεργάζεται διαφορετικά δεδομένα, όπως ιστορικά αρχεία τιμών, θεμελιώδη δεδομένα, οικονομικούς δείκτες ή και συνδυασμούς αυτών κ.ά.

Η χρήση ενός επενδυτικού μοντέλου, εκτός από τον καθορισμό των καλύτερων χρονικών σημείων για την εκτέλεση των πράξεων, αποτρέπει την υποκειμενικότητα και τον συναισθηματισμό, παράγοντες καθοριστικοί στην επίτευξη των στόχων ενός επενδυτή. Ακόμα και οι λανθασμένες προτάσεις του μοντέλου είναι αποδεκτές, στα όρια του στατιστικού λάθους, και αναμενόμενες γιατί δεν μπορεί να υπάρξει σύστημα χωρίς λάθη. Ένα καλό μοντέλο θα πρέπει να έχει λίγα λάθη ή οι ζημιές που θα προκύπτουν από τέτοια λάθη να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Ο κυριότερος λόγος της αποτυχίας πολλών μικροεπενδυτών στην προσπάθεια επίτευξης ικανοποιητικών κερδών, είναι το γεγονός ότι η πλειοψηφία των πράξεων που διενεργούν γίνεται με ψυχολογικά κυρίως κριτήρια, βασίζεται σε φήμες και δεν είναι πειθαρχημένη ακολουθώντας πιστά, γενικά αποδεκτούς κανόνες επενδυτικής συμπεριφοράς.

Η επένδυση στο Χρηματιστήριο θεωρείται ότι είναι ένα παιχνίδι θετικού αθροίσματος (positive sum game), όπου μακροπρόθεσμα όλοι κερδίζουν από τα αυξανόμενα κέρδη των εταιριών και γενικότερα την βελτίωση της οικονομικής κατάστασης με μόνη προϋπόθεση την Αγορά μετοχών και τη διακράτησή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στα περισσότερα Χρηματιστήρια, μεταξύ αυτών και του Χρηματιστηρίου Αξιών Αθηνών, οι αποδόσεις την τελευταία δεκαετία ήταν εντυπωσιακές, σε μερικές όμως χώρες, όπως στην Ιαπωνία, ήταν δραματικές. Το χρονικό διάστημα διακράτησης των μετοχών μπορεί να είναι από μερικά λεπτά έως και μερικές δεκαετίες και είναι καθοριστικό για το σχεδιασμό του επενδυτικού μοντέλου.

Η αποτελεσματικότητα ενός επενδυτικού μοντέλου μπορεί να εκτιμηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Μερικοί χρησιμοποιούν τη σύγκριση με την τακτική της διακράτησης, όπου τα κέρδη που προκύπτουν από τις πράξεις Αγοράς / Πώλησης

που προτείνει το μοντέλο συγκρίνονται με τις τιμές στην αρχή και στο τέλος της εξεταζόμενης περιόδου, θεωρώντας ότι έγινε πράξη Αγοράς στην αρχή και Πώλησης στο τέλος της περιόδου. Άλλοι συγκρίνουν τα κέρδη του μοντέλου με αυτά των αποδόσεων των κρατικών τίτλων σταθερού εισοδήματος και μηδενικού ρίσκου. Οι περισσότεροι όμως ψάχνουν για μοντέλα με τη υψηλότερη δυνατή απόδοση, στο μικρότερο χρόνο και η αξιολόγησή τους γίνεται συγκριτικά μεταξύ τους.

Τα δεδομένα που επεξεργάζεται ένα επενδυτικό μοντέλο είναι κυρίως ιστορικά αρχεία τιμών και μακροοικονομικά ή μικροοικονομικά στοιχεία. Από αυτά, τα αρχεία τιμών πρακτικά είναι διαθέσιμα σε όλους ενώ τα οικονομικά όχι. Επίσης, τα οικονομικά ή θεμελιώδη δεδομένα συνήθως χρειάζονται και πρόσθετη επεξεργασία που απαιτεί ειδικές γνώσεις Οικονομικών και Λογιστικής. Για τους λόγους αυτούς οι περισσότεροι μικροεπενδυτές χρησιμοποιούν δεδομένα ιστορικών τιμών.

3.2.1 Είδη επενδυτικών μοντέλων

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις στη δημιουργία επενδυτικών μοντέλων. Κριτήρια επιλογής του καταλληλότερου μοντέλου είναι το ύψος των κεφαλαίων για επένδυση, ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης και το ρίσκο που προτίθεται να πάρει ο κάθε επενδυτής. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια μπορούμε να ξεχωρίσουμε δύο διαφορετικά επενδυτικά μοντέλα που απευθύνονται σε διαφορετικές κατηγορίες επενδυτών.

Το πρώτο αφορά κυρίως θεσμικούς επενδυτές, που είναι μεγάλοι επενδυτικοί, ασφαλιστικοί ή τραπεζικοί οργανισμοί. Αυτοί διαχειρίζονται συνήθως πολύ μεγάλα ποσά και για το λόγο αυτό οι αποφάσεις του επηρεάζουν την γενικότερη πορεία της αγοράς. Συνήθως ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσής τους είναι μερικά χρόνια και κύριο μέλημά τους είναι η αποκόμιση κερδών με το μικρότερο δυνατό ρίσκο. Χρησιμοποιούν μοντέλα που βασίζονται κυρίως σε μακροοικονομικά δεδομένα, όπως πορεία επιτοκίων, προσφορά χρήματος, πληθωρισμός, ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης κ.ά. καθώς και σε μικροοικονομικά δεδομένα των εταιριών όπως ο λόγος Τιμή/Κέρδη ανα μετοχή (P/E), ο λόγος Τιμή/Λογιστική Αξία (P/BV), ο ρυθμός αύξησης των κερδών (Growth) κ.ά..

Το δεύτερο αφορά τους μικρούς ιδιώτες επενδυτές, οι οποίοι γενικά επενδύουν μικρά ποσά σε σχέση με τον συνολικό τζίρο του Χρηματιστηρίου. Αυτό τους

επιτρέπει να μπορούν να κάνουν περισσότερες πράξεις τον χρόνο χωρίς οι αποφάσεις τους να επηρεάζουν την γενικότερη εικόνα της αγοράς. Γενικά προτίθενται να αναλάβουν μεγαλύτερο ρίσκο προκειμένου να πετύχουν υψηλότερα κέρδη. Η Τεχνική Ανάλυση είναι το σημαντικότερο εργαλείο που χρησιμοποιούν για την εξαγωγή σημάτων Αγοράς / Πώλησης.

3.4 Τεχνική Ανάλυση

Είναι μια μέθοδος πρόβλεψης της πορείας των τιμών των μετοχών με τη χρήση διαγραμμάτων και τεχνικών δεικτών. Βασίζεται σε τρεις βασικές προϋποθέσεις.

1. *Η αγορά προεξοφλεί τα πάντα*, δηλαδή οτιδήποτε επηρεάζει την τιμή μιας μετοχής (πολιτικοί λόγοι, οικονομικοί, ψυχολογικοί κλπ.) αντικατοπτρίζονται άμεσα στην τιμή της μετοχής. Αυτό περιγράφεται με τη φράση «η αγορά δεν κάνει ποτέ λάθος».
2. *Οι τιμές κινούνται σε τάσεις ή σχηματισμούς και όχι με τυχαίο τρόπο*. Συνεπώς το ζητούμενο είναι ο γρήγορος και σωστός εντοπισμός της τάσης, ώστε κάνοντας τις ανάλογες πράξεις να αποκομίσουμε περισσότερα κέρδη.
3. *Η ιστορία επαναλαμβάνεται*. Οι γεωμετρικοί σχηματισμοί στα διαγράμματα τιμών των μετοχών διαμορφώνονται από τους κανόνες της προσφοράς και της ζήτησης και απεικονίζουν την ανοδική ή καθοδική ψυχολογία της αγοράς.

Αν και δεν υπάρχει επιστημονική τεκμηρίωση για την ορθότητα των παραπάνω και παρά το γεγονός ότι έχουν διατυπωθεί πολλές ενστάσεις για την ορθότητά τους, εντούτοις στην πράξη αποδεικνύεται ότι τα παραπάνω επαληθεύονται ικανοποιητικά στην πορεία του χρόνου.

Στην προσπάθεια εντοπισμού του καλύτερου σημείου Αγοράς / Πώλησης στο διάγραμμα τιμών, έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλοί τεχνικοί δείκτες. Γενικά μπορούμε να τους κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες, τους κινητούς μέσους και τους ταλαντωτές.

Οι Κινητοί Μέσοι ακολουθούν την τάση με κάποια καθυστέρηση πάντα ενώ οι Ταλαντωτές χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιόδους χωρίς ξεκάθαρη τάση και ανιχνεύουν «υπεραγορασμένες» ή «υπερπουλημένες» καταστάσεις, όπου είναι πιθανή μια αντιστροφή της κατάστασης και ταυτόχρονα στο ξεκίνημα μιας νέας τάσης είναι

ιδιαίτερα χρήσιμοι για τον καθορισμό της ακριβούς χρονικής στιγμής εισόδου-εξόδου από την αγορά.

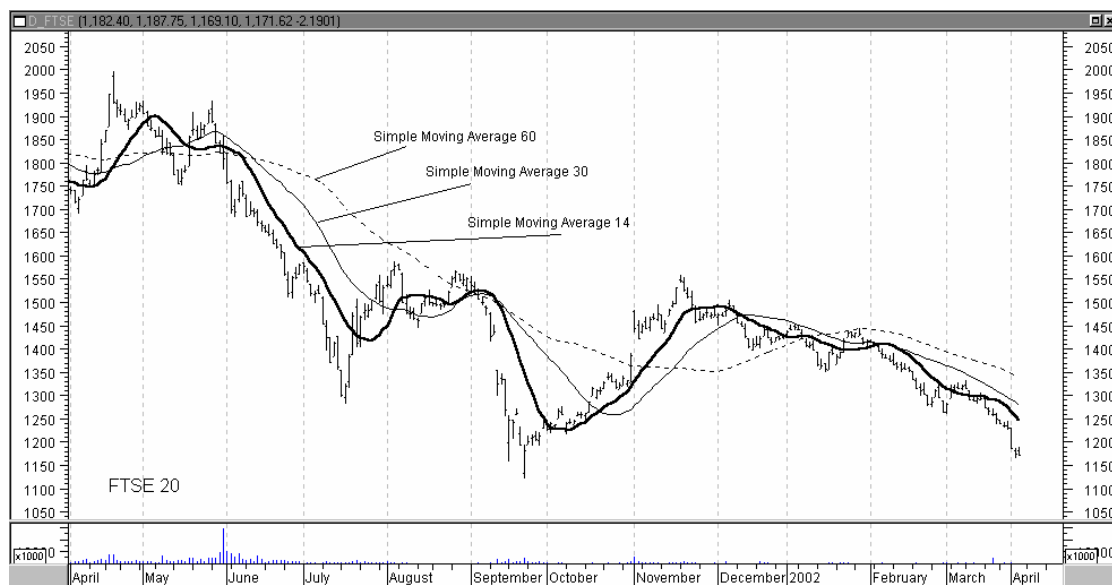
Υπάρχουν ακόμη άλλοι δείκτες που εφαρμόζονται πάνω στους όγκους των μετοχών και άλλοι που περιγράφουν την διακύμανση των τιμών.

Με τη βοήθεια τέτοιων δεικτών μπορούμε είτε να εντοπίσουμε τα ακριβή σημεία Αγοράς / Πώλησης είτε να κατανοήσουμε την κατάσταση της αγοράς (ανοδική, πτωτική, ουδέτερη).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι δείκτες που χρησιμοποιούνται με κάποιον τρόπο στην εργασία αυτή.

3.4.1. Απλός Κινητός Μέσος (Simple Moving Average)

Υπολογίζει την Μέση Τιμή για μια καθορισμένη περίοδο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο Κ.Μ. 14 ημερών, 30 ημερών και 60 ημερών. Είναι δείκτης που ακολουθεί την τάση με καθυστέρηση ανάλογη με τον αριθμό ημερών που υπολογίζει. Δίνει σήματα Αγοράς όταν ο τιμή κλεισίματος είναι μεγαλύτερη από τον Κ.Μ. και σήματα Πώλησης όταν η τιμή κλεισίματος είναι μικρότερη από αυτόν. Συνήθως χρησιμοποιείται και ένα φίλτρο λίγων ημερών που όπου η τιμή κλεισίματος πρέπει να παραμείνει πάνω (ή κάτω) από τον δείκτη για να θεωρηθεί το σήμα έγκυρο. Τα ζητούμενα είναι ο αριθμός των ημερών που θα υπολογίζονται ώστε να έχουμε τα λιγότερα λανθασμένα σήματα και ο αριθμός των ημερών που θα χρησιμεύσει σαν επιβεβαίωση του σήματος..



Σχήμα 7. Ο Κινητός Μέσος διαφόρων περιόδων

3.4.2. Εκθετικός Κινητός Μέσος (Exponential Moving Average)

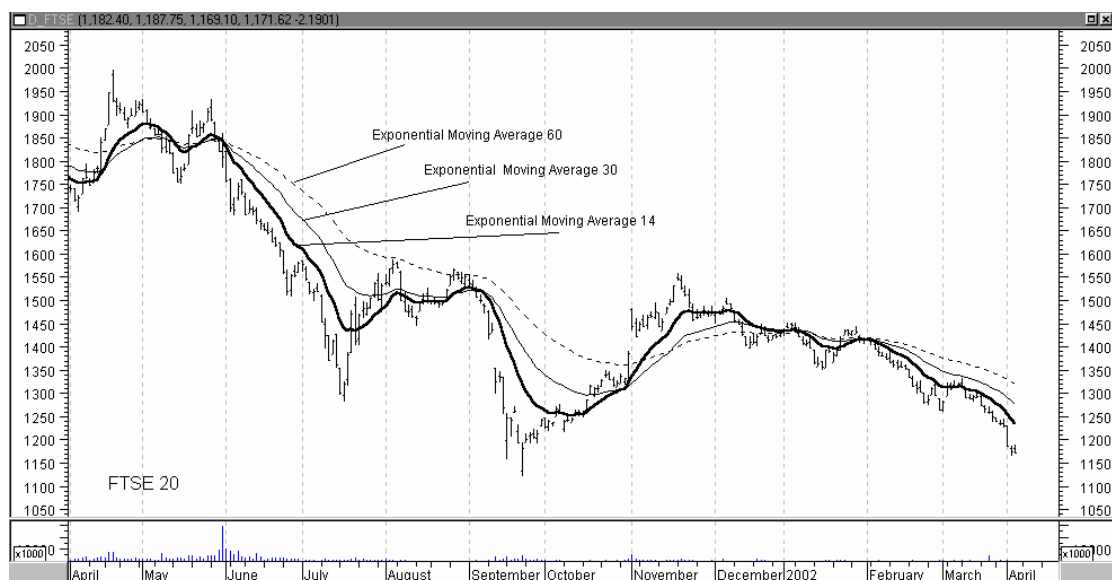
Η χρήση του είναι όμοια με αυτήν του Απλού Κινητού Μέσου με τη διαφορά ότι εδώ δίνεται μεγαλύτερο βάρος στα πιο πρόσφατα δεδομένα. Για την υπολογισμό του Εκθετικού Κινητού Μέσου n ημερών χρησιμοποιείται η παρακάτω φόρμουλα:

E.K.M. = (Τελευταία τιμή * x) + (η τιμή του E.K.M. χθες * (1- x)), όπου το x υπολογίζεται από τον τύπο:

$$2$$

$$x = \frac{2}{\text{αριθμός } n \text{ ημερών} + 1}$$

αριθμός n ημερών + 1



Σχήμα 8. Ο Εκθετικός Κινητός Μέσος 14, 30 και 60 ημερών

3.4.3. Γραμμική Παλινδρόμηση (Linear Regression) και r^2

Η Γραμμική Παλινδρόμηση προσαρμόζει μια γραμμή στο σύνολο των τιμών μια χρονικής περιόδου. Με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων επιλύει την παρακάτω εξίσωση:

$$Y = m * X + C \text{ όπου}$$

Y : η τιμή, η εξαρτημένη μεταβλητή

X : ο χρόνος, η ανεξάρτητη μεταβλητή

m : κλίση της γραμμής στις μεταβολές της τιμής στη μονάδα χρόνου και

C : το σημείο που τέμνει η ευθεία τον άξονα των τιμών στην αρχή της περιόδου.

Η κλίση της ευθείας δείχνει την κατεύθυνση της τάσης (ανοδική ή καθοδική) και υπολογίζεται από τον τύπο:

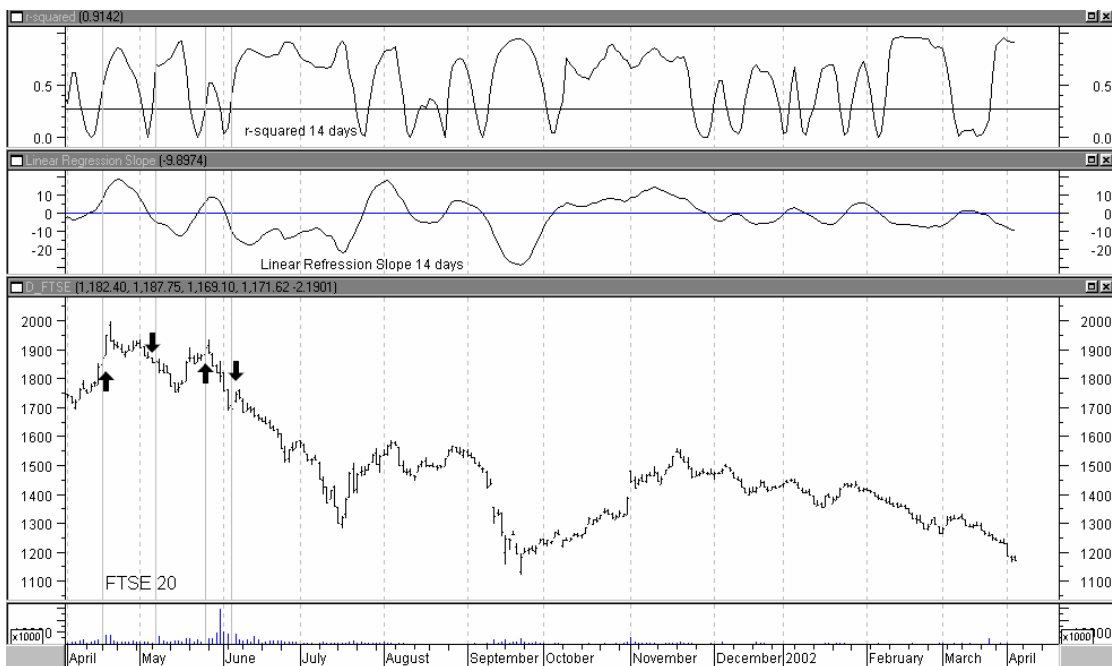
$$m = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Η τιμή r^2 - (συντελεστής σταθερότητας) μας δείχνει τον ισχύ της τάσης ή πόσο καλά η ευθεία παλινδρόμησης αναπαριστάνει τα δεδομένα. Η τιμή του συντελεστή σταθερότητας για να είναι στατιστικά σημαντική σε ποσοστό 95% συγκρίνεται με μια «κρίσιμη» τιμή, που προκύπτει από τον πίνακα της κατανομής Student και εξαρτάται από το πλήθος των δεδομένων. Η τιμή τους r υπολογίζεται από τον τύπο:

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

όπου n το πλήθος των δεδομένων στην εξεταζόμενη χρονική περίοδο.

Με βάση τα παραπάνω και για διάστημα 14 ημερών προκύπτουν τα σήματα που βλέπουμε στο επόμενο σχήμα, με κρίσιμη τιμή για τον συντελεστή σταθερότητας για 14 ημέρες το 0,27.



Σχήμα 9. Γραμμική Παλινδρόμηση και Συντελεστής Σταθερότητας.

3.4.4. Average True Range (Μέση Πραγματική Διακύμανση)

Μέση Πραγματική Διακύμανση είναι ο Μέσος Όρος της πραγματικής διακύμανση στη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Η πραγματική διακύμανση ορίζεται σαν η μεγαλύτερη τιμή μιας εκ των παρακάτω:

- Η διαφορά μεταξύ υψηλού ημέρας και χαμηλού ημέρας
 - Η διαφορά μεταξύ χθεσινού κλεισίματος και υψηλού ημέρας
 - Η διαφορά μεταξύ χθεσινού κλεισίματος και χαμηλού ημέρας

Χρησιμοποιείται για μέτρηση της αστάθειας (volatility) των τιμών γιατί έχει παρατηρηθεί ότι σε περιόδους αντιστροφής τάσεων η μεταβλητότητα των τιμών αυξάνεται.



Σχήμα 10. Average True Range

3.4.5. Δείκτης Σχετικής Ισχύος (Relative Strength Index) – Stochastic

Υπολογίζει την εσωτερική μεταβολή της έντασης μιας μετοχής. Καταγράφει υπεραγοραστές – υπερπουλημένες καταστάσεις και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$RSI = 100 - \left[\frac{100}{1 + \frac{UpSum}{DownSum}} \right]$$

όπου,

$UpSum$ = Το άθροισμα των (Κλείσιμο – Χθεσινό Κλείσιμο) για n ημέρες, αν το το Κλείσιμο είναι μεγαλύτερο από το χθεσινό Κλείσιμο και

$DownSum$ = Το άθροισμα των (Χθεσινό Κλείσιμο – Κλείσιμο) για n ημέρες, αν το το Κλείσιμο είναι μικρότερο από το χθεσινό Κλείσιμο.

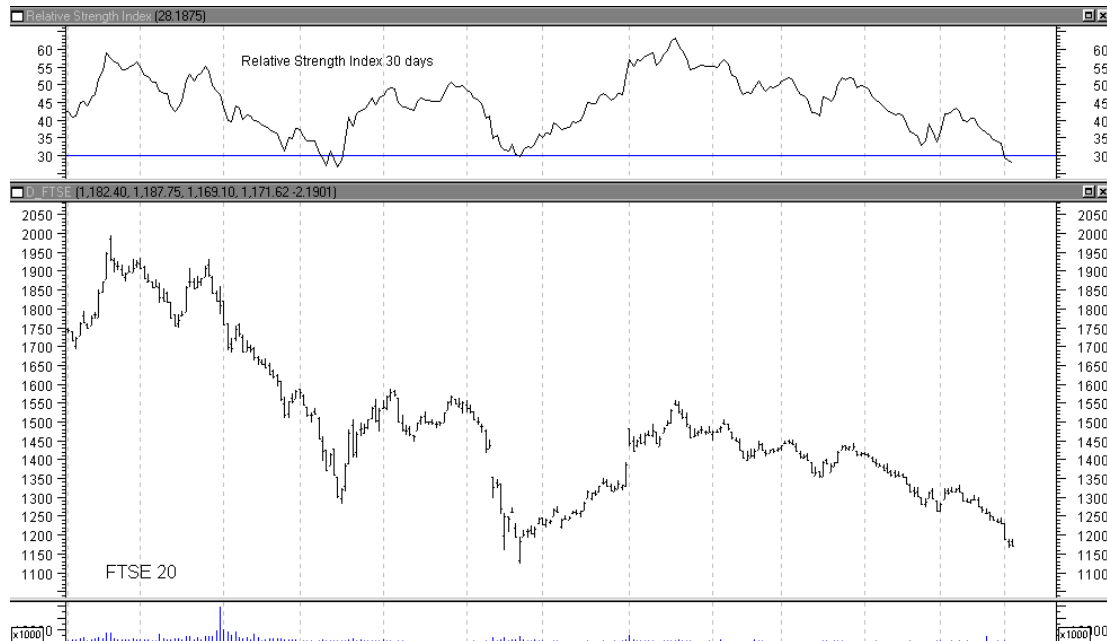
Είναι ένας δείκτης ορμής και καταγράφει άμεσα σημαντικές μεταβολές στην τιμή μιας μετοχής.

Ο Stochastic δείχνει τη θέση της τιμής σε σχέση με πρόσφατα υψηλά / χαμηλά. Υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{stochRSI} = (\text{Today's RSI} - \text{RSI_Low}) / (\text{RSI_High} - \text{RSI_Low}) \text{ όπου,}$$

RSI_Low = Η χαμηλότερη τιμή του RSI σε μια εξεταζόμενη περίοδο

RSI_High = Η υψηλότερη τιμή του RSI σε μια εξεταζόμενη περίοδο



Σχήμα 11. Relative Strength Index

3.4.6. Συμμετρικά Τρίγωνα

Εκτός από τους παραπάνω δείκτες, υπάρχουν και διαγραμματικοί που αποδεικνύονται πολύ αποτελεσματικοί. Ένας από αυτούς είναι και ο σχηματισμός συμμετρικού τριγώνου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ανάλογα με την πλευρά του τριγώνου που θα διασπαστεί, συνήθως ακολουθεί σημαντική άνοδο ή πτώση.



Σχήμα 12. Σχηματισμός Συμμετρικού Τριγώνου

3.5 Το πρόβλημα στη δημιουργία επενδυτικών μοντέλων

Η αξιόπιστη πρόβλεψη της πορείας των τιμών των μετοχών είναι πολύ δύσκολη εξ' αιτίας της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει ο χώρος. Η μεταβολή των τιμών επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως τα θεμελιώδη δεδομένα των εταιριών (π.χ. ανακοίνωση αποτελεσμάτων χρήσης), η πορεία των επιτοκίων, το διεθνές περιβάλλον, οι πολιτικές εξελίξεις, η ψυχολογία αγοράς, η γενικότερη οικονομική κατάσταση και πολλούς άλλους. Η δυσκολία γίνεται ακόμη μεγαλύτερη γιατί πολλοί από αυτούς τους παράγοντες αλληλοεπηρεάζονται. Ο υψηλός βαθμός της στατιστικής συσχέτισης των τιμών των μετοχών με τις ιστορικές τιμές τους και το γεγονός της δημιουργίας κερδοφόρων μοντέλων δείχνει ότι είναι εφικτό να γίνει εκτίμηση της μελλοντικής πορείας των τιμών των μετοχών βασιζόμενη σε ιστορικά αρχεία τιμών.

Το ζητούμενο από ένα επενδυτικό μοντέλο είναι διαφορετικό για κάθε κατηγορία επενδυτών και εξαρτάται από τις απαιτήσεις και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Τα επενδυτικά μοντέλα που δημιουργούνται από την παρούσα εργασία αφορούν κυρίως μικροεπενδυτές όπου τα διαθέσιμα για επένδυση κεφάλαια είναι σχετικά μικρά, ο χρονικός ορίζοντας της επένδυσης δεν είναι αυστηρά καθορισμένος και ο στόχος είναι η επίτευξη όσο το δυνατόν περισσότερων κερδών χωρίς να δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στο ρίσκο της επένδυσης.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι ιστορικά αρχεία τιμών γιατί μπορούν να βρεθούν εύκολα, χωρίς ιδιαίτερο κόστος και δεν χρειάζονται πρόσθετη επεξεργασία.

Η ερμηνεία και ο συνδυασμός δεικτών Τεχνικής Ανάλυσης δημιουργεί σύνθετες συναρτήσεις, τους κανόνες. Τα σήματα Αγορών / Πωλήσεων δημιουργούνται από αυτούς τους κανόνες.

Η εργασία αυτή χρησιμοποιεί έναν Εξελικτικό Αλγόριθμο ώστε να επιλέξει τους καλύτερους κανόνες, με τις παραμέτρους του, που θα δίνουν τέτοια σήματα Αγορών / Πωλήσεων ώστε να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό κέρδος, με τις λιγότερες απώλειες, για το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα.

Είναι ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης και προκειμένου να έχει πρακτική εφαρμογή πρέπει να δίνει κερδοφόρο αποτέλεσμα και μεγαλύτερο έναντι της τακτικής της διακράτησης και της απόδοσης των τίτλων του Δημοσίου.

Πολλές παράμετροι του προβλήματος, κυρίως στο σχεδιασμό του, είναι υποκειμενικοί και δημιουργούνται με βάση κυρίως την εμπειρία. Αυτό καθιστά το όλο πρόβλημα εξαιρετικά πολύπλοκο.

Μερικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του προβλήματος είναι:

- Η ύπαρξη πάρα πολλών διαφορετικών δεικτών Τεχνικής Ανάλυσης που κάνει την δημιουργία κανόνων εξαιρετικά δύσκολη.
- Η ερμηνεία των δεικτών πολλές φορές εξαρτάται από την κατάσταση της αγοράς και μπορεί να είναι διαφορετική
- Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του μοντέλου μπορεί να διαφέρει ανάλογα τις απαιτήσεις του κάθε επενδυτή. Έτσι, για άλλους το αποκλειστικό ζητούμενο μπορεί να είναι το μέγιστο κέρδος, για άλλους οι μικρότερες δυνατές απώλειες, για άλλους οι συχνές πράξεις με μικρό κέρδος, για άλλους λίγες πράξεις με μεγάλο κέρδος κλπ.
- Δεν είναι γνωστή η τιμή της βέλτιστης λύσης.
- Ο χώρος λύσεων μπορεί να γίνει εξαιρετικά μεγάλος και περίπλοκος.

3.6 Προηγούμενες Μελέτες για τη δημιουργία επενδυτικών μοντέλων

Το πρόβλημα της δημιουργίας επενδυτικών μοντέλων είναι πολύ σύνθετο και οι προσεγγίσεις που γίνονται για τη λύση του διαφέρουν. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές αντιπροσωπευτικές μελέτες που έχουν ανακοινωθεί διεθνώς.

Μια εργασία που μελετά και αναλύει αρκετές παραμέτρους του προβλήματος είναι αυτή με τίτλο “*Using Genetic Algorithms to find Technical Trading Rules*” των F. Allen και R. Karjalainen, 1998 [1]. Με χρήση Γενετικού Προγραμματισμού μελετάται η δημιουργία ενός επενδυτικού μοντέλου με βάση τις ημερήσιες τιμές του δείκτη S&P για μια πολύ μεγάλη χρονική περίοδο, από το 1928 έως το 1995. Οι κανόνες δημιουργήθηκαν έτσι ώστε να εντοπίζεται πότε θα πρέπει να γίνει επένδυση στο δείκτη και πότε όχι, με βάση την λογική ότι σε περιόδους με ανοδική τάση και μικρή αστάθεια τιμών (volatility) επενδύουμε ενώ σε αντίθετη περίπτωση όχι. Το ζητούμενο είναι να βρεθεί η καλύτερη δομή και οι καλύτερες παράμετροι των κανόνων.

Ο χώρος αναζήτησης αποτελείται από λογικούς συνδυασμούς απλών κανόνων, Κινητών Μέσων και Μεγίστων / Ελαχίστων χρησιμοποιώντας ιστορικές τιμές του δείκτη S&P. Οι κανόνες των Κινητών Μέσων χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό βραχυχρόνιας ή μακροχρόνιας τάσης και οι κανόνες των Μεγίστων/Ελαχίστων για τον εντοπισμό “πρότυπων σχηματισμών” (patterns) στο αρχείο τιμών.

Οι κανόνες περιέχουν απλές συναρτήσεις ιστορικών τιμών, αριθμητικές και λογικές σταθερές και συναρτήσεις Boolean, που επιτρέπουν τον συνδυασμό χαμηλού επιπέδου δομικών τμημάτων για τη δημιουργία πιο σύνθετων παραστάσεων.

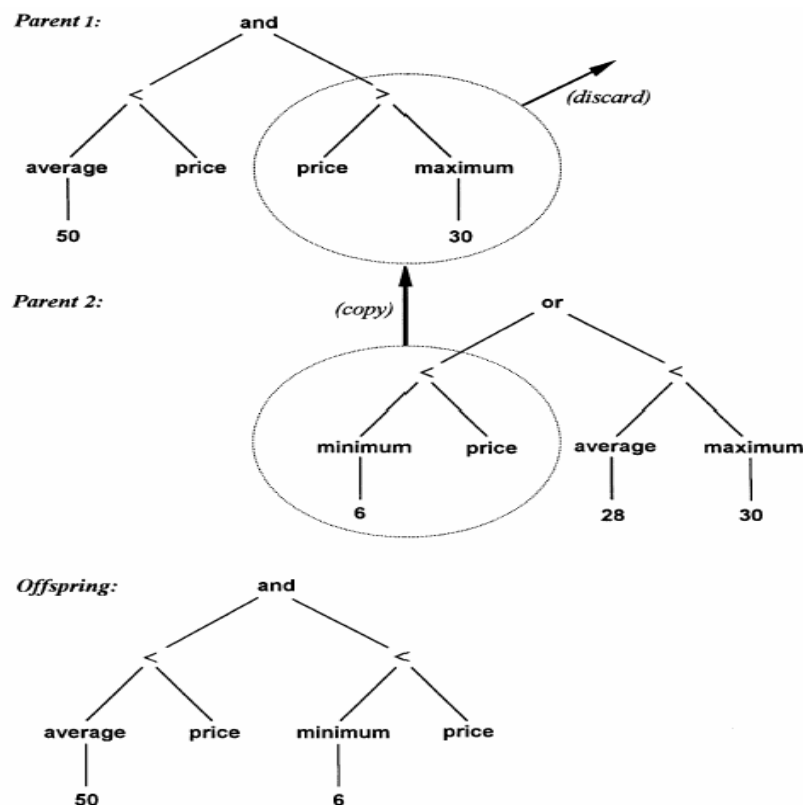
Το σύνολο των συναρτήσεων περιλαμβάνει δύο είδη, πραγματικές και Boolean. Οι συναρτήσεις πραγματικών τιμών περιλαμβάνουν συναρτήσεις υπολογισμού, όπως Κινητού Μέσου και Μεγίστων / Ελαχίστων μιας περιόδου και αριθμητικούς τελεστές (+, -, *, /). Οι συναρτήσεις Boolean περιλαμβάνουν λογικές συναρτήσεις (If – then – else, and, or, not) και συγκρίσεις δύο τιμών (>, <).

Οι σταθερές είναι είτε πραγματικές τιμές είτε λογικές (true, false).

Η δομή δύο απλών κανόνων φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Οι ανασυνδυασμοί γίνονται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Επιλέγεται τυχαία ένας κόμβος από τον ένα γονέα και ένας κόμβος ίδιου τύπου (σ' αυτή την περίπτωση Boolean) από το δεύτερο.

Ο υπολογισμός της τιμής ποιότητας γίνεται με βάση τη σύγκριση των κερδών που αποδίδει το μοντέλο έναντι της στρατηγικής της διακράτησης. Ειδικότερα, σε περιόδους εντός αγοράς υπολογίζονται τα κέρδη ή οι ζημιές και σε περιόδους εκτός αγοράς ένα σταθερό επιτόκιο. Στους υπολογισμούς λαμβάνεται υπόψη και το κόστος συναλλαγών, που είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος του προβλήματος και επηρεάζει σημαντικά το τελικό αποτέλεσμα.

Για τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκε πληθυσμός 500 ατόμων, κόμβοι έως 100 και μέγιστο πλήθος επιπέδων 10. Η εξέλιξη συνεχιζόταν για 50 γενιές η τερματιζόταν αν δεν υπήρχε καλύτερη λύση για 25 συνεχείς γενιές.

Η δομή και η πολυπλοκότητα των κανόνων που βρέθηκαν από τον αλγόριθμο ποικίλει, με μήκος κανόνων από 9 έως 94 κόμβους και βάθος από 5 έως 10 επίπεδα. Πολλές φορές οι πολύπλοκοι κανόνες μπορούν να αναχθούν σε απλούστερους χωρίς να επηρεάζεται το αποτέλεσμα.

Από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι σε δεδομένα εκτός δείγματος (out of sample data), η χρήση κανόνων, με τον υπολογισμό του κόστους συναλλαγών, δεν έχει σημαντικά κέρδη έναντι της απλής στρατηγικής της διακράτησης (Buy and Hold).

Αυτή συνέβη κυρίως γιατί οι δείκτες των βασικών κανόνων ήταν πολύ απλοί, οι πράξεις γινόταν με μια μέρα καθυστέρηση και το μοντέλο δεν περιελάμβανε θέσεις Short.

Μια πολύ ενδιαφέρουσα προσέγγιση γίνεται στην εργασία “*The Main Ingredients of Simple Trading Models for Use in Genetic Algorithm Optimization*” Μ. Dacorogna, 1993 [2].

Σ’ αυτό αναλύονται διάφορα συστατικά ενός απλού επενδυτικού μοντέλου ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε έναν Εξελικτικό Αλγόριθμο και γίνονται κάποιες ενδιαφέρουσες προτάσεις.

Η δομή ενός κανόνα για το μοντέλο αυτό είναι:

If $|M| > K$ then $G = \text{sign}(I) * \text{sign}(C)$ else $G=0$ όπου,

M είναι κάποιος δείκτης ή συνάρτηση δύο δεικτών, I είναι ένας δείκτης που δείχνει την κατεύθυνση της αγοράς, C ένας δείκτης που δείχνει την στρατηγική (αν θα ακολουθείται η τάση ή αν η θέση θα είναι ενάντια στην τάση), K είναι μια σταθερά και G το ύψος του κεφαλαίου που θα επενδύεται σε κάθε πράξη.

Το μοντέλο μπορεί να είναι ένας συνδυασμός τέτοιου είδους κανόνων με χρήση λογικών τελεστών AND και OR. Χρησιμοποιώντας διαφορετικούς δείκτες δημιουργούνται πιο σύνθετες παραστάσεις, με πολλούς κανόνες. Η αναπαράσταση των κανόνων μπορεί να γίνει με δομή δυαδικών δένδρων (binary tree).

Στην εργασία “*Combining Rules Learnt Using Genetic Algorithms for Financial Forecasting*”, K. Mehta, S. Bhattacharyya [3], παρουσιάζεται μια άλλη, διαφορετική προσέγγιση στο πρόβλημα.

Με στόχο τη μείωση της επίδρασης του θορύβου των δεδομένων, σε πρώτο επίπεδο γίνεται μια αξιολόγηση και κατάταξη των βασικών κανόνων που περιέχουν

απλούς δείκτες. Αυτό επιτυγχάνεται με δοκιμές σε διαφορετικά σύνολα δεδομένων. Οι βασικοί κανόνες συνδυάζονται σε ζεύγη για να αξιολογηθούν για την ακρίβεια των προβλέψεών τους. Ο συνδυασμός σε ζεύγη γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώνεται η απόδοσή τους είτε για σήματα αγορών είτε για σήματα πωλήσεων.

Σε δεύτερο επίπεδο, που δημιουργείται το μοντέλο και γίνεται η τελική αξιολόγηση, οι βασικοί κανόνες συντίθενται σχηματίζοντας από απλές έως πολύ σύνθετες παραστάσεις, με τη χρήση λογικών τελεστών AND, OR.

Το μοντέλο κάθε μέρα δίνει ένα σήμα για παραμονή στη θέση που είχαμε (in the market) ή έξοδο από την αγορά και κλείσιμο θέσης (out of market). Οι θέσεις μπορεί να είναι Long ή Short.

Η δομή του κανόνα είναι:

If <συνθήκη> then <σήμα>

όπου, <συνθήκη> είναι ένας λογικός συνδυασμός όρων (terms), κάθε ένας από τους οποίους έχει τη μορφή <δείκτης, μέρες πίσω><αριθμητικός τελεστής><δείκτης, μέρες πίσω>, που είναι η δομή των βασικών κανόνων που αξιολογήθηκαν σε προηγούμενο επίπεδο. Μια συνθήκη μπορεί να περιέχει συνδυασμό τέτοιων όρων χρησιμοποιώντας τελεστές AND και OR, δημιουργώντας έτσι τις σύνθετες παραστάσεις του κανόνα.

Κάθε όρος αποτελείται από όμοιους δείκτες που μετρούν ίδια πράγματα, όπως ένδειξη τάσης (trend), αστάθεια τιμών (volatility), ορμή (momentum) κλπ.

Το μοντέλο αξιολογείται ανάλογα με το συνολικό κέρδος που αποδίδει και το μέσο κέρδος ανά πράξη. Η απόδοσή του εξαρτάται από την πολυπλοκότητα (complexity) και την ιδιαιτερότητα (specificity) των κανόνων. Σαν πολυπλοκότητα ορίζεται ο αριθμός των πιθανών συνδυασμών των όρων με τους οποίους ο κανόνας επιστρέφει σήματα αληθή ενώ σαν ιδιαιτερότητα ορίζεται ο ελάχιστος αριθμός όρων που χρειάζεται να ικανοποιηθούν για έναν κανόνα ώστε να ενεργοποιηθεί.

Από την εργασία αυτή προκύπτει ότι η χρήση πολλών κανόνων, που συνδυάζουν άλλους απλούστερους αυξάνοντας την πολυπλοκότητα και την ιδιαιτερότητα του μοντέλου, είτε δίνει πολλά και συχνά σήματα, εξαιτίας του θορύβου των δεδομένων, είτε πολύ λίγα, με αποτέλεσμα, σε κάθε περίπτωση, την μειωμένη απόδοση του μοντέλου.

Σε άλλη μελέτη των Adrian E. Drake και Robert E. Marks, “*Genetic Algorithms in Economics and Finance*” [4], γίνεται βελτιστοποίηση ενός ή περισσότερων δεικτών Τεχνικής Ανάλυσης και στη συνέχεια, με βάση τους βελτιστοποιημένους

αυτούς δείκτες και την χρήση Γενετικού Προγραμματισμού, εισάγονται λογικοί τελεστές κι έτσι δημιουργούνται σύνθετοι, μεταβλητού μήκους κανόνες. Για παράδειγμα, έστω ότι έχουμε τις παρακάτω προτάσεις:

Πρόταση 1. If (10-days Moving Average > 0) then buy else sell

Πρόταση 2. If (15-days Moving Average > 0) then buy else sell

Πρόταση 3. If (25-days Moving Average > 0) then buy else sell

Με τη χρήση Γενετικού Προγραμματισμού ζητούνται προτάσεις της μορφής:

If (Πρόταση 1 says Buy) then Buy else Sell

If (Πρόταση 1 and Πρόταση 2 says Buy) then Buy else Sell

If (Πρόταση 1 and Πρόταση 2 says Buy) OR (Πρόταση 3 says Buy) then Buy else Sell.

Το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγει η μελέτη είναι ότι η εισαγωγή κανόνων μεταξύ των δεικτών, που καθορίζουν την επενδυτική συμπεριφορά, δείχνει να είναι πιο αποτελεσματική από την εφαρμογή των δεικτών μόνων τους χωρίς κάποια σχέση μεταξύ τους.

Στη μελέτη “Genetic Algorithms in Finance”, C.Tan, D. Chou, 1997, [5] εφαρμόζεται το ίδιο μοντέλο με τη διαφορά ότι οι προτάσεις δεν αναφέρονται σε ιστορικές τιμές αλλά σε άλλα οικονομικά μεγέθη όπως η ρευστότητα του συστήματος, το επιτόκιο των εντόκων γραμματίων, ο δείκτης οικονομικής ανάπτυξης κλπ. όπου ζητούμενο είναι αν η επένδυση θα γίνει σε μετοχές ή σε ομόλογα.

Ένα τέτοιο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η έκφραση:

Αν (ο ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης) είναι μεγαλύτερος από X

Και (ο δείκτης M1-προσφοράς χρήματος) είναι μεγαλύτερος από Y

ΚΑΙ (το επιτόκιο 1 Χρόνου) είναι μικρότερο από Z

Τότε επένδυσε σε μετοχές ΑΛΛΙΩΣ επένδυσε σε Ομόλογα.

Το ζητούμενο σε αυτές τις περιπτώσεις είναι το καλύτερο σύνολο κανόνων. Ο αριθμός των δεικτών, που χρησιμοποιούνται σαν μεταβλητές στους κανόνες, είναι μικρός, συνήθως όχι πάνω από τρεις μιας και ζητούμενο είναι η μεταξύ τους σχέσεις.

Στο άρθρο “*Developing Systems With A Rule-Based Approach*” του J.O.Katz στο περιοδικό “*Technical Analysis of Stock And Commodities*”, V15:1 23-34, [6] ο συγγραφέας χρησιμοποιεί δύο πολύ απλούς και όμοιους κανόνες, με τέσσερις (4) παραμέτρους ο καθένας, για σήματα Αγορών και Πωλήσεων.

Με τη βοήθεια Εξελικτικού Αλγορίθμου ψάχνει για τις βέλτιστες παραμέτρους των κανόνων αυτών. Οι δοκιμές έγιναν στο δείκτη S&P για χρονική περίοδο 6 ετών.

Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής:

Κανόνας 1. If Price (m1) > Price (m2) & (m3) * Avgdiff1 then (buy/sell)

Κανόνας 2. If Price (n1) > Price (n2) & (n3) * Avgdiff2 then (buy/sell)

όπου, m1, m2 (n1, n2) οι τιμές που συγκρίνονται, m3 (n3) ένας συντελεστής και avgdiff1 (avgdiff2) η μέση απόλυτη διαφορά των δύο τιμών τις τελευταίες 25 μέρες.

Αν και οι δύο κανόνες είναι True τότε δημιουργείται σήμα Αγορά (Πώλησης) στην τιμή ανοίγματος της επόμενης μέρας.

Λεπτομέρειες για την υλοποίηση του Εξελικτικού Αλγορίθμου δεν αναφέρονται, παρά μόνο ότι σαν συνάρτηση ποιότητας χρησιμοποιείται μόνο το καθαρό κέρδος χωρίς ποινές για λάθη και ζημιές.

Αυτοί οι πολύ απλοί δείκτες, που δεν χρησιμοποιούν δείκτες Τεχνικής Ανάλυσης αλλά μόνο σύγκριση τιμών, μπορούν να δώσουν αποδεκτά αποτελέσματα με λογικές απώλειες. Ακόμη και με ορίζοντα διακράτησης την μία μέρα, δηλαδή Αγορά στο άνοιγμα της συνεδρίασης και Πώληση στο κλείσιμο ή το αντίστροφο, όπου το κόστος συναλλαγών είναι υψηλό, βρέθηκαν μοντέλα που χωρίς να είναι εντυπωσιακά σε αποδόσεις εντούτοις σε βάθος χρόνου δίνουν σταθερά ετήσια κέρδη.

Από τις δοκιμές προέκυψε ότι καλοί κανόνες μπορεί να μην είναι αυτοί που περιμένουμε. Γενικά, τα αποτελέσματα κρίνονται ενθαρρυντικά και με τη χρήση βελτιωμένων και πιο πολύπλοκων κανόνων καθώς και καλύτερων μεταβλητών θα ήταν δυνατόν να προκύψουν καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος, σε συνέχεια των δημοσιεύσεων του J.O.Katz στο περιοδικό S&C, στο άρθρο “*Genetic Algorithms and Rule-Based System*”, V15:2, (73-82) [7] γίνεται η παρακάτω προσέγγιση. Επιλέγεται ένα σύνολο δεικτών με μεταβλητές παραμέτρους και με αυτούς δημιουργούνται κανόνες σταθερού μήκους. Με χρήση Ε.Α. επιλέγονται οι καλύτεροι δείκτες από το σύνολο, με τις καλύτερες παραμέτρους. Αυτοί δημιουργούν κανόνες που δίνουν σήματα Αγορών και Πωλήσεων. Η προσέγγιση αυτή ακολουθείται και στην παρούσα εργασία.

Οι δομικές που έγιναν, με ένα σύνολο δέκα (10) κανόνων που δίνουν μόνο σήματα αγορών και με σήματα πώλησης που δεν ορίζονται από κανόνες ή δείκτες αλλά είναι σταθερά, απέδειξαν ότι μπορούν να δημιουργηθούν μοντέλα που δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα.

4. Σχεδιασμός της εφαρμογής

4.1 Εισαγωγή

Το επενδυτικό μοντέλο στην παρούσα εργασία σχεδιάστηκε ώστε να ανταποκρίνεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μικροεπενδυτών του Χρηματιστηρίου. Οι δείκτες Τεχνικής Ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφουν τα κύρια χαρακτηριστικά της αγοράς, την τάση (trend), την αστάθεια τιμών (volatility) και την ορμή (momentum). Αν και υπάρχουν πολλοί δείκτες για την κάθε κατηγορία, επιλέχθηκαν μερικοί γνωστοί και δοκιμασμένοι για την αποτελεσματικότητά τους.

4.2 Οι παράμετροι του επενδυτικού μοντέλου

4.2.1. Κανόνες

Ένας κανόνας είναι μια συνάρτηση με κάποιες παραμέτρους που δημιουργεί μια συνθήκη, η οποία όταν επαληθεύεται προτείνει ένα σήμα Αγοράς ή Πώλησης. Για παράδειγμα έστω ο παρακάτω κανόνας:

“If Τιμή (v1) > M.A. (v2) για v3 ημέρες και για v3 + 1 ημέρες πριν Τιμή (v1) < M.A. (v2), then αγόρασε στο Open της επόμενης μέρας.”

αν υποθέσουμε ότι:

v1 = τιμή που αντιστοιχεί στην τιμή Κλεισίματος

v2 = 14

v3 = 3, τότε ο παραπάνω κανόνας μεταφράζεται ως εξής:

Αν η Τιμή Κλεισίματος είναι μεγαλύτερη της τιμής του Απλού Κινητού Μέσου (της τιμής Κλεισίματος) των 14 ημερών για 3 ημέρες και 4 ημέρες πριν η Τιμή Κλεισίματος ήταν μικρότερη της τιμής του Απλού Κινητού Μέσου (της τιμής Κλεισίματος) των 14 ημερών, τότε αγόρασε στην τιμή Ανοίγματος της επόμενης μέρας.

4.2.2. Σήματα Αγορών / Πωλήσεων

Αν επιλέξουμε να χρησιμοποιήσουμε π.χ. 3 κανόνες για σήματα Αγορών, τότε για να προκύψει αποδεκτό σήμα θα πρέπει 3 κανόνες, που έχουν σχεδιαστεί για να δίνουν προτάσεις Αγοράς, να δώσουν ταυτόχρονα πρόταση Αγοράς. Τότε, ανάλογα με τη θέση που είχαμε εκείνη τη στιγμή, θα προβούμε σε Αγορά ή όχι, δηλαδή αν προκύψει σήμα Αγοράς και βρισκόμαστε με μετρητά τότε θα αγοράσουμε, αν βρισκόμαστε ήδη αγορασμένοι το αγνοούμε ενώ αν είμαστε “πουλημένοι” (Short) τότε το αγνοούμε περιμένοντας να πάρουμε πρώτα σήμα να “κλείσουμε” τη θέση πώλησης που είχαμε.

Η σχέση σημάτων, θέσεων και πράξεων δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Σήμα	Σήμα	Σήμα	Σήμα	Προηγούμενη θέση	Πράξη
Αγορά (Enter Long)	Πώληση (Exit Long)	Enter Short	Exit Short		
True	False	False	True	Εκτός αγοράς	Enter Long
True	False	False	True	Long	Ignore
True	False	False	True	Short	Exit Short & Enter Long
True	False	False	False	Εκτός αγοράς	Enter Long
True	False	False	False	Long	Ignore
True	False	False	False	Short	Ignore
False	False	True	False	Εκτός αγοράς	Enter Short
False	False	True	False	Long	Ignore
False	False	True	False	Short	Ignore
False	True	True	False	Εκτός αγοράς	Enter Short
False	True	True	False	Long	Exit Long - Enter Short
False	True	True	False	Short	Ignore
False	True	False	False	Εκτός αγοράς	Ignore
False	True	False	False	Long	Exit Long
False	True	False	False	Short	Ignore

False	True	True	True	Εκτός αγοράς	Ignore
False	True	True	True	Long	Ignore
False	True	True	True	Short	Ignore
False	False	False	True	Εκτός αγοράς	Ignore
False	False	False	True	Long	Ignore
False	False	False	True	Short	Exit Short

4.3 Προϋποθέσεις – Παραδοχές

Οι παρούσα μελέτη για πρακτικούς λόγους σχεδιάστηκε με βάση τις παρακάτω παραδοχές:

- Δεν υπάρχουν κανόνες που να αναφέρονται στο Money / Risk Management.
Σε κάθε πράξη τοποθετούμε το σύνολο του διαθέσιμου κεφαλαίου εκείνη τη στιγμή, θεωρώντας ότι αυτό δεν επηρεάζει την ομαλή πορεία της αγοράς και ακόμα ότι όλες οι πράξεις γίνονται στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.
Στην πράξη αυτό βέβαια δεν είναι πάντα εφικτό.
- Οι προμήθειες των συναλλαγών υπολογίζονται σταθερές στο 2% ανά συναλλαγή (Αγορά & Πώληση). Δεν υπολογίζεται το κόστος μετακύλισης θέσεων στα παράγωγα (Roll over).

4.4 Οι κανόνες

Ακολουθεί η περιγραφή των κανόνων, οι οποίοι είναι προκαθορισμένοι και δεν μεταβάλλονται από το χρήστη. Οι κανόνες για σήματα Αγοράς (εκτίμηση για άνοδο των τιμών), είναι ίδιοι και για σήματα Enter Long ή Exit Short. Αντίστοιχα, οι κανόνες για τα σήματα Πώλησης (εκτίμηση για πτώση των τιμών), είναι ίδιοι και για σήματα Exit Long & Enter Short.

Κανόνας 0

Κενό.

Δεν περιέχει τίποτε και επιστρέφει πάντα True. Χρησιμοποιείται στην περίπτωση που ορίσουμε περισσότερους τους ενός κανόνες για ένα σήμα ώστε αν επιλεγεί να υποβιβάσει το σύνολο των κανόνων κατά έναν εφόσον αυτό αποδεικνύεται πιο αποτελεσματικό.

Κανόνας 1.

Απλός Κινητός Μέσος για Τιμή $>$ M.A. για n μέρες.

Χρησιμοποιείται ο Απλός Κινητός Μέσος (Simple Moving Average M.A.) για να δώσει σήμα Αγοράς

Κανόνας

Αν Τιμή ($v1$) $>$ M.A. ($v2$) για $n3$ μέρες και για $n3+1$ μέρες πριν Τιμή ($v1$) $<$ M.A. ($v2$), τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η τιμή Κλεισίματος, Ανοίγματος, Υψηλού ή Χαμηλού

$v2$: η περίοδος του M.A., από 0 – 150 με βήμα 2

$v3$: οι μέρες για σύγκριση, από 0-10 με βήμα 1

Κανόνας 2.

Απλός Κινητός Μέσος για Τιμή $<$ M.A. για n μέρες.

Χρησιμοποιείται ο Απλός Κινητός Μέσος (Simple Moving Average M.A.) για να δώσει σήμα Πώλησης .

Κανόνας

Αν Τιμή ($v1$) $<$ M.A. ($v2$) για $n3$ μέρες και για $n3+1$ μέρες πριν Τιμή ($v1$) $>$ M.A. ($v2$), τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η τιμή Κλεισίματος, Ανοίγματος, Υψηλού ή Χαμηλού

$v2$: η περίοδος του M.A., από 0 – 150 με βήμα 2

$v3$: οι μέρες για σύγκριση, από 0-10 με βήμα 1

Κανόνας 3.

Εκθετικός Κινητός Μέσος για Τιμή $>$ E.M.A. για n μέρες.

Χρησιμοποιείται ο Εκθετικός Κινητός Μέσος (Exponential Moving Average E.M.A.) για να δώσει σήμα Αγοράς

Κανόνας

Αν Τιμή (v1) $>$ E.M.A. (v2) για $v3$ μέρες και για $v3+1$ μέρες πριν Τιμή (v1) $<$ E.M.A. (v2), τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

v1: η τιμή Κλεισίματος, Ανοίγματος, Υψηλού ή Χαμηλού

v2: η περίοδος του E.M.A., από 0 – 150 με βήμα 2

v3 : οι μέρες για σύγκριση, από 0-10 με βήμα 1

Κανόνας 4.

Εκθετικός Κινητός Μέσος για Τιμή $<$ E.M.A. για n μέρες.

Χρησιμοποιείται ο Εκθετικός Κινητός Μέσος (Exponential Moving Average E.M.A.) για να δώσει σήμα Πώληση

Κανόνας

Αν Τιμή (v1) $<$ E.M.A. (v2) για $v3$ μέρες και για $v3+1$ μέρες πριν Τιμή (v1) $>$ E.M.A. (v2), τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

v1: η τιμή Κλεισίματος, Ανοίγματος, Υψηλού ή Χαμηλού

v2: η περίοδος του E.M.A., από 0 – 150 με βήμα 2

v3 : οι μέρες για σύγκριση, από 0-10 με βήμα 1

Κανόνας 5.

Δύο Εκθετικοί Μέσοι για δημιουργία σήματος Αγοράς

Χρησιμοποιούνται δύο Εκθετικοί Κινητοί Μέσοι, ένας με μικρή χρονική περίοδο και ένας με μεγαλύτερη. Σήμα Αγοράς δημιουργείται όταν ο E.K.M. με τη μικρή περίοδο τμήσει από κάτω προς τα πάνω, δηλ. γίνει μεγαλύτερος από τον E.K.M. με την μεγαλύτερη περίοδο. Οι υπολογισμοί γίνονται με την τιμή κλεισίματος.

Κανόνας

Αν E.M.A. (v1) $>$ E.M.A. (v2) τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η μικρή περίοδος του Ε.Κ.Μ., από 0-40 με βήμα 1

$v2$: η μεγαλύτερη περίοδος του Ε.Κ.Μ., από 0-35 με βήμα 2 & $v2 > v1$

Κανόνας 6.

Δύο Εκθετικοί Μέσοι για δημιουργία σήματος Πώλησης

Χρησιμοποιούνται δύο Εκθετικοί Κινητοί Μέσοι, ένας με μικρή χρονική περίοδο και ένας με μεγαλύτερη. Σήμα Πώλησης δημιουργείται όταν ο Ε.Κ.Μ. με τη μικρή περίοδο τμήσει από πάνω προς τα κάτω, δηλ. γίνει μικρότερος από τον Ε.Κ.Μ. με την μεγαλύτερη περίοδο. Οι υπολογισμοί γίνονται με την τιμή κλεισίματος.

Κανόνας

Αν Ε.Μ.Α. ($v1$) < Ε.Μ.Α. ($v2$) τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η μικρή περίοδος του Ε.Κ.Μ., από 0-35 με βήμα 2

$v2$: η μεγαλύτερη περίοδος του Ε.Κ.Μ., από 0-35 με βήμα 2 & $v2 > v1$

Κανόνας 7.

Κλίση γραμμής παλινδρόμησης για Αγορά

Χρησιμοποιείται η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης και ο συντελεστής σταθερότητας. Αν η κλίση είναι θετική για την περίοδο που εξετάζουμε και η συντελεστής σταθερότητας είναι μεγαλύτερος από μια τιμή που προκύπτει από τον πίνακα της κατανομής Student, τότε το σήμα θεωρείται στατιστικά αποδεκτό και προτείνεται Αγορά. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η τιμή Κλεισίματος.

Κανόνας

Αν Κλίση ($v1$) > 0 και $r^2 \geq$ “κρίσιμη” τιμή τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η χρονική περίοδος που εξετάζεται, από 3-35 με βήμα 1

“κρίσιμη” τιμή : από τον πίνακα κατανομής Student. Εξαρτάται από το $v1$

Κανόνας 8.

Κλίση γραμμής παλινδρόμησης για Πώληση

Χρησιμοποιείται η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης και ο συντελεστής σταθερότητας. Αν η κλίση είναι αρνητική για την περίοδο που εξετάζουμε και η συντελεστής σταθερότητας είναι μεγαλύτερος από μια τιμή που προκύπτει από τον πίνακα της κατανομής Student, τότε το σήμα θεωρείται στατιστικά αποδεκτό και προτείνεται Πώληση. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η τιμή Κλεισίματος.

Κανόνας

Αν Κλίση ($v1$) < 0 και $r^2 \geq$ “κρίσιμη” τιμή τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η χρονική περίοδος που εξετάζεται, από 0-35 με βήμα 2

“κρίσιμη” τιμή : από τον πίνακα κατανομής Student. Εξαρτάται από το $v1$

Κανόνας 9.

Stochastic RSI για Αγορά

Ο Stochastic RSI χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ανοδικής τάσης.

Κανόνας

Αν Stochastic RSI ($v1, v2$) > $v3$ και Stochastic RSI ($v1, v2$) $\leq v3$ χθές, τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

$v1$: η χρονική περίοδος που εξετάζεται, από 1-35 με βήμα 2

$v2$: οι μέρες πίσω για τον υπολογισμό των υψηλότερων και χαμηλότερων τιμών του RSI, από 0-14 με βήμα 1

$v3$: μια οριακή τιμή από 0 έως 1

Κανόνας 10.

Stochastic RSI για Πώληση

Ο Stochastic RSI χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ανοδικής τάσης.

Κανόνας

Αν Stochastic RSI ($v1, v2$) < $v3$ και Stochastic RSI ($v1, v2$) $\geq v3$ χθές, τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

v1: η χρονική περίοδος που εξετάζεται, από 0-35 με βήμα 2

v2 : οι μέρες πίσω για τον υπολογισμό των υψηλότερων και χαμηλότερων τιμών του RSI

v3 : μια οριακή τιμή από 0 έως 1

Κανόνας 11.

Διάσπαση Τριγωνικού Σχηματισμού για Αγορά

Αν διασπαστεί η άνω πλευρά του τριγώνου τότε δίνεται σήμα Αγοράς.

Χρησιμοποιείται και ο δείκτης Average True Range

Κανόνας

Αν το Υψηλότερο[Υψηλού, v1+v2] > Υψηλότερου[Υψηλού,v2] και Χαμηλότερο[Χαμηλού, v1+v2] < Χαμηλότερου [Χαμηλού, v2] και Κλείσιμο > Υψηλότερο[Υψηλό,v2] + v3 * A.T.R.(v4), τότε Αγόρασε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

v1: η μεγαλύτερη χρονική περίοδος, από 0-50 με βήμα 2

v2 : η μικρότερη χρονική περίοδος, από 0-50 με βήμα 2 και v2<v1

v3 : ένας πολλαπλασιαστής από 0 έως 5

v4 : η χρονική περίοδος για τον υπολογισμό του A.T.R. από 0-50 με βήμα 2.

Κανόνας 12.

Διάσπαση Τριγωνικού Σχηματισμού για Πώληση

Αν διασπαστεί η κάτω πλευρά του τριγώνου τότε δίνεται σήμα Πώλησης.

Χρησιμοποιείται και ο δείκτης Average True Range

Κανόνας

Αν το Υψηλότερο[Υψηλού, v1+v2] > Υψηλότερου[Υψηλού,v2] και Χαμηλότερο[Χαμηλού, v1+v2] < Χαμηλότερου [Χαμηλού, v2] και Κλείσιμο < Χαμηλότερου[Χαμηλό,v2] - v3 * A.T.R.(v4), τότε Πούλησε στο Άνοιγμα της επόμενης μέρας.

Όπου,

-
- v_1 : η μεγαλύτερη χρονική περίοδος, από 0-50 με βήμα 2
- v_2 : η μικρότερη χρονική περίοδος, από 0-50 με βήμα 2 και $v_2 < v_1$
- v_3 : ένας πολλαπλασιαστής από 0 έως 5
- v_4 : η χρονική περίοδος για τον υπολογισμό του A.T.R. από 0-50 με βήμα 2.

5. Υλοποίηση

Η υλοποίηση της παρούσας εφαρμογής έγινε στη γλώσσα προγραμματισμού της Microsoft, Visual Basic 6. Για την αποφυγή προβλημάτων συμβατότητας χρησιμοποιήθηκαν controls μόνο της Microsoft για το περιβάλλον ανάπτυξης Visual Studio 6. Για τη διαχείριση των λειτουργιών του Εξελικτικού Αλγορίθμου χρησιμοποιήθηκε το control optiGA της εταιρίας Optiwater. Αυτό μπορεί να διαχειριστεί αναπαραστάσεις σε δυαδική, ακέραια και δεκαδική μορφή. Χειρίζεται ικανοποιητικά όλους τους τελεστές ενός Ε.Α. Επικοινωνεί με το περιβάλλον της γλώσσας με την event function FitnessFunction(), απ' όπου παίρνει την τιμή της συνάρτησης αξιολόγησης για κάθε μέλος του πληθυσμού και με την GenerationReport(), όπου επιστρέφει την καλύτερη τιμή της συνάρτησης αξιολόγησης, τον χρόνο από την έναρξη επίλυσης του προβλήματος, τον αριθμό της γενιάς και την Μέση Τιμή της Συνάρτησης Αξιολόγησης για τον πληθυσμό. Οι παράμετροι του Ε.Α. μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.

5.1 Οι παράμετροι του Εξελικτικού Αλγορίθμου

5.1.1 Αναπαράσταση.

Για την αναπαράσταση των χρωμοσωμάτων του συγκεκριμένου προβλήματος επιλέχθηκε ο τρόπος της ακέραιας μορφής με τιμές από 0 έως 999. Κάθε φορά που χρειάζεται να γίνει η “μετάφραση” ενός κανόνα καλείται μια συνάρτηση μετατροπής που μετατρέπει τον αρχικό αριθμό σε μια αποδεκτή τιμή για τον κανόνα ώστε να προκύπτουν ορθοί κανόνες. Κάθε γονίδιο έχει σταθερό μήκος 5 αριθμών. Από αυτούς, ο πρώτος αναφέρεται στον αριθμό του κανόνα και οι υπόλοιποι στις παραμέτρους του κανόνα αυτού. Αν κάποιος κανόνας χρησιμοποιεί λιγότερους από τέσσερις αριθμούς τότε οι υπόλοιποι αγνοούνται. Για παράδειγμα η παράσταση :

Μετάλλαξη (mutation)

Τα σημεία που εφαρμόζεται μετάλλαξη επιλέγονται με τυχαίο τρόπο όπως με τυχαίο τρόπο επιλέγεται και η νέα τιμή. Οι δοκιμές έδειξαν ότι γενικά με μικρές τιμές επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα. Ο λόγος ίσως να οφείλεται και στο γεγονός ότι αν αλλάξει ο αριθμός που αντιστοιχεί στον αριθμό κανόνα τότε και τα υπόλοιπα τέσσερα νούμερα, αν και δεν θα έχουν αλλάξει, θα ερμηνεύονται διαφορετικά.

Οι δοκιμές απέδειξαν ότι η προσαρμογή των πιθανοτήτων των γενετικών τελεστών, με βάση τον βαθμό σύγκλισης του πληθυσμού, βελτιώνει την απόδοση του αλγορίθμου. Έτσι, σε κάθε πληθυσμό υπολογίζεται το ποσοστό των ατόμων που συγκλίνουν προς το καλύτερο μέλος του πληθυσμού. Αν το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο από μια καθορισμένη από το χρήστη τιμή, τότε η πιθανότητα ανασυνδυασμού μειώνεται ενώ αυξάνεται η πιθανότητα της μετάλλαξης. Το αντίστροφο ισχύει όταν το ποσοστό των ατόμων που συγκλίνει είναι μικρότερο από μια άλλη τιμή. Ο χρήστης επιλέγει το ποσοστό για σύγκλιση, απόκλιση, το μέτρο σύγκλισης καθώς και το βήμα μεταβολής της πιθανότητας για κάθε γενετικό τελεστή. Καλύτερες τιμές για το βήμα μεταβολής φαίνεται να είναι 0,1 για το ποσοστό ανασυνδυασμού και 0,05 για το ποσοστό μετάλλαξης.

5.1.3 Μηχανισμός επιλογής

Η επιλογή του μηχανισμού επιλογής γίνεται από το χρήστη. Ύστερα από δοκιμές, από τους προτεινόμενους τρόπος (top mate, roulette wheel, roulette ranking, tournament & random) χειρότερος αποδείχθηκε ο τυχαίος ενώ συγκριτικά καλύτερος ο τρόπος επιλογής με τουρνουά.

5.1.4 Τοπικά βέλτιστα

Όταν η καλύτερη τιμή της συνάρτησης ποιότητας δεν έχει αλλάξει για έναν αριθμό γενεών που ορίζεται από το χρήστη, τότε υπάρχει πιθανότητα ο αλγόριθμος να βρέθηκε σε τοπικό βέλτιστο. Είναι ένα συνηθισμένο πρόβλημα στους Ε.Α. και ειδικά στην παρούσα εφαρμογή, όπου δεν γνωρίζουμε την τιμή της βέλτιστης λύσης, θα πρέπει να αναζητούμε διαρκώς καλύτερες λύσεις. Στην προσπάθεια αυτή επιχειρείται

η επαναρχικοποίηση του μισού πληθυσμού διατηρώντας τα καλύτερα μέλη. Ύστερα από δοκιμές επιλέχθηκε σαν καλύτερος τρόπος, όχι η τυχαία μεταβολή των τιμών αλλά μια τυχαία μεταβολή κοντά στις τιμές των καλύτερων λύσεων.

5.1.5 Αρχεία ιστορικών τιμών

Τα αρχεία ιστορικών τιμών των μετοχών είναι σε μορφή .txt, είναι comma delimited και δημιουργήθηκαν με export από το Metastock, το δημοφιλέστερο πρόγραμμα Τεχνικής Ανάλυσης. Η γραμμογράφηση των αρχείων είναι:

<όνομα μετοχής>, <ημερομηνία>, <άνοιγμα>, <υψηλό>, <χαμηλό>, <κλείσιμο>, <όγκος>

5.1.6 Αποθήκευση καλύτερων λύσεων

Με επιλογή του χρήστη, το πρόγραμμα αποθηκεύει τις καλύτερες λύσεις που δημιουργήθηκαν στην πορεία εκτέλεσης του προγράμματος. Μερικές από αυτές μπορεί να βρέθηκαν και μέσα στον ίδιο πληθυσμό. Οι λύσεις αυτές χρειάζονται γιατί μερικές φορές η καλύτερη λύση μπορεί να μην είναι πρακτικά αποτελεσματική.

5.1.7 Υπολογισμός της τιμής της Συνάρτησης Ποιότητας (Fitness Function)

Η συνάρτηση ποιότητας υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$Fitness = (Κέρδος - Ζημία) * \text{ποσοστό κερδισμένων πράξεων}$, όπου:

Κέρδος = Συνολικό κέρδος – Μεγαλύτερο Κέρδος Πράξης

Ζημία = Συνολική Ζημία

ποσοστό κερδισμένων πράξεων = $(\text{Αριθμός κερδισμένων πράξεων} - \text{sqrt}(\text{αριθ. Κερδ.πράξεων})) / \text{Συνολικό αριθμό Πράξεων}$.

Η διαδικασία υπολογισμού της τιμής της συνάρτησης ποιότητας είναι η εξής:

Όποτε χρειάζεται να υπολογιστεί η τιμή αυτή καλείται η fitnessFunction (), η οποία επιστρέφει έναν πίνακα με τις ακέραιες τιμές του ατόμου. Το πλήθος των

αριθμών είναι σταθερό, καθορίζεται στην αρχή της εκτέλεσης του προγράμματος και είναι ίσο με τον συνολικό αριθμό των κανόνων $\times 5$. Ο αριθμός των κανόνων για κάθε πράξη καθορίζεται από το χρήστη και παίρνει τιμές από 0 έως 5 (πρακτικά, τιμές μεγαλύτερες από 3 προσθέτουν πολυπλοκότητα στο πρόβλημα χωρίς να βελτιώνουν το αναμενόμενο αποτέλεσμα). Έτσι, αν θέλω για πράξη Αγοράς να έχω τρεις (3) κανόνες, για πράξη Πώλησης να έχω δύο (2) κανόνες, για θέση Short τρεις (3) κανόνες και για θέση Exit Short δύο (2) κανόνες, τότε το άτομο θα αποτελείται από $(3+2+3+2) * 5 = 50$ αριθμούς, ο καθένας από τους οποίους θα έχει μια τιμή από 0 έως 999. Η πρώτη πεντάδα αριθμών, που είναι μέρος ενός εκ' των τριών κανόνων για Αγορά, μετατρέπεται στον αντίστοιχο κανόνα με βάση τον πρώτο αριθμό της πεντάδας. Από τον κανόνα αυτόν καλείται μια συνάρτηση αναγωγής τιμών (Rescale ή BiasedScale) που μετατρέπει και τους υπόλοιπους αριθμούς σε αποδεκτές τιμές για τον κανόνα, δηλαδή στο εύρος τιμών που χρειάζεται για να υπολογιστούν οι τιμές των συναρτήσεων που χρησιμοποιεί ο κανόνας.

Η κάθε συνάρτηση διατρέχει τα δεδομένα του ιστορικού αρχείου τιμών και επιστρέφει έναν πίνακα με τις τιμές της συνάρτησης. Ο κανόνας στη συνέχεια διατρέχει πάλι το αρχείο τιμών και με βάση τις τιμές των συναρτήσεων που υπολογίστηκαν πριν, τις τιμές του αρχείου και τους λογικούς τελεστές που χρησιμοποιεί γεμίζει έναν πίνακα με σήματα Αγορών και Πωλήσεων. Αυτό επαναλαμβάνεται για κάθε πεντάδα αριθμών, δηλαδή για κάθε κανόνα. Μόλις τελειώσει η επεξεργασία των κανόνων ο πίνακας με όλα τα σήματα επεξεργάζεται και επιστρέφει έναν άλλο πίνακα με τις αποδεκτές πράξεις Αγοράς / Πώλησης. Τότε καλείται η διαδικασία TS (Trading Simulation), που με βάση τα σήματα αυτά υπολογίζει μια σειρά από μεταβλητές (όπως αριθμό πράξεων, συνολικό κέρδος, ζημία, μέγιστη ζημία πράξης, κλπ.) και από αυτές επιστρέφει τελικά την τιμή της συνάρτησης ποιότητας.

Κατά την εκτέλεση του προγράμματος ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί την πορεία εξέλιξης του πληθυσμού και της καλύτερης έως τώρα λύσης σε διαφορετικά διαγράμματα. Ακόμη, μπορεί να δει λεπτομέρειες που αφορούν την καλύτερη λύση καθώς και όποιας άλλης επιθυμεί από τις καλύτερες έως τώρα και την χρονική διάρκεια από την έναρξη επίλυσης του προβλήματος.

6. Αποτελέσματα – Συμπεράσματα

6.1 Γενικά

Στην προσπάθεια εύρεσης των καλύτερων παραμέτρων του αλγορίθμου που θα βελτιώναν την αποτελεσματικότητά του, έγιναν πολλές εκτελέσεις τις εφαρμογής. Κύριος στόχος ήταν να βρεθούν οι καλύτερες τιμές πιθανοτήτων για τις μεταλλάξεις και τους ανασυνδυασμούς, να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης της προσαρμογής (adaptive) των γενετικών τελεστών και τέλος να ελεγχθεί ο τρόπος ανασυνδυασμού. Έτσι έγιναν διαφορετικές εκτελέσεις διατηρώντας όλες τις άλλες παραμέτρους αμετάβλητες εκτός της παραμέτρου που μας ενδιέφερε και που σε κάθε σύνολο εκτελέσεων είχε διαφορετικές τιμές.

6.2 Οι Δοκιμές

Σε όλες τις δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του Γενικού Δείκτη του Χρηματιστηρίου Αξιών Αθηνών από 2-1-2000 έως 8-2-2002. Το διάγραμμα τιμών του Γ.Δ. για την εξεταζόμενη περίοδο φαίνεται στο παράρτημα. Ο αριθμός των κανόνων διατηρήθηκε σταθερός και είναι δύο (2) κανόνες για κάθε θέση, συνολικά 8. Σαν κριτήριο τερματισμού χρησιμοποιήθηκαν οι 400 γενιές χωρίς μεταβολή της τιμής της συνάρτησης ποιότητας ή 2000 επαναλήψεις. Το μέγεθος του πληθυσμού ήταν πάντα 150.

- **Σημεία κοπής**

Οι δυνατές επιλογές είναι ενός σημείου, δύο σημείων και ενιαίος (uniform). Για κάθε επιλογή έγιναν 10 εκτελέσεις και χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω παράμετροι.

Adaptive : Yes, με αρχικές τιμές:

Πιθανότητας Ανασυνδυασμών : 0,9

Πιθανότητας Μετάλλαξης 0,1

βήμα μεταβολής 0,5 για ανασυνδυασμό και 0,2 για μετάλλαξη,

ποσοστό ατόμων του πληθυσμού που συγκλίνουν : 50 %,

ποσοστό ατόμων του πληθυσμού που αποκλίνουν : 20 %,

μέτρο σύγκλισης : 10 %.

Τρόπος επιλογής: *Roulette Rank*

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Οι αναλυτικοί πίνακες βρίσκονται στο Παράρτημα και στη δισκέτα που συνοδεύει την εργασία.

<i>Σημεία Κοπήs</i>	Τιμή Fitness			<i>Χρόνος</i>
	<i>Καλύτερη</i>	<i>Μέση</i>	<i>Χειρότερη</i>	
1	3478	1902	714	15:34
2	3197	1866	888	16:04
Uniform	3808	1803	727	15:24

- ***Δοκιμές με σταθερές τιμές πιθανότητας μετάλλαξης και ανασυνδυασμού.***

Οι υπόλοιπες ρυθμίσεις ήταν οι εξής:

Adaptive : Όχι.

Τρόπος επιλογής: *Roulette Rank*

Σημεία κοπήs : 2

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Οι αναλυτικοί πίνακες βρίσκονται στο Παράρτημα και στη δισκέτα που συνοδεύει την εργασία.

Τιμές Τελεστών	Τιμή Fitness			Χρόνος
	Καλύτερη	Μέση	Χειρότερη	
Μετάλλαξης: 0,05 Ανασυνδυασμού: 0.9	3567	2144	1012	20:17
Μετάλλαξης: 0,10 Ανασυνδυασμού: 0.9	3004	1891	776	18:43
Μετάλλαξης: 0,15 Ανασυνδυασμού: 0.9	3284	2125	1150	16:28

- Δοκιμές με διάφορες παραμέτρους για τα την προσαρμογή των γενετικών τελεστών.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Οι αναλυτικοί πίνακες βρίσκονται στο Παράρτημα και στη δισκέτα που συνοδεύει την εργασία.

Τιμές Τελεστών	Τιμή Fitness			Χρόνος
	Καλύτερη	Μέση	Χειρότερη	
Σύγκλιση 70% Απόκλιση 40% Μέτρο Σύγκλισης 20%	2562	19590	776	15:57
Σύγκλιση 70% Απόκλιση 40% Μέτρο Σύγκλισης 10%	3638	1996	825	16:10
Σύγκλιση 70% Απόκλιση 30% Μέτρο Σύγκλισης 10%	2897	1915	856	17:45
Σύγκλιση 60% Απόκλιση 20% Μέτρο Σύγκλισης 10%	3831	1890	825	17:49

6.3 Συμπεράσματα από τις εκτελέσεις του προγράμματος

Επειδή δεν ξέρουμε την τιμή της βέλτιστης λύσης τα αποτελέσματα των μετρήσεων αξιολογούνται μόνο συγκριτικά.

Η χρήση προσαρμοσμένων τελεστών έδωσε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Αυτό θεωρείται λογικό γιατί οι απαιτήσεις για τις τιμές των τελεστών μεταβάλλονται

κατά την πορεία της εξέλιξης. Η δυνατότητα μεταβολής των τιμών αυτών από το χρήστη κατά τη διάρκεια της εξέλιξης φαίνεται να βελτιώνει ακόμη περισσότερο την απόδοση του αλγορίθμου.

Οι τιμές των ποσοστών μετάλλαξης διατηρούνται γενικά σε χαμηλές τιμές και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αν μεταβληθεί τιμή που αναπαριστά κανόνα, τότε και τα τέσσερα επόμενα νούμερα μεταφράζονται διαφορετικά που στην ουσία είναι σαν να άλλαξε η τιμή τους. Γενικά για τη μετάλλαξη βρίσκονται στην περιοχή του 0,1 και κάτω και για τον ανασυνδυασμό γύρω στο 0,90. Στην αρχή της εξέλιξης παρατηρήθηκαν μεγάλες τιμές στην πιθανότητα μετάλλαξης και αυτό είναι λογικό καθώς τότε η ανάγκη εξερεύνησης του χώρου λύσεων είναι μεγαλύτερη ενώ με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η ανάγκη εκμετάλλευσης της αποκτούμενης γνώσης.

Η επαναρχικοποίηση, που γίνεται για να ξεπεραστεί το μεγάλο πρόβλημα του εγκλωβισμού σε τοπικό βέλτιστο, γίνεται στο μισό πληθυσμό ύστερα από το όριο κολλημένων γενεών παίρνοντας είτε τυχαίες τιμές γύρω από τις μέσες τιμές είτε τιμές κοντά στα άκρα, είτε εντελώς τυχαίες. Η επιλογή με τυχαίες τιμές γύρω από τις μέσες τιμές φαίνεται να δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

Για τους τύπους επιλογής τα χειρότερα αποτελέσματα τα έδωσε η τυχαία επιλογή και κάπως καλύτερα η επιλογή Roulette Rank.

Τέλος, σε κάθε περίπτωση απαιτούνται πάρα πολλές εκτελέσεις για να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα και αυτό δεν μπορεί να γίνει στο πλαίσιο της εργασίας αυτής γιατί η διαδικασία εξέλιξης είναι αρκετά χρονοβόρα. Σε μερικές δοκιμές που έγιναν με χρόνο εκτέλεσης πάρα πολλές ώρες δεν βρέθηκαν σημαντικά καλύτερες λύσεις

Οι καλύτερες λύσεις έδωσαν περίπου 6-8 πράξεις το χρόνο, γεγονός που ήταν αναμενόμενο για δεδομένα End of Day και για βραχυμεσοπρόθεσμο ορίζοντα επένδυσης, που ήταν και ο αρχικός στόχος στη σχεδίαση της εφαρμογής.

6.4 Προτάσεις βελτίωσης

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της δημιουργίας αποτελεσματικών επενδυτικών μοντέλων μπορούν να αναφερθούν πάρα πολλές προτάσεις, από τις

οποίες άλλες μπορούν να υλοποιηθούν σχετικά εύκολα ενώ άλλες πολύ δυσκολότερα. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

Αντιμετώπιση του time frame

Το time frame είναι η χρονική μονάδα στην οποία εξάγονται οι τιμές για επεξεργασία. Είναι ίσως το σημαντικότερο πρόβλημα στο χώρο και έχει να κάνει με την “απόσταση” που επεξεργαζόμαστε τα δεδομένα. Συνήθως χρησιμοποιούνται αρχαία τιμών End Of Day (EOD), δηλαδή τιμές που προκύπτουν στο κλείσιμο της ημέρας. Το time frame μπορεί να είναι από πολύ μικρό, όπως ανά πράξη, ανά 1’, 5’ κλπ. έως αρκετά μεγάλο όπως ανά εβδομάδα, μήνα κλπ. Η επιλογή του κατάλληλου time frame εξαρτάται από το πόσο συχνά πρακτικά μπορούμε να κάνουμε πράξεις, τον χρονικό ορίζοντα της επένδυσης κ.ά. Παρακολουθώντας την πορεία των τιμών από πολύ κοντά θα εντοπίζουμε πιο γρήγορα τα σήματα Αγοράς και Πώλησης, μοιραία όμως τα δεδομένα θα έχουν περισσότερο θόρυβο με αποτέλεσμα να κάνουμε περισσότερα λάθη. Αντίθετα, παρακολουθώντας την μεταβολή των τιμών σε εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση, αυτόματα μειώνουμε το θόρυβο στο δεδομένα αλλά επιμηκύνουμε τον χρονικό ορίζοντα της επένδυσης και οι πράξεις μας θα γίνονται με αρκετή καθυστέρηση σε σχέση με τις καλύτερες τιμές Αγοράς / Πώλησης. Ζητούμενο είναι να βρεθεί το βέλτιστο time frame ώστε να παίρνουμε έγκαιρα τα σήματα και να έχουμε τα λιγότερα λάθη.

Κανόνες διαχείρισης χαρτοφυλακίου (Money Management)

Με την έννοια διαχείριση χαρτοφυλακίου εννοούμε γενικά, το ποσοστό του διαθέσιμου κεφαλαίου που θα επενδύουμε κάθε φορά λαμβάνοντας υπόψη κανόνες διασποράς του κινδύνου και ειδικά μοντέλα εκτίμησης ρίσκου και απόδοσης. Επίσης, μπορούμε να εφαρμόσουμε σχετικά απλές τεχνικές προστασίας του κεφαλαίου (stop loss) και προστασίας των κερδών (trailing stops). Μελέτες έχουν δείξει ότι μια αποτελεσματική στρατηγική διαχείρισης ενός χαρτοφυλακίου μπορεί να βελτιώσει δραματικά την απόδοση ενός μέτριου επενδυτικού μοντέλου αλλά το αντίστροφο.

Σχέσεις μεταξύ κανόνων

Μπορούμε να εισάγουμε κανόνες που δεν θα δίνουν σήματα Αγορών / Πωλήσεων αλλά θα περιγράφουν απλά την κατάσταση της Αγοράς και κανόνες που θα ορίζουν πότε τα σήματα θα είναι αποδεκτά. Για παράδειγμα, αν υπάρχει κανόνας που να ορίζει αν η αγορά είναι σε ανοδική τάση, τότε να αγνοούνται όλα τα σήματα πώλησης έως ότου ο κανόνας που ορίζει την ανοδική τάση μεταβληθεί.

Νέοι κανόνες

Επειδή υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός δεικτών Τεχνικής Ανάλυσης που συνεχώς διευρύνεται, θα μπορούσαμε να εμπλουτίσουμε την εφαρμογή με νέους κανόνες που χρησιμοποιούν άλλους δείκτες. Ακόμη, θα μπορούσαμε να συνδυάσουμε τη χρήση κανόνων με δείκτες Τεχνικής Ανάλυσης με άλλους κανόνες που δεν θα αναφέρονται σε ιστορικά αρχεία τιμών αλλά θα χρησιμοποιούν μακροοικονομικά και μικροοικονομικά δεδομένα. (π.χ. πληθωρισμός, επιτόκια, θεμελιώδεις δείκτες όπως P/E, P/BV, G/P κλπ.)

Η Συνάρτηση Ποιότητας

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλοί διαφορετικοί τρόποι για τον υπολογισμό της τιμής της συνάρτησης ποιότητας από πολύ απλοί έως εξαιρετικά σύνθετοι. Ένας από αυτούς θα μπορούσε να είναι και η στατιστική αξιολόγηση της βιωσιμότητας της λύσης, με την αξιολόγηση να γίνεται χρησιμοποιώντας δεδομένα τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της αξιολόγησης της λύσης (out of sample data). Μια τέτοια προσέγγιση θα μεγάλωνε σημαντικά το χρόνο εκτέλεσης γιατί θα απαιτούσε πολύ περισσότερους υπολογισμούς.

Τέλος, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κανόνες για τον εντοπισμό γεωμετρικών σχηματισμών στο διάγραμμα τιμών, όπως διασπάσεις γραμμών τάσης, στήριξης και αντίστασης καθώς και άλλων σχηματισμών, όπως candlesticks, που η εμπειρία δείχνει ότι είναι αποτελεσματικοί.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Franklin Allen, Risto Karjalainen, “*Using genetic algorithms to find technical trading rules*”, Journal of Financial Economics, 51 (1999) 245-271.
2. Michel Dacorogna, “*The Main Ingredients of Simple Trading Models for Use in Genetic Algorithms Optimization*”, 1993
3. Kumar Mehta, “*Combining Rules Learnt Using Genetic Algorithms for Financial Forecasting*”
4. Adrian Drake, “*Genetic Algorithms in Economics and Finance*”
5. Clarence Tan, “*Genetic Algorithms in Finance*”
6. J.O.Katz, “*Developing Systems With A Rule-Based Approach*”, Stocks & Commodities, V15:1 (26-34)
7. J.O.Katz, “*Genetic Algorithms and Rule-Based Systems*”, Stocks & Commodities, V15:2 (73-82)
8. Li, Tsang, “*Improving Technical Analysis Predictions: An Application of Genetic Programming*”
9. Mark Howard, “*The Evolution of Trading Rules in an Artificial Stock Market*”, 1999
10. Hellstrom, Holmstrom, “*Predicting the Stock Market*”, 1998
11. Hong, Wang, Chen, “*Simultaneously Applying Multiple Mutation Operators in Genetic Algorithms*”, Journal of Heuristics, 6: 439-455 (2000)
12. Eiben, Hinterding, Michalewicz, “*Parameter Control in Evolutionary Algorithms*”
13. Katz, McCormick, “*On Developing Trading Systems*”, Stocks & Commodities, V14:11 (476-482)
14. Katz, McCormick, “*A Rule-Based Approach to Trading*”, Stocks & Commodities, V14:12 (509-514)
15. Michael de la Maza, “*A Genetic Algorithm System for Predicting the OEX*”
16. Δημ. Δημόπουλος, “*Τεχνική Ανάλυση – Ένα πρακτικό εγχειρίδιο*”
17. Spears, De Jong, Baeck, Fogel, Garis, “*An Overview of Evolutionary Computation*”
18. Blake LeBaron, “*Evolution and Time Horizons in an Agent Based Stock Market*”, 2000
19. “*The Magazine of Artificial Intelligence in FINANCE*”, Spring 1995
20. Mike Flanagan, “*Developing an Expert System to Forecast the Stock Market*”

21. Franco Buseti, “Genetic Algorithms Overview”
22. S.R. Mangano, “A Genetic Algorithm White Paper”
23. J. Clarck, J. Webb, “Microsoft Visual Basic 6.0, Η Εργαλειοθήκη του Προγραμματιστή”, ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ – Microsoft Press, 1998
24. Χ. Φραγκάκης, “Στατιστική, Μέθοδοι – Εφαρμογές”, 1982

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄ – ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ

Σε αυτό το παράρτημα περιγράφονται οι λειτουργίες του προγράμματος και οι ενέργειες που απαιτούνται για την χρήση του. Η εφαρμογή αυτή έχει τον τίτλο GA_XAA , τρέχει σε περιβάλλον Win32 και έχει άμεση βοήθεια (online help) σε κάθε σημείο της.

A1. Απαιτήσεις

Λόγο της φύσης του προβλήματος το πρόγραμμα εκτελεί πάρα πολλούς υπολογισμούς. Για το λόγο αυτό η ταχύτητα του επεξεργαστή είναι καθοριστικός παράγοντας και επηρεάζει καθοριστικά το χρόνο εκτέλεσης της εφαρμογής. Για την καλύτερη εμφάνιση προτείνεται ανάλυση 800x600. Οι δοκιμές έγιναν σε Pentium 600 στα 600 MHz με 128 MB Ram.

A2. Η φιλοσοφία της εφαρμογής

Συνοπτικά, η λειτουργία του προγράμματος μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

- Ο χρήστης ξεκινά τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου ή φορτώνει τα δεδομένα ενός υπάρχοντος. Για τη δημιουργία νέου, επιλέγει μια μετοχή από το directory \data και ορίζει τη χρονική περίοδο που θέλει να μελετήσει.
- Καθορίζει τις παραμέτρους του προβλήματος. Αυτές είναι:
 - Παράμετροι εξέλιξης, όπως μέγεθος πληθυσμού, τύπος ανασυνδυασμού, τύπος επιλογής, πιθανότητες μετάλλαξης και ανασυνδυασμού, κριτήριο τερματισμού, δυνατότητα αυτόματος προσαρμογής, κριτήριο σύγκλισης και αριθμός κολλημένων γενεών.

- Άλλες παράμετροι, όπως πλήθος κανόνων για κάθε επενδυτική θέση (Long, Exit Long, Short, Exit Short) και αρχικό κεφάλαιο.
- Ξεκινά τη διαδικασία εξέλιξης, στη διάρκεια της οποίας εμφανίζονται:
 - Συνοπτική περιγραφή των κυριότερων χαρακτηριστικών της έως τώρα καλύτερης λύσης.
 - Αναλυτική περιγραφή των κανόνων της καλύτερης έως τώρα λύσης.
 - Όλες τις πράξεις και της αποδόσεις τους που δημιούργησε η λύση.
 - Αναλυτικά χαρακτηριστικά της απόδοσης της λύσης.

Ο χρήστης στη διάρκεια της εξέλιξης μπορεί:

- Να παρακολουθεί διαγράμματα με την πορεία της εξέλιξης του πληθυσμού και των καλύτερων λύσεων.
- Να μεταβάλλει μερικές παραμέτρους του αλγορίθμου, όπως τη δυνατότητα προσαρμογής (adaptive), τις πιθανότητες μετάλλαξης και ανασυνδυασμού, το είδος του ανασυνδυασμού και της επιλογής και τέλος το μέγεθος των κολλημένων γενεών.
- Να τερματίσει το πρόγραμμα.

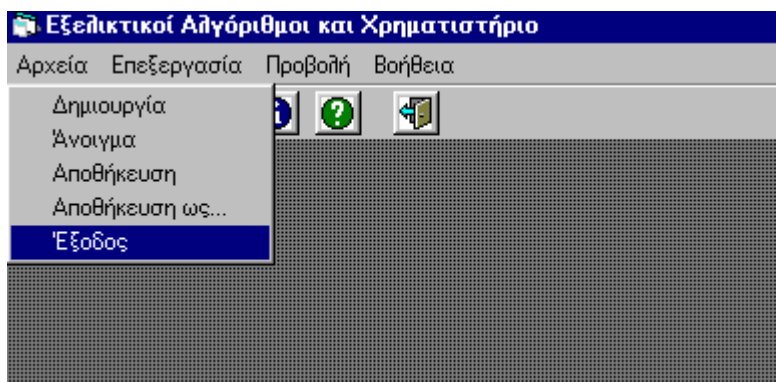
Μετά το τέλος της εξέλιξης μπορεί να αποθηκεύσει τις παραμέτρους και τα αποτελέσματα του μοντέλου. Παράμετροι είναι το όνομα της μετοχής και η χρονική περίοδος που εξετάστηκε, το πλήθος των κανόνων και οι παράμετροι του αλγορίθμου ενώ τα αποτελέσματα είναι η καλύτερη λύση καθώς και οι 20 καλύτερες που βρέθηκαν στην πορεία της εξέλιξης, η αναλυτική περιγραφή των κανόνων της καλύτερης λύσης καθώς και η αναλυτική παρουσίαση των πράξεών της. Όλα αυτά τα στοιχεία μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν από το πρόγραμμα.

A3. Επιλογές “Αρχεία”

Από το σημείο αυτό ο χρήστης μπορεί:

- Να ξεκινήσει τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου (**Αρχεία \ Δημιουργία**)
- Να ανοίξει ένα ήδη υπάρχον μοντέλο (**Αρχεία \ Ανοιγμα**)
- Να αποθηκεύσει όλες τις πληροφορίες που αφορούν το συγκεκριμένο μοντέλο όποια στιγμή επιθυμεί.

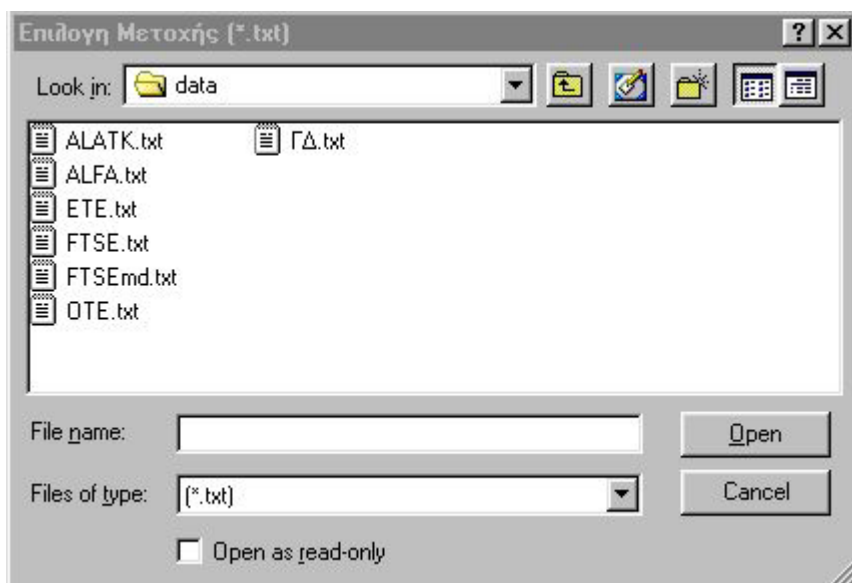
- Να τερματίσει το πρόγραμμα.



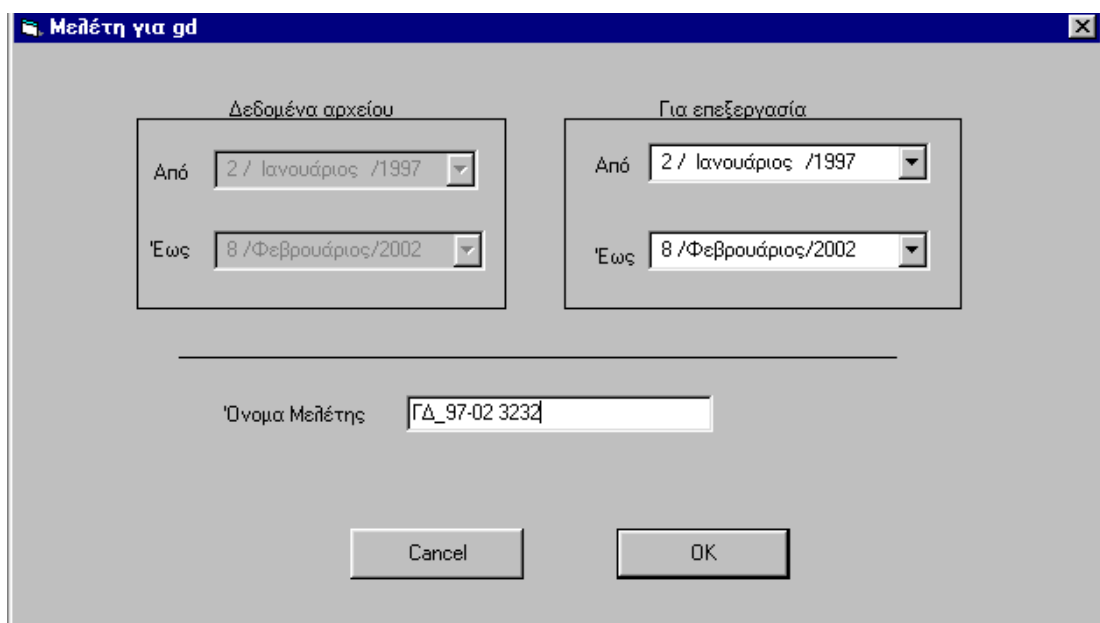
Ειδικότερα, με την επιλογή **Αρχεία | Δημιουργία**, ο χρήστης ξεκινά τη δημιουργία ενός νέου μοντέλου. Στις επόμενες οθόνες θα πρέπει να επιλέξει:

- Τη μετοχή που θα μελετήσει, τη χρονική περίοδο που τον ενδιαφέρει και προαιρετικά να δώσει κάποιο όνομα στο μοντέλο.
- Να ορίσει τις παραμέτρους του μοντέλου.

Με την επιλογή **Δημιουργία** εμφανίζεται αρχικά η παρακάτω οθόνη από όπου ο χρήστης επιλέγει τη μετοχή.



Στη συνέχεια εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη με τις παραμέτρους του αρχείου τιμών.



The screenshot shows a dialog box titled "Μελέτη για gd". It is divided into two main sections: "Δεδομένα αρχείου" (File data) and "Για επεξεργασία" (For processing). Each section contains two date pickers: "Από" (From) and "Έως" (To). Both date pickers in both sections are set to "2 / Ιανουάριος /1997" and "8 / Φεβρουάριος /2002". Below these sections is a text input field labeled "Όνομα Μελέτης" (Study name) containing the text "ΓΔ_97-02 3232". At the bottom of the dialog are two buttons: "Cancel" and "OK".

Στο πλαίσιο “Δεδομένα αρχείου” εμφανίζονται οι ημερομηνίες αρχής και τέλους από το αρχείο τιμών της μετοχής. Στο πλαίσιο “Για επεξεργασία” ο χρήστης ορίζει τη χρονική περίοδο που θέλει να μελετήσει. Προαιρετικά στο σημείο αυτό μπορεί να δώσει ένα όνομα στο μοντέλο και είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευσή του, όποτε ζητηθεί. Με **Cancel** ακυρώνεται η διαδικασία ενώ με **OK** εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη με τις παραμέτρους του μοντέλου.

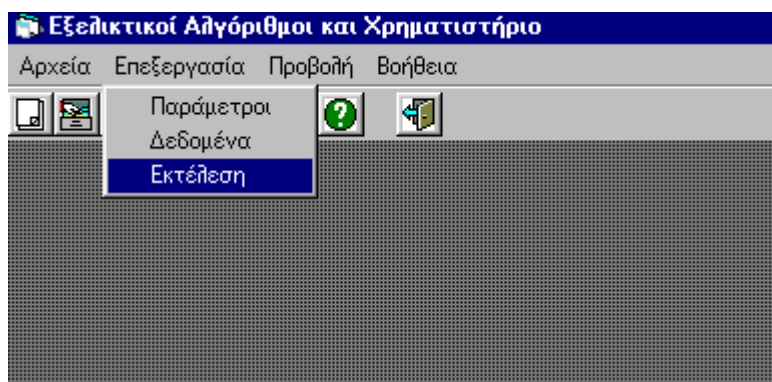
Με την επιλογή **Αρχείο | Άνοιξε** ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί μια προηγούμενη μελέτη που είχε αποθηκεύσει. Ειδικότερα μπορεί:

- Να ξανατρέξει το μοντέλο, περιμένοντας ίσως καλύτερες λύσεις, ακριβώς με τις ίδιες παραμέτρους. Ο πληθυσμός δημιουργείται από την αρχή γιατί δεν υπάρχει η δυνατότητα φόρτωσης αρχικού πληθυσμού. Μπορεί να κρατήσει τις καλύτερες λύσεις που είχαν αποθηκευτεί και να ψάξει για ακόμη καλύτερες ή να τις απορρίψει και να ξεκινήσει από την αρχή.
- Να προβάλει τις καλύτερες λύσεις (**Προβολή | Καλύτερων λύσεων**)

Με την επιλογή **Αρχείο | Αποθήκευση (ως...)** αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που αφορούν το συγκεκριμένο μοντέλο. Η αποθήκευση μπορεί να γίνει κάθε στιγμή. Με την επιλογή **Αποθήκευση ως...** εμφανίζεται ένα πλαίσιο διαλόγου όπου ζητείται το όνομα του μοντέλου για αποθήκευση. Με την επιλογή **Αποθήκευση**, αν δεν έχει δοθεί κάποιο όνομα στο μοντέλο, τότε το πρόγραμμα επιλέγει σαν όνομα του μοντέλου το όνομα της μετοχής. Αν υπάρχει αρχείο με το ίδιο όνομα τότε προσθέτει έναν αύξοντα αριθμό.

Σε κάθε αποθήκευση δημιουργούνται δύο αρχεία, ένα με extension `.res` που περιέχει όλες τις παραμέτρους και τα αποτελέσματα του μοντέλου ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξανατρέξει το μοντέλο, και ένα με το ίδιο όνομα και extension `.bst` που περιέχει την αναλυτική περιγραφή των κανόνων της καλύτερης λύσης, στατιστικά της απόδοσης της καλύτερης λύσης και τις πράξεις αναλυτικά που δημιούργησε αυτή η λύση.

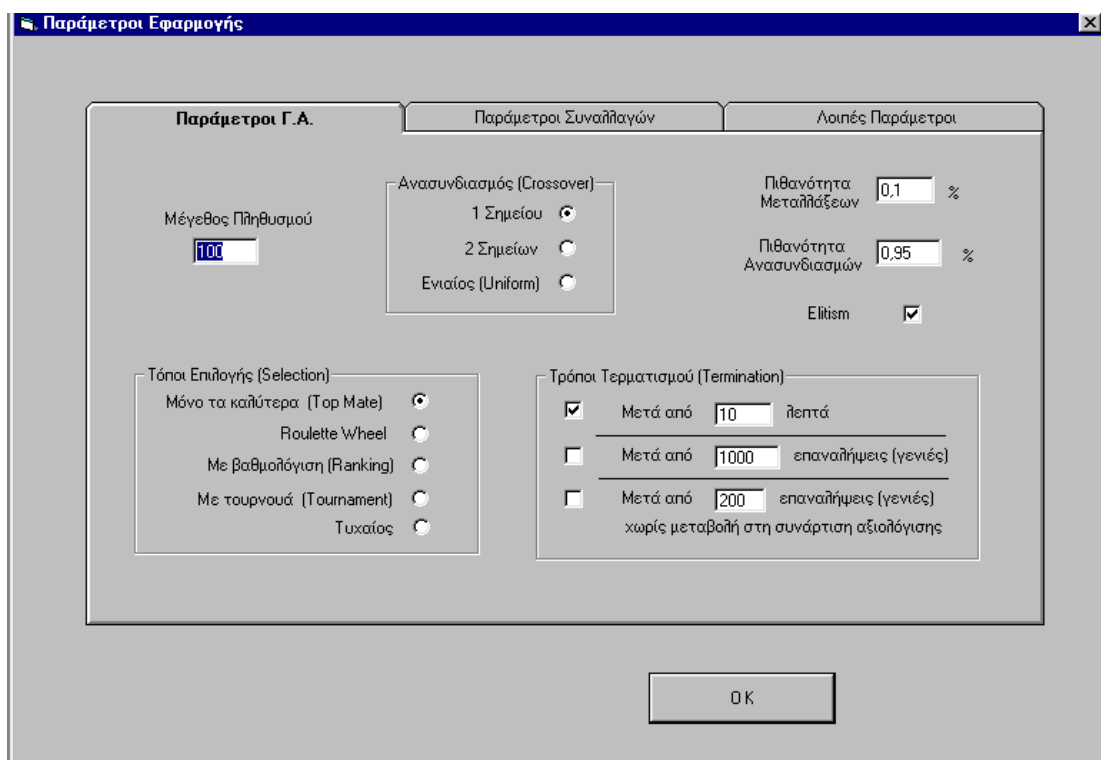
A4. Επιλογές “Επεξεργασία”



Εδώ ο χρήστης μπορεί:

- Να μεταβάλλει τις παραμέτρους του μοντέλου
- Να αλλάζει τη χρονική περίοδο που θέλει να μελετήσει
- Να ξεκινήσει τη διαδικασία εξέλιξης.

Ειδικότερα, με την επιλογή **Επεξεργασία | Παράμετροι** εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη όπου μπορεί να μεταβάλλει όλες τις διαθέσιμες παραμέτρους.



Εδώ ο χρήστης καθορίζει τις παραμέτρους του μοντέλου. Αν έχει ανοιχτεί υπάρχον μοντέλο, τότε εδώ εμφανίζονται οι παράμετροι που είχε το μοντέλο, ενώ αν πρόκειται για δημιουργία νέου εμφανίζονται οι default τιμές του προγράμματος.

Ο πληθυσμός, παίρνει τιμές από 20 έως 500, οι πιθανότητες μετάλλαξης και ανασυνδυασμού από 0 έως 1. Ο τερματισμός μπορεί να γίνει από 1 έως 6000 λεπτά, από 1 έως 50000 επαναλήψεις ή ύστερα από 1 έως 2000 γενιές χωρίς μεταβολή της τιμής της συνάρτησης αξιολόγησης. Μπορεί να επιλεγεί ένα κριτήριο τερματισμού. Αν όμως το κριτήριο αυτό δεν έχει εκπληρωθεί και έχει γίνει ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων, τότε η εξέλιξη τερματίζεται. Όλες οι τιμές ελέγχονται κατά την εισαγωγή τους.

Στο tab "Παράμετροι Συναλλαγών" ορίζουμε το αρχικό κεφάλαιο και τον αριθμό των κανόνων, όπως φαίνεται παρακάτω.

Παράμετροι Εφαρμογής

Παράμετροι Γ.Α. **Παράμετροι Συναλλαγών** Λοιπές Παράμετροι

Αρχικό κεφάλαιο

Αριθμός κανόνων για Αγορά (Μετοχές) / Long (Παράγωγα)

Αριθμός κανόνων για Πώληση (Μετοχές) / Exit Long (Παράγωγα)

Αριθμός κανόνων για Short (Παράγωγα)

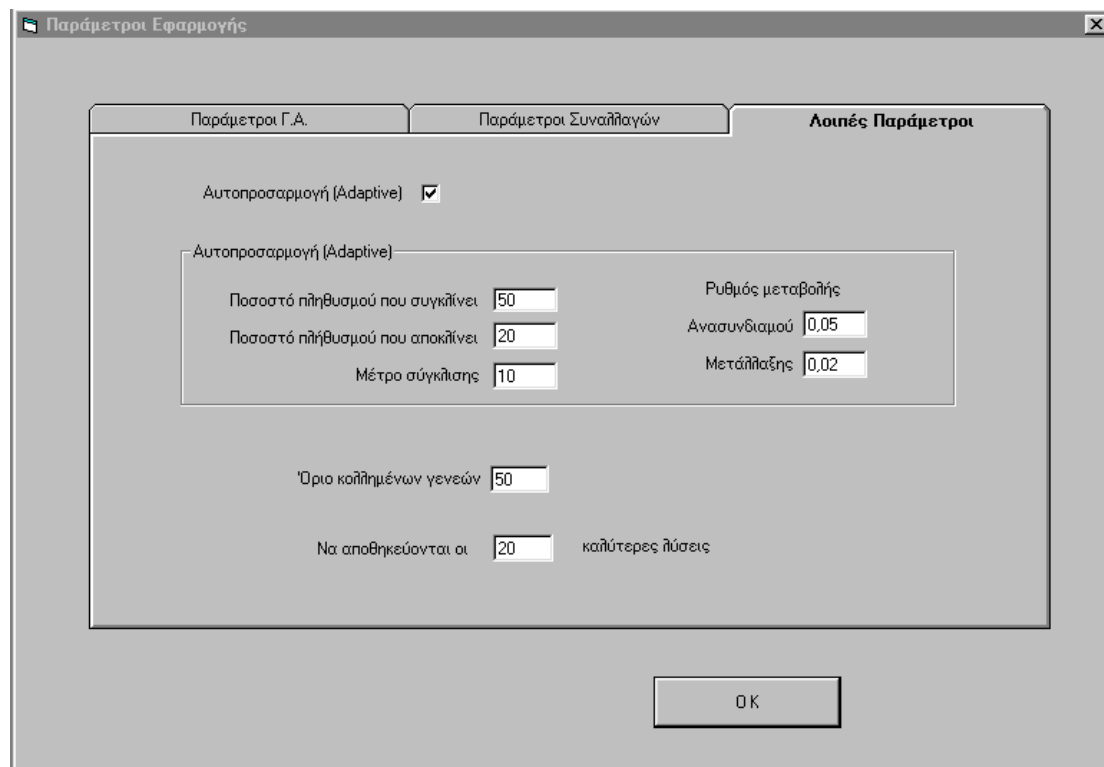
Αριθμός κανόνων για Exit Short (Παράγωγα)

OK

Το αρχικό κεφάλαιο χρησιμοποιείται για λόγους σύγκρισης αλλά κυρίως στη διαδικασία αξιολόγησης γιατί δεν πρέπει οι ζημίες που εμφανίζει κάποιο μοντέλου να υπερβαίνουν το ύψος του κεφαλαίου που είναι διαθέσιμο εκείνη την περίοδο.

Οι κανόνες δεν πρέπει να υπερβαίνουν τους 5 ανά περίπτωση και ορίζονται κατά ζεύγη, δηλαδή αν οριστούν κανόνες για Short πρέπει υποχρεωτικά να οριστεί και ένα πλήθος κανόνων για Exit Short. Πάντα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστο ένας κανόνας για Αγορά (Long).

Στο tab “Λοιπές Παράμετροι” ορίζονται διάφοροι παράμετροι του προγράμματος, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εδώ ορίζεται η δυνατότητα προσαρμογής (adaptive), το όριο των κολλημένων γενεών και ο αριθμός των καλύτερων λύσεων που θα αποθηκεύονται.

Αν επιλεγεί η αυτοπροσαρμογή, τότε εμφανίζεται το frame Αυτοπροσαρμογή από όπου ορίζουμε το ποσοστό του πληθυσμού που θεωρούμε ότι συγκλίνει, το ποσοστό που αποκλίνει και το μέτρο σύγκλισης. Ακόμη ορίζουμε και το βήμα μεταβολής του ποσοστού ανασυνδιασμού και μετάλλαξης τα οποία παίρνουν τιμές από 0,01 έως 0,5. Για τα υπόλοιπα μπορούμε να δώσουμε οποιεσδήποτε θετικές τιμές.

Με την επιλογή **Επεξεργασία | Δεδομένα** μπορούμε να αλλάξουμε τη χρονική περίοδο που εξετάζουμε. Αν θέλουμε να αλλάξουμε και τη μετοχή, τότε πάμε **Αρχεία | Δημιουργία**.

Με την επιλογή **Επεξεργασία | Εκτέλεση** ξεκινά η διαδικασία εξέλιξης. και εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη η οποία είναι πάντα ορατή όσο διαρκεί η εξέλιξη.

Ανεύρεση λύσεων για gd από 02/10/2000 έως 08/02/2002

Καθαρό κέρδος :	<input type="text" value="869,3737"/>	Διάρκεια επεξεργασίας	<input type="text" value="00:00:53"/>	Πιθανότητα Μετάλλιασης	<input type="text" value="0,04"/>
Συνολικό Κέρδος	<input type="text" value="869,3737"/>	Γενιές (Generations) :	<input type="text" value="51"/>		
Συνολική Ζημία	<input type="text" value="0"/>	Best Fitness :	<input type="text" value="173,93"/>	Πιθανότητα Ανασυνιδιασμού	<input type="text" value="0,95"/>
Πράξεις / Έτος	<input type="text" value="2,2"/>	Επεξεργασία τρέχοντος πληθυσμού	<input type="text" value="0,95"/>		
% κερδισμένες πράξεις :	<input type="text" value="100"/>				
Διακράτηση	<input type="text" value="113,67"/>	Κοιμημένες γενιές			

Κανόνες για Αγορά (Enter Long)

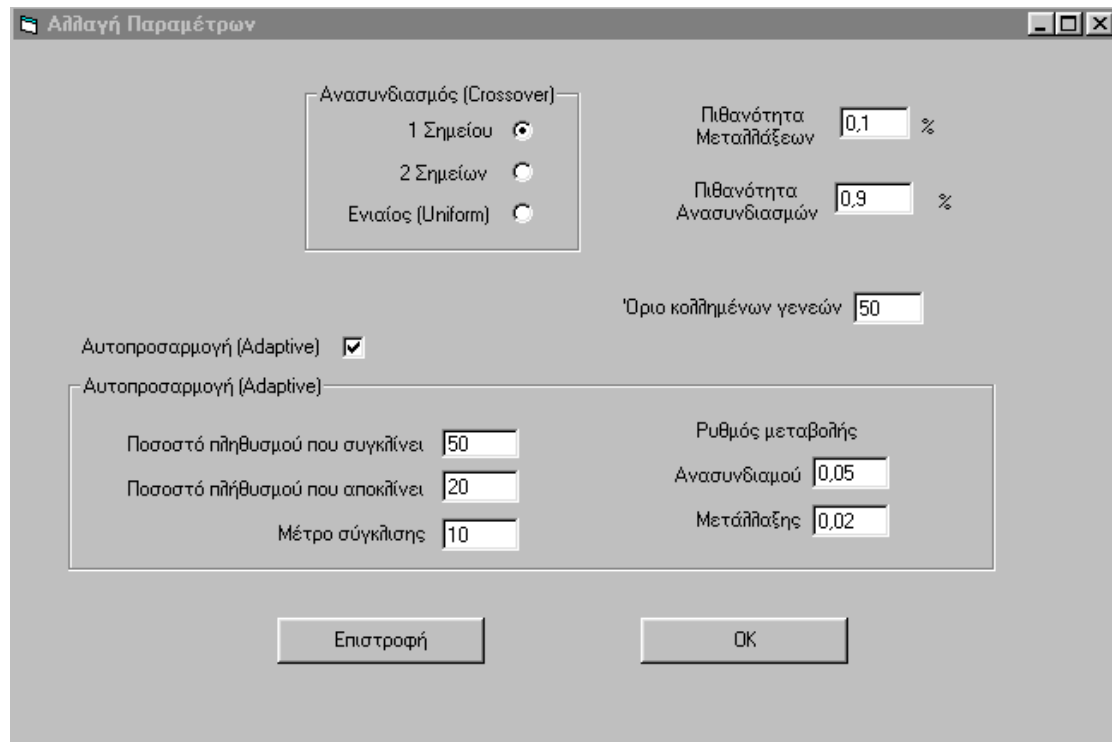
- * Αν LinearRegressioSlope(4) ημερών > 0 και R-Squared > 0,9025 τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης
- * Αν Close > MovAverEx(135) ημερών για 0 ημέρες και 1 μέρες πριν Close < MovAverS(135) τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης
- * Αν LinearRegressioSlope(11) ημερών > 0 και R-Squared > 0,3625 τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

Κανόνες για Πώληση (Exit Long)

- * Αν MovAverEx(35) τμήσει από πάνω προς τα κάτω τον MovAverEx(37) ημερών, τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης
- * Κενό (Null Gene)

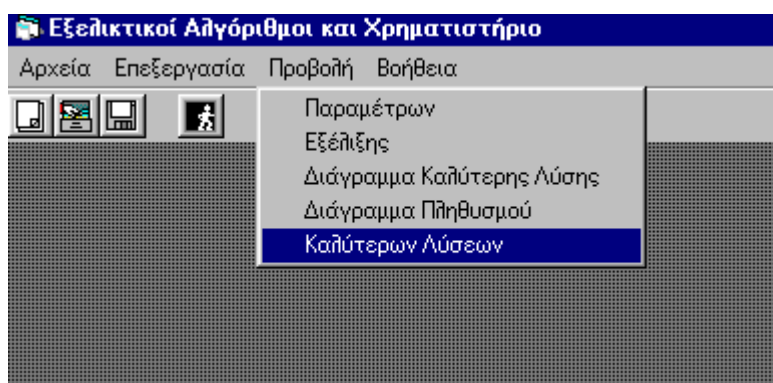
Εδώ μπορούμε να βλέπουμε την πορεία της εξέλιξης και κάποια χρήσιμα στοιχεία που αφορούν την καλύτερη έως τώρα λύση. Μετακινώντας την μπάρα κύλισης στο πλαίσιο κειμένου βλέπουμε τους κανόνες της καλύτερης λύσης, πιο κάτω τα στατιστικά της απόδοσής της και στο τέλος του πλαισίου αναλυτικά τις πράξεις που πραγματοποίησε.

Από εδώ μπορούμε ή να τερματίσουμε την εφαρμογή ή να μεταβάλλουμε κάποιες παραμέτρους του μοντέλου. Ειδικότερα, με την επιλογή **Αλλαγή Παραμέτρων** εμφανίζεται η παρακάτω οθόνη.



Εδώ μπορούμε να μεταβάλουμε κάποιες παραμέτρους του μοντέλου κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης.

A5. Επιλογές “Προβολή”

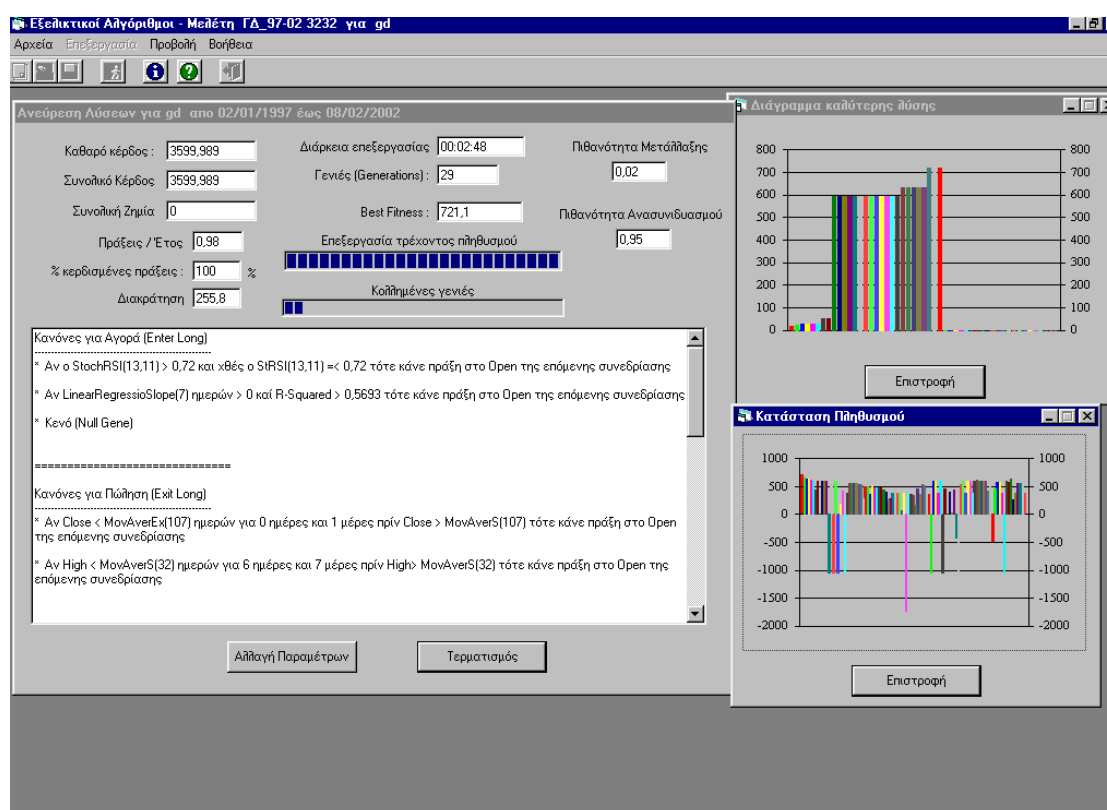


Κατά τη διάρκεια της εξέλιξης μπορούμε να δούμε:

- Μια συνολική περιγραφή όλων των παραμέτρων (**Παράμετροι**)

- Να παρακολουθούμε το διάγραμμα της πορείας της καλύτερης λύσης (**Διάγραμμα Καλύτερης Λύσης**)
- Το διάγραμμα της κατάστασης του πληθυσμού (real time) (**Διάγραμμα Πληθυσμού**)
- Μετά το τέλος της εξέλιξης μπορούμε να δούμε τις καλύτερες λύσεις.

Με τα διαγράμματα η οθόνη της εξέλιξης θα μπορούσε να είναι όπως παρακάτω.



Α6. Αρχεία προγράμματος

Τα δεδομένα εισόδου είναι ιστορικά αρχεία τιμών σε μορφή .txt και προέρχονται από export του προγράμματος Metastock. Είναι της μορφής που φαίνεται παρακάτω.

ΓΔ, 19970114, 1029.1100, 1043.8700, 1029.1100, 1043.6300, 0
 ΓΔ, 19970115, 1043.6300, 1070.0100, 1042.4600, 1070.0100, 0
 ΓΔ, 19970116, 1070.0100, 1083.8300, 1054.8101, 1063.1000, 0
 ΓΔ, 19970117, 1063.1000, 1083.8199, 1058.8400, 1083.8199, 0
 ΓΔ, 19970120, 1083.8199, 1113.9100, 1083.8199, 1113.9100, 0
 ΓΔ, 19970121, 1113.9100, 1125.3900, 1098.4500, 1109.0100, 0
 ΓΔ, 19970122, 1109.0100, 1109.0100, 1081.3400, 1088.5000, 0
 ΓΔ, 19970123, 1088.5000, 1088.5000, 1074.7600, 1080.4301, 0
 ΓΔ, 19970124, 1080.4301, 1093.9800, 1080.4301, 1092.3101, 0
 ΓΔ, 19970127, 1092.3101, 1125.1300, 1092.3101, 1125.1300, 0
 ΓΔ, 19970128, 1125.1300, 1159.7500, 1125.1300, 1149.2000, 0
 ΓΔ, 19970129, 1149.2000, 1156.0200, 1136.2900, 1156.0200, 0
 ΓΔ, 19970130, 1156.0200, 1171.4900, 1152.3700, 1171.2600, 0
 ΓΔ, 19970131, 1171.2600, 1185.2800, 1160.4399, 1166.1899, 0

Η δομή των δεδομένων είναι η εξής:

<όνομα μετοχής>,<Ημερομηνία>,<Open>,<High>,<Low>,<Close>,<OpenInterest>.

Τα αρχεία τιμών βρίσκονται στο φάκελο \data.

Τα αρχεία των αποτελεσμάτων βρίσκονται στο φάκελο \results και για κάθε μοντέλο είναι δύο ειδών. Το ένα περιέχει τις παραμέτρους και τα αποτελέσματα σε μορφή αριθμών, για να μπορούν να επεξεργαστούν ξανά αν χρειαστεί και το άλλο περιγράφει τα αποτελέσματα. Η μορφή των αρχείων φαίνεται παρακάτω.

```

"StockName","gd",0,0
"strStockFP","C:\GA_xaa\data\gd.txt",0,0
"IngBars",341,0,0
"strStudy","r1",0,0
"strStock","gd.txt",0,0
"dtStartDay",#2000-10-02#,0,0
"dtEndDay",#2002-02-08#,0,0
"sngInitCapital",1000,0,0
"IngLongRules",3,0,0
"IngExitLongRules",2,0,0
"IngShortRules",3,0,0
"IngExitShortRules",2,0,0
"intPopulation",100,0,0
"sngCrossProb",.85,0,0
"sngMutProb",.2,0,0
"blAdaptive",#TRUE#,0,0
"IngConvergU",50,0,0
"IngDivergU",20,0,0
"IngConvergLimit",10,0,0
  
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ

Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εκτελέσεων σε μορφή πινάκων. Τα αποτελέσματα σε μορφή αρχείων βρίσκονται στη δισκέτα που συνοδεύει την εργασία.

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΓΙΑ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΚΤΕΛΕΣΕΙΣ	
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	150
ΟΡΙΟ ΚΛΗΜΕΝΩΝ ΓΕΝΕΩΝ	400
ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΩΝ	2000
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΕΩΝ	10
ΕΛΙΤΙΣΜΟΣ	ΝΑΙ
ΕΠΑΝΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	ΝΑΙ
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ	
ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ	0,1
ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑΞΗΣ	0,95
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΤΟΜΩΝ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΠΟΥ ΣΥΓΚΛΙΝΟΥΝ	50
ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΤΟΜΩΝ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΠΟΥ ΑΠΟΚΛΙΝΟΥΝ	20
ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΑΝΑΣΥΝΔΥΑΣΜΟΥ	0,05
ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΜΕΤΑΛΛΑΞΗΣ	0,02
ΜΕΤΡΟ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ	10

ΣΗΜΕΙΑ ΚΟΠΗΣ : 1

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	2960	763	2560	0:05:43
2	2818	714	2418	0:23:38
3	858	1851	458	0:15:56
4	1996	1899	1596	0:16:52
5	824	1190	424	0:08:00
6	1064	1622	664	0:12:48
7	544	3478	144	0:24:33
8	1502	1937	1102	0:10:46
9	1142	2097	742	0:13:23
10	1120	3475	720	0:25:32
Μέσες Τιμές	1482,8	1902,6	1082,8	0:15:43

ΣΗΜΕΙΑ ΚΟΠΗΣ : 2

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	720	1596	320	0:08:58
2	1224	1639	824	0:15:03
3	1056	3166	656	0:13:02
4	887	1079	487	0:11:01
5	1921	888	1521	0:24:02
6	912	2821	512	0:11:48
7	2760	3197	2360	0:34:59
8	1865	2091	1465	0:23:31
9	512	1016	112	0:06:34
10	912	1168	512	0:11:40
Μέσες Τιμές	1276,9	1866,1	876,9	0:16:04

ΣΗΜΕΙΑ ΚΟΠΗΣ : Uniform

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	1619	3808	1219	0:20:24
2	1472	2631	1072	0:18:44
3	1072	727	672	0:13:41
4	896	944	496	0:11:19
5	1787	1371	1387	0:22:34
6	1720	1880	1320	0:21:51
7	1132	1799	732	0:14:16
8	806	1610	406	0:10:08
9	983	1920	583	0:12:29
10	670	1342	270	0:08:38
Μέσες Τιμές	1215,7	1803,2	815,7	0:15:24

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΣΥΣΝΔΙΑΣΜΟΥ 0,90
 ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΛΛΑΣΗΣ 0,05

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	1542	3117	1142	0:18:39
2	1377	2500	977	0:15:10
3	2994	3567	2594	0:36:47
4	1056	1240	656	0:09:37
5	2661	2511	2261	0:27:07
6	1030	1012	630	0:09:28
7	1573	1413	1173	0:21:23
8	2164	1636	1764	0:24:52
9	1536	1568	1136	0:19:26
10	1619	2585	1219	0:20:24
Μέσες Τιμές	1755,2	2114,9	1355,2	0:20:17

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΣΥΣΝΔΙΑΣΜΟΥ 0,90
 ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΛΛΑΣΗΣ 0,10

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	2960	2232	2560	0:37:42
2	2818	2807	2418	0:35:35
3	858	1034	458	0:10:43
4	1996	1985	1596	0:25:20
5	824	2481	424	0:10:28
6	1064	776	664	0:13:20
7	544	537	144	0:06:50
8	1502	3004	1102	0:18:55
9	1142	2184	742	0:14:08
10	1120	1874	720	0:14:05
Μέσες Τιμές	1482,8	1891,4	1082,8	0:18:43

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑΣΥΣΝΔΙΑΣΜΟΥ 0,90
 ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΛΛΑΣΗΣ 0,15

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	915	1150	515	0:12:14
2	1243	3284	843	0:21:44
3	833	1709	433	0:09:11
4	2477	1897	2077	0:30:59
5	1517	2590	1117	0:24:23
6	1517	1150	1117	0:12:14
7	544	3284	144	0:06:50
8	1502	1709	1102	0:18:55
9	1142	1891	742	0:14:08
10	1120	2590	720	0:14:05
Μέσες Τιμές	1281	2125,4	881	0:16:28

Παράμετροι Προσαρμοσμένων Τελεστών

Ποσοστό Σύγκλισης : 60 %

Ποσοστό Απόκλισης : 20 %

Κριτήριο Σύγκλισης : 10 %

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσεις</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	1173	1441,62	773	0:14:47
2	944	1180,3	544	0:11:52
3	1502	1685,3	1102	0:18:57
4	1712	1613,3	1312	0:21:14
5	1283	1247,44	883	0:16:02
6	1384	1756,94	984	0:17:21
7	2256	3348,62	1856	0:28:11
8	794	825,49	394	0:09:47
9	1845	3831,71	1445	0:21:19
10	1448	1978,48	1048	0:18:41
Μέσες Τιμές	1434,1	1890,92	1034,1	0:17:49

Παράμετροι Προσαρμοσμένων Τελεστών

Ποσοστό Σύγκλισης : 70 %

Ποσοστό Απόκλισης : 40 %

Κριτήριο Σύγκλισης : 10 %

<i>α/α</i>	<i>Εκτελέσει</i>	<i>Fitness</i>	<i>Γενιά</i>	<i>Διάρκεια</i>
1	1420	3638,98	1020	0:16:48
2	870	1327,13	470	0:09:53
3	829	825,27	429	0:11:40
4	617	3077,27	217	0:08:13
5	2471	2393,83	2071	0:36:30
6	1696	2182,65	1296	0:21:12
7	1136	1244,16	736	0:14:03
8	1475	2617,61	1075	0:18:44
9	1142	1492,63	742	0:13:11
10	911	1163,23	511	0:11:29
Μέσες Τιμές	1256,7	1996,276	856,7	0:16:10

Παράμετροι Προσαρμοσμένων Τελεστών

Ποσοστό Σύγκλισης : 70 %

Ποσοστό Απόκλισης : 30 %

Κριτήριο Σύγκλισης : 10 %

α/α	Εκτελέσει	Fitness	Γενιά	Διάρκεια
1	2039	2021	1639	0:30:20
2	1656	856	1256	0:24:41
3	1014	2353	614	0:12:11
4	1497	2326	1097	0:18:57
5	1210	2897	810	0:12:42
6	1696	2182	1296	0:21:12
7	1136	1244	736	0:14:03
8	1475	2617	1075	0:18:44
9	1142	1492	742	0:13:11
10	911	1163	511	0:11:29
Μέσες Τιμές	1377,6	1915,1	977,6	0:17:45

Παράμετροι Προσαρμοσμένων Τελεστών

Ποσοστό Σύγκλισης : 70 %

Ποσοστό Απόκλισης : 40 %

Κριτήριο Σύγκλισης : 20 %

α/α	Εκτελέσει	Fitness	Γενιά	Διάρκεια
1	1268	2272	868	0:15:12
2	854	1064	454	0:10:40
3	1224	2123	824	0:15:53
4	1284	2476	884	0:18:57
5	1579	1869	1179	0:24:12
6	925	2294	525	0:11:07
7	1251	776	851	0:20:20
8	1465	2562	1065	0:13:24
9	1131	2190	731	0:13:11
10	1471	1969	1071	0:16:39
Μέσες Τιμές	1245,2	1959,5	845,2	0:15:57

Αυτή είναι η καλύτερη λύση που βρέθηκε σε όλες τις εκτελέσεις. Έγινε με προσωπική παρέμβαση κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης και είχε τιμή fitness 3929.

Καλύτερη λύση μοντέλου gd best1 για τη μετοχή gd απο 02/01/2000 έως 08/02/2002

Κανόνες για Αγορά (Enter Long)

* Αν $\text{MovAverEx}(0)$ τμήσει από κάτω προς τα πάνω τον $\text{MovAverEx}(6)$ ημερών, τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

* Αν $\text{Low} > \text{MovAverS}(68)$ ημερών για 0 ημέρες και 1 μέρες πριν $\text{Low} < \text{MovAverS}(68)$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

=====

Κανόνες για Πώληση (Exit Long)

* Αν $\text{Close} < \text{MovAverEx}(13)$ ημερών για 0 ημέρες και 1 μέρες πριν $\text{Close} > \text{MovAverS}(13)$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

* Αν $\text{Low} < \text{MovAverS}(60)$ ημερών για 0 ημέρες και 1 μέρες πριν $\text{Low} > \text{MovAverS}(60)$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

=====

Κανόνες για Enter Short

* Αν ο $\text{StochRSI}(2,4) < 0,03$ και χθές ο $\text{StRSI}(2,4) \geq 0,03$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

* Κενό (Null Gene)

=====

Κανόνες για Exit Short

* Αν $\text{Low} > \text{MovAverS}(8)$ ημερών για 0 ημέρες και 1 μέρες πριν $\text{Low} < \text{MovAverS}(8)$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

* Αν ο $\text{StochRSI}(17,10) > 0,7$ και χθές ο $\text{StRSI}(17,10) \leq 0,7$ τότε κάνει πράξη στο Open της επόμενης συνεδρίασης

=====

Απόδοση Μοντέλου για τη μετοχή gd απο 02/01/2000 έως 08/02/2002

Αριθμός Πράξεων : 20

Πράξεις με κέρδος :19 Ποσοστό πράξεων με κέρδος : 95 %
 Πράξεις με ζημία :1 Ποσοστό πράξεων με ζημία : 5 %

Μέγιστο κέρδος πράξης : 1384,11 Μέγιστη ζημία πράξης : 66,4
 Μέσο κέρδος κερδισμένης πράξης : 356,62 Μέση ζημία ζημιόγυνας πράξης : 66,4

Διαδοχικές κερδισμένες πράξεις : 5 Διαδοχικές ζημιόγυνες πράξεις :1
 Συντελεστής κέρδους : 102,04 Μέγιστη απώλεια : 66,4

Αρχικό κεφάλαιο : 1000 Τελικό κεφάλαιο : 7709,367
 Απόδοση : 771 % Ετήσια απόδοση : 366 %

Παρουσίαση Πράξεων

Πράξη	Ημ/νία	Τιμή	Κέρδος
Short	10/01/2000	5504,34	
ExitShort	28/01/2000	4987,67	10,36
Short	14/02/2000	5490,86	
ExitShort	27/03/2000	4685,24	17,19
Short	10/04/2000	5014,96	
ExitShort	02/05/2000	4345,94	15,39
Short	19/05/2000	4771,31	
ExitShort	17/07/2000	4028,66	18,43
Short	21/07/2000	4068,59	
ExitShort	01/09/2000	3605,32	12,85
Short	15/09/2000	4299,14	
ExitShort	25/10/2000	3750,63	14,62
Long	27/10/2000	3778,78	
ExitLong	02/11/2000	3874,99	2,55
Short	10/11/2000	3635,32	
ExitShort	01/12/2000	3242,79	12,1
Short	15/12/2000	3588,84	
ExitShort	12/01/2001	3351,44	7,08
Short	18/01/2001	3236,64	
ExitShort	31/01/2001	3154,33	2,61
Long	09/02/2001	3164,33	
ExitLong	12/03/2001	3239,49	2,38
Short	16/03/2001	3148,72	
ExitShort	06/04/2001	3098,95	1,61
Long	11/04/2001	3092,38	
ExitLong	18/04/2001	3197,09	3,39
Short	26/04/2001	3243,19	

ExitShort	02/07/2001	2744,36	18,18
Short	06/07/2001	2662,62	
ExitShort	19/07/2001	2458,69	8,29
Short	01/08/2001	2739,42	
ExitShort	26/09/2001	2165,86	26,48
Long	01/10/2001	2227,4	
ExitLong	02/11/2001	2563,04	15,07
Short	14/11/2001	2654,87	