

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ - ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών:

«Στατιστική και Αναλογιστικά -Χρηματοοικονομικά Μαθηματικά»

Κατεύθυνση:

«Στατιστική και Ανάλυση Δεδομένων»



UNIVERSITY OF THE AEGEAN

Στατιστικό Αρμπιτράζ - Η περίπτωση της μεθόδου συναλλαγής ζευγών

Statistical Arbitrage - The case of pairs trading method

Διπλωματική εργασία - **Αγγελής Στυλιανός**

A.M: 16001 - sasm16001@sas.aegean.gr

Καρλόβασι, Οκτώβριος 2018

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ξανθόπουλος Στυλιανός

Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Στατιστικής και Αναλογιστικών Χρηματοοικονομικών Μαθηματικών
(Επιβλέπων Καθηγητής)

Τσιμήκας Τζων

Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Στατιστικής και Αναλογιστικών Χρηματοοικονομικών Μαθηματικών

Χατζησπύρος Σπυρίδων

Αναπληρωτής Καθηγητής του Τμήματος Στατιστικής και Αναλογιστικών Χρηματοοικονομικών Μαθηματικών

Περιεχόμενα

Εισαγωγή στο Στατιστικό Αρμπιτράζ.....	3
1. Εισαγωγή στη Χρηματοοικονομική αγορά	4
1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές και τις αγορές	5
1.2 Βασικές έννοιες και ορισμοί	6
2. Στατιστικό αρμπιτράζ	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Επιστροφή στο μέσο (mean reversion).....	10
2.3 Κανόνας της μίας τιμής (Law of one Price)	11
2.4 Υπόθεση αποτελεσματικότητας της αγοράς (Market efficiency hypothesis)	11
2.5 Οι στρατηγικές της σχετικής αξίας (relative value).....	12
3. Pairs trading.....	14
3.1 Εισαγωγή στη μέθοδο pairs trading και βασικοί ορισμοί	14
3.2 Κανονικοποίηση δεδομένων και τιμών (normalization of stock prices)	16
3.3 Η έννοια της αντιθετικής στρατηγικής (contrarian strategy).....	18
3.4 Σημαντικές δημοσιεύσεις για τα ζεύγη συναλλαγών	19
4. Διάφορες προσεγγίσεις σχετικές με το pairs trading	23
4.1 Η προσέγγιση της συνολοκλήρωσης -The Cointegration approach	23
4.2 Η προσέγγιση της απόστασης –The Distance approach.....	28
4.3 Η στοχαστική προσέγγιση της διαφοράς απόδοσης –The Stochastic spread approach...30	
4.4 Η στοχαστική προσέγγιση των καταλοίπων –The Stochastic residual approach.....	32
5. Βασικά χαρακτηριστικά των ζευγών συναλλαγής – pairs trading.....	36
5.1 Η ουδετερότητα της αγοράς και ο ρόλος της στην στρατηγική αρμπιτράζ	36
5.2 Η έννοια της σχετικής αξίας στην κερδοσκοπία.....	38
5.3 Ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών	39
6. Εμπειρική ανάλυση και αποτελέσματα	41
6.1 Περιγραφή της στρατηγικής	41
6.2 Αποτελέσματα	49
6.3 Συμπεράσματα	53
7. Βιβλιογραφία	54
8. Παράρτημα	55

Εισαγωγή στο Στατιστικό Αρμπιτράζ

Σε αυτό το έγγραφο εξετάζουμε μια δημοφιλή ποσοτική επενδυτική στρατηγική που αναφέρεται ως "διαπραγμάτευση ζευγών" ή αλλιώς *pairs trading*. Η βασική ιδέα της διαπραγμάτευσης των ζευγών είναι αξιοσημείωτα απλή. Κάποιος προσδιορίζει ένα ζεύγος μετοχών ή χρηματοοικονομικών μέσων, των οποίων οι τιμές που παρουσιάζουν ιστορική συν-κίνηση.

Στη συνέχεια, αν παρατηρηθεί ότι υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις από την ιστορική σχέση τότε μία θέση του επενδυτή «ανοίγει». Η θέση σχηματίζεται με ταυτόχρονη πώληση (*short selling*) της μετοχής «νικητή»/ *winner* και αγοράς της «χαμένης»/ *loser* μετοχής. Όταν οι τιμές τελικά συγκλίνουν ξανά η θέση κλείνει και πραγματοποιείται ένα κέρδος. Η στρατηγική αναπτύσσεται με την αντίληψη ότι οι σχετικές τιμές σε μια αγορά βρίσκονται σε ισορροπία, και ότι οι όποιες αποκλίσεις γύρω από αυτή την ισορροπία τελικά θα διορθωθούν. Εφαρμόζοντας αυτή τη στρατηγική διαπραγμάτευσης οι επενδυτές πραγματοποιούν μια απόπειρα να επωφεληθούν από προσωρινές αποκλίσεις από αυτό το σημείο ισορροπίας.

Σύμφωνα με τους Gatev, Goetzmann & Rouwenhorst (2006) στρατηγικές *pairs trading* έχουν χρησιμοποιηθεί από τους επαγγελματίες της Wall Street υπό διάφορες μορφές από τα μέσα της δεκαετίας του '80. Η στρατηγική συχνά λέγεται ότι προέρχεται από την Morgan Stanley από μία ομάδα με επικεφαλής τον Nunzio Tartaglia. Το επίκεντρο της ομάδας ήταν να αναπτυχθούν ποσοτικές στρατηγικές συναλλαγών με τη χρήση προηγμένων στατιστικών μοντέλων και της τεχνολογίας πληροφοριών. Η ομάδα προσπάθησε να «μηχανοποιήσει» την επενδυτική διαδικασία αναπτύσσοντας κανόνες που θα μπορούσαν να αυτοματοποιηθούν. Η διαπραγμάτευση των ζευγών ήταν μία από τις στρατηγικές μεταξύ των αποτελεσμάτων. Η ομάδα χρησιμοποίησε αυτή τη στρατηγική με μεγάλη επιτυχία το 1987 - όταν λέγεται ότι πραγματοποίησε κέρδη 50 εκατομμυρίων δολαρίων - αλλά διαλύθηκε το 1989 μετά από μια περίοδο κακής απόδοσης. Τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς η τεχνολογία έχει γίνει πιο προσιτή, η στρατηγική έγινε όλο και πιο δημοφιλής στους επενδυτές.

Η διαπραγμάτευση των ζευγών τοποθετείται συχνά σε μια ομάδα ποσοτικών μεθόδων διαπραγμάτευσης που συλλογικά αναφέρονται ως στρατηγικές στατιστικού αρμπιτράζ. Το τμήμα του αρμπιτράζ ή κερδοσκοπίας ως όρος είναι κάπως παραπλανητικός, καθώς το *arbitrage* συνεπάγεται μια ευκαιρία με μηδενικό προκαταβολικό κόστος. Η στρατηγική διαπραγμάτευσης των ζευγαριών δεν είναι σε καμία περίπτωση ελεύθερη από κινδύνους. Δεν υπάρχει εγγύηση ότι οι μετοχές σε ένα ζεύγος θα συγκλίνουν. Θα μπορούσαν ακόμη να συνεχίσουν να αποκλίνουν, με αποτέλεσμα να υπάρξουν σημαντικές απώλειες. Επιπλέον, η στρατηγική συχνά λέγεται ότι βασίζεται στην ουδετερότητα της αγοράς (*market neutral*), πράγμα που σημαίνει ότι ο επενδυτής δεν έχει εκτεθεί στον γενικό κίνδυνο αγοράς. Ωστόσο, ενώ είναι σίγουρα δυνατή η δημιουργία ζευγών ουδέτερων ως προς την αγορά ο συνολικός κίνδυνος αγοράς ενός τίτλου εξαρτάται από το ποσό του κεφαλαίου που τοποθετείται για παράδειγμα σε μια μετοχή, καθώς και από την ευαισθησία των ίδιων μετοχών ως προς το συγκεκριμένο κίνδυνο.

1. Εισαγωγή στη Χρηματοοικονομική αγορά

Η χρηματοπιστωτική αγορά είναι ένας ευρύς όρος που περιγράφει οποιαδήποτε αγορά εντός της οποίας πραγματοποιείται διαπραγμάτευση τίτλων, συμπεριλαμβανομένων των μετοχών, των ομολόγων, των νομισμάτων και των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης. Η χρηματοπιστωτική αγορά είναι ένας τόπος όπου οι επιχειρήσεις και τα άτομα συνάπτουν συμβάσεις για να πουλήσουν ή να αγοράσουν ένα συγκεκριμένο προϊόν, όπως ένα συμβόλαιο μετοχών, ομολόγων ή συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης. Οι αγοραστές επιδιώκουν να αγοράσουν στη χαμηλότερη διαθέσιμη τιμή και οι πωλητές προσπαθούν να πουλήσουν στην υψηλότερη διαθέσιμη τιμή. Ορισμένες χρηματοπιστωτικές αγορές είναι μικρές με σχετικά περιορισμένη δραστηριότητα, ενώ άλλες όπως το Χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης (NYSE) εμπορεύονται τρισεκατομμύρια δολάρια χρεογράφων ημερησίως.

Πρακτικά, η επιχείρηση μέσω μιας αρχικής δημόσιας προσφοράς (Initial Public Offering – IPO), καθιστά τις μετοχές της διαθέσιμες στο κοινό, καθώς τις καταχωρεί σε μια χρηματοπιστωτική αγορά προς συναλλαγή. Νέες εκδόσεις μετοχών πρέπει να καταχωρηθούν στην Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς των ΗΠΑ (SEC) και σε ορισμένες περιπτώσεις στην Πολιτεία της Νέας Υόρκης. Ένα ενημερωτικό δελτίο (Prospectus), το οποίο περιέχει λεπτομέρειες σχετικά με τη λειτουργία μιας εταιρείας και το προς έκδοση χαρτοφυλάκιο, τυπώνεται και διανέμεται στα ενδιαφερόμενα μέρη. Στο χρηματιστήριο η τιμή της μετοχής θα καθοριστεί με βάση την εκτίμηση της αξίας της εταιρείας καθώς και του ποσού των μετοχών που εκείνη θα εκδώσει. Στην πορεία οι επενδυτές και συναλλασσόμενοι εξακολουθούν να πραγματοποιούν αγοραπωλησίες των μετοχών τις οποίες η εταιρεία έκανε διαθέσιμες, ενώ η τελευταία παύει πλέον να λαμβάνει χρήματα από τα περαιτέρω διαπραγμάτευση αυτών. Η επιχείρηση λαμβάνει χρήματα μόνο από την IPO.

Παρουσιάζεται ένα απλό παράδειγμα για περαιτέρω κατανόηση μιας χρηματοοικονομικής συναλλαγής. Ο ενδιαφερόμενος επενδυτής θα απευθυνθεί σε έναν μεσίτη (broker) για τη μετοχή που επιθυμεί να αγοράσει. Ο μεσίτης έχοντας το ρόλο του ενδιάμεσου και λαμβάνοντας προμήθεια επί της συναλλαγής για την παροχή υπηρεσιών, προβαίνει στην αναζήτηση ενός διαθέσιμου αντισυμβαλλόμενου μέρους το οποίο δύναται να πουλήσει μετοχές σε όρους αντίστοιχους με εκείνους που προτίθεται να αγοράσει ο επενδυτής. Δηλαδή, η συναλλαγή λαμβάνει χώρα μόνο όταν κάποιος θέλει να πουλήσει και κάποιος θέλει να αγοράσει τη μετοχή στην ίδια τιμή. Ο αγοραστής της μετοχής θα λάβει ένα πιστοποιητικό το οποίο είτε γίνεται να μεταφερθεί από τον έναν ιδιοκτήτη σε άλλο είτε να κρατηθεί από τον μεσίτη για λογαριασμό του επενδυτή.

1.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές και τις αγορές

Οι περισσότεροι από εμάς έχουμε μάθει για τη πτώση της χρηματιστηριακής αγοράς που οδήγησε σε περιόδους ύφεσης και κρίσης. Πολλοί άνθρωποι θυμούνται τις πρόσφατες πτώσεις στα χρηματιστήρια που σημειώθηκαν το 1989 και το 1997. Πώς όμως οδηγείται η αγορά σε πτώση και τι προκαλεί την ταυτόχρονη απότομη πτώση εκατοντάδων τιμών των μετοχών; Παράλληλα, τι κάνει την αγορά ισχυρή και προκαλεί αύξηση των τιμών των μετοχών; Λίγοι επενδυτές μπορούν να προβλέψουν με συνέπεια τις διακυμάνσεις της αγοράς ή της μεμονωμένης επένδυσης. Αλλά οι επενδυτές που γνωρίζουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της αγοράς είναι πιο πιθανό να λάβουν σωστές επενδυτικές αποφάσεις. Ορισμένοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των χρηματοπιστωτικών αγορών είναι οι παρακάτω:

- **Δράσεις επενδυτών:** Οι ατομικοί, θεσμικοί επενδυτές και οι επενδυτές αμοιβαίων κεφαλαίων επηρεάζουν τις τιμές των μετοχών, των ομολόγων και των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης μέσω των ενεργειών τους. Για παράδειγμα, αν ένας μεγάλος αριθμός ανθρώπων θέλει να αγοράσει μια συγκεκριμένη μετοχή, τότε η τιμή της θα αυξηθεί, όπως θα συνέβαινε σε μία δημοπρασία λόγω της αυξημένης ζήτησης.
- **Επιχειρηματικές συνθήκες:** Τόσο η κατάσταση και απόδοση μιας μεμονωμένης επιχείρησης όσο και η ισχύς της βιομηχανίας στην οποία δραστηριοποιείται, θα επηρεάσουν την τιμή των μετοχών της. Τα επιχειρηματικά κέρδη, ο όγκος των πωλήσεων και ακόμη και η εποχή του χρόνου, θα επηρεάσουν όλα μαζί το κατά πόσο ο επενδυτής θα επιθυμεί να αγοράσει τη συγκεκριμένη μετοχή και μέρος του κεφαλαίου της εταιρείας. Τα αποτελέσματα των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χρηματιστήριο, γίνονται διαθέσιμα στους επενδυτές και υπόλοιπα ενδιαφερόμενα μέρη, μέσω των ετήσιων οικονομικών τους καταστάσεων και μέσω διαφόρων ανακοινώσεων που σχετίζονται με τη λειτουργία και ανάπτυξη της επιχείρησης.
- **Κυβερνητικές ενέργειες:** Η κυβέρνηση λαμβάνει κάθε είδους αποφάσεις που επηρεάζουν τόσο το πόσο μπορεί να αξίζει μία μεμονωμένη μετοχή (νέοι κανονισμοί για μια επιχείρηση) όσο και το είδος των μέσων στα οποία οι επενδυτές επιθυμούν να επενδύσουν. Τα επιτόκια των κυβερνήσεων, οι φορολογικοί συντελεστές, η εμπορική πολιτική και τα δημοσιονομικά ελλείμματα έχουν όλα επιπτώσεις στις τιμές.
- **Οικονομικοί δείκτες:** Οι γενικές τάσεις που σηματοδοτούν τις αλλαγές στην οικονομία παρακολουθούνται στενά από τους επενδυτές για να προβλέψουν τι θα συμβεί στη συνέχεια. Οι δείκτες περιλαμβάνουν το ακαθάριστο εθνικό προϊόν (το επίπεδο της παραγωγής μιας χώρας), το ρυθμό πληθωρισμού (ρυθμός αύξησης των τιμών), το δημοσιονομικό έλλειμμα (δαπάνες μιας κυβέρνησης) και το ποσοστό ανεργίας. Αυτοί οι δείκτες δείχνουν τις αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οι απλοί άνθρωποι δαπανούν τα χρήματά τους και τον τρόπο με τον οποίο η οικονομία είναι πιθανό να αποδώσει.
- **Διεθνή γεγονότα:** Οι διάφορες εξελίξεις ανά τον κόσμο, όπως και οι μεταβολές στις τιμές των νομισμάτων, τα εμπόδια που υπάρχουν μεταξύ εμπορικών συναλλαγών, οι πόλεμοι, οι φυσικές καταστροφές και οι αλλαγές στις κυβερνήσεις, αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται την αξία των διαφόρων επενδύσεων και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να επενδύσουν στο μέλλον.

1.2 Βασικές έννοιες και ορισμοί

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες βασικές έννοιες και ορισμοί που έπρεπε να κατανοηθούν για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής όπως αυτή της μετοχής και των διαφόρων τιμών που διαμορφώνονται στη χρηματιστηριακή αγορά, του δείκτη S&P 500 και της θέσης ανοίγματος και κλεισίματος ενός επενδυτή. Ανάμεσα σε αυτές τις έννοιες βρίσκονται εκείνη των χρηματοοικονομικών μέσων και τίτλων, των μετοχών, του χαρτοφυλακίου καθώς επίσης και της αγοράς (long position) καθώς και της ανοικτής πώλησης (short position) μετοχών.

Μετοχή (share, equity or stock)

Ενώ υπάρχουν διάφορα χρηματοοικονομικά μέσα και προϊόντα τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε συναλλαγές που πραγματοποιούνται καθημερινά στην χρηματοπιστωτική αγορά (κάποια σύνθετα στη δομή τους ενώ κάποια άλλα απλούστερα), η συγκεκριμένη διπλωματική κάνει χρήση ενός χρηματοοικονομικού τίτλου, εκείνου της μετοχής. Η μετοχή είναι το μερίδιο στην ιδιοκτησία μιας εταιρείας. Αποτελεί μία απαίτηση στα περιουσιακά στοιχεία και κέρδη της εταιρείας. Καθώς κάποιος αποκτά περισσότερες μετοχές, αυξάνει το μερίδιο που κατέχει και παράλληλα το ποσοστό συμμετοχής του στην αντίστοιχη επιχείρηση. Από τη στιγμή που οι μετοχές συναλλάσσονται στο χρηματιστήριο και είναι διαθέσιμες στο κοινό, η ιδιοκτησία τους μπορεί να αλλάξει ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Οι τιμές των μετοχών μεταβάλλονται καθημερινά και οι παράγοντες που τις επηρεάζουν έχουν ήδη αναφερθεί στην προηγούμενη ενότητα, αλλά ενδεικτικά γεγονότα που ασκούν επιρροή στις τιμές είναι δελτία ειδήσεων για τα κέρδη και τα μελλοντικά εκτιμώμενα κέρδη, ανακοίνωση μερισμάτων, εισαγωγή νέου προϊόντος ή ανάκληση προϊόντος, απολύσεις εργαζομένων, αναμενόμενη εξαγορά ή συγχώνευση εταιρειών, αλλαγή διαχείρισης και μελών της διοίκησης, λογιστικά σφάλματα ή σκάνδαλα και πολλά άλλα.

Παρακάτω παρουσιάζονται ορισμένες από τις ποικίλες τιμές που διαμορφώνονται στο χρηματιστήριο κατά τη διάρκεια της ημέρας.

- Τιμή ανοίγματος μετοχής (**opening price**): Η τιμή στην αρχή μιας ημέρας διαπραγμάτευσης στο χρηματιστήριο. Όταν οι χρηματιστηριακές αγορές ανοίγουν, κάθε μετοχή λαμβάνει μια αρχική τιμή διαπραγμάτευσης στην οποία αγοράζεται (και πωλείται) κατά την πρώτη συναλλαγή της ημέρας. Πολύ συχνά, η τιμή ανοίγματος θα διαφέρει από την τιμή κλεισίματος της προηγούμενης ημέρας και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τιμή διαπραγμάτευσης στο κλείσιμο της αγοράς την προηγούμενη ημέρα δεν είναι πλέον ακριβής δείκτης της αξίας του τίτλου της μετοχής γιατί ενδέχεται να έχουν προκύψει κάποια γεγονότα όπως διαπραγμάτευση σε άλλα χρηματιστήρια (που λειτουργούν σε διαφορετικές ώρες ενώ η εγχώρια αγορά ήταν κλειστή).
- Τιμή κλεισίματος μετοχής (**closing price**): Η τιμή κλεισίματος είναι η τελική τιμή στην οποία διαπραγματεύεται ένα συμβόλαιο ή μετοχή σε μια δεδομένη ημέρα διαπραγμάτευσης. Η τιμή κλεισίματος αντιπροσωπεύει την πιο πρόσφατη αποτίμηση ενός τίτλου μέχρι να αρχίσει και πάλι η διαπραγμάτευση στην επόμενη ημέρα.

- Προσαρμοσμένη τιμή κλεισίματος (**adjusted closing price**): Καθώς κατά την άντληση δεδομένων και συλλογή στοιχείων, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η προσαρμοσμένη τιμή κλεισίματος μιας μετοχής, παρατίθεται ο ορισμός της. Μια προσαρμοσμένη τιμή κλεισίματος είναι η τιμή κλεισίματος ενός τίτλου μετοχής σε μια δεδομένη ημέρα διαπραγμάτευσης, η οποία έχει τροποποιηθεί ώστε να συμπεριλαμβάνει τυχόν διανομές μερισμάτων από την εταιρεία στους ενδιαφερόμενους ή και διάφορες άλλες εταιρικές πράξεις που πραγματοποιήθηκαν έως και πριν το άνοιγμα της αγοράς την επόμενη ημέρα και επηρεάζουν σημαντικά την τιμή κλεισίματος της μετοχής. Η προσαρμοσμένη τιμή κλεισίματος χρησιμοποιείται συχνά κατά την εξέταση ή λεπτομερή ανάλυση των ιστορικών αποδόσεων.
- Υψηλή και χαμηλή τιμή μετοχής (**high and low price**) : Τέλος, ημερησίως υπολογίζεται η υψηλότερη και χαμηλότερη τιμή μιας μετοχής με την οποία συναλλάχθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι πληροφορίες του high and low είναι διαθέσιμες σε συνδυασμό με τις τιμές ανοίγματος και κλεισίματος των μετοχών.

Δείκτης S&P 500

Σημαντική αναφορά αποτελεί η έννοια του χρηματιστηριακού δείκτη S&P 500, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική για την άντληση πληροφοριών, δεδομένων και τιμών που αφορούσαν στις μετοχές του δείκτη για τα έτη 2015-2017 όπως παρουσιάζεται στην εμπειρική ανάλυση και αποτελέσματα της τελευταίας ενότητας.

Ο S&P 500 είναι ένας δείκτης που περιλαμβάνει 500 αμερικανικές εταιρείες που αντιπροσωπεύουν πάνω από το 70% της συνολικής κεφαλαιοποίησης της χρηματιστηριακής αγοράς των ΗΠΑ. Όταν αναπτύχθηκε αρχικά το 1923, ο δείκτης περιείχε 233 μετοχές. Ωστόσο, το 1957 τροποποιήθηκε για να συμπεριλάβει ένα διαφοροποιημένο καλάθι με 500 κοινές μετοχές.

Ο δείκτης S & P 500 δεν αποτελείται απλώς από τις 500 μεγαλύτερες μετοχές των ΗΠΑ. Αντ' αυτού, απαρτίζεται κυρίως από κορυφαίες εταιρείες οι οποίες εντάσσονται σε διαφορετικούς οικονομικούς τομείς. Ενώ ο δείκτης ξεκίνησε με 23 αναγνωρισμένους τομείς, σήμερα περιλαμβάνει πάνω από 100 μοναδικούς τομείς. Οι περισσότεροι αναλυτές επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τον S & P ως δείκτη αναφοράς, χάρη στη διαφοροποιημένη κάλυψη του τομέα καθώς και της στάθμισης της αγοράς. Επειδή ο δείκτης σταθμίζεται με βάση την κεφαλαιοποίηση της αγοράς, οι μεγαλύτερες εταιρείες έχουν και τον μεγαλύτερο αντίκτυπο στην αξία του δείκτη S & P.

Θέση αγοράς και πώλησης (long vs short position)

Οι θέσεις long και short είναι όροι που πρέπει επίσης να κατανοηθούν προκειμένου να γίνει περαιτέρω εμβάθυνση στο θέμα του στατιστικού αρμπιτράζ, καθώς οι επενδυτικές αποφάσεις που λαμβάνουν οι επενδυτές που ακολουθούν τη συγκεκριμένη στρατηγική (pairs trading) σχετίζονται άμεσα με την ταυτόχρονη λήψη θέσης ανοίγματος στη μια μετοχή και κλεισίματος στην άλλη. Ο ορισμός του ζεύγους συναλλαγών παρουσιάζεται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2 της παρούσας εργασίας.

Ο επενδυτής επιλέγει θέση αγοράς ή αλλιώς **long position**, όταν προβαίνει στην αγορά μιας μετοχής ή περιουσιακού στοιχείου, το οποίο και έπειτα κατέχει με την προσδοκία ότι η τιμή θα αυξηθεί στο κοντινό μέλλον. Βασική συνιστώσα της επένδυσης σε long position είναι η κυριότητα της μετοχής ή του περιουσιακού στοιχείου. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την επένδυση ανοικτής πώλησης, όπου ένας επενδυτής δεν κατέχει το απόθεμα αλλά το δανείζει με την προσδοκία να το πωλήσει και στη συνέχεια να το εξαγοράσει σε χαμηλότερη τιμή, όπως παρουσιάζεται στην αμέσως επόμενη παράγραφο.

Μια θέση ανοικτής πώλησης ή διαφορετικά **short position** λαμβάνεται από τον επενδυτή όταν πρώτα πουλάει μία μετοχή ή περιουσιακό στοιχείο που δεν βρίσκεται στην κατοχή του και μετέπειτα προβαίνει στην αγορά του. Αυτό συμβαίνει καθώς υπάρχει η προσδοκία πτώσης της τιμής στο άμεσο μέλλον οπότε και ο επενδυτής προσπαθεί να επωφεληθεί από τη διαφορά μεταξύ της αυξημένης τιμής πώλησης σε σχέση με τη μειωμένη τιμή της μετέπειτα αγοράς του τίτλου, διαφορά η οποία θα οδηγήσει στην επίτευξη κέρδους. Η προσδοκία του επενδυτή σε αντίθεση με τη θέση αγοράς, είναι ότι η τιμή θα μειωθεί. Μία ακόμη βασική διαφορά του long και short position είναι πως στην τελευταία περίπτωση ο επενδυτής δεν έχει στην κατοχή του τις μετοχές ή τίτλους, αλλά αντίθετα τους δανείζεται από ενδιάμεσα μέρη/ μεσίτες (brokers) επιστρέφοντας τους στην πορεία αφότου πραγματοποιήσει την συναλλαγή της αγοράς του μεριδίου μετοχών.

Μετά το τέλος της παράθεσης σημαντικών ορισμών, παρακάτω πραγματοποιείται αναλυτική παρουσίαση του Στατιστικού Αρμπιτράζ και του θεωρητικού υποβάθρου που το απαρτίζει.

2. Στατιστικό αρμπιτράζ

2.1 Εισαγωγή

Η ποσοτική διαπραγμάτευση (quantitative trading) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό ευκαιριών σε συναλλαγές χρησιμοποιώντας στατιστικές τεχνικές και ποσοτική ανάλυση των ιστορικών δεδομένων. Η ποσοτική διαπραγμάτευση εφαρμόζεται σε πληροφορίες που μπορούν να μετρηθούν όπως μακροοικονομικά γεγονότα και δεδομένα τιμών των τίτλων. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας στρατηγικής που εκμεταλλεύεται τις ποσοτικές τεχνικές είναι η στρατηγική στατιστικού αρμπιτράζ.

Το στατιστικό αρμπιτράζ λοιπόν θεωρείται μια στρατηγική, η οποία ακολουθεί ποσοτική και υπολογιστική προσέγγιση για την εμπορία τίτλων και μετοχών. Περιλαμβάνει την συγκέντρωση και εξόρυξη δεδομένων, διάφορες στατιστικές μεθόδους, καθώς και τη χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων συναλλαγών.

Το στατιστικό αρμπιτράζ είναι ιστορικά αποδεδειγμένα, μια εξαιρετικά κερδοφόρα αλγοριθμική στρατηγική διαπραγμάτευσης για πολλές μεγάλες επενδυτικές τράπεζες και αμοιβαία κεφάλαια. Όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή της εργασίας, το στατιστικό αρμπιτράζ εμφανίστηκε στη δεκαετία του '80, με επικεφαλής την Morgan Stanley και άλλες τράπεζες, οι οποίες εφάρμοσαν ευρέως τη συγκεκριμένη στρατηγική στις χρηματοπιστωτικές αγορές. Η δημοτικότητα της συνεχίστηκε για περισσότερο από τέσσερις δεκαετίες με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν διάφορα μοντέλα γύρω της προκειμένου να επιτευχθούν υψηλά κέρδη με σχεδόν μηδενικό ρίσκο.

Η επενδυτική στρατηγική που περιγράφεται ως στατιστικό αρμπιτράζ είναι μία αυστηρά πειθαρχημένη επενδυτική τακτική, αρκετά δυσνόητη από πολλούς, κυρίως λόγω του αυστηρού μαθηματικού της υπόβαθρου. Η επιστροφή στο μέσο (mean reversion) των τιμών, είναι μια ιδιαίτερα ισχυρή και θεμελιώδης δύναμη που οδηγεί συστήματα και αγορές σε διορθωτικές θέσεις. Το στατιστικό αρμπιτράζ χρησιμοποιώντας την έννοια της επιστροφής στο μέσο ως βάση, προχώρησε στη μοντελοποίηση αυτής της συμπεριφοράς με απώτερο σκοπό, όπως προαναφέρθηκε, την κερδοσκοπία. Η συγκεκριμένη τακτική, εκμεταλλεύεται στην ουσία την εσφαλμένη – πρόσκαιρη αποτίμηση ενός ή περισσότερων τίτλων μετοχών, η οποία αναμένεται να επανέλθει στην εύλογη της αξία. Πραγματοποιείται περαιτέρω ανάλυση του mean reversion, στην αμέσως επόμενη ενότητα.

2.2 Επιστροφή στο μέσο (mean reversion)

Η επιστροφή στο μέσο αποτελεί τη βάση της τακτικής του στατιστικού αρμπιτράζ. Μία χρονοσειρά λέγεται πως παρουσιάζει επιστροφή στο μέσο όταν κατά τη διάρκεια μιας συγκεκριμένης περιόδου, επιστρέφει σε μία σταθερή μέση τιμή.

Η στρατηγική της επιστροφής στο μέσο (mean reversion) βασίζεται στη θεωρία και πεποίθηση των επενδυτών ότι τόσο οι υψηλές όσο και οι χαμηλές τιμές μιας μετοχής ή ενός γραμμικού συνδυασμού δύο μετοχών –όπως η διαφορά στην τιμή τους- είναι μία προσωρινή κατάσταση και πως τελικά οι τιμές θα κινηθούν σε ένα μέσο επίπεδο μακροπρόθεσμα. Με τη μέθοδο αυτή, αρχικά καθορίζεται το εύρος τιμών μέσα στο οποίο θα κινηθούν οι μετοχές και στη συνέχεια υπολογίζεσαι μία μέση τιμή χρησιμοποιώντας αναλυτικές τεχνικές (αριθμοδείκτες βασιζόμενοι στα κέρδη, Ενεργητικό της εταιρείας κλπ.). Όταν η τρέχουσα τιμή μιας μετοχής είναι χαμηλότερη της μέσης τότε θεωρείται μια ελκυστική επενδυτική ευκαιρία, ο πιθανός επενδυτής προσδοκά την αύξηση της τιμής στο άμεσο μέλλον. Αντιθέτως όταν η τρέχουσα τιμή μιας μετοχής είναι υψηλότερη της μέσης τότε ο επενδυτής έχοντας την προσδοκία πως θα υπάρξει πτώση της τιμής σε σύντομο χρονικό διάστημα, θα προβεί στην πώληση του τίτλου και επαναγοράς του σε χαμηλότερη τιμή.

Τα τελευταία χρόνια έχουν υπάρξει αρκετές μελέτες και έρευνες σε σχέση με την επιστροφή στο μέσο. Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί αυξανόμενη τάση για τη μελέτη μακροχρόνιων ιδιοτήτων των τιμών των μετοχών, με ιδιαίτερη προσοχή να δίνεται στο αν η συμπεριφορά τους αποτελεί τυχαίο φαινόμενο ή το κατά πόσο τείνουν να επιστρέψουν σε μια μέση τιμή. Εάν μία χρονοσειρά σχετίζεται με τυχαία γεγονότα, τότε κάθε περιστατικό μπορεί να την επηρεάσει, με αποτέλεσμα να μην εμφανίζεται καμία τάση επαναφοράς της τιμής σε ένα επίπεδο σταθερού διαχρονικού μέσου. Αυτό το γεγονός αποκλείει τη δυνατότητα πρόβλεψης των τιμών και συμπεριφοράς βασιζόμενης σε ιστορικά στοιχεία. Αντίθετα, εάν μια χρονοσειρά τιμών μετοχών ακολουθεί μία διαδικασία επιστροφής στο μέσο, οι επενδυτές είναι σε θέση να προβλέψουν μελλοντικές αποδόσεις μέσω της αξιοποίησης ιστορικών στοιχείων και παρελθοντικών πληροφοριών.

Η παρούσα διπλωματική χρησιμοποιεί τη στρατηγική του mean reversion για ένα ζεύγος μετοχών ή διαφορετικά για ζεύγη συναλλαγών (pairs trading), συνδυάζοντας δύο μετοχές οι οποίες παρουσιάζουν βάσιμα στοιχεία συσχέτισης και τείνουν να επανέλθουν σε έναν σταθερό μέσο. Η έννοια των ζευγών συναλλαγών καθώς και ο ρόλος τους στο στατιστικό αρμπιτράζ παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο.

2.3 Κανόνας της μίας τιμής (Law of one Price)

Με βάση τον κανόνα της μίας τιμής, διατηρείται η υπόθεση πως εάν οι αποδόσεις δυο επενδύσεων είναι πανομοιότυπες και έχουν κοινά χαρακτηριστικά, τότε η τρέχουσα αξία των δύο αυτών επενδύσεων τείνει να είναι η ίδια (Ingersoll, 1987). Αντίστοιχα, εάν δύο χαρτοφυλάκια έχουν δημιουργηθεί σε διαφορετικές αγορές και η προεξόφληση τους είναι η ίδια, τότε θα έχουν παράλληλα και τις ίδιες τιμές (Chen and Knez, 1995). Εάν αυτές οι υποθέσεις δεν ικανοποιούνται, αναδύονται ευκαιρίες κερδοσκοπίας σε επενδυτές που επιθυμούν να αποκτήσουν κέρδη χωρίς κίνδυνο, με το να αγοράζουν υποτιμημένους τίτλους και να τους πωλούν υπερτιμημένους (Lamont and Thaler, 2003).

Εδώ εισέρχεται η υπόθεση της αποτελεσματικής αγοράς (Market efficiency hypothesis), με βάση την οποία θεωρείται πως κάθε πληροφορία και εξέλιξη που διαχέεται στην αγορά, επηρεάζει άμεσα και αντανακλάται στην τιμή μιας μετοχής. Δηλαδή, με άλλα λόγια, σε μία πλήρως αποτελεσματική αγορά οι τιμές αντανακλούν πλήρως όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες σε όλες τις περιόδους (Fama, 1970).

2.4 Υπόθεση αποτελεσματικότητας της αγοράς (Market efficiency hypothesis)

Η υπόθεση αποτελεσματικότητας της αγοράς προτείνει ότι οι χρηματοπιστωτικές αγορές ενσωματώνουν και αντανακλούν όλες τις γνωστές σχετικές πληροφορίες. Επιπλέον, είτε η υπόθεση της αποτελεσματικής αγοράς είναι έγκυρη είτε όχι, εξακολουθεί να είναι χρήσιμη θεωρητική έννοια με την οποία μπορούν να μελετηθούν φαινόμενα της χρηματοπιστωτικής αγοράς.

Υποθέσεις αποτελεσματικότητας της αγοράς

Η υπόθεση αποτελεσματικότητας της αγοράς βασίζεται σε αρκετές παραδοχές. Υποθέτει ότι όλες οι σχετικές πληροφορίες αντικατοπτρίζονται στις χρηματιστηριακές αγορές καθώς και ότι η αποτίμηση των χρηματοοικονομικών μέσων και προϊόντων είναι πάντα η σωστή. Αυτό φυσικά υποδεικνύει ότι ουδέποτε παρατηρείται υπερτίμηση ή υποτίμηση μετοχών. Παράλληλα, σημαίνει ότι οι επενδυτές δεν θα μπορέσουν ποτέ να «κερδίσουν την αγορά», μέσω της ανάπτυξης επενδυτικών στρατηγικών.

Βαθμοί αποτελεσματικότητας της αγοράς

Υπάρχουν τρεις μορφές αποτελεσματικότητας της αγοράς: αποδοτικότητα χαμηλής μορφής, αποδοτικότητα ημι-ισχυρής μορφής και τέλος αυτή της ισχυρής απόδοσης. Οι διάφορες μορφές αντιπροσωπεύουν διαφορετικούς βαθμούς τήρησης της υπόθεσης.

Αδύναμης μορφής

Σύμφωνα με την αδύναμη μορφή, όλα τα ιστορικά δεδομένα τιμών αντικατοπτρίζονται στην τρέχουσα τιμή της μετοχής. Αυτό σημαίνει ότι δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί μια τεχνική ανάλυση για να ξεπερασθεί ή να προβλεφθεί η συνολική αγορά. Ωστόσο, αυτή η μορφή αποτελεσματικότητας της αγοράς επιτρέπει την εσφαλμένη τιμολόγηση της μετοχής, την οποία ίσως οι επενδυτές μπορούν να αντιληφθούν και να εκμεταλλευτούν μέσω θεμελιώδους ανάλυσης.

Ενδιάμεσης ισχύος

Σύμφωνα με την αποτελεσματικότητα της αγοράς σε ημι-ισχυρή μορφή, όλα τα δημόσια δεδομένα (συμπεριλαμβανομένων όλων των ιστορικών δεδομένων και όλων των τρεχόντων στοιχείων των οικονομικών καταστάσεων) αντικατοπτρίζονται στην τρέχουσα τιμή της μετοχής. Επιπλέον, αυτό συνεπάγεται ότι ούτε η τεχνική ανάλυση ούτε η θεμελιώδης ανάλυση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ξεπεράσουν τη συνολική αγορά. Ωστόσο, αυτή η μορφή αποτελεσματικότητας της αγοράς επιτρέπει την εσφαλμένη τιμολόγηση λόγω προσωπικών πληροφοριών. Έτσι, οι επενδυτές που έχουν πρόσβαση σε ιδιωτικές πληροφορίες ενδέχεται να είναι σε θέση να διεκδικήσουν μεγάλες αποδόσεις.

Ισχυρής μορφής

Σύμφωνα με την ισχυρή απόδοση της αγοράς, όλα τα δεδομένα - ιστορικά και τρέχοντα, δημόσια και ιδιωτικά - αντικατοπτρίζονται στην τρέχουσα τιμή της μετοχής. Αυτή η μορφή αποτελεσματικότητας της αγοράς υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει τρόπος να επιτευχθούν υπερβολικές αποδόσεις στις χρηματοπιστωτικές αγορές.

2.5 Οι στρατηγικές της σχετικής αξίας (relative value)

Τράπεζες και εταιρείες αμοιβαίων κεφαλαίων και διαχείρισης κινδύνου, έχουν χρησιμοποιήσει στρατηγικές διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων βασιζόμενες σε χαρτοφυλάκια που υποστηρίζουν την επιστροφή στο μέσο, οι οποίες στρατηγικές σημειώνουν αρκετές επιτυχίες τα τελευταία χρόνια. Από τις πιο απλές στρατηγικές τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή είναι η στρατηγική του pairs trading η οποία επικεντρώνεται στο χαρτοφυλάκιο δύο περιουσιακών στοιχείων, ή μετοχών στην περίπτωση της παρούσας εργασίας. Με βάση αυτή την προσέγγιση, πραγματοποιείται η ταυτόχρονη αγορά (long position) μιας μετοχής, με ταυτόχρονη πώληση (short position) της άλλης μετοχής του ζεύγους κρατώντας ως δεδομένο πως το χαρτοφυλάκιο παραμένει ανεπηρέαστο από τη γενικότερη κατάσταση που επικρατεί στην αγορά. Η αγορά υπό αυτή την έννοια χαρακτηρίζεται εμπορικά ουδέτερη ή διαφορετικά *market neutral*, ένας όρος που παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια.

Το relative value αρμπιτράζ (ή διαφορετικά pairs trading), είναι μια επενδυτική στρατηγική που επιδιώκει να επωφεληθεί από τις διαφορές τιμών μεταξύ των σχετικών χρηματοπιστωτικών μέσων (τα μέσα αυτά ποικίλουν από μετοχές, ομόλογα έως αμοιβαία κεφάλαια και πολλά άλλα), ταυτόχρονα αγοράζοντας και πωλώντας τις διάφορες αξίες - επιτρέποντας έτσι στους επενδυτές να επωφεληθούν από τη "σχετική αξία" των δύο τίτλων. Στον κόσμο των αμοιβαίων κεφαλαίων, το arbitrage αναφέρεται συχνότερα στην ταυτόχρονη αγορά και πώληση δύο παρόμοιων τίτλων των οποίων οι τιμές, κατά τη γνώμη του επενδυτή, δεν συνάδουν με αυτό που εκείνος θεωρεί ότι είναι η "πραγματική αξία τους". Βασισμένος στην υπόθεση ότι οι τιμές θα επανέλθουν στην πραγματική αξία με την πάροδο του χρόνου, ο επενδυτής θα πουλήσει σύντομα την υπερτιμημένη μετοχή και θα αγοράσει την υποτιμημένη μετοχή σε ένα ζεύγος συναλλαγών (pairs trading).

Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες αναλύσεις και μελέτες προκειμένου να διευκρινιστεί το κατά πόσο είναι δυνατή η υλοποίηση της στρατηγικής του pairs trading καθώς και των αποτελεσμάτων που αυτή επιφέρει (βλ. Vidyamurthy 2004 και Pole 2007). Η βασική υπόθεση της ανά ζεύγη συναλλαγής είναι πως τα δύο χρηματοοικονομικά μέσα που χρησιμοποιούνται παρουσιάζουν πανομοιότυπα χαρακτηριστικά οπότε και η αποτίμηση τους θα πρέπει να είναι *παρεμφερής*. Με αποτέλεσμα, βασιζόμενοι σε αυτή την υπόθεση, να πραγματοποιείται περαιτέρω αναζήτηση των μεθόδων με τις οποίες θα καταλήξουμε στις δύο μετοχές των οποίων οι τιμές είναι δεμένες σε μια κοινή στοχαστική τάση. Ακόμη και αν οι χρονοσειρές των τιμών δεν κινούνται πάντα προς την ίδια κατεύθυνση, με βάση την υπόθεση του pairs trading, θα έπρεπε η διαφορά των τιμών των δύο περιουσιακών στοιχείων να μεταβάλλεται γύρω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο ισορροπίας (γνωστό και ως **spread**). Μόλις οι τιμές επανέλθουν στην πραγματική αξία, οι θέσεις που είχαν ανοιχτεί μπορούν να κλείσουν. Εδώ καθίσταται σαφές πως οι τίτλοι αξίας που περιλαμβάνονται στο pairs trading, τείνουν να κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση ταυτόχρονα. Το γεγονός ότι το μέγεθος του «ανοίγματος» ποσοτικοποιεί το βαθμό της λανθασμένης αποτίμησης ενός περιουσιακού στοιχείου σε σχέση με το άλλο, οι στρατηγικές αναγνωρίζονται ως σχετικής αξίας (relative value).

Σχετική μελέτη προς αυτή την κατεύθυνση έχει πραγματοποιηθεί, μεταξύ άλλων, από τους Montana et al. (2009) και Montana και Parella (2009). Μεταξύ άλλων στις προαναφερθείσες μελέτες διερευνήθηκε ενδελεχώς η ακρίβεια του μοντέλου του παρατηρούμενου ανοίγματος. Ένα στοχαστικό μοντέλο το οποίο θα περιγράφει τη διαχρονική εξέλιξη της διαφοράς των τιμών με ακρίβεια, δίνει τη δυνατότητα στον αναλυτή να περιγράψει με ακρίβεια τα αποτελέσματα και να παρακολουθήσει κάποιες από τις ιδιότητες του όπως είναι η επιστροφή στο μέσο. Τέλος, πρόσφατα οι Elliot et al. (2005), υποστήριξαν πως η *Gaussian γραμμική κατανομή*, μπορεί να είναι η κατάλληλη για τη μοντελοποίηση της επιστροφής στο μέσο spread που συνδέεται με το pairs trading και περιγράφουν πως τέτοιου είδους μοντέλα χρησιμοποιούνται σε στρατηγικές κερδοσκοπίας. Αναπτύσσοντας τη θεωρία τους, οι αναλυτές βασίστηκαν στη θεωρία πως η σύγκριση του εκτιμώμενου spread της διαδικασίας με το παρατηρούμενο μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση μόνιμων αδυναμιών της αγοράς.

3. Pairs trading

3.1 Εισαγωγή στη μέθοδο pairs trading και βασικοί ορισμοί

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται ανάλυση συγκεκριμένα του όρου pairs trading, των επιρροών και αιτιών που συντέλεσαν στη διάδοση της στρατηγικής ενώ παράλληλα θα υπάρξει και μία σύντομη αναφορά στην έννοια της αντιθετικής συναλλαγής. Τέλος, θα παρουσιαστούν κάποιες σημαντικές δημοσιεύσεις και αναλύσεις σχετιζόμενες με το pairs trading που έχουν πραγματοποιηθεί ανά τα έτη.

Οι συναλλαγές ζευγών αναφέρονται στη λήψη αντίθετης θέσης σε δύο χρηματιστηριακούς τίτλους όπως είναι οι μετοχές, δηλαδή, λήψη μίας θέσης long σε μετοχή και θέσης short σε μία άλλη. Ο στόχος όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια είναι η επίτευξη κέρδους από την σχετική κίνηση των τιμών των χρηματοοικονομικών μέσων. Οι δύο τιμές των μετοχών μπορεί να αυξηθούν ταυτόχρονα, αλλά η τιμή της μετοχής στην οποία διατηρείται long position θα σημειώσει μεγαλύτερη αύξηση. Αντίθετα, η τιμή τους μπορεί να μειωθούν παράλληλα, με την μετοχή στην οποία ο επενδυτής διατηρεί short position να σημειώνει μεγαλύτερη και γρηγορότερη μείωση στην τιμή. Το ένα ήμισυ των συναλλαγών των ζευγαριών μπορεί να είναι επικερδές και το άλλο μισό των συναλλαγών των ζευγαριών να είναι ζημιολόγο, αλλά ο στόχος είναι τα κέρδη να υπερβούν τις ζημιές.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι επενδυτές έχουν πιο εμπειριστατωμένη άποψη ως προς την απόδοση που θα σημειώσουν δύο επιχειρήσεις και για το πώς σχετίζονται μεταξύ τους, παρά για την γενική κατεύθυνση της αγοράς.

Η στρατηγική διαπραγμάτευσης pairs trading περιλαμβάνει τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο η ιστορική τιμή μιας αγοράς κινείται και εξελίσσεται σε σχέση με μια άλλη και χρησιμοποιώντας αυτό ως βάση για να προσδιορίσει εάν η τιμή μιας αγοράς θα αυξηθεί ή θα μειωθεί από την παρούσα θέση της και ενδεχομένως τότε.

Οι συναλλαγές ζευγών συνήθως συνεπάγονται τη λήψη δύο μετοχών από την ίδια βιομηχανία, όπως η BP και η Shell για παράδειγμα. Αυτοί οι τίτλοι τείνουν να ακολουθούν ο ένας τον άλλον, καθώς επηρεάζονται από τους ίδιους τύπους οικονομικών παραγόντων. Εάν οι επενδυτές παρατηρήσουν ότι η BP διαπραγματεύεται με έκπτωση στη Shell (υποθετικά μιλώντας), τότε αυτό τους παρέχει μια ευκαιρία για συναλλαγές. Αν λοιπόν αγοράσουν μετοχές της BP και πουλήσουν μετοχές ίσης αξίας της Shell, μπορούν να επωφεληθούν από τη επαναφορά των μετοχών πίσω στην ιστορική «ισορροπία» τους. Ο βασικός στόχος δηλαδή όπως αναλύεται παρακάτω είναι το να επωφεληθεί ο επενδυτής από το ότι η τιμή μιας μετοχής είναι υψηλή σε σχέση με την άλλη του ζεύγους.

Η διαπραγμάτευση των ζευγών μπορεί να είναι απλή στην έννοια, παρόλα αυτά μπορεί να περιλαμβάνει πολλούς σύνθετους τύπους συναλλαγών στην πράξη. Παράλληλα η στρατηγική παραμένει ομιχλώδης λόγω της πολυπλοκότητας και το διάφορων προσεγγίσεων του εκάστοτε ενδιαφερόμενου. Σε ένα pairs trading ο επενδυτής προσπαθεί να επωφεληθεί από μια κατάσταση όπου η μία μετοχή φαίνεται φθηνή η ακριβή σε σχέση με μια άλλη με την οποία

υπάρχει συσχέτιση. Έτσι ο επενδυτής θα αγοράζει τη μετοχή που φαίνεται σχετικά φθηνή με την προσδοκία ότι η τιμή της θα ανέβει στο μέλλον, και πουλάει την μετοχή που είναι σχετικά ακριβή με την υπόθεση ότι η τιμή της θα σημειώσει πτώση.

Προτού μία στρατηγική συναλλαγών ζευγών μπορεί να εφαρμοστεί σε πρακτικό επίπεδο πρέπει να απαντηθούν ορισμένα θεμελιώδη ερωτήματα όπως:

- ✓ Ποια ζεύγη μετοχών είναι κατάλληλα;
- ✓ Πότε θα πρέπει να ανοιχθεί ή να κλείσει μια θέση;
- ✓ Πώς πρέπει να προσδιοριστεί το ποσό του κεφαλαίου που τοποθετείται στις συγκεκριμένες long/short θέσεις;

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για το pairs trading, που προσφέρουν διαφορετικές απαντήσεις στις παραπάνω ερωτήσεις. Παρόλα αυτά, η βασική δομή μιας στρατηγικής διαπραγμάτευσης των ζευγαριών είναι κοινή για όλες τις προσεγγίσεις. Το πρώτο βήμα περιλαμβάνει τον προσδιορισμό ενός ζεύγους μετοχών των οποίων οι τιμές φαίνεται να κινούνται μαζί σύμφωνα με κάποια σταθερή σχέση. Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιείται για την καθιέρωση μιας τέτοιας σχέσης αναφέρεται ως περίοδος σχηματισμού. Αφότου προσδιοριστούν τα κατάλληλα ζεύγη εισάγουμε την περίοδο συναλλαγών. Σε αυτή την περίοδο παρατηρείται το spread ή αλλιώς άνοιγμα των δύο μετοχών. Εάν παρατηρηθεί σημαντική απόκλιση από τη σταθερή σχέση των μετοχών, τότε υπάρχει θέση ανοίγματος. Ο επενδυτής αγοράζει στη συνέχεια αρκετή ποσότητα της μετοχής με τη χαμηλότερη τιμή ενώ παράλληλα πουλάει τη μετοχή με την υψηλότερη τιμή.

Εάν υπάρχει προσωρινή απόκλιση από αυτή τη σχετική τιμολόγηση των μετοχών τότε είναι πιθανόν ο επενδυτής να το εκμεταλλευτεί, λαμβάνοντας μια θέση που δημιουργεί κέρδος καθώς διορθώνεται η απόκλιση.

Παράλληλα, σε απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων που τέθηκαν στα πλαίσια της επιλογής ζευγών, οι μετοχές ή οι δείκτες που αποτελούν ένα καλό υποψήφιο ζεύγος συναλλαγών θα πρέπει να υποδεικνύουν μετρήσιμη σχέση. Σε μία ιδανική περίπτωση, οι μετοχές παρουσιάζουν θετική συσχέτιση και betas που είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου.

Η συσχέτιση (correlation) είναι ένας στατιστικός συντελεστής που μετρά τη δύναμη, μέσα σε ένα εύρος +1 έως -1, της σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών. Στην παρούσα διπλωματική, οι μεταβλητές είναι μετοχές. Η ιδέα της συσχέτισης περιγράφεται καλύτερα με ένα παράδειγμα.

Εάν οι μετοχές A και B κινούνται ταυτόχρονα προς τα πάνω και προς τα κάτω, τότε ενδείκνυται οι μετοχές A και B να έχουν μια υψηλή θετική συσχέτιση (κοντά στο +1). Αν η μετοχή A ανεβαίνει ενώ η μετοχή B κατεβαίνει ταυτόχρονα, αυτό υποδεικνύει ότι υπάρχει υψηλή αρνητική συσχέτιση (κοντά στο -1). Τέλος, αν οι τιμές των δύο μετοχών κινούνται προς πάσα κατεύθυνση υιοθετώντας τυχαία συμπεριφορά τότε οι A και B έχουν μηδενική συσχέτιση.

Η συσχέτιση υπολογίζεται διαιρώντας τη συνδιακύμανση (covariance) του ποσοστού των μεταβολών των τιμών δύο μετοχών με το γινόμενο των τυπικών αποκλίσεων των δύο μετοχών. Η συνδιακύμανση είναι ένα μέτρο της τάσης που παρουσιάζουν δύο μετοχές να κινούνται μαζί,

και η διαίρεση αυτής της συνδιακύμανσης με τις τυπικές αποκλίσεις ορίζει τη συσχέτιση μεταξύ του εύρους +1 και -1.

Σύμφωνα με τον *Karl Pearson* ο γνωστός συντελεστής συσχέτισης $\rho_{X,Y}$ μεταξύ δύο τυχαίων μεταβλητών X και Y με τις αναμενόμενες τιμές μ_X και μ_Y και τυπική απόκλιση σ_X και σ_Y ορίζεται ως:

$$\rho_{X,Y} = \text{corr}(X, Y) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y} \quad (3.1.i)$$

Η συσχέτιση (correlation) θα υποδείξει τη δύναμη της σχέσης της διαφοροποίησης των τιμών για τις δύο μετοχές, για το χρονικό διάστημα που έχει επιλέξει ο επενδυτής να αντλήσει τα δεδομένα. Για το λόγο αυτό θα ήταν συνετό να επιλεγούν μετοχές με αρκετά συνεπή και σταθερή σχέση συσχέτισης από την οποία θα επωφεληθεί ο επενδυτής αν αυτή η σχέση ξαφνικά βρεθεί εκτός γραμμής. Το ερώτημα κατά τη μέτρηση του συντελεστή συσχέτισης του ζεύγους συναλλαγών είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον όγκο των δεδομένων που επιλέγονται να χρησιμοποιηθούν.

Παρόλα αυτά στην παρούσα εργασία, δεν χρησιμοποιήθηκε η έννοια της συσχέτισης αλλά αυτή της συνολοκλήρωσης για την αναζήτηση ζευγών από μετοχές που παρουσιάζουν ιστορικά στοιχεία συν-κίνησης των τιμών τους. Η έννοια της συνολοκλήρωσης παρουσιάζεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

3.2 Κανονικοποίηση δεδομένων και τιμών (normalization of stock prices)

Δεδομένου ότι το pairs trading είναι μία στρατηγική σχετικής αξίας (relative value), είναι απαραίτητο ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση της ανάπτυξης σχετικής αξίας σε ένα ζεύγος. Αν λάβουμε ένα υποθετικό παράδειγμα σύμφωνα με το οποίο οι τιμές δύο χρονοσειρών μετοχών ξεκινούν από το ίδιο σημείο, τότε ο υπολογισμός της σχετικής αξίας των μετοχών καθίσταται αρκετά απλός. Αυτό ισχύει καθώς σε κάθε δεδομένο χρονικό σημείο οι σωρευτικές αποδόσεις των χρονοσειρών είναι άμεσα παρατηρήσιμες. Επομένως, οι τυχόν διαφορές απόδοσης μεταξύ των μετοχών υπολογίζονται εύκολα.

Προφανώς, σε μια πραγματική κατάσταση, οι τιμές των μετοχών δεν θα συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο όπως στο παραπάνω υποθετικό παράδειγμα, αλλά θα ξεκινήσουν σε τιμές που ποικίλουν ευρέως. Αυτό κάνει την σύγκριση πιο περίπλοκη. Επιπλέον, η Do, Faff & Hamza (2006,4) επισημαίνουν ότι η απόκλιση των τιμών μεταξύ δύο μετοχών δεν αναμένεται να παραμείνει σε σταθερό επίπεδο, ακόμη και αν οι μετοχές αποφέρουν όμοιες αποδόσεις. Αυτό καθιστά ακατάλληλο δείκτη το spread των πραγματικών τιμών ως ένδειξη του πότε πρέπει να ανοίξει ή να κλείσει μια θέση. Προκειμένου να ξεπεραστούν αυτά τα ζητήματα, πρέπει να

εφαρμόσουμε ένα μετασχηματισμό στη χρονοσειρά. Με τη μετατροπή της χρονοσειράς των τιμών επιτυγχάνουμε μία επιπλέον ανεξαρτησία* σε επίπεδο τιμών και είμαστε σε θέση να εκτιμούμε με μεγαλύτερη συνέπεια τη σχετική εξέλιξη της αξίας των μετοχών.

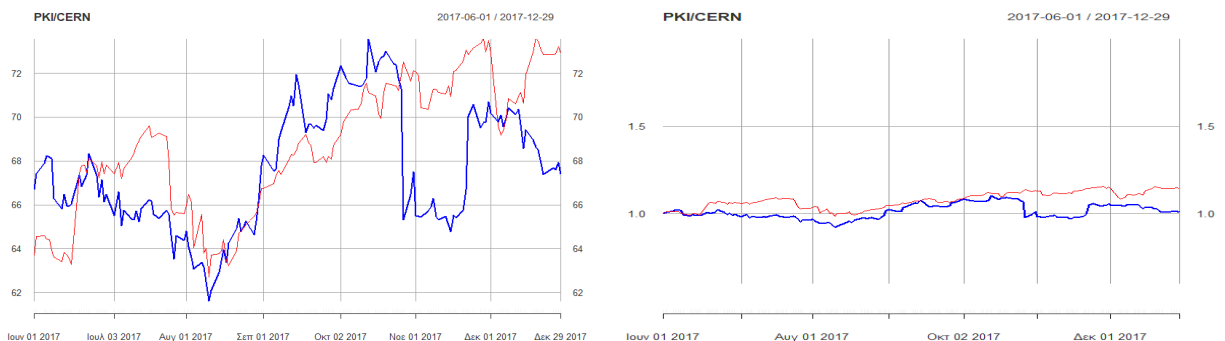
Σε προηγούμενη ακαδημαϊκή βιβλιογραφία (Engelberg, Gao & Jagannathan, 2009, Gatev et al., 2006), ένας κοινός μετασχηματισμός για να επιτευχθεί ανεξαρτησία σε επίπεδο τιμών είναι η κατασκευή αθροιστικών δεικτών απόδοσης για τις μετοχές. Οι δείκτες αυτοί αντικατοπτρίζουν τη συνολική απόδοση από την αρχή μιας περιόδου, προσαρμοσμένη για μερίσματα (dividends) και "σπασίματα" (splits). Στη συνέχεια, οι δείκτες αναθεωρούνται σε ορισμένες σταθερές κοινές για όλα τις τιμές που εξετάζονται. Στη βιβλιογραφία αυτή η μετατροπή αναφέρεται συνήθως ως κανονικοποίηση των τιμών των μετοχών.

Η ομαλοποίηση της σειράς των τιμών πραγματοποιείται αναγώνοντας και τις δύο μετοχές σε τιμή του ενός στην πρώτη παρατήρηση. Μαθηματικά αυτό γίνεται σύμφωνα με την εξίσωση :

$$P_{it}^N = \frac{P_{it}^{Raw}}{P_{i0}^{Raw}} \quad (3.2.i)$$

Όπου P_{it}^N είναι η κανονικοποιημένη τιμή (normalized stock price) της μετοχής i σε χρόνο t και η P_{it}^{Raw} είναι η μη επεξεργασμένη τιμή (raw price) της μετοχής i σε χρόνο t .

Με την εφαρμογή του μετασχηματισμού της σειράς των τιμών και μέσω της κανονικοποίησης, η εξέλιξη της σχετικής αξίας (relative value) των μετοχών είναι άμεσα συγκρίσιμη. Παράλληλα καθίσταται πλέον εφικτό να ποσοτικοποιηθεί με βάση το επίπεδο απόκλισης. Στα παρακάτω γραφήματα γίνεται η απεικόνιση των τιμών ενός ζεύγους μετοχών πριν και μετά το μετασχηματισμό της κανονικοποίησης.



Το παράδειγμα αποτελεί τμήμα εφαρμογών της παρούσας διπλωματικής έρευνας και περιγράφει τις χρονοσειρές των τιμών των μετοχών PKI και CERN για τη περίοδο 01/06/2017 έως 01/01/2018.

*Μια απλή υπόθεση για τη χρονοσειρά $\{X_t\}_{-\infty}^{\infty}$ είναι ότι αποτελείται από ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές αλλά που όλες ακολουθούν την ίδια κατανομή, και ονομάζεται χρονοσειρά **ανεξάρτητων και ισόνομων τυχαίων μεταβλητών** (independent and identically distributed, iid). Μαθηματικά η iid ορίζεται από την ανεξαρτησία για οποιοδήποτε σύνολο n μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_n της $\{X_t\}_{-\infty}^{\infty}$, δηλαδή ισχύει:

$$P(X_1 \leq x_1, X_2 \leq x_2, \dots, X_n \leq x_n) = P(X_1 \leq x_1)P(X_2 \leq x_2) \dots P(X_n \leq x_n),$$

όπου P δηλώνει πιθανότητα, τα κεφαλαία γράμματα τις τυχαίες μεταβλητές και τα μικρά τυχαίες τιμές του πεδίου τιμών της χρονοσειράς.

Μια iid χρονοσειρά είναι εντελώς τυχαία και δεν περιέχει αυτοσυσχετίσεις (γραμμικές ή μη-γραμμικές), δηλαδή συσχετίσεις μεταξύ στοιχείων της χρονοσειράς.

3.3 Η έννοια της αντιθετικής στρατηγικής (contrarian strategy)

Η έννοια της αντιθετικής στρατηγικής είναι μια επενδυτική στρατηγική που χαρακτηρίζεται από την αγορά και την πώληση τίτλων αντίθετα προς την κίνηση και θέληση της αγοράς.

Ένας υποστηρικτής αυτής της στρατηγικής θεωρεί πως μια ορισμένη συμπεριφορά επενδυτών στην αγορά θα οδηγήσει σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες σχετικά με την τιμολόγηση των χρηματοοικονομικών προϊόντων. Για παράδειγμα, η διαδεδομένη απαισιοδοξία για μία μετοχή μπορεί να οδηγήσει μια τιμή σε τόσο χαμηλά επίπεδα έτσι ώστε να υπερεκτιμάται ο κίνδυνος που η εταιρεία αντιμετωπίζει και να υποτιμώνται οι προοπτικές της για επιστροφή στην κερδοφορία. Ο εντοπισμός και η αγορά τέτοιων απομειωμένων μετοχών και η πώλησή τους μετά την ανάκτηση της εταιρείας μπορεί να οδηγήσει σε κέρδη άνω του μέσου όρου.

Η αντιθετική στρατηγική σχετίζεται με την αξία της επένδυσης στο ότι ο contrarian (υποστηρικτής της στρατηγικής) αναζητά επίσης εσφαλμένες επενδύσεις και αγοράζει εκείνες που φαίνεται να υποτιμώνται από την αγορά. Στο βιβλίο που περιγράφεται αναλυτικά η συγκεκριμένη στρατηγική, "Η τέχνη της αντίθετης σκέψης"- « The Art of Contrary Thinking (1954) από τον Humphrey B. Neill, παρατηρείται ότι είναι εύκολο να βρεθεί κάτι που να αντιβαίνει τη γενική γνώμη, αλλά είναι δύσκολο να ανακαλυφθεί τότε όλοι το πιστεύουν. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι «όταν όλοι σκέφτονται το ίδιο ή παρόμοια, τότε είναι πολύ πιθανό όλοι να είναι λάθος». Μερικοί γνωστοί επενδυτές αξίας (value investors), όπως ο John Neff, αμφισβήτησαν αν υπάρχει κάτι τέτοιο ως "contrarian", θεωρώντας το ως ουσιαστικά συνώνυμο με την επένδυση αξίας (value investing). Μια πιθανή διάκριση είναι ότι μία μετοχή αξίας, στη θεωρία των οικονομικών, μπορεί να αναγνωριστεί από χρηματοοικονομικές μετρήσεις όπως η λογιστική αξία ή ο αριθμοδείκτης Price / Earnings. Ένας contrarian επενδυτής μπορεί να εξετάσει αυτές τις μετρήσεις, αλλά ενδιαφέρεται περισσότερο για το γενικό "προαίσθημα" που επικρατεί στην αγορά όσον αφορά στις αναλύσεις ή προβλέψεις κερδών, τον όγκο συναλλαγών και τα σχόλια των μαζικών μέσων ενημέρωσης για την εταιρεία και τις επιχειρηματικές της προοπτικές .

Η αιτία αναφοράς του συγκεκριμένου όρου είναι ότι το pairs trading αποτελεί ένα είδος της στρατηγικής: ο επενδυτής δημιουργεί ένα χαρτοφυλάκιο χωρίς αρχικό κεφάλαιο (zero investment strategy), πουλώντας ανοικτά (short) μετοχές με πολύ υψηλές αποδόσεις κατά το προηγούμενο διάστημα, και ταυτόχρονα αγοράζοντας (long) μετοχές που είχαν πολύ χαμηλές αποδόσεις κατά το ίδιο προηγούμενο χρονικό διάστημα. Παρόλα αυτά σε μια πληροφοριακά αποτελεσματική αγορά, αυτό το φαινόμενο δε θα έπρεπε να υπάρχει και επομένως τα αποτελέσματα να αποδίδονται στην υπερβολική αντίδραση των επενδυτών. Συνεπώς ένας αντιθετικός επενδυτής δεν ακολουθεί τη γενικότερη τάση της αγοράς, αλλά κάνει ακριβώς το αντίθετο από τους υπόλοιπους επενδυτές που παρασύρονται από αυτή. Με διαφορετικά λόγια και κλείνοντας το θέμα της αντιθετικής στρατηγικής, το αντιθετικό pairs trading προτείνει την πώληση παρελθοντικών «νικητών» και την αγορά «χαμένων» μετοχών.

3.4 Σημαντικές δημοσιεύσεις για τα ζεύγη συναλλαγών

Αρκετοί είναι οι συγγραφείς που δημοσίευσαν άρθρα που αφορούν στο pairs trading, όπως οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν από τον καθένα προκειμένου να γίνει η επιλογή του ζεύγους περιουσιακών στοιχείων. Κάποιες από αυτές τις αναλύσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Gatev, Goetzman & Rouwenhorst - "Pairs trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule - Απόδοση της σχετικής αξίας του κανόνα Αρμπιτράζ "(1998, 2006)

Αυτή η μελέτη είναι μία από τις πρώτες ακαδημαϊκές έρευνες σχετικά με το pairs trading, η οποία έθεσε τα θεμέλια για πολλές από τις επακόλουθες έρευνες. Στην ανάλυση αυτή πραγματοποιείται back testing σε μια απλή στρατηγική διαπραγμάτευσης, δηλαδή η στρατηγική δοκιμάζεται εκ νέου σε μία παρελθοντική περίοδο. Τα ζεύγη εντοπίζονται με την εύρεση μετοχών που παρουσιάζουν ιστορικά στοιχεία συν-κίνησης των τιμών. Πιο συγκεκριμένα, τα ζεύγη μετοχών που ελαχιστοποιούν τη συνολική απόσταση μεταξύ των κανονικοποιημένων σειρών τιμών προσδιορίζονται ως δυνητικοί υποψήφιοι. Αυτή η προσέγγιση επομένως αναφέρεται συνήθως ως προσέγγιση της απόστασης (distance approach).

Το σύνολο δεδομένων απαρτίζεται από ημερήσιες τιμές κλεισίματος από την αμερικανική χρηματιστηριακή αγορά κατά την περίοδο 1962 έως 2002. Αναφέρονται σημαντικές επιπλέον αποδόσεις έως και 11% ετησίως (πριν από το κόστος) για τα αυτοχρηματοδοτούμενα ζεύγη. Οι συγγραφείς αποδίδουν τις υπερβολικές αποδόσεις σε έναν άγνωστο συστηματικό παράγοντα κινδύνου που δεν έχει ακόμη εντοπιστεί. Υποστηρίζουν αυτή την άποψη επισημαίνοντας ότι υπάρχει υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των αποδόσεων σε χαρτοφυλάκια μη αλληλεπικαλυπτόμενων ζευγών (non-over lapping pairs)*. Η συσχέτιση υπάρχει ακόμα και μετά την καταγραφή των κοινών παραγόντων κινδύνου με την εφαρμογή μιας ενισχυμένης έκδοσης του Fama και French μοντέλου των τριών παραγόντων*. Επιπλέον, η ανάλυση δείχνει ότι οι αποδόσεις στη στρατηγική διαπραγμάτευσης των ζευγαριών ήταν χαμηλότερες στο δεύτερο μέρος του δείγματος, κάτι που οι συγγραφείς αποδίδουν σε χαμηλότερες αποδόσεις στον

προαναφερθέντα άγνωστο παράγοντα κινδύνου. Η μελέτη κυκλοφόρησε για πρώτη φορά ως working paper το 1998. Το 2006 επεκτάθηκε η περίοδος δειγματοληψίας και το έγγραφο δημοσιεύθηκε επισήμως.

* Το μοντέλο που συνήθως αναφέρεται ως « Fama-French three-factor model » δημοσιεύθηκε από τους Eugene Fama και Kenneth French το 1992. Σκοπός του μοντέλου είναι να συσχετίσει τις αποδόσεις των μετοχών με τους διάφορους συστημικούς κινδύνους. Οι τρεις πρωταρχικοί παράγοντες περιλάμβαναν την έκθεση στο γενικό κίνδυνο της αγοράς, στον αριθμοδείκτη book- to- market καθώς και στην κεφαλαιοποίηση της αγοράς.

Vidyamurthy – “Pairs Trading, Quantitative Methods and Analysis” (2004)

Σε αυτό το βιβλίο ο συγγραφέας προτείνει τη χρήση του πλαισίου συσχέτισης που ως όρος εισήχθη για πρώτη φορά από τους Engle και Granger το 1987. Η ιδιότητα της συσχέτισης χρησιμοποιείται τόσο ώστε να αναγνωριστούν τα ζεύγη όσο και να δημιουργηθούν σήματα συναλλαγών (trade signals). Η ιδέα της συσχέτισης όπως χρησιμοποιείται σε αυτό το βιβλίο, μπορεί να εξηγηθεί με τον ακόλουθο τρόπο. Λαμβάνονται υποθετικά δύο χρονοσειρές η καθεμία αποτελούμενη από δύο συνιστώσες: ένα τυχαίο και ένα μη τυχαίο παράγοντα. Επιπλέον, επικρατεί η υπόθεση πως το τυχαίο στοιχείο είναι κοινό και για τις δύο χρονοσειρές. Στη συνέχεια, συνδυάζοντας τις χρονοσειρές σε μια συγκεκριμένη αναλογία, λαμβάνουμε μόνο μια νέα σειρά που αποτελείται αποκλειστικά από τους μη τυχαίους παράγοντες. Εφαρμόζοντας την συσχέτιση στο πλαίσιο Vidyamurthy γίνονται προσπάθειες να εντοπιστούν τα ζεύγη των μετοχών όπου οι τυχαίοι παράγοντες και μεταβλητές αλληλο-ακυρώνονται. Τα ζευγάρια με αυτήν την ιδιότητα θα ήταν ελκυστικά για pairs trading καθώς η μεταξύ τους απόκλιση- spread αναμένεται να παραμείνει σταθερή. Το βιβλίο είναι ουσιαστικά ένας οδηγός για pairs trading χωρίς όμως να παραθέτει εμπειρικά αποτελέσματα.

*Το NAP (Nonoverlap of All Pairs) είναι μια μη παραμετρική τεχνική για τη μέτρηση της μη επικάλυψης ή της "κυριαρχίας" για δύο φάσεις. Δεν περιλαμβάνει τάση δεδομένων. Το NAP είναι κατάλληλο για σχεδόν όλους τους τύπους δεδομένων και κατανομών.

Elliot, Hoek & Malcom – “Pairs Trading” (2005)

Σε αυτή την εργασία οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια προσέγγιση στο pairs trading όπου γίνεται μια μοντελοποίηση του spread ώστε να θεωρείται ως μία τυχαία μεταβλητή που παρουσιάζει χαρακτηριστικά επιστροφής στο μέσο. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται η υπόθεση ότι το spread ακολουθεί περίπου μια διαδικασία Ornstein-Uhlenbeck. Η προσέγγιση αυτή προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα. Επειδή το spread διαμορφώνεται ως μεταβλητή με ορισμένες στατιστικές ιδιότητες είναι δυνατόν να προβλεφθεί χρόνος σύγκλισης καθώς και η πιθανότητα περαιτέρω απόκλισης. Η εργασία είναι καθαρά θεωρητικό και επίσης δεν προσφέρει κάποια εμπειρική ανάλυση της προσέγγισης.

Lin, McCrae & Gulaty. –“Loss protection in pairs trading trough minimum profit bounds: A cointegration approach” (2006)

Οι συγγραφείς παρουσιάζουν μια παραλλαγή της προσέγγισης που προτείνεται από τον Vidgamurthy (2004). Ο συντελεστής συσχέτισης (η κλίση σε μια παλινδρόμηση μεταξύ των αποδόσεων των δύο μετοχών ενός ζεύγους) καθορίζει την αναλογία με την οποία οι μετοχές αγοράζονται ή πωλούνται. Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση οι απαραίτητες προϋποθέσεις για να αποδώσει μία συναλλαγή είναι να προκύψει ένα ελάχιστο κέρδος. Το ελάχιστο κέρδος χρησιμοποιείται για την κάλυψη των συναλλακτικών εξόδων και κερδών. Το εμπειρικό μέρος αυτής της μελέτης περιορίζεται σε μια ανάλυση όπου εξετάζεται ένα μοναδικό ζεύγος μετοχών.

Engelberg, Gao & Jagannathan – “An Anatomy of Pairs Trading: The Role of Idiosyncratic News, Common Information and Liquidity” (2009)

Ακολουθώντας την προσέγγιση που περιγράφεται από τους Gatev et al. (2006), οι συγγραφείς περιγράφουν το φαινόμενο της επίτευξης σημαντικών και υπερβολικά μεγάλων αποδόσεων. Επιπλέον, το έγγραφο στοχεύει να εξηγήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις αποδόσεις. Αναφέρονται τέσσερα κύρια ευρήματα. Πρώτον, η απόδοση μία συναλλαγής είναι ευαίσθητη στο χρόνο που μεσολάβησε μεταξύ απόκλισης και σύγκλισης. Η πιθανή απόδοση μειώνεται εκθετικά με το χρόνο μετά την απόκλιση. Οι συγγραφείς εισάγουν έναν κανόνα όπου όταν μια θέση δεν συγκλίνει κατά τις πρώτες 10 ημέρες, κλείνει αυτομάτως. Αυτό οδηγεί σε αύξηση των κερδών από 70 bps* σε 175 bps κάθε μήνα. Δεύτερον, αποδεικνύεται ότι τα κέρδη σε μία συναλλαγή σχετίζονται με τα νέα και τις εξελίξεις που επηρεάζουν τις εταιρείες. Εάν η παρατηρούμενη απόκλιση είναι αποτέλεσμα της συγκεκριμένης επιχειρησιακής εξέλιξης, η απόκλιση είναι πιθανότερο να είναι μόνιμη. Εμφανίζεται η τρίτη παρατήρηση σύμφωνα με την οποία εάν το σοκ της πληροφορίας που λαμβάνεται είναι κοινό και για τις δύο μετοχές, τότε κάποια από τα συναλλακτικά κέρδη μπορούν να αποδοθούν στο χρόνο που χρειάζεται η αγορά για να προσαρμόσει τις τιμές ώστε να αντικατοπτρίζουν τα νέα δεδομένα. Τέταρτον, τα κέρδη επηρεάζονται από τη δομή ιδιοκτησίας και τη κάλυψη του αναλυτή. Αν και οι δύο μετοχές σε ένα ζευγάρι ανήκουν στον ίδιο θεσμικό επενδυτή τα κέρδη μειώνονται. Ομοίως, εάν οι μετοχές του ζεύγους καλύπτονται και οι δύο από τον ίδιο αναλυτή, οι αποδόσεις είναι γενικά χαμηλότερες.

*Μονάδα βάσης (Basis point (bp)) είναι το ένα εκατοστό του 1%, δηλαδή 0,01% και χρησιμοποιείται για την καλύτερη απεικόνιση των μικροδιαφορών στις αποδόσεις χρεογράφων, ομολόγων και άλλων επενδύσεων. Δηλαδή, κάποιος επενδυτής που θέλει να εκφράσει ότι η διαφορά στην απόδοση δύο μετοχών είναι 0,05%, θα αναφέρεται ως διαφορά 5 μονάδων βάσης αντί “μηδέν κόμμα μηδέν πέντε τοις εκατό”.

Do & Faff – “Does Naïve Pairs Trading Still work?” (2010)

Στη μελέτη αυτή οι συγγραφείς προσπαθούν να αναπαράγουν τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από τους Gatev et al. (2006) χρησιμοποιώντας το ίδιο σύνολο δεδομένων όπως στην αρχική μελέτη. Τα αποτελέσματά τους συμφωνούν με αυτά που βρέθηκαν στην αρχική μελέτη με

ελάχιστες μόνο αποκλίσεις. Επιπλέον, οι συγγραφείς επεκτείνουν το δείγμα δεδομένων για να συμπεριλάβουν παρατηρήσεις έως το πρώτο εξάμηνο του 2008. Στο υπο-δείγμα που εκτείνεται από το 2003 έως το 2008 το πλεόνασμα των αποδόσεων μειώθηκε σε ένα σημείο όπου ουσιαστικά είναι μηδενικό. Οι συγγραφείς σημειώνουν ότι φαίνεται να υπάρχει αυξημένος κίνδυνος μη σύγκλισης στην υπο-περίοδο που επιλέχθηκε, καθώς παρατηρήθηκε ότι το spread συνεχίζει να διευρύνεται μετά την ανοικτή θέση.

Bowen, Hutchinsinon & O’Sullivan – “High Frequency Equity Pairs Trading: Transaction Costs, Speed of Execution and Patterns in Returns” (2010)

Η συγκεκριμένη αποτελεί μία από τις λίγες ακαδημαϊκές έρευνες η οποία εξετάζει τη στρατηγική του pairs trading χρησιμοποιώντας δεδομένα συχνότητας (frequency data). Ακολουθώντας την προσέγγιση του Gatev et al. (2006), οι συγγραφείς αναλύουν το έτος 2007 στην χρηματιστηριακή αγορά της Αγγλίας. Οι αποδόσεις και κέρδη με βάση την ανάλυση παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στο χρόνο και τα κόστη συναλλαγών.

Hoel – “Statistical Arbitrage Pairs: Can Cointegration Capture Market Neutral Profits?” (2013)

Ακολουθώντας τη μέθοδο της συν ολοκλήρωσης, η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιεί back-testing, δοκιμάζοντας έτσι εκ νέου τη στρατηγική ζευγών συναλλαγής κατά τα έτη 2003 έως 2013 στην χρηματοπιστωτική αγορά της Νορβηγίας. Η μελέτη δείχνει ότι αυτή η εφαρμογή θα οδηγούσε σε μεγάλες ζημίες, τόσο σωρευτικές όσο και σε συγκεκριμένες υπο-περιόδους.

George Miao – “High Frequency and Dynamic Pairs Trading Based on Statistical Arbitrage Using a Two-Stage Correlation and Cointegration Approach” (2014)

Χρησιμοποιώντας δεδομένα υψηλής συχνότητας (high frequency data) από την αγορά των ΗΠΑ, ο Miao δείχνει ότι το pairs trading κατά το 2012 και το 2013 ήταν εξαιρετικά επικερδής μέθοδος συναλλαγών. Ο συγγραφέας αναφέρει ότι το η στρατηγική ξεπέρασε το S&P500 κατά 34% σε μια δωδεκάμηνη περίοδο διαπραγμάτευσης (χωρίς να ληφθούν υπόψη τα κόστη συναλλαγών). Η διαδικασία σχηματισμού ζευγών χωρίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο βήμα, τα δυνητικά ζεύγη προεπιλέγονται με βάση τους συντελεστές συσχέτισης τους. Στο δεύτερο βήμα, εφαρμόζεται μια δοκιμή συνένωσης προκειμένου να προσδιοριστούν τα καλύτερα ζεύγη. Στη συνέχεια, τα επιλεγμένα ζεύγη συναλλάσσονται όταν προκύπτουν αποκλίσεις από την εκτιμώμενη σχέση.

4. Διάφορες προσεγγίσεις σχετικές με το pairs trading

Παρακάτω παρουσιάζονται οι τέσσερις πιο διαδεδομένες προσεγγίσεις του pairs trading:

4.1 Η προσέγγιση της συνολοκλήρωσης -The Cointegration approach

Η συγκεκριμένη προσέγγιση στηρίζεται στη στατιστική έννοια των στάσιμων διαδικασιών (stationary processes). Ο Sollis (2003) ορίζει μια χρονοσειρά ως στάσιμη αν πληρούνται οι παρακάτω τρεις προϋποθέσεις:

1. $E[y_t]$ είναι σταθερή για κάθε t
2. $Var[y_t]$ είναι σταθερή για κάθε t
3. $Covar[y_t, y_{t+1}]$ είναι σταθερή για κάθε t

Όταν μπορεί να επιβεβαιωθεί ότι το spread (απόκλιση) μεταξύ δύο περιουσιακών στοιχείων όπως των μετοχών, παραμένει στάσιμο ή σχετικά σταθερό, τότε είναι πολύ πιθανό το ζεύγος μετοχών να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία στα πλαίσια της στρατηγικής του pairs trading. Ικανοποιώντας την προϋπόθεση 1. η αναμενόμενη τιμή της διαφοράς ή αλλιώς του spread παραμένει σταθερή ανά πάσα στιγμή. Αυτό υποδεικνύει πως η τιμή του spread αναμένεται να επιστρέψει στο μέσο μετά από μία σημαντική απόκλιση.

Στη συνέχεια, αν εξετασθούν δύο χρονοσειρές οι οποίες αρχικά εισάγονται ως $I(1)^*$ και κατά συνέπεια μη στάσιμες (non-stationary*). Παρόλα αυτά αν οι χρονοσειρές βασίζονται σε κοινές στοχαστικές προσεγγίσεις και τάσεις, είναι πιθανό ο γραμμικός συνδυασμός των χρονοσειρών αυτών να οδηγήσει στη δημιουργία μιας στάσιμης χρονοσειράς $I(0)$ ή αλλιώς χρονοσειρά χαρτοφυλακίου. Για το λόγο αυτό παρατίθεται ο ορισμός της συνολοκλήρωσης (cointegration):

Έστω $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$ ακολουθία από $I(1)$ χρονοσειρές. Εάν υπάρχουν μη μηδενικοί αριθμοί $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ τέτοιοι ώστε ο γραμμικός συνδυασμός $\beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \dots + \beta_n X_{nt}$ να είναι μία $I(0)$ σειρά, τότε οι $X_{1t}, X_{2t}, \dots, X_{nt}$ ονομάζονται συνολοκληρωμένες.

* Βαθμός ολοκλήρωσης (Order of integration $I(d)$) μιας χρονοσειράς είναι μια παράμετρος, η οποία αναφέρει τον ελάχιστο αριθμό διαφορών που απαιτούνται για την επίτευξη μιας στάσιμης σειράς. Μία μεταβλητή/μη στάσιμη χρονοσειρά είναι η χρονοσειρά που δεν πληροί τις προϋποθέσεις της αμετάβλητης/στάσιμης χρονοσειράς και διαδικασίας. Εάν μία μη στάσιμη χρονοσειρά είναι σειρά $I(1)$, τότε η χρονοσειρά πρέπει πρώτα να διαφοροποιηθεί μία φορά για να γίνει στάσιμη $I(0)$ χρονοσειρά. Κατά την πρώτη διαφοροποίηση μιας σειράς, η προηγούμενη παρατήρηση αφαιρείται από την τρέχουσα σειρά. Αυτό παράγει μια νέα χρονοσειρά που συμπεριλαμβάνει τις περιοδικές μεταβολές. Αντίστοιχα για σειρές με βαθμό ολοκλήρωσης I μεγαλύτερο του 1 είναι αναγκαία η διαφοροποίηση των τιμών τόσες φορές όσες και ο βαθμός I ώστε να προκύψει στάσιμη χρονοσειρά.

Αυτή η έννοια της σταθερής ή στάσιμης σχέσης είναι εκείνη που ψάχνουν να εκμεταλλευτούν οι επενδυτές σε μία στρατηγική pairs trading. Στόχος είναι να προσδιοριστούν εκείνα τα ζεύγη που εκτίθενται σε κάποιο σύνολο κοινών παραγόντων έτσι ώστε οι σχετικές αποτιμήσεις τους να μπορούν να περιγραφούν ως σταθερή σχέση. Οι τιμές των μετοχών στην πορεία αναμένονται να ακολουθήσουν παρόμοιες διαδρομές και κατά συνέπεια να αποδώσουν ένα άνοιγμα-spread το οποίο έχει την τάση να επιστρέφει σε ένα προκαθορισμένο μέσο.

Το γενικό πλαίσιο για να εκτιμηθούν τόσο η συσχέτιση (cointegration) όσο και η γραμμική σχέση μεταξύ των μετοχών βασίζεται στην ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis). Η σχέση παλινδρόμησης παίρνει τη μορφή της παρακάτω εξίσωσης. Όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, το άνοιγμα-spread μεταξύ δύο μετοχών είναι ακατάλληλος ως δείκτης της εξέλιξης της σχετικής αποτίμησης και αξίας. Το άνοιγμα - spread δύο μετοχών δεν αναμένεται να παραμείνει σε σταθερά επίπεδα ακόμη και αν οι αποδόσεις του ζεύγους είναι πανομοιότυπες. Στα πλαίσια της προσέγγισης της συν ολοκλήρωσης, το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση του αλγορίθμου των τιμών αντί για τις αρχικές τιμές (raw prices) αυτές καθ' αυτές. Αυτή η μεταβολή κατοχυρώνει μεγαλύτερα επίπεδα ανεξαρτησίας των τιμών.

$$\ln(P_{At}) = \mu + \gamma * \ln(P_{Bt}) + \varepsilon_t \quad (4.1.i)$$

Ο συντελεστής συν ολοκλήρωσης (slope coefficient) γ αναφέρεται ως συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των δύο τίτλων. Από οικονομικής απόψεως, είναι η αναμενόμενη ποσοστιαία αύξηση της τιμής της μετοχής A όταν η τιμή της μετοχής B αυξάνεται ένα τοις εκατό. Αυτό μεταφράζεται στην αναμενόμενη απόδοση της μετοχής A σε κάποια συγκεκριμένη περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση της μετοχής B κατά την ίδια περίοδο. Η Vidyamurthy (2004, 106) υποστηρίζει ότι το η σταθερά μ μπορεί να ερμηνευθεί ως ένα premium ή αλλιώς είδος ασφαλίστρου που λαμβάνει ο επενδυτής για την κατοχή μιας μονάδας μετοχής A αντί μ μονάδων της μετοχής B. Θα ήταν επίσης δυνατό ο παράγοντας μ να ερμηνευθεί με καθαρά τεχνική έννοια χωρίς κάποιο οικονομικό νόημα. Η εκτιμώμενη σειρά των καταλοίπων ελέγχεται για στασιμότητα χρησιμοποιώντας τον έλεγχο Augmented Dickey – Fuller (ADF). Για παράδειγμα, εάν για $\ln(P_{At})$ γινόταν παλινδρόμηση στο $\ln(P_{Bt})$, τότε μία διαφορετική σειρά καταλοίπων ε_t θα υπολογιζόταν από το ίδιο δείγμα.

Αφότου γίνει εκτίμηση της συν ολοκλήρωσης, τότε είναι δυνατό να ορισθεί το λεγόμενο άνοιγμα - spread μεταξύ των δύο μετοχών το οποίο ορίζεται ως:

$$S_t = \mu + \hat{\gamma} * \ln(P_{Bt}) - \ln(P_{At}) \quad (4.1.ii)$$

Δεδομένου ότι η σχέση που παρουσιάζεται στην συνάρτηση (4.1.i) είναι έγκυρη, η μεταβλητή S_t θα είναι στάσιμη μηδενικού μέσου τυχαία μεταβλητή (stationary zero mean random variable). Μπορεί επίσης να παρατηρηθεί ότι η μεταβλητή S_t στη συνάρτηση (4.1.ii), ισούται με τη σταθερά ε_t της πρώτης συνάρτησης.

Πρακτικά μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συσχέτιση, αναλύοντας τις υπολειμματικές αξίες ή κατάλοιπα ε_t οι οποίες περιλαμβάνονται στη συνάρτηση παλινδρόμησης (4.1.i). Τα κατάλοιπα εξετάζονται ως προς τη στασιμότητα, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο τεστ που είναι αυτό των Dickey-Fuller test.

Στο Dickey-Fuller test γίνεται προσπάθεια να περιγραφεί η χρονοσειρά ως μία AR(1)* διαδικασία και στην συνέχεια να εξεταστεί η ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας. Στον έλεγχο των Dickey – Fuller (DF) γίνεται η υπόθεση ότι ο διαταρακτικός όρος ε_t είναι μια ανεξάρτητη και στάσιμη διαδικασία. Αν ο όρος ε_t δεν είναι ανεξάρτητος, λόγω πιθανών συσχετίσεων στη χρονική σειρά, τότε χρησιμοποιούμε τον επαυξημένο έλεγχο των Dickey - Fuller (Augmented Dickey - Fuller test) ο οποίος είναι ένας τροποποιημένος έλεγχος των DF. Με άλλα λόγια ο προηγούμενος έλεγχος των Dickey – Fuller (DF) ήταν ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας σε ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα πρώτης τάξης AR(1)*.

* Μία AR(1) διαδικασία είναι η διαδικασία όπου η εκάστοτε τιμή της χρονοσειράς είναι εξαρτώμενη από τη προηγούμενη. $y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t$. Εάν $\rho = 1$ έχουμε ότι $\Delta y_t = \varepsilon_t$ και η σειρά είναι ένας τυχαίος περίπατος.

Στην περίπτωση που μία χρονική σειρά ακολουθεί ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα τάξης μεγαλύτερης από την πρώτη, τότε η χρήση των υποδειγμάτων των Dickey - Fuller (DF), δηλαδή των υποδειγμάτων AR(1) για τον έλεγχο ύπαρξης της μοναδιαίας ρίζας θα έχει ως συνέπεια την αυτοσυσχέτιση των καταλοίπων. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα AR(p) υπόδειγμα όπου η τάξη p να είναι αρκετά μεγάλη ώστε τα κατάλοιπα να μην αυτοσυσχετίζονται. Για τον έλεγχο της μοναδιαίας ρίζας στα υποδείγματα αυτά, δηλαδή στα υποδείγματα AR(p) χρησιμοποιούμε τον επαυξημένο έλεγχο των Dickey - Fuller (ADF) ο οποίος διαφέρει από αυτό των DF στο ότι στο δεξί μέλος περιλαμβάνει επιπλέον τις υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής οι οποίες διορθώνουν την αυτοσυσχέτιση των καταλοίπων. Η τροποποίηση αυτή περιλαμβάνει την εισαγωγή χρονικών υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής και για τα τρία υποδείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στον έλεγχο των Dickey - Fuller (DF).

Άρα για τα τρία υποδείγματα του επαυξημένου ελέγχου (ADF) θα έχουμε:

$$\Delta X_t = \delta_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.1.iii.a)$$

$$\Delta X_t = \delta_0 + \delta_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.1.iii.b)$$

$$\Delta X_t = \delta_0 + \delta_1 t + \delta_2 X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.1.iii.c)$$

,όπου: $i = 1, 2, \dots, p$ ο αριθμός των χρονικών υστερήσεων

Οι υποθέσεις που έχουμε για τα τρία παραπάνω υποδείγματα είναι οι ίδιες με αυτές για τα υποδείγματα των Dickey – Fuller.

- $H_0: \delta_2 = 0$ (η σειρά X_t περιέχει μια μοναδιαία ρίζα άρα είναι μη - στάσιμη)
- $H_a: \delta_2 < 0$ (δεν ισχύει η H_0).

Οι υποθέσεις αυτές ελέγχονται και πάλι με το στατιστικό t χρησιμοποιώντας τις κριτικές τιμές του MacKinnon από τον πίνακα των Dickey – Fuller όπως παρουσιάζεται παρακάτω (βλ. Πίνακας 4.1.i).

Critical values for Dickey–Fuller t-distribution.				
	Without trend		With trend	
Sample size	1%	5%	1%	5%
$T = 25$	-3.75	-3.00	-4.38	-3.60
$T = 50$	-3.58	-2.93	-4.15	-3.50
$T = 100$	-3.51	-2.89	-4.04	-3.45
$T = 250$	-3.46	-2.88	-3.99	-3.43
$T = 500$	-3.44	-2.87	-3.98	-3.42
$T = \infty$	-3.43	-2.86	-3.96	-3.41

Πίνακας 4.1.i

Ο έλεγχος επομένως είναι ίδιος με τον απλό έλεγχο των Dickey – Fuller (DF) και διαφέρει μόνο η εξίσωση της παλινδρόμησης η οποία έχει επαυξηθεί με τις υστερήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής. Οι Dickey – Fuller έχουν δείξει ότι η ασυμπτωτική κατανομή του στατιστικού t για τον έλεγχο στατιστικής σημαντικότητας είναι ανεξάρτητος από τον αριθμό των χρονικών υστερήσεων της εξαρτημένης μεταβλητής. Αυτό που επηρεάζει τις τιμές της κατανομής t είναι η παρουσία ή όχι των προσδιοριστικών όρων όπως είναι η σταθερά και η τάση.

Στην στατιστική και οικονομετρία, ο augmented Dickey-Fuller έλεγχος (ADF) ελέγχει την υπόθεση γνωστή ως μοναδιαία ρίζα, η οποία θεωρείται ένα χαρακτηριστικό ορισμένων διαδικασιών όπως ο τυχαίος περίπατος, καθώς το συγκεκριμένο φαινόμενο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα στατιστικά μοντέλα που περιλαμβάνουν χρονοσειρές. Η ενισχυμένη (augmented) Dickey-Fuller θεωρία εφαρμόζεται σε ένα μεγαλύτερο και πιο περίπλοκο σύνολο μοντέλων χρονολογικών σειρών. Το ADF είναι συνήθως ένας αρνητικός αριθμός. Όσο πιο αρνητικός ο αριθμός τόσο πιο πιθανό να απορριφθεί η υπόθεση ότι υπάρχει τυχαιότητα μοναδιαίας ρίζας σε κάποιο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Το συγκεκριμένο τεστ συσχέτισης που περιγράφηκε, συχνά αναφέρεται και ως Engle-Granger two-step approach και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της συσχέτισης και αλληλοεξάρτησης των μεταβλητών. Η ανάλυση και μέθοδος Engle-Granger είναι απλή και φαίνεται να προτιμάται έναντι προηγούμενης βιβλιογραφίας και μελέτης. Ο Vidgamurthy (2004) αναλύει τις προκύπτουσες χρονοσειρές των καταλοίπων (residuals) που λαμβάνονται μέσω της παλινδρόμησης στη συνάρτηση (4.1.i). Οι φορές που η χρονοσειρά διασχίζει το μέσο μετρώνται.

Όσο πιο συχνά η χρονοσειρά τέμνεται ή συγκλίνει στο μέσο τόσο περισσότερο αποδεικνύεται η στασιμότητα.

Εάν τα αποτελέσματα από το τεστ στασιμότητας υποδεικνύουν συσχέτιση, τότε το ζεύγος μετοχών επιλέγεται για διαπραγμάτευση (pairs trading). Σε αυτό το βήμα παρακολουθείται η αξία της εξάπλωσης ή αλλιώς spread S_t . Οποιαδήποτε τιμή διαφορετική του μηδενός δείχνει μια απόκλιση από τη σχέση που υπολογίζεται στη συνάρτηση (4.1.i). Εάν οι αποκλίσεις υπερβαίνουν κάποιο προκαθορισμένο όριο (threshold) q τότε ανοίγει μια θέση. Αν $S_t < -q$ τότε, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις μας, η μετοχή A είναι υπερτιμημένη σε σύγκριση με τη μετοχή B. Ο επενδυτής τότε επιλέγει μία θέση πώλησης της μετοχής A (short position) και θέση αγοράς της μετοχής B (long position) Αντιστρόφως, αν $S_t > q$ η μετοχή A είναι σχετικά υποτιμημένη σε σύγκριση με τη μετοχή B, οπότε και ο επενδυτής προβαίνει στη λήψη αντίθετων των προαναφερθέντων θέσεων, πουλώντας τη μετοχή B (short position) και αγοράζοντας τη μετοχή A (long position). Οι θέσεις κλείνουν (stop betting) όταν το spread S_t μειώνεται σε μια τιμή χαμηλότερη του ορίου threshold που έχει τεθεί.

Ο Vidgamurthy (2004, 75) επιχειρεί να συνδέσει τη μέθοδο της συνολοκλήρωσης με την θεωρία τιμολόγησης του αρμπιτράζ – arbitrage pricing theory (APT)*. Υποστηρίζεται ότι ο συντελεστής συνολοκλήρωσης θα πρέπει να ερμηνεύεται ως η σχετική έκθεση κινδύνου στις δύο μετοχές. Έτσι ώστε μία μονάδα μετοχής A εκθέτει τον επενδυτή στο ίδιο ποσό συστηματικού κινδύνου όσο γ μονάδες της μετοχής B. Ο Do et al., (2006, 6) επικρίνει το επιχείρημα αυτό επισημαίνοντας ότι δεν υπολογίζει το ποσοστό αποδόσεων χωρίς κίνδυνο (risk free rate of return) με τρόπο συμβατό με τη θεωρία τιμολόγησης του αρμπιτράζ (APT). Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την APT, ένας επενδυτής που κατέχει γ μονάδες της μετοχής B θα λάβει γ μονάδες της απόδοσης χωρίς κίνδυνο, επιπλέον των αποδόσεων που οφείλονται στην έκθεση σε συστηματικούς κινδύνους. Από την άλλη πλευρά, ένας επενδυτής που κατέχει μία μονάδα μετοχής A θα λάβει μία μονάδα απόδοσης χωρίς κίνδυνο επιπλέον της απόδοσης που προκύπτει λόγω της έκθεσης σε συστηματικό κίνδυνο.

*Ο Stephen Ross που εισήγαγε τον όρο APT το 1976, υποστηρίζει πως οι μετοχές εκτίθενται σε διάφορους συστηματικούς κινδύνους και πως η ανάπτυξη αυτών των παραγόντων, υποδεικνύει τις αποδόσεις μεμονομένων μετοχών. Συνεχίζει τη θεωρία του, ισχυριζόμενος πως οι μετοχές που εκτίθενται σε όμοιους παράγοντες κινδύνου, θα έπρεπε να έχουν όμοιες αποδόσεις. Αν μία τέτοια περίπτωση δεν υφίσταται τότε οι κερδοσκόποι (arbitrageurs) θα εκμεταλλευτούν αυτή την απόκλιση και θα επιχειρήσουν να την εξαλείψουν.

Οι εξισώσεις 4.1.iv. και 4.1.v απεικονίζουν το πρόβλημα:

Υποθέτοντας ότι:

$$R_{At} = R_{ft} + \gamma(\beta_1 r F_{1t} + \beta_2 r F_{2t} + \dots + \beta_n r F_{nt}) \quad (4.1.iv)$$

$$R_{Bt} = R_{ft} + (\beta_1 r F_{1t} + \beta_2 r F_{2t} + \dots + \beta_n r F_{nt}) \quad (4.1.v)$$

Όπου rF_{it} είναι η υπερβολική απόδοση στους συστηματικούς κινδύνους, β_i η ευαισθησία που υπάρχει στους παράγοντες συστηματικού κινδύνου και τέλος R_{ft} , η απόδοση μηδενικού κινδύνου. Παρακάτω θα συγκριθούν μία θέση ίση με μια μονάδα μετοχής A με μία άλλη θέση αποτελούμενη από γ μονάδες μετοχής B.

$$\text{Return Pos A.} = R_{At} = R_{ft} + \gamma(\beta_1 rF_{1t} + \beta_2 rF_{2t} + \dots + \beta_n rF_{nt}) \quad (4.1.vi)$$

$$\text{Return Pos B.} = \gamma R_{Bt} = \gamma R_{ft} + \gamma(\beta_1 rF_{1t} + \beta_2 rF_{2t} + \dots + \beta_n rF_{nt}) \quad (4.1.vii)$$

Μπορούμε να αντιληφθούμε ότι η απόδοση και επιστροφή κερδών της θέσης A θα διαφέρει από την απόδοση της θέσης B καθώς θα διαφοροποιούνται οι παράγοντες απόδοσης μηδενικού κινδύνου. Τέλος, αν η στρατηγική pairs trading που επιλέγεται είναι σε θέση να επιφέρει υπερβολικά κέρδη, τότε υπάρχει ένδειξη ότι τα υπάρχοντα συστήματα τιμολόγησης μετοχών, αποτυγχάνουν να συλλάβουν και να εντοπίσουν όλες τις πηγές του συστηματικού κινδύνου.

Η προσέγγιση του Vidgamurthy πιθανόν να είναι επιρρεπής σε σφάλματα λόγω των οικονομετρικών τεχνικών που εφαρμόζονται. Τέλος εάν η διπλή σειρά δεν συνολοκληρώνεται, η εξίσωση συνολοκλήρωσης καταλήγει σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Αυτό πιθανόν να οδηγούσε σε αναξιόπιστα αποτελέσματα ως προς την ανάλυση των καταλοίπων για επιστροφή στο μέσο.

4.2 Η προσέγγιση της απόστασης –The Distance approach

Η μέθοδος απόστασης είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος στην ακαδημαϊκή βιβλιογραφία. Οι Gatev et al., που εισήγαγαν αυτή τη μέθοδο στη μελέτη τους το 1998, εξηγούν ότι βασίζεται σε συνομιλίες με τους επενδυτές που εφαρμόζουν ενεργά μία στρατηγική pairs trading. Τα ζεύγη αναγνωρίζονται υπολογίζοντας το άθροισμα της διαφοράς των τετραγώνων (sum of squared differences) μεταξύ κανονικοποιημένων (normalized) τιμών των μετοχών για κάποια χρονική περίοδο. Στη συνέχεια τα ζεύγη κατατάσσονται σε φθίνουσα σειρά, με βάση το άθροισμα τετραγωνικών διαφορών τους. Η διαδικασία κατά την οποία υπολογίζεται το άθροισμα των τετραγωνικών διαφορών φαίνεται στην εξίσωση.

$$D = \sum_{t=1}^T (N_t^A - N_t^B)^2 \quad (4.2.i)$$

Όπου το D είναι το σύνολο των υψωμένων στο τετράγωνο αποκλίσεων μεταξύ των κανονικοποιημένων τιμών. Ο όρος N_t αναφέρεται στις κανονικοποιημένες (normalized) τιμές των μετοχών. Τα ζεύγη με τα χαμηλότερα αθροίσματα θα είναι εκείνα με τον υψηλότερο βαθμό

συν-κίνησης οπότε και τα ζεύγη έχουν περισσότερες προοπτικές να επιλεχθούν σε μία στρατηγική pairs trading.

Μια ιδιότητα αυτής της προσέγγισης είναι η υπόθεση της ισότιμης απόδοσης. Για παράδειγμα αυτή η μέθοδος ταιριάζει τις μετοχές που αποφέρουν την ίδια απόδοση κατά την ίδια περίοδο. Αυτό το σημείο αναφέρεται μερικές φορές ως αδυναμία αυτής της μεθόδου (Do et al., 2006). Από την άλλη πλευρά, οι συγγραφείς της αναφερθείσας μελέτης επισημαίνουν ότι ο μη παραμετρικός χαρακτήρας αυτής της προσέγγισης αφήνει λιγότερα περιθώρια για σφάλματα εκτίμησης από ό,τι οι πιο σύνθετες μέθοδοι.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ενώ η συνολοκλήρωση δεν εξετάζεται ρητά στην παραπάνω εξίσωση, η προσέγγιση απόστασης βασίζεται επίσης στην ιδιότητα συνοχής και συνολοκλήρωσης. Ο Gatev et al., 2006 υποστηρίζει ότι τα περισσότερα, αν όχι όλα, αλλά τουλάχιστον ζευγάρια που εντοπίστηκαν να έχουν προοπτικές, θα αποτελέσουν ζεύγη συνολοκληρωμένων μετοχών. Η θεωρητική αιτιολόγηση αυτού του ισχυρισμού προκύπτει από την υιοθέτηση ενός πλαισίου τιμολόγησης όπου οι τιμές των περιουσιακών στοιχείων προέρχονται από την ανάπτυξη κοινών μη στατικών παραγόντων. Οι Bossaerts & Green (1987) και Jagannathan & Viswatnathan (1988) παρατίθενται ως παραδείγματα τέτοιων πλαισίων τιμολόγησης. Τα ζεύγη με τα χαμηλότερα αθροίσματα των διαφορών των τετραγώνων των τιμών αναμένεται να είναι ζεύγη με σχεδόν ισοδύναμη έκθεση στους ίδιους συστηματικούς παράγοντες. Συνεπώς, θα υπάρχει η ίδια τάση κίνησης μεταξύ των μετοχών του ζεύγους με τέτοιο τρόπο που θα επιτευχθεί η συνολοκλήρωση.

Αν υποθέσουμε ότι εντοπίζεται το ελκυστικό ζεύγος, τότε μετατοπιζόμαστε στην περίοδο συναλλαγής. Στο βήμα αυτό, το άνοιγμα spread μεταξύ των τίτλων υπολογίζεται και παρακολουθείται συνεχώς. Αν η απόκλιση spread S_t υπερβεί κάποια προκαθορισμένη τιμή q , ανοίγει μια θέση.

$$S_t = S_{At} - S_{Bt} \quad (4.2.ii)$$

Εάν $S_t > q \rightarrow$ Short position στο A, long position στο B
Εάν $S_t < -q \rightarrow$ Short position στο B, long position στο A

Η θέση κλείνει όταν το περιθώριο αυτό, δηλαδή το spread, συγκλίνει σε τιμή ίση με μία προκαθορισμένη κατάσταση κλεισίματος. Στην προηγούμενη βιβλιογραφία μια θέση συχνά ανοίγεται όταν το άνοιγμα αποκλίνει από περισσότερες από δύο τυπικές αποκλίσεις όπως μετρήθηκαν κατά την περίοδο σχηματισμού. (Gatev et al., 2006, Do & Faff, 2010). Στις αναφερθείσες μελέτες η θέση είναι κλειστή κατά την επόμενη διέλευση (crossing) των κανονικοποιημένων σειρών των τιμών. Φυσικά, ένα υψηλότερο όριο για την εισαγωγή μιας θέσης θα αποδώσει υψηλότερο κέρδος ανά συναλλαγή από μια χαμηλότερη αξία. Από την άλλη πλευρά, η χαμηλότερη τιμή threshold θα οδηγήσει σε περισσότερες συναλλαγές, αυξάνοντας ενδεχομένως τα συνολικά κέρδη. Επομένως, είναι δύσκολο να καθοριστεί εάν τα συνολικά κέρδη αυξάνονται ή μειώνονται με υψηλότερες τιμές του προκαθορισμένου ορίου (threshold).

4.3 Η στοχαστική προσέγγιση της διαφοράς απόδοσης –The Stochastic spread approach

Οι Elliot et al. (2005) περιέγραψαν μία προσέγγιση του pairs trading σύμφωνα με την οποία μοντελοποιείται η κίνηση του spread σχετικά με την επιστροφή του στο μέσο σε συνεχή χρόνο. Το spread ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ των τιμών των δύο μετοχών και προσδιορίζεται από μια μεταβλητή x σε λανθάνουσα κατάσταση, που θεωρείται πως ακολουθεί μία διαδικασία Vasicek :

$$dx_t = k(\theta - x_t)dt + \sigma dB_t \quad (4.3.i)$$

Όπου dB_t είναι μία κίνηση Brown σε συγκεκριμένο διάστημα εμπιστοσύνης. Η μεταβλητή επιστρέφει στο μέσο θ με ρυθμό k . Εξισώνοντας τη διαφορά των τιμών με τη μεταβλητή συν την Gaussian διαταραχή όπως απεικονίζεται παρακάτω:

$$y_t = x_t + H\omega_t \quad (4.3.ii)$$

υποθέτουμε πως η διαφορά των τιμών χαρακτηρίζεται από μία διαδικασία επιστροφής στο μέσο, συν την απόκλιση λόγω του σφάλματος όπου $\omega_t \sim N(0,1)$.

Οι Elliot et al. (2005) υποστηρίζουν πως αυτό το μοντέλο προσφέρει τρία βασικά πλεονεκτήματα από εμπειρικής απόψεως. Καταρχήν, εντοπίζει την επιστροφή στο μέσο, παραπέμποντας έτσι στην στρατηγική pairs trading. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Do et al (2006) η διαφορά τιμών ορίζεται ως η διαφορά των λογαρίθμων των τιμών:

$$\omega_t = \log(P_t^A) - \log(P_t^B) \quad (4.3.iii)$$

Γενικά, μακροχρόνια το επίπεδο των διαφορών από το μέσο των δύο μετοχών δεν είναι σταθερό, παρόλα αυτά διευρύνεται όσο αυτές οι διαφορές αυξάνονται και περιορίζεται όσο αυτές μειώνονται. Εξαιρέση θα υπάρξει όταν οι μετοχές συναλλάσσονται με τιμές που βρίσκονται σε κοντινά επίπεδα. Καθώς όμως το spread υπολογίζεται ως λογαριθμική διαφορά, δεν υπάρχει πλέον πρόβλημα: εάν η σειρά του spread δεν εμφανίζει επιστροφή στο μέσο τότε απλά υπολογίζοντας τους λογαρίθμους, δε θα προκύπτει σειρά επιστροφής στο μέσο. Αυτή η μετατροπή απλώς ίσως αναγκάσει τη σειρά των spread να εμφανίσει σύγκλιση. Σημαντική αναφορά είναι πως το spread ενός ζεύγους συναλλαγής μετοχών δεν αναμένεται να παρουσιάσει μία μακρόχρονη σχέση εκτός και αν υπάρχει μεταξύ τους σχέση συνολοκλήρωσης.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα, είναι πως τα μοντέλα σε συνεχή χρόνο είναι ένα όχημα για σκοπούς προβλέψεων. Είναι αξιοσημείωτο να αναφερθεί πως ο διαπραγματευόμενος είναι σε θέση να υπολογίσει τον αναμενόμενο χρόνο που η διαφορά θα συγκλίνει πίσω στο μακροχρόνιο μέσο, οπότε κάποια από τα βασικά ερωτήματα του pairs trading όπως είναι η μέγιστη περίοδος διακράτησης και η αναμενόμενη απόδοση, μπορούν ξεκάθαρα να απαντηθούν.

Τέλος, το τρίτο πλεονέκτημα είναι πως το μοντέλο αυτό είναι πλήρως καθορισμένο, με παραμέτρους που μπορούν εύκολα να υπολογιστούν από το φίλτρο Kalman. Ο εκτιμητής είναι μέγιστης πιθανοφάνειας και κατάλληλος σύμφωνα με το ελάχιστο τετραγωνικό σφάλμα (MMSE). Προκειμένου να διευκολυνθεί η οικονομετρική εκτίμηση σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, μπορεί να εμφανίσει την εξίσωση (4.3.i) σε διακριτό χρόνο, λόγω του ότι η λύση της είναι Markov :

$$x_k = E[x_k | x_{k-1}] + \varepsilon_k \quad (4.3.iv)$$

Όπου $k=1,2,\dots$, και ε είναι μια τυχαία διαδικασία με μέσο μηδέν και διακύμανση ίση με $v_k = VAR[x_k / x_{k-1}]$. Και οι δύο υπό όρους προσδοκίες όπως η διακύμανση μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια και το ανωτέρω μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$x_k = \theta(1 - e^{-k\Delta}) + e^{-k\Delta}x_{k-1} + \varepsilon_k \quad (4.3.v)$$

Όπου το Δ υποδηλώνει τα χρονικά διαστήματα (σε περιόδους) μεταξύ των δύο παρατηρήσεων και η διακύμανση της τυχαίας διαδικασίας ε είναι σταθερή $v = \sigma^2 / 2\kappa(1 - e^{-2\kappa\Delta})$. Επίσης, προκύπτει ότι η δεσμευμένη κατανομή της x_k είναι Gaussian. Όσο η εξίσωση μέτρησης σε διακριτό χρόνο γίνεται:

$$y_k = x_k + \omega_k \quad (4.3.vi)$$

προκύπτει ένα συγκεκριμένο μοντέλο προσδιορισμού το οποίο είναι γραμμικό και Gaussian.

Παρόλα τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν, αυτή η προσέγγιση έχει κάποιους περιορισμούς όπως το ότι οριοθετεί τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ των δύο μετοχών σε μία απόδοση (Do et al.2006). Κατά συνέπεια, μακροχρόνια, τα ζεύγη των επιλεγθέντων μετοχών πρέπει να εξασφαλίσουν την ίδια απόδοση προκειμένου οποιαδήποτε απόκλιση να αναμένεται να διορθωθεί στο μέλλον. Αυτή η υπόθεση περιορίζει τη γενικότερη εφαρμογή του μοντέλου στην πράξη, καθώς είναι αρκετά δύσκολο να εντοπίσεις δύο μετοχές με πανομοιότυπες αποδόσεις. Και ενώ τα μοντέλα κινδύνου-απόδοσης όπως το Arbitrage Pricing Theory και το Capital Asset

Pricing Model (CAMP) μπορούν να δηλώσουν πως δύο μετοχές με παρόμοιους παράγοντες κινδύνου θα πρέπει να αναμένουν παρόμοιες αποδόσεις, στην πράξη κάθε μετοχή επηρεάζεται από συγκεκριμένους εταιρικούς κινδύνους που διαφοροποιούν τελικά τις σειρές αποδόσεων των μετοχών. Επιπροσθέτως, είναι σημαντικό να τονιστεί πως η μεθοδολογία του Markov για τη διαφοροποίηση δεν εφαρμόζεται σε αυτή την περίπτωση που εξετάζεται, καθώς τα χαρτοφυλάκια στο pairs trading δεν είναι επαρκώς διαφοροποιημένα.

4.4 Η στοχαστική προσέγγιση των καταλοίπων –The Stochastic residual approach

Οι Do, Faff και Hanmza (2006) προτείνουν μία στρατηγική ζευγών συναλλαγής που διαφοροποιείται από τις υπάρχουσες προσεγγίσεις μέσω της μοντελοποίησης του επιπέδου απόδοσης, το οποίο είναι αντίθετο με το παραδοσιακό επίπεδο τιμής. Το μοντέλο αυτό επίσης ενσωματώνει μία θεωρητική θεμελίωση για τη σχέση των τιμών ενός ζεύγους συναλλαγής, σε μία προσπάθεια να εξαλείψει τους διάφορους όρους συναλλαγής που επικρατούν σε προηγούμενες μελέτες.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται στην προϋπόθεση πως υπάρχει ισορροπία στην συγκριτική αποτίμηση των δύο μετοχών όσον αφορά τη διαφορά των αποδόσεων τους. Για το λόγο αυτό, η εσφαλμένη τιμή ερμηνεύεται ως η κατάσταση μη εξισορρόπησης που ποσοτικοποιείται με τη διαδικασία της διαφοράς των καταλοίπων (residual spread function) $G(R_i^A, |R_i^B, U_i)$ όπου το U υποδηλώνει κάποιο εξωγενές διάνυσμα που πιθανώς εμφανίζεται στη διαμόρφωση ισορροπίας. Ο όρος «κατάλοιπο απόδοσης» τονίζει πως η διαδικασία αιχμαλωτίζει κάθε υπερβολή για ένα μακροχρόνιο διάστημα διαφορών και μπορεί να μην παίρνει μη μηδενικές τιμές, γεγονός που εξαρτάται από τη διαμόρφωσή του. Οι πιέσεις από την αγορά θεωρητικά διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στη διαδικασία επιστροφής στο μέσο της διαφοράς μακροχρόνια. Όπως και σε παρόμοιες μελέτες, οι θέσεις συναλλαγών ανοίγονται όταν η μη ισορροπία είναι σημαντικά μεγάλη και το αναμενόμενο διάστημα αντιστάθμισής του αρκετά σύντομο.

Το μοντέλο το οποίο προτείνεται, ακολουθεί το ίδιο πλαίσιο μοντελοποίησης και εκτίμησης όπως οι Elliot et al (2005). Αναλυτικότερα, χρησιμοποιείται ένας στοχαστικός παράγοντας μοντελοποίησης για την περιγραφή της εσφαλμένης αποτίμησης ή μη ισορρόπησης και να αφήσει την κατάσταση να διαστρεβλώσει τις πραγματικές παρατηρήσεις από την ανωτέρω διαδικασία G . Ανακεφαλαιώνοντας, με το x να δηλώνει την εσφαλμένη τιμολόγηση ή το κατάλοιπο της διαφοράς, με έμφαση να δίνεται στη σχέση ισορροπίας της οποίας η δυναμική χαρακτηρίζεται από μία διαδικασία Vasicek όπως απεικονίζεται στην παρακάτω συνάρτηση:

$$dx_t = k(\theta - x_t)dt + \sigma dB_t \quad (4.4.i)$$

Η εσφαλμένη αποτίμηση υπολογίζεται ως εξής:

$$y_t = G_t = x_t + \omega_t \quad (4.4.ii)$$

Οι δύο εξισώσεις αποτελούν μία κατάσταση μοντελοποίησης διαστημάτων με σχετικά εσφαλμένη αποτίμηση, καθορίζοντας μία σχέση ισορροπίας μεταξύ των δύο τίτλων. Η σχέση ισορροπίας ή εναλλακτικά η διαφορά των καταλοίπων της μεθόδου G , ενεργοποιείται από το Arbitrage Pricing Theory (APT) μοντέλο (Ross, 1976). Το APT μοντέλο υποστηρίζει πως η απόδοση σε έναν επισφαλή τίτλο, θα είναι το άθροισμα των ασφαλιστρών κινδύνου πολλαπλασιασμένο επί το μέγεθος της έκθεσης του. Ο προσδιορισμός των παραγόντων κινδύνου μεταλλάσσεται και μπορεί για παράδειγμα να πάρει τη μορφή των Fama-French 3 μοντέλο παραγόντων:

$$R^i = R_f + \beta r^m + \eta^i \quad (4.4.iii)$$

όπου $\beta = [\beta_1^i \beta_2^i \dots \beta_n^i]$ και $r_m = [(R^1 - r_f)(R^2 - r_f) \dots (R^n - r_f)]^T$ με το R^i να δηλώνει την απόδοση του i -οστού όρου. Τα κατάλοιπα η αναμένεται να είναι μηδενικά αντανακλώντας το γεγονός πως το APT εφαρμόζεται σε ένα διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο όπως αυτό του οποίου οι συγκεκριμένοι επιχειρησιακοί δεν έχουν ανταπόδοση, παρόλο που η πραγματική αξία μπορεί να μην είναι μηδενική. Όποτε μπορούμε να έχουμε:

$$R^A = R^B + \Gamma r^m + e \quad (4.4.iv)$$

όπου $\Gamma = [(\beta_1^A - \beta_1^B)(\beta_2^A - \beta_2^B) \dots (\beta_n^A - \beta_n^B)]$ είναι ένα διάνυσμα με διαφορετικές θέσεις και e ένας όρος των καταλοίπων. Επιπλέον, θεωρείται πως η ανωτέρω σχέση ισχύει σε όλες τις χρονικές περιόδους, όπως αυτή:

$$R_t^A = R_t^B + \Gamma r_t^m + e_t \quad (4.4.v)$$

Υιοθετώντας το μοντέλο ισορροπίας, επιτυγχάνεται ο προσδιορισμός της διαφοράς στη συνάρτηση των καταλοίπων, G :

$$G_t = G(p_t^A, p_t^B, U_t) = R_t^A - R_t^B - \Gamma r_t^m \quad (4.4.vi)$$

Εάν το Γ είναι γνωστό (και το r_t^m προσδιορίζεται), η G_t αποτελεί ένα αξιοπρόσεκτο και απλό μοντέλο επιστροφής στο μέσο της σχετικής αξίας δύο μετοχών A και B, που κατόπιν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για pairs trading. Παρόμοια με τη διατύπωση των Elliot et al (2005), αυτό το μοντέλο μπορεί να επαναπροσδιοριστεί σε συγκεκριμένα διαστήματα, με τις εξισώσεις (βλ. εξισώσεις (4.4.i) & (4.4.ii)) να διαμορφώνονται σε διακριτό χρόνο ως εξής:

$$x_k = \theta(1 - e^{-\kappa\Delta}) + e^{-\kappa\Delta}x_{k-1} + \varepsilon_k \quad (4.4.vii)$$

$$y_k = x_k + H\omega_t \quad (4.4.viii)$$

Το μοντέλο μπορεί να παρομοιασθεί με αυτό που παρουσιάστηκε από τους Elliot et al (2005) όπου Γ είναι ένα μηδενικό διάνυσμα. Αυτό το μοντέλο παραμένει προβληματικό με τη διαδικασία των παρατηρήσεων G_t να παραμένει ασήμαντη καθώς η Γ παραμένει άγνωστη. Προκειμένου να γίνει εκτίμηση της Γ , χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη γραμμική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη $(R^A - R^B)$ και μεταβλητή παλινδρόμησης τις υπερβάλλουσες αποδόσεις.

Μία εναλλακτική λύση είναι να επαναπροσδιοριστούν οι παρατηρήσεις $y = R^A - R^B$, ούτως ώστε η εξίσωση να μπορεί να γραφτεί και ως:

$$y_k = x_k + \Gamma r_k^m + H\omega_t \quad (4.4.ix)$$

Αυτή η προσαρμογή επιτρέπει τις δυνάμεις της εσφαλμένης αποτίμησης και το διάνυσμα του παράγοντα Γ , να προσδιορίζεται ταυτόχρονα με τον υπολογισμό του μοντέλου διακριτού χρόνου και βοηθά στην διπλή εκτίμηση σφαλμάτων από την διαδικασία των δύο σταδίων. Οι εξισώσεις (4.4.vii) και (4.4.ix) απαρτίζουν ένα μοντέλο στοχαστικής διαφοράς των καταλοίπων για στρατηγική pairs trading. Αυτό είναι ένα γραμμικό και Gaussian μοντέλο, το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί με την προσέγγιση της μεγαλύτερης πιθανοφάνειας.

Μία μικρή ανακεφαλαίωση, στην έρευνά τους οι Do et al (2006) δημιούργησαν ένα μοντέλο σε συνεχή χρόνο, με επιστροφή στο μέσο της σχετικής αξίας δύο τίτλων, το μοντέλο σχετικής αξίας των οποίων υιοθετήθηκε από το APT μοντέλο. Ένα οικονομετρικό πλαίσιο, παρόμοιο με αυτό που πρότειναν οι Elliot et al (2005) επίσης προσαρμόστηκε για να βοηθήσει στη διαδικασία της εκτίμησης. Είναι σημαντικό να επισημανθεί πως το συγκεκριμένο μοντέλο δεν κάνει καμία υπόθεση για την αξιοπιστία του APT μοντέλου. Κατά κάποιον τρόπο, προσαρμόζει τη διαδικασία του APT ώστε να αντλήσει ένας σχετικής αξίας πλαίσιο χωρίς να απαιτείται ο βαθμός αξιοπιστίας κατά βάση. Για τον λόγο αυτό, αν και μία αυστηρή εφαρμογή του APT μπορεί για το μακρόχρονο επίπεδο εσφαλμένης αποτίμησης, το θ , θα πρέπει να είναι κοντά στο μηδέν, ένας μη μηδενικός υπολογισμός δε σημαίνει πως ακυρώνει το APT ή το pairs trading στο σύνολό του. Αντίθετα, μπορεί να υπονοεί πως υπάρχει συγκεκριμένο ασφάλιστρο κινδύνου επιβεβλημένο από μία

επιχείρηση σε σχέση με μία άλλη, το οποίο αντικατοπτρίζει παράγοντες όπως η διοικητική ανωτερότητα. Αυτό μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί στο μοντέλο, απλά προσθέτοντας ή παραλείποντας ένα σταθερό όρο στην εξίσωση ισορροπίας, Gt .

5. Βασικά χαρακτηριστικά των ζευγών συναλλαγής – pairs trading

Όπως έχει προαναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα, η επενδυτική στρατηγική σχετικής αξίας είναι εκείνη που στοχεύει στον εντοπισμό δύο εταιρειών με παρεμφερή χαρακτηριστικά των οποίων το μετοχικό κεφάλαιο συναλλάσσεται σε επίπεδο τιμής έξω από τα ιστορικά επίπεδα συναλλαγών. Αυτή η επενδυτική στρατηγική περιλαμβάνει την αγορά του υποτιμημένου τίτλου και την πώληση του υπερτιμημένου, χωρίς να επηρεάζει έτσι την ουδετερότητα της αγοράς.

Ο ορισμός αυτός επικεντρώνεται σε τρία κύρια επίπεδα τα οποία θα πρέπει να αναλυθούν ώστε να γίνουν κατανοητά πριν την ανάπτυξη της στρατηγικής στο σύνολό της:

- Η ουδετερότητα της αγοράς (market neutrality)
- Η σχετική αξία ή στατιστικό αρμπιτράζ (relative value or statistical arbitrage)
- Τεχνική ανάλυση

5.1 Η ουδετερότητα της αγοράς και ο ρόλος της στην στρατηγική αρμπιτράζ

Η ουδετερότητα της αγοράς αποτελεί το πρώτο από τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του pairs trading. Ο όρος «ουδέτερη αγορά» χρησιμοποιείται αρκετά συχνά κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, καθώς αρκετοί επενδυτές λανθασμένα θεώρησαν πως είναι μία κατάσταση άνευ κινδύνου (risk free). Στην ουσία, ο όρος αυτός συμπεριλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα συναλλαγών και επενδυτικών στρατηγικών. Η κατανόηση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της ουδετερότητας της αγοράς, οι διάφοροι τρόποι που μπορεί να αξιοποιηθεί και πώς αυτά εφαρμόζονται στο pairs trading καθίστανται μέγιστης σημασίας, λόγω του ότι τα επονομαζόμενα market-neutral προϊόντα έχουν πολλαπλασιαστεί.

Υπάρχουν τρία στοιχεία που θεωρούνται βασικά για μία στρατηγική ουδέτερης αγοράς:

- ✓ Ο συνδυασμός αγορών και πωλήσεων μιας επένδυσης
- ✓ Η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί χρηματοοικονομική μόχλευση
- ✓ Η προϋπόθεση να αναπτυχθεί μία κατάσταση κερδοσκοπίας

Είναι χρήσιμο να δώσουμε παρακάτω έναν ορισμό της ουδετερότητας της αγοράς που μπορεί να εφαρμοσθεί σε κάθε στρατηγική που την συμπεριλαμβάνει :

Μια στρατηγική **ουδέτερης αγοράς** είναι ένας τύπος επενδυτικής στρατηγικής που αναλαμβάνεται από έναν επενδυτή ή διαχειριστή επενδύσεων που επιδιώκει να επωφεληθεί τόσο από τις αυξανόμενες όσο και από τις μειούμενες τιμές σε μία ή περισσότερες αγορές, ενώ προσπαθεί παράλληλα να αποφύγει εντελώς κάποια συγκεκριμένη μορφή κινδύνου αγοράς. Οι στρατηγικές που είναι ουδέτερες για την αγορά επιτυγχάνονται συχνά με την αντιστοίχιση των

μακροχρόνιων και βραχυπρόθεσμων θέσεων σε διαφορετικές μετοχές, προκειμένου να αυξηθεί η απόδοση από την πραγματοποίηση επιλογών «ταιριαστών» μετοχών και παράλληλα να μειωθεί η απόδοση από τις ευρείες κινήσεις της αγοράς. Η στρατηγική αυτή θα διενεργήσει είτε σε επίπεδο μεμονωμένου τίτλου είτε σε επίπεδο χαρτοφυλακίου.

Η συγκριτική απόδοση (relative performance) είναι βασική παράμετρος μίας ουδέτερης αγοράς παρά της απόλυτης απόδοσης που συνήθως υπολογίζεται σε ένα συμβατικό χαρτοφυλάκιο. Θεωρητικά σε μία στρατηγική ουδέτερης αγορά, η απόδοση του χαρτοφυλακίου είναι άμεσα συνδεδεμένη και εξαρτημένη από τις διάφορες αποδόσεις των τίτλων που διατηρούνται σε θέση αγοράς και αυτών που διατηρούνται σε θέση πώλησης. Με αυτό τον τρόπο, ένα χαρτοφυλάκιο που υφίσταται σε συνθήκες ουδέτερης αγοράς και διατηρώντας όλους τους άλλου παράγοντες σταθερούς, τα αποτελέσματα του χαρτοφυλακίου της αγοράς και του χαρτοφυλακίου της πώλησης, προσδιορίζουν ξεκάθαρα τις διακυμάνσεις της αγοράς γενικότερα. Το καθαρό αποτέλεσμα του χαρτοφυλακίου ως σύνολο μπορεί να είναι κοντά στο μηδέν καθώς για κάθε ανοδική ή καθοδική κίνηση του χαρτοφυλακίου αγοράς, θα υπάρχει μία αντισταθμιστική κίνηση στην αντίθετη κατεύθυνση για το χαρτοφυλάκιο πώλησης. Ο επενδυτής στην καλύτερη περίπτωση αναμένεται να επωφεληθεί από το χωρίς κίνδυνο επιτόκιο (risk free rate). Με την ύπαρξη ενός καλού διαχειριστή χαρτοφυλακίου ουδέτερης αγοράς, ο επενδυτής αναμένει ότι το χαρτοφυλάκιο πώλησης θα υπερισχύσει έναντι αυτού της αγοράς σε αγορές σε ύφεση ενώ προσδοκά το αντίθετο για τις αναπτυσσόμενες αγορές, δημιουργώντας έτσι μία σταθερά θετική απόδοση ανεξαρτήτως των συνθηκών που επικρατούν στην εκάστοτε αγορά.

Σε συνηθισμένες στρατηγικές απλής αγοράς, οι διαχειριστές περιορίζονται σε ένα επιτόκιο αναφοράς προσδιοριζόμενο από τον πελάτη και δεν επιτρέπεται η διατήρηση θέσεων πώλησης. Ο διαχειριστής περιορίζεται με αυτό τον τρόπο καθώς δε μπορεί να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά το σύνολο των προβλέψεων για τους τίτλους στον επενδυτικό κόσμο. Ένα τυπικό μοντέλο, κατηγοριοποιεί μετοχές με βάση την αναμενόμενη σχετική απόδοση: μία μετοχή που βρίσκεται σε υψηλή θέση στην κατάταξη αναμένεται να ξεπεράσει μία που κατατάσσεται χαμηλότερα. Σε ένα παραδοσιακό χαρτοφυλάκιο πραγματοποιείται η υπόθεση πως για να υπερτερήσει θα πρέπει οι μετοχές συνολικά να ακολουθούν ανοδική πορεία, κάτι που περιορίζει αρκετά τον διαχειριστή που βασίζεται σε αυτή την τακτική. Εάν το θετικό αποτέλεσμα προκύπτει όταν οι μετοχές ακολουθούν καθοδική πορεία (και άρα οι δύο μετοχές πέφτουν, όμως η μετοχή με την καλύτερη κατάταξη έχει μικρότερη πτώση), η απόδοση παραμένει αρνητική διότι ο διαχειριστής δεν ήταν σε θέση να εντοπίσει και να εκμεταλλευτεί παράλληλα την δυνατότητα πρόβλεψης που εμπεριείχε το μοντέλο. Μία στρατηγική λοιπόν ουδέτερης αγοράς συμβάλλει στην κάλυψη αυτού του κενού και αξιοποιεί κάθε διαθέσιμη πληροφόρηση. Αυτή η δυνατότητα της ενσωμάτωσης των πληροφοριών στο χαρτοφυλάκιο βελτιώνει τις αποδόσεις για κάθε συγκεκριμένο επίπεδο κινδύνου:

Αναφορικά, παρατίθενται παρακάτω κάποια είδη ουδετερότητας της αγοράς:

- Ουδετερότητα μετοχής
- Νομισματική ουδετερότητα
- Ουδετερότητα τομέα
- Ουδετερότητα του βήτα

Κάθε ένα από αυτά τα είδη έχει διαφορετική επίδραση στο χαρτοφυλάκιο και σχετίζεται επίσης διαφορετικά με το pairs trading. Κατανοώντας κάθε ένα από το προαναφερθέντα αλλά και τον τρόπο που εφαρμόζονται, ένας επενδυτής θα είναι σε θέση να επιλέξει το κατάλληλο χαρτοφυλάκιο.

5.2 Η έννοια της σχετικής αξίας στην κερδοσκοπία

Απλοποιώντας την έννοια της κερδοσκοπίας, το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την εκμετάλλευση αδυναμιών της αγοράς από την πλευρά των κερδοσκόπων, με ταυτόχρονη αγορά και πώληση του ίδιου τίτλου προκειμένου να επιτευχθεί κέρδος. Κάποτε το φαινόμενο αυτό μπορεί να ήταν εκτός από σύνηθες, αρκετά διαδεδομένο, δίνοντας την ευκαιρία σε ένα σύνολο ατόμων να εκμεταλλευτούν τέτοιες περιπτώσεις προς όφελός τους. Τη σημερινή εποχή, τέτοιες ευκαιρίες, και η ύπαρξη της κερδοσκοπίας στη βασική μορφή της, ανήκουν πλέον στο παρελθόν καθώς η πληροφορία διαδίδεται σε όλους μέσω του ίντερνετ και της τεχνολογίας.

Κάποιες συγκεκριμένες αδυναμίες εξακολουθούν να υπάρχουν στην αγορά, παρόλα αυτά η κερδοσκοπία στις μέρες μας βασίζεται σε σφάλματα που παρατηρούνται ή υπονοούνται στις αξίες παρά σε διασταυρωμένες αποδείξεις. Οι συγκεκριμένες αποκλίσεις στις τιμές δεν είναι αποτέλεσμα κακής ή καθυστερημένης πληροφόρησης, αλλά το αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίο τα άτομα αντιλαμβάνονται τη σχέση μεταξύ των δύο τίτλων και το κατά πόσο αυτή αποκλίνει από την ιστορική μέση τιμή κατά ένα στατιστικά σημαντικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, η κερδοσκοπία σχετικής αξίας είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία λαμβάνονται αντισταθμιστικές θέσεις σε τίτλους που από ιστορικά ή μαθηματικά στοιχεία υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους, η σχέση τους όμως προσωρινά διαταράσσεται. Διαχρονικά, τέτοιου είδους σχέσεις παρουσιάζουν διακυμάνσεις γύρω από το μέσο όρο, απομακρύνονται και επιστρέφουν πάλι σε ένα μαθηματικά προσδιορισμένο επίπεδο. Οπότε, αναφορικά με το pairs trading, το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της κερδοσκοπίας είναι η σύγκλιση των διακυμάνσεων στις αναμενόμενες τους τιμές.

Η στατιστική κερδοσκοπία είναι μια μορφή του pairs trading. Πιο συγκεκριμένα, το pairs trading εφαρμόζεται είτε με θεμελιώδεις είτε με τεχνικές πληροφορίες και σχεδόν σε οποιοδήποτε χρονικό ορίζοντα και η στατιστική κερδοσκοπία βασίζεται αποκλειστικά σε ιστορικά, στατιστικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται βραχυπρόθεσμα σε πολυάριθμες μικρές θέσεις. Το πλέον ενδεικτικό στοιχείο διαφοροποίησης είναι πως η στατιστική κερδοσκοπία είναι απόλυτο μοντέλο και ηλεκτρονικά κατευθυνόμενο, με λιγοστή συμμετοχή των αναλυτών στην επεξήγηση κάθε μίας συναλλαγής του. Αφότου το μοντέλο της στατιστικής κερδοσκοπίας κατασκευαστεί και γίνει αποδεκτό, φορτώνεται σε ένα υπολογιστικό σύστημα που τρέχει όλες τις αποφάσεις συναλλαγής που βασίζονται στα προαναφερθέντα κριτήρια. Η διαδικασία αυτή συχνά περιλαμβάνει εκατοντάδες συναλλαγές ημερησίως, κάθε μία εκ των οποίων δύναται να εντοπίσει μία μικρή θετική κίνηση της τιμής. Αυτού του είδους οι συναλλαγές απαιτούν ένα μοντέλο με πολύπλοκες εφαρμογές και αρκετά εξελιγμένη τεχνολογική υποδομή.

Το pairs trading περιλαμβάνει στοιχεία τόσο σχετικής αξίας όσο και στατιστικής κερδοσκοπίας. Και ενώ ο εκάστοτε επενδυτής μπορεί να εφαρμόσει διαφορετικά κριτήρια κατά την επιλογή των μετοχών, η βασική ιδέα περιστρέφεται γύρω από την αρχή επαναφοράς στο μέσο. Οι διαχειριστές αυτής της ιδέας, βασίζονται στην υπόθεση πως όλες οι αστάθειες μεταξύ των μετοχών που αποτιμώνται, απρόβλεπτες ή μη, είναι βραχυπρόθεσμες οπότε και με το πέρασμα του χρόνου θα διορθωθούν ή θα επιστρέψουν στο μέσο. Η επιστροφή στο μέσο συμβαίνει όταν η τιμή μίας μετοχής επανέρχεται στη μέση τιμή της ομάδας του. Για το λόγο αυτό, σε μια ομάδα μετοχών που συναλλάσσονται με παρόμοιο τρόπο όπως αυτές που ανήκουν στον ίδιο κλάδο, έχει παρατηρηθεί πως με το πέρασμα του χρόνου ο μέσος όρος του συνόλου του κλάδου θα συγκλίνει σε μία τιμή, παρόλο που μπορεί κάποιες να υπερσχύουν έναντι κάποιων άλλων, ή να φανούν κατώτερες των γενικότερων προσδοκιών. Η στρατηγική της σχετικής αξίας λοιπόν προσπαθεί να εκμεταλλευτεί αυτό το φαινόμενο της απομάκρυνσης από μία μέση τιμή, παρακολουθώντας την κίνηση της μετοχής πάνω και κάτω από τον μέσο. Οι συμμετέχοντες στο χρηματιστήριο, στην ουσία αναζητούν σχετιζόμενες ομάδες μετοχών είτε λόγω κλάδου και βιομηχανίας είτε συγκεκριμένου παράγοντα κινδύνου. Σε μικρά χρονικά διαστήματα οι γραμμές τάσης από τις μεμονωμένες μετοχές της ομάδας παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις οι οποίες διακυμάνσεις μελετώνται με μία διαδικασία σχετικής αξίας.

Η αγορά στο σύνολό της είναι διαιρεμένη σε δείκτες και αυτοί με τη σειρά τους σε τομείς που αποτελούνται από μεμονωμένους τίτλους. Ένα βασικό ερώτημα είναι εάν οι τίτλοι ή μετοχές μπορούν να συναλλάσσονται με τέλεια ακολουθία; Η απάντηση στο ερώτημα είναι αρνητική καθώς οι μετοχές θα πρέπει να αποκλίνουν μιας και δεν υπάρχουν τίτλοι που να συναλλάσσονται με σταθερά συσχέτισης ίση με τη μονάδα. Δεν είναι εφικτό δηλαδή να είναι πανομοιότυπες. Μπορούν να συναλλάσσονται σε κοντινά επίπεδα, κατά περιόδους να κινούνται σε διαφορετικές πορείες, ούτως ώστε να καταλήξουν ξανά μαζί. Μέσω αυτής της σύγκλισης παρουσιάζεται η ευκαιρία για κερδοσκοπία σε επενδυτές.

Το pairs trading περιλαμβάνει τόσο στοιχεία σχετικής αξίας (relative value) όσο και στατιστικής κερδοσκοπίας. Συχνά χρησιμοποιεί στατιστικό μοντέλο για την προσέγγιση της σχετικής αξίας προκειμένου να δημιουργηθεί μία συναλλαγή αυτού του είδους. Ένας προσεκτικός παρόλα αυτά συναλασσόμενος θα προσπαθήσει να αναλύσει και να ελέγξει με δοκιμές τα αρχικά αποτελέσματα του μοντέλου προτού προβεί σε οποιαδήποτε πραγματική συναλλαγή.

5.3 Ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών

Ένα τρίτο βασικό στοιχείο στο pairs trading είναι η τεχνική ανάλυση. Η φύση της μεθοδολογίας που ακολουθείται στη στρατηγική είναι τεχνική καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν θεμελιώδη στοιχεία ως πρωταρχική βάση. Στη συνέχεια η θεμελιώδης ανάλυση αποτελεί μία επαλήθευση της αρχικής λογικής.

Ενώ ένας αναλυτής θεμελιωδών στοιχείων επικεντρώνεται στη μελέτη ενός τεράστιου όγκου πολύ υποκειμενικών δεδομένων, ο τεχνικός αναλυτής διαχειρίζεται τριών ειδών στοιχεία:

- Αξία/τιμή
- Όγκος συναλλαγών
- Προαίσθηση

Οι παραπάνω παράγοντες αξιολογούνται και τελικά διαμορφώνουν μία γνώμη για τις πιθανές κατευθύνσεις των τιμών σε μία μικρή χρονική περίοδο. Ο ολοκληρωμένος αναλυτής διερευνά τα θεμελιώδη στοιχεία για να αποφασίσει εάν μία σημαντική κίνηση είναι πιθανό να συμβεί ή να συγκρίνει δύο ή περισσότερες εταιρίες σε μεγαλύτερα διαστήματα και διενεργεί τεχνική ανάλυση στην πορεία προκειμένου να προσδιορίσει τον κατάλληλο χρόνο να εισέλθει στην αγορά. Υπό το πρίσμα του pairs trading, και ειδικότερα μιας βραχυπρόθεσμης οπτικής στατιστικής κερδοσκοπίας, η τεχνική ανάλυση διαδραματίζει καταλυτικό ρόλο και στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι η κινητήριος δύναμη πίσω από τις συναλλαγές.

Η τεχνική ανάλυση κάνει χρήση υπολογιστών προκειμένου να αναδομήσει παλαιότερες δραστηριότητες της αγοράς, σε μία προσπάθεια να προβλεφθεί η συμπεριφορά μίας μετοχής ή ενός συνόλου μετοχών στο εγγύτατο μέλλον. Οι συναλλασσόμενοι προσπαθούν να εντοπίσουν ένα σύνολο μετρήσιμων ενδείξεων που όταν χρησιμοποιούνται συνολικά έχουν μεγάλη προγνωστική αξία για τη συμπεριφορά των μετοχών. Βελτιστοποίηση (optimisation) είναι η διαδικασία της ανάλυσης σε σχέση με το ποιοι δείκτες είναι οι πιο αποτελεσματικοί όταν χρησιμοποιούνται σε ακολουθίες ή χρονοσειρές. Με βάση αυτή τη διαδικασία κατασκευάζεται ένα μοντέλο που έχει τη μεγαλύτερη ικανότητα πρόβλεψης κερδών και αποφυγής ζημιών ταυτοχρόνως. Το υπάρχον εμπόδιο και δυσκολία έγκειται στην απουσία εγγυήσεων πως η παρελθούσα συμπεριφορά θα επαναληφθεί. Αυτός είναι και ένας σημαντικός κίνδυνος που αντιμετωπίζει ο συναλλασσόμενος, γνωστός και ως κίνδυνος μοντελοποίησης (model risk). Ένα μεγάλο ψεγάδι σε ένα μοντέλο διαπραγμάτευσης μπορεί να οδηγήσει στην κατάρρευση ολόκληρου του συστήματος με ιδιαίτερα αρνητικά αποτελέσματα.

6. Εμπειρική ανάλυση και αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή της στρατηγικής που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής, ενώ επιπλέον πραγματοποιείται ανάλυση των αποτελεσμάτων.

6.1 Περιγραφή της στρατηγικής

Σημείωση: Στη περιγραφή που ακολουθεί γίνεται αναφορά κάποιων (στατιστικών - χρηματοοικονομικών) όρων. Έχοντας στόχο τη μη σύγχυση του ανάγνωστη γίνεται επεξήγηση και ανάλυση των όρων αυτών στο τέλος της ενότητας 6.1 .

Σημαντικό στο σημείο αυτό είναι να γίνει ξεκάθαρη περιγραφή του χρονοδιαγράμματος της στρατηγικής που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη διπλωματική. Θέλοντας να αναπτύξουμε μια στρατηγική σχετικά σύντομη η οποία θα μπορεί να εκπαιδευθεί και να αποδώσει εξίσου καλά, ορίσαμε τον χρονικό ορίζοντα του ενός έτους συνολικά ως το διάστημα κατά το οποίο εκπαιδεύεται και δοκιμάζεται η στρατηγική μας. Αναλυτικότερα ορίσαμε περίοδο εκπαίδευσης (training period) ίση με πέντε μήνες και περίοδο δοκιμών (testing period) ίση με επτά μήνες. Για τη καλύτερη μελέτη απόδοσης της στρατηγικής μας ορίσαμε ως περίοδο παρελθοντικών ελέγχων (backtesting period) τα έτη 2015-16, 2016-17 και 2017-18. Έτσι διαμορφώθηκε το εξής χρονοδιάγραμμα όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα (βλ. Πίνακας 6.1.i).

backtesting period	training period	testing period
2015-16	01/01/2015-01/06/2015	02/06/2015-01/01/2016
2016-17	01/01/2016-01/06/2016	02/06/2016-01/01/2017
2017-18	01/01/2017-01/06/2017	02/06/2017-01/01/2018
	103obs	149obs

Πίνακας 6.1.i

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή της στρατηγικής μας βασίζεται στις 505 μετοχές των αντίστοιχων εταιριών που απαρτίζουν τον δείκτη της αμερικανικής χρηματιστηριακής αγοράς S&P 500 για τα έτη 2015, 2016 και 2017.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η απόδοση της στρατηγικής συγκροτώντας ένα χαρτοφυλάκιο που θα αποτελείται από εκείνα τα ζευγάρια μετοχών τα οποία σύμφωνα με μια σειρά στατιστικών ελέγχων και κριτηρίων απόδοσης που έχουν τεθεί χαρακτηρίζονται ως τα «καλύτερα ζεύγη» ή διαφορετικά «συσχετισμένα ζεύγη» (cointegrated pairs). Η περιγραφή των ελέγχων και των κριτηρίων γίνεται παρακάτω με χρονολογική σειρά όπως χρησιμοποιήθηκαν κατά την περίοδο εφαρμογής της στρατηγικής.

Στο πρώτο στάδιο συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα τα οποία αποτελούνταν από τις καθημερινές προσαρμοσμένες τιμές (price adjusted) του συνολικού όγκου συναλλαγών των έγκυρων μετοχών του S&P 500 για το διάστημα των πέντε πρώτων μηνών του ημερολογιακού έτους, το οποίο απαρτίζεται από σύνολο 103 παρατηρήσεων για κάθε μετοχή. Μετοχές με ελλείπουσες τιμές απορρίφθηκαν από τη περαιτέρω διαδικασία.

Στο επόμενο στάδιο πραγματοποιήθηκε ένας διπλός έλεγχος ολοκλήρωσης για κάθε μετοχή ξεχωριστά. Συγκεκριμένα εφαρμόσαμε Augmented Dickey–Fuller test εξασφαλίζοντας ότι όλες οι χρονοσειρές των τιμών των μετοχών είναι ολοκληρωμένες στην ίδια τάξη $I(1)$. Το τεστ εφαρμόστηκε τη πρώτη φορά με τη εναλλακτική υπόθεση ότι η χρονοσειρά είναι στάσιμη (H_1 : “stationary”) και τη δεύτερη με την εναλλακτική υπόθεση ότι η χρονοσειρά είναι εκρηκτική (H_1 : “explosive”). Έτσι μετοχές με τιμή $p < 0,05$ είτε στη πρώτη είτε στη δεύτερη εφαρμογή του A.D.F. test απορρίφθηκαν από το σύνολο των υπό διερεύνηση μετοχών με αποτέλεσμα ο αριθμός να μειωθεί περίπου κατά το ένα δέκατο ($\cong 450 \equiv \kappa$ το πλήθος).

Στο παραπάνω σύνολο των μετοχών πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος συνολοκλήρωσης όλων των συσχετισμένων ζευγών που σχηματίζονται από αυτό ($= \kappa(\kappa - 1)$ συνδυασμοί). Για την επίτευξη του παραπάνω ελέγχου χρησιμοποιήθηκε το απλοποιημένο μοντέλο συνολοκλήρωσης των Engle and Granger. Το συγκεκριμένο μοντέλο εκτελεί τη διαδικασία συνολοκλήρωσης σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα για κάθε ζευγάρι χρονοσειρών (X,Y) η δοκιμή EG βρίσκει ένα γραμμικό συνδυασμό αυτών, εκτελώντας μία παλινδρόμηση, και δημιουργεί ένα αντικείμενο που αντιπροσωπεύει τα αποτελέσματα της ανάλυσης, χρησιμοποιώντας τη χρονοσειρά Y ως “regressor”. Στο δεύτερο βήμα το Augmented Dickey–Fuller τεστ είναι εκείνο που υποδεικνύει εάν η υπολειπόμενη χρονοσειρά περιέχει μοναδική ρίζα.

$$1^{st} \text{ step } Y[i] = \alpha + \beta * X[i] + R[i] \quad (6.1.i)$$

$$2^{nd} \text{ step } R[i] = \rho * R[i - 1] + e[i] \quad (6.1.ii)$$

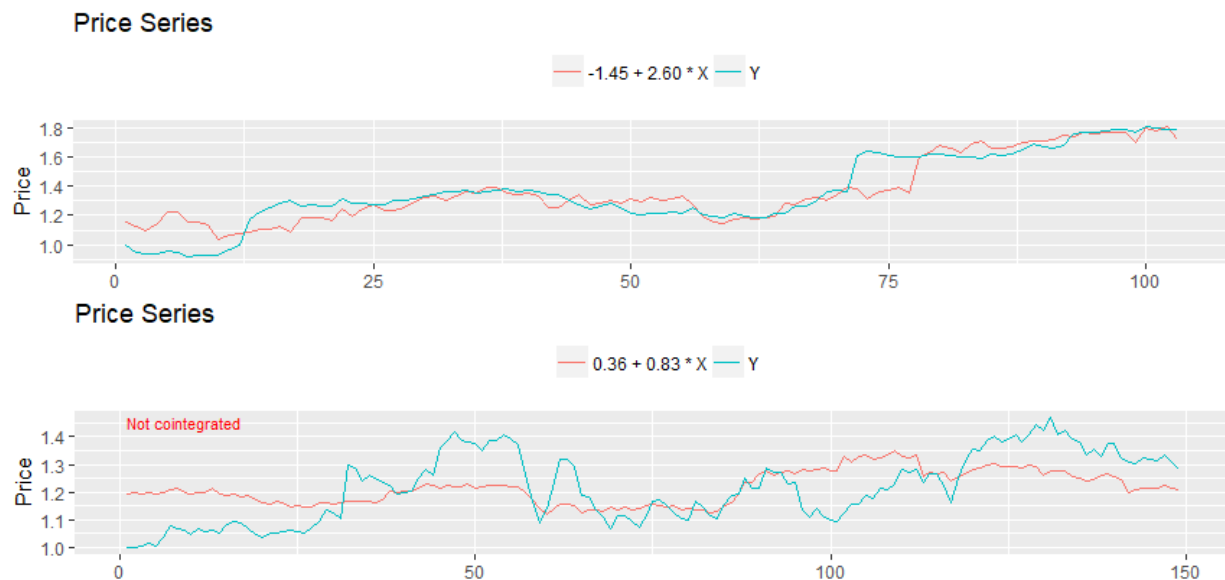
Παρατηρείται πως το αντικείμενο $R[i]$ που παράγεται από τη παλινδρόμηση στο πρώτο βήμα εξαρτάται από τη επιλογή της χρονοσειράς “regressor”. Για το συγκεκριμένο λόγο και προκειμένου να ισχυροποιηθεί η έννοια της συνολοκλήρωσης μεταξύ των δύο μετοχών που απαρτίζουν το ζεύγος, τέθηκε ως όρος και προϋπόθεση κάθε ζεύγος να περνά επιτυχημένα το τεστ των Engle and Granger δύο φορές, εναλλάξ κάθε φορά με την εκάστοτε μετοχή του ζεύγους ως “regressor”. Για να γίνει αντιληπτό το παραπάνω ως υποθέσουμε το ζεύγος μετοχών (stock1,stock2). Στο πρώτο βήμα του μοντέλου γίνεται μια γραμμική προσαρμογή των τιμών της χρονοσειράς X σε σχέση με αυτές της Y και στη συνέχεια ελέγχεται ως προς τη στασιμότητα.

Επομένως εφαρμόζοντας το τεστ τόσο για τη περίπτωση όπου (X,Y)= (stock1,stock2) όσο και για τη περίπτωση (X,Y)= (stock2,stock1) εξασφαλίζεται η αμφίδρομη συνολοκλήρωση του ζεύγους μετοχών (stock1,stock2). Άρα τα ζεύγη με τιμή $p < 0.05$ και για τις δύο φορές που εφαρμόστηκε το παραπάνω τεστ σε αυτά χαρακτηρίζονται ως συνολοκληρωμένα (cointegrated pairs), ενώ εκείνα που απέτυχαν έστω και σε μία από τις δυο εφαρμογές εμφανίζονται ως μη-

συνολοκληρωμένα (non-cointegrated pairs). Τα μη-συνολοκληρωμένα ζεύγη εξήχθησαν από τη συνέχεια της στρατηγικής.

Η διαδικασία ελέγχου συνολοκλήρωσης πραγματοποιήθηκε σε $2k(k-1)$ ζεύγη, εκ των οποίων, πέρασαν επιτυχώς ως αποδεκτά ζεύγη μετοχών, πλήθος των περίπου τεσσάρων χιλιάδων ζευγών. Για τον περιορισμό αυτού κρίθηκε αναγκαία η αυστηροποίηση του τεστ συνολοκλήρωσης. Συγκεκριμένα, όλα τα ζεύγη με $p > 0,007$ απορρίφθηκαν ούτως ώστε να προκύψει ένα πολύ μικρότερο σύνολο ζευγών (< από 350 ζεύγη) με ιδιαίτερα πιο ισχυρή την έννοια της συνολοκλήρωσης.

Στο παρακάτω σύνθετο γράφημα γίνεται η απεικόνιση των κανονικοποιημένων χρονοσειρών του ζεύγους μετοχών JNPR&NFLX (βλ.Γράφημα 6.1.i). Στο πρώτο διάστημα των 103 παρατηρήσεων που αντιστοιχούν στη περίοδο εκπαίδευσης (01-01-2015 έως 01-06-2015) οι χρονοσειρές είναι συνολοκληρωμένες ενώ στο δεύτερο διάστημα των 149 παρατηρήσεων που αντιστοιχούν στη περίοδο δοκιμών (02-06-2015 έως 01-01-2016) οι χρονοσειρές σταμάτησαν να είναι συνολοκληρωμένες.



Γράφημα 6.1.i

Το επόμενο στάδιο είναι εκείνο της επιλογής των “καλύτερων ζευγών συναλλαγής”. Για την επιλογή αυτών ορίστηκαν τα συγκεκριμένα κριτήρια με σειρά προτεραιότητας όπως αναφέρονται παρακάτω:

- **Sharpe Ratio.** Κατατάξαμε τα ζεύγη με φθίνουσα σειρά ως προς τη τιμή του Annualized Sharpe Ratio, το οποίο χρειάστηκε να υπολογισθεί για κάθε ζεύγος.

- **GICS Sector.** Αναζητήθηκαν εκείνα τα ζεύγη των οποίων οι μετοχές ανήκαν στον ίδιο GICS Sector της αμερικανικής χρηματιστηριακής αγοράς S&P 500. Ο GICS Sector σχετίζεται με τον βιομηχανικό κλάδο στον οποίο ομαδοποιούνται οι διάφορες εταιρείες που απαρτίζουν τον δείκτη S&P 500.
- **Beta.** Για όλες τις περιπτώσεις ζευγών καθώς και των αμφίδρομών τους για τα οποία ικανοποιήθηκαν τα παραπάνω κριτήρια δηλαδή:
 - Τα ζεύγη εμφάνισαν το ίδιο Sharpe Ratio,
 - οι μετοχές των εκάστοτε ζευγών ανήκαν στον ίδιο GICS Sector και τέλος
 - κατάφεραν να περάσουν επιτυχώς το αυστηροποιημένο τεστ συνολοκλήρωσης,
 πραγματοποιήθηκε περαιτέρω διαχωρισμός τους επιλέγοντας τα ζεύγη με το μικρότερο beta έτσι ώστε να περιορισθεί και να συγκεκριμενοποιηθεί το δείγμα των αποτελεσμάτων.

Έτσι έχοντας στόχο τη διατήρηση ενός σχετικά καλού (δηλαδή υψηλού) Sharpe Ratio για τα υποψήφια ζεύγη που θα απαρτίζουν το τελικό χαρτοφυλάκιο μας αποφασίσθηκε με την όποια δόση υποκειμενικότητας διακατέχει την συγκεκριμένη στρατηγική, να επιλεχθούν τα τρία πρώτα ζεύγη που θα ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια. Για το έτος 2015-16 χρειάστηκε να υποστούν επεξεργασία και ανάλυση μόλις τα πρώτα πέντε ζευγάρια, για να καταλήξουμε στα τρία που ικανοποιούν τα προαναφερθέντα κριτήρια. Για το έτος 2016-17 αναλύθηκαν τα πρώτα 20 ,ενώ για το έτος 2017-18 έπρεπε να επεξεργασθεί ένας αρκετά μεγαλύτερος αριθμός ζευγών, ώστε να σχηματισθεί το χαρτοφυλάκιο μας όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

2015-16		2016-17		2017-18	
pair	GICS sector	pair	GICS sector	pair	GICS sector
JNPR&NFLX	Information Technology	PNW&SCG	Utilities	PKI&CERN	Health Care
APTV&SBUX	Consumer discretionary	KSU&PCAR	Industrials	ABMD&SYK	Health Care
SWKS&ANSS	Information Technology	EIX&AES	Utilities	EFX&PH	Industrials

Πίνακας 6.1.ii

Περισσότερα στατιστικά και περιγραφικά στοιχεία για το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο παρουσιάζονται στο κεφάλαιο των αποτελεσμάτων.

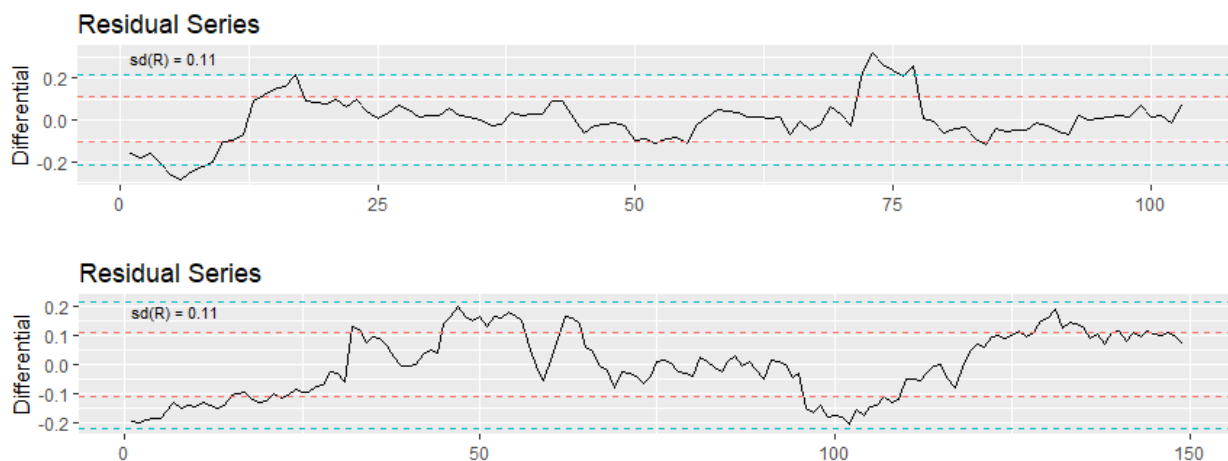
Έχοντας ολοκληρώσει τη διαδικασία διαμόρφωσης του χαρτοφυλακίου και ολοκληρώνοντας τη περίοδο εκπαίδευσης, εκμεταλλευτήκαμε τη δυνατότητα υλοποίησης παρελθοντικών ελέγχων (backtesting period) για την αξιολόγηση της απόδοσης της στρατηγικής και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων. Για την επίτευξη αυτών ακολουθήθηκε η διαδικασία όπως περιγράφεται παρακάτω.

Στο πρώτο στάδιο, όπως και πρωτίτερα, συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα τα οποία αποτελούνταν από τις καθημερινές προσαρμοσμένες τιμές (*price adjusted*) για το διάστημα των επτά τελευταίων μηνών του αντίστοιχου ημερολογιακού έτους, όπως περιγράφονται σε παραπάνω πίνακα. Έτσι προκύπτουν 149 παρατηρήσεις για κάθε μετοχή ξεχωριστά. Μετοχές με ελλείπουσες τιμές δεν βρέθηκαν για το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο.

Στο επόμενο στάδιο υπολογίζονται οι ημερήσιες αποδόσεις (*daily returns*) της εκάστοτε χρονοσειράς και γίνεται κανονικοποίηση αυτών. Έπειτα ακολουθεί ο υπολογισμός της χρονοσειράς του *spread* για κάθε ζεύγος του χαρτοφυλακίου για το συγκεκριμένο διάστημα.

$$spread = stock(Y) - beta * stock(X)$$

Στο παρακάτω σύνθετο γράφημα γίνεται η απεικόνιση των *spread* των χρονοσειρών του ζεύγους μετοχών JNPR&NFLX (βλ. Γράφημα 6.1.ii). Στο πρώτο διάστημα των 103 παρατηρήσεων που αντιστοιχούν στη περίοδο εκπαίδευσης (01-01-2015 έως 01-06-2015) οι χρονοσειρές είναι συνολοκληρωμένες ενώ στο δεύτερο διάστημα των 149 παρατηρήσεων που αντιστοιχούν στη περίοδο δοκιμών (02-06-2015 έως 01-01-2016) οι χρονοσειρές σταμάτησαν να είναι συνολοκληρωμένες.



Γράφημα 6.1.ii

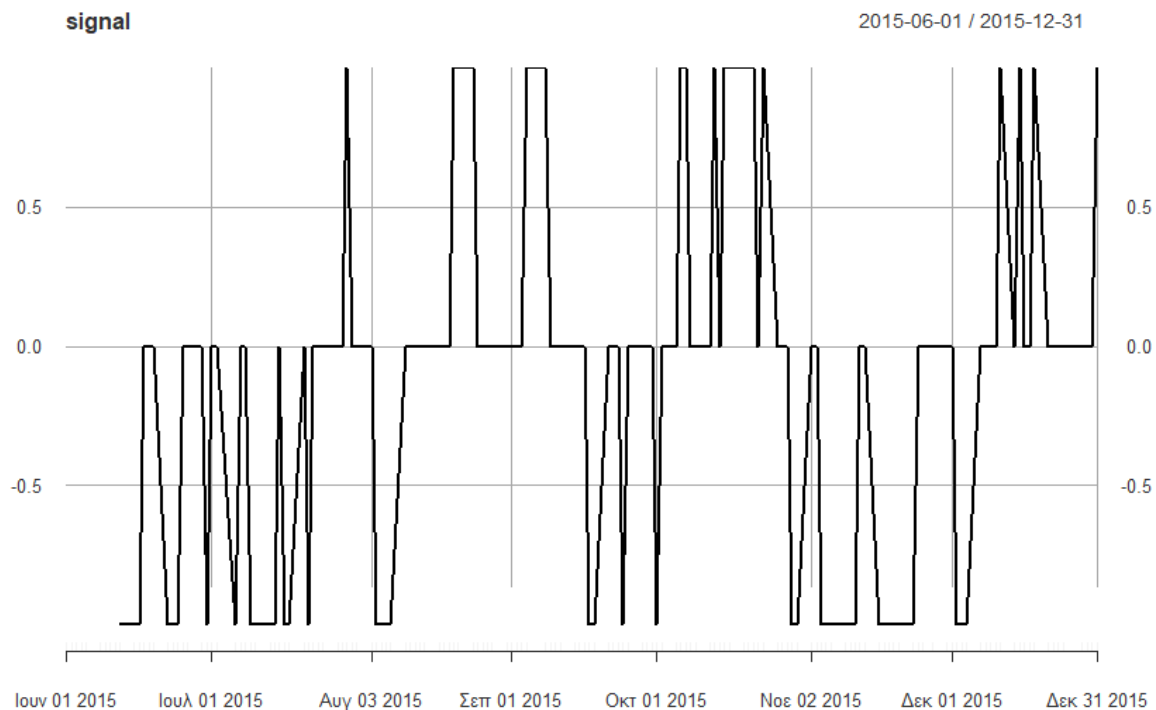
Στη συνέχεια υπολογίζονται τα χρονικά σήματα (*signals*) μέσω της τυπικής απόκλισης και γίνεται έλεγχος της απόκλισης του τρέχοντος *spread* (τη στιγμή t_i) από έναν ιστορικό μέσο όρο. Για τον υπολογισμό των σημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι $d=1$, $d=1.5$ και $d=1.8$ ως τιμές *threshold* για μεγαλύτερη ποικιλία αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα τέθηκαν τα αντίστοιχα όρια ανοίγματος

μίας θέσης συναλλαγών σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές d όπως υπολογίζονται από παρακάτω τύπο:

$$\text{τρέχον spread} < \hat{\mu} - d * \hat{\sigma} \text{ ή } \text{τρέχον spread} > \hat{\mu} + d * \hat{\sigma}$$

, όπου $\hat{\mu}$ ο ιστορικός μέσος και $\hat{\sigma}$ η ιστορική τυπική απόκλιση.

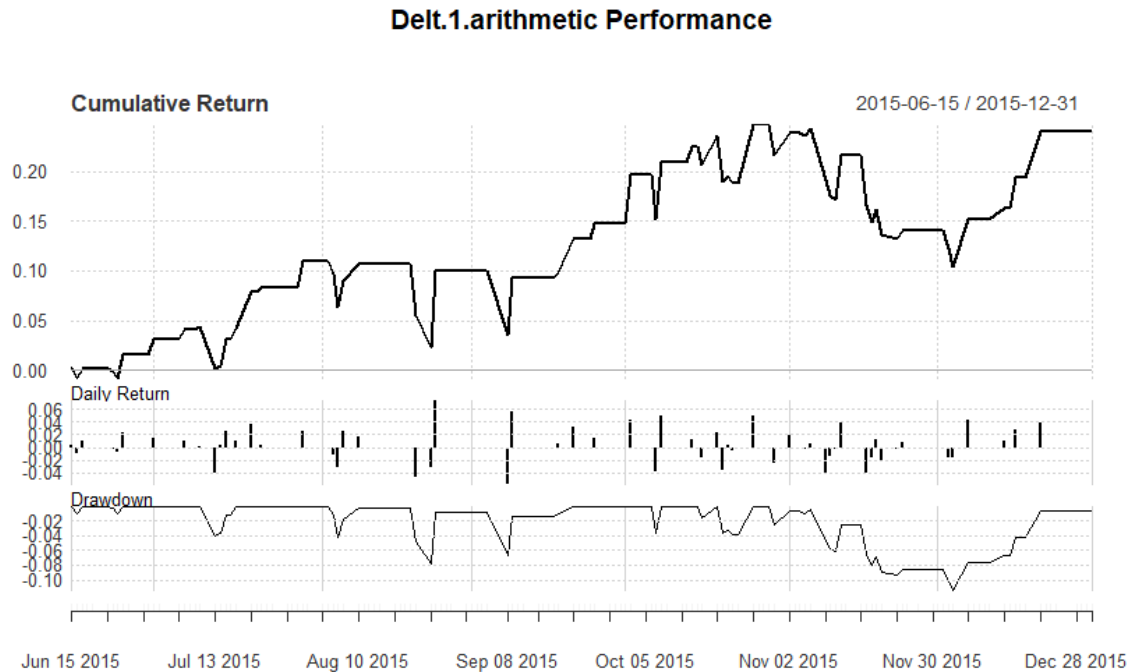
Ενδεικτικά στο παρακάτω γράφημα γίνεται η απεικόνιση των σημάτων για τη περίοδο δοκιμών του ζεύγους μετοχών JNPR&NFLX (Γράφημα 6.1.iii). Το όριο threshold έχει οριστεί για τη τιμή $d=1$ και το διάγραμμα λαμβάνει τη τιμή 1 ή -1 όταν το τρέχον *spread* ξεπεράσει τα αντίστοιχα όρια ανοίγματος μίας θέσης συναλλαγών που ορίσαμε πρωτύτερα. Με τη βοήθεια αυτού αντλούνται πληροφορίες για το πλήθος των σημάτων αλλά και των χρονικών διαστημάτων που παρέμεινε μία θέση συναλλαγών ανοιχτή.



Γράφημα 6.1.iii

Επίσης για τις παραπάνω τιμές και για το κάθε ζεύγος υπολογίστηκαν διάφορα στατιστικά στοιχεία όπως Short and Long Positions, Half Life, Cumulative Returns, Annualized Returns, Maximum Drawdown, Sharpe Ratio, Annualized Sharpe Ratio και απεικονίστηκαν διάφορα σχεδιαγράμματα (plots). Στόχος αυτού ήταν η καλύτερη ερμηνεία και επεξήγηση της στρατηγικής και των αποτελεσμάτων της.

Στο παρακάτω σύνθετο γράφημα γίνεται η απεικόνιση των σωρευτικών αποδόσεων, των ημερήσιων αποδόσεων και των ζημιών που παρατηρήθηκαν για τη περίοδο δοκιμών του ζεύγους μετοχών JNPR&NFLX (Γράφημα 6.1.iv). Το όριο threshold έχει οριστεί για τη τιμή $d=1$.



Γράφημα 6.1.iv

Ενδεικτικά δίνονται οι παρακάτω ερμηνείες για περαιτέρω κατανόηση της μεθόδου και των στατιστικών μέσων που χρησιμοποιήθηκαν:

A.D.F test: Ο τροποποιημένος έλεγχος των DF (Augmented Dickey - Fuller test) ήταν ο έλεγχος για την ύπαρξη μοναδιαίας ρίζας σε αυτοπαλίνδρομα μοντέλα $AR(\rho)$ τάξης μεγαλύτερης του 1.

Engle Granger: Είναι μια δύο βημάτων (two-step) διαδικασία η οποία αναζητά τις παραμέτρους α , β , και ρ που ταιριάζουν καλύτερα στο παρακάτω μοντέλο παλινδρόμησης:

$$Y[i] = \alpha + \beta * X[i] + R[i]$$

$$R[i] = \rho * R[i - 1] + e[i]$$

$$e[i] \sim N(0, \sigma^2)$$

Στο πρώτο βήμα, τα α (alpha) και β (beta) εντοπίζονται χρησιμοποιώντας μια γραμμική προσαρμογή του $X[i]$ σε σχέση με το $Y[i]$. Η ακολουθία των καταλοίπων $R[i]$ προσδιορίζεται στη συνέχεια. Στο δεύτερο βήμα, καθορίζεται το ρ (ταχύτητα επαναφοράς), και πάλι χρησιμοποιώντας μια γραμμική παλινδρόμηση.

Beta: Κατά τη διαδικασία συνολοκλήρωσης των Engle – Granger δύο μετοχών, μπορεί ο επενδυτής να αγοράσει μια μετοχή και να πουλήσει την άλλη σύμφωνα με τον πολλαπλασιαστή του beta της παλινδρόμησης των δυο μετοχών που εμπορεύονται. Ο όρος beta γνωστός και ως hedge ratio αναφέρεται στον αριθμό των μετοχών του δεύτερου χρεογράφου που συνθέτει το ζευγάρι έναντι μιας μετοχής του πρώτου. Στόχος αυτού η επίτευξη μιας ουδέτερης αγοράς.

Mean reversion speed ρ : Η ταχύτητα επαναφοράς-επιστροφής στο μέσο εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο η γραμμική εξίσωση των καταλοίπων έχει τη τάση να επιστρέφει σε ένα ιστορικό μέσο, σε διαδικασίες που χαρακτηρίζονται ως mean reversion.

Half-life: Ο χρόνος ημι-ζωής (HL) μίας μεταβλητής X ορίζεται ως ο χρόνος t , τέτοιος ώστε η αναμενόμενη τιμή $X(t)$ να πιάσει-φτάσει την ενδιάμεση (μέση) τιμή μεταξύ της τρέχουσας τιμής $X(0)$ και της μακροπρόθεσμης μέσης τιμής μ , σε μία διαδικασία όπου η επαναφορά στο μέσο συγκλίνει μακροπρόθεσμα. Περιγράφει δηλαδή τη βραδύτητα μίας διαδικασίας επιστροφής στο μέσο (mean reversion process). Ο τύπος υπολογισμού δίνεται:

$$HL = \frac{\ln(2)}{\rho},$$

όπου ρ η παράμετρος ταχύτητας επιστροφής (reversion speed).

Sharpe Ratio: Δείκτης ο οποίος σχετίζεται με τη μέση απόδοση που κερδίζεται/επιτυγχάνεται και υπερβαίνει το ποσοστό άνευ κινδύνου (risk free rate) ανά μονάδα μεταβλητότητας (volatility) ή συνολικού κινδύνου. Γενικά, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του Sharpe Ratio, τόσο πιο ελκυστική είναι η προσαρμοσμένη στον κίνδυνο απόδοση. Ο Sharpe Ratio αναπτύχθηκε από τον βραβευμένο με Νόμπελ William F. Sharpe και είναι ένας τρόπος για να εξεταστεί η απόδοση μιας επένδυσης προσαρμόζοντας τον κίνδυνο. Το Sharpe Ratio ορίζεται ως:

$$Sr = \frac{R}{\sigma},$$

όπου f είναι η ετήσια απόδοση και σ η ετήσια μεταβλητότητα της στρατηγικής.

Μια στρατηγική που επιτυγχάνει μηνιαίο κέρδος, θα πρέπει σε ετήσια βάση να έχει sharpe ratio μεγαλύτερο του 2, ενώ σε μια στρατηγική που επιτυγχάνεται καθημερινό κέρδος θα πρέπει η τιμή του sharpe ratio είναι μεγαλύτερη του 3.

Volatility: Η μεταβλητότητα ή volatility είναι ένα στατιστικό μέτρο της διασποράς των αποδόσεων για μία δεδομένη μετοχή ή τίτλο ή δείκτη αγοράς. Η μεταβλητότητα μπορεί είτε να μετρηθεί με τη χρήση της τυπικής απόκλισης είτε της απόκλισης μεταξύ αποδόσεων που επιτυγχάνονται από την ίδια μετοχή ή δείκτη αγοράς. Συνήθως, όσο μεγαλύτερη είναι η μεταβλητότητα, τόσο μεγαλύτερο ρίσκο αναλαμβάνει ο επενδυτής με την κατοχή της συγκεκριμένης μετοχής.

Cumulative returns vs Annualized returns: Η σωρευτική απόδοση είναι το σύνολο των χρημάτων που έχει κερδίσει ή χάσει μια επένδυση για έναν επενδυτή με την πάροδο του χρόνου. Η ετήσια απόδοση είναι το ποσό των χρημάτων που έχει κερδίσει ο επενδυτής συγκεκριμένα για ένα έτος.

Maximum Drawdown: Η Μέγιστη Πτώση (MDD) είναι η μέγιστη ζημιά από την κορυφή έως ένα κατώτατο όριο ενός χαρτοφυλακίου, προτού επιτευχθεί μια νέα μέγιστη τιμή. Η Μέγιστη Πτώση

είναι ένας δείκτης που σχετίζεται με τον καθοδικό κίνδυνο για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

6.2 Αποτελέσματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και αναλύονται κάποια από τα αποτελέσματα της στρατηγικής που ακολουθήσαμε. Εκτός από την περιγραφή των σημαντικότερων εξ'αυτών, πραγματοποιείται παράθεση των αποτελεσμάτων σε πίνακες τόσο στην παρούσα ενότητα όσο και στο παράρτημα που επισυνάπτεται στο τέλος της εργασίας.

Για το έτος 2015 και την περίοδο εκπαίδευσης της στρατηγικής (training period: 01-01-2015 έως 01-06-2015) παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας (βλ. Πίνακας 6.2.i) των ζευγαριών των μετοχών που αναδείχθηκαν. Εκτός από τα tickers των μετοχών που απαρτίζουν τα ζευγάρια παρατίθενται τα εξής στατιστικά δεδομένα:

alpha = η τιμή α του 1^{ου} βήματος του *Engle Granger* τεστ,

beta = η τιμή β του 1^{ου} βήματος του *Engle Granger* τεστ,

rho = η τιμή ρ (reversion speed) του 2^{ου} βήματος του *Engle Granger* τεστ,

HL = η τιμή half life του ζεύγους σε ημέρες,

tau1 = η τιμή του *t – statistic* του *Engle Granger* τεστ,

r.p = η τιμή *p-value* που αναφέρεται στο τεστ ύπαρξης μοναδιαίας ρίζας της χρονοσειράς καταλοίπων και

Sharpe_Ratio = η τιμή του ετήσιου δείκτη μέσης απόδοσης (annualized sharpe ratio).

2015								
stock X	stock Y	alpha	beta	rho	HL	tau1	r.p	Sharpe_Ratio
JNPR	NFLX	-71,3800	6,0977	0,9105	7,2174	-4,4693	0,0053	2,5179
APTV	SBUX	5,4904	0,6198	0,9074	7,3472	-4,2453	0,0069	2,4642
SWKS	ANSS	63,6271	0,2569	0,8079	3,2431	-4,3333	0,0063	2,2464

Πίνακας 6.2.i

Παρατηρείται πως όλα τα ζεύγη του χαρτοφυλακίου έχουν αρκετά καλές τιμές αναμενόμενης μέσης απόδοσης *Sharpe_Ratio* και ικανοποιητικές τιμές *half life* (κάτω των 8 ημερών), θετικό στοιχείο για τη σύντομη χρονικά στρατηγική που παρουσιάζεται. Επίσης εμφανίζεται ως αρκετά ισχυρή η έννοια της συνολοκλήρωσης καθώς οι τιμές των στατιστικών *tau1* και *r.p* είναι αρκετά καλές σε σχέση με τις *critical values* και τα επίπεδα εμπιστοσύνης που έχουν τεθεί στην αρχή των υποθέσεων.

Για τη περίοδο δοκιμασιών απόδοσης της στρατηγικής (testing period: 02-06-2015 έως 01-01-2016) παρατίθεται ο παρακάτω αθροιστικός πίνακας αποδόσεων (βλ. Πίνακας 6.2.ii). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και για τις τρεις διαφορετικές τιμές threshold- (d= 1, 1.5, 1.8) που εφαρμόστηκε.

2015			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	23,71%	42,91%	21,31%
Annualized Returns	47,77%	83,89%	39,78%
Maximum Drawdown	12,49%	9,20%	9,20%
Sharpe Ratio Sum	0,12063	0,23797	0,20328
Annual. Sharpe Ratio Sum	1,93396	4,17251	3,30262
Short/Long Positions	130	57	31
Long/Short Positions	69	41	19
Signals	199	98	50

Πίνακας 6.2.ii

*Προς διευκόλυνση του αναγνώστη, η διαφορά των *Short/Long Positions* με τις *Long/Short Positions* είναι ότι στις δεύτερες η θέση άνοιξε αρνητικά σε σχέση με τη τιμή απόκλισης του ορίου threshold που έχουμε θέσει. Επομένως αν η μετοχή Y ήταν σε θέση Short και η X σε θέση Long και δόθηκε ένα «αρνητικό» σήμα συναλλαγών, τότε θα αντιστραφούν οι θέσεις και η Y θα έρθει σε Long και η X σε Short.

*Signals: είναι τα άθροισμα όλων των σημάτων «αρνητικών» και «θετικών» που παρουσιάστηκαν κατά την περίοδο δοκιμασιών του έτους.

Επιδιώκοντας υψηλή αθροιστική απόδοση σε συνδυασμό με χαμηλό ρίσκο - “κίνδυνο”, παρατηρείται πως για τη τιμή threshold d=1,5 τα αποτελέσματα του χαρτοφυλακίου είναι βέλτιστα, κάτι που απεικονίζεται και στη τιμή του αντίστοιχου Sharpe Ratio.

Όμοια μπορεί να γίνει η ανάλυση και για τα έτη 2016 και 2017 από τους παρακάτω πίνακες.

Για το έτος 2016 και την περίοδο εκπαίδευσης της στρατηγικής (training period: 01-01-2016 έως 01-06-2016) παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας (βλ. Πίνακας 6.2.iii) των ζευγαριών των μετοχών που αναδείχθηκαν.

2016								
stock X	stock Y	alpha	beta	rho	HL	tau1	r.p	Sharpe_Ratio
PNW	SCG	3,8343	0,8580	0,6890	1,8611	-4,3218	0,0064	2,0196
KSU	PCAR	16,8444	0,4013	0,8269	3,6466	-4,3908	0,0059	1,7472
EIX	AES	-2,7337	0,1956	0,7398	2,2997	-4,5772	0,0045	1,7339

Πίνακας 6.2.iii

Συγκριτικά με το χαρτοφυλάκιο του έτους 2015 τα ζεύγη παρουσιάζουν μικρότερες τιμές αναμενόμενης απόδοσης καθώς οι αντίστοιχοι δείκτες Sharpe Ratio είναι κακοί, αν όχι οριακά είναι κάτω της τιμής 2. Επίσης οι τιμές Half Life είναι αρκετά χαμηλές πράγμα που δυσκολεύει τις συναλλαγές, όταν πραγματοποιούνται σε μικρό χρονικό διάστημα. Όπως και για το προηγούμενο έτος έτσι και για 2016 η έννοια της συνολοκλήρωσης εμφανίζεται αρκετά ισχυρή στο χαρτοφυλάκιο καθώς οι τιμές των τ_{u1} και $r.p$ είναι αρκετά καλές σε σχέση με τις critical values και τα επίπεδα εμπιστοσύνης που έχουν τεθεί στην αρχή των υποθέσεων.

Για τη περίοδο δοκιμασιών απόδοσης της στρατηγικής (testing period: 02-06-2016 έως 01-01-2017) παρατίθεται ο παρακάτω αθροιστικός πίνακας αποδόσεων (βλ. Πίνακας 6.2.iv). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και για τις τρεις διαφορετικές τιμές threshold- ($d= 1, 1.5, 1.8$) που εφαρμόστηκε.

2016			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	21,02%	1,02%	2,00%
Annualized Returns	39,36%	2,27%	3,78%
Maximum Drawdown	8,16%	10,78%	8,28%
Sharpe Ratio Sum	0,96148	-0,01259	-0,01060
Annual. Sharpe Ratio Sum	3,19153	-0,24621	-0,28287
Short/Long Positions	110	55	31
Long/Short Positions	78	43	23
Signals	188	98	54

Πίνακας 6.2.iv

Το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο δεν απέδωσε εξίσου καλά όσο εκείνο του έτους 2015. Στη περίπτωση όπου το $d= 1$ παρατηρείται η καλύτερη απόδοση αλλά και αναλογία σωρευτικής απόδοσης και “κινδύνου” σε σχέση με τις περιπτώσεις όπου $d=1.5$ και $d=1.8$.

Τέλος για το έτος 2017 και την περίοδο εκπαίδευσης της στρατηγικής (training period: 01-01-2017 έως 01-06-2017) παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας (βλ. Πίνακας 6.2.iii) των ζευγαριών των μετοχών που αναδείχθηκαν.

2017									
stock X	stock Y	alpha	beta	rho	HL	tau1	r.p	Sharpe_Ratio	
PKI	CERN	-19,0352	1,3530	0,8418	4,0247	-4,3897	0,0059	2,8641	
ABMD	SYK	53,0257	0,6135	0,8641	4,7452	-4,5841	0,0045	2,2303	
EFX	PH	48,7009	0,7976	0,8297	3,7137	-4,2514	0,0069	1,7425	

Πίνακας 6.2.v

Για το έτος 2017 το χαρτοφυλάκιο ζευγών που προέκυψε παρουσιάζει καλύτερα στατιστικά στοιχεία από αυτό του 2016 αλλά όχι από αυτό του 2015. Οι δείκτες *Sharpe Ratio* είναι ικανοποιητικοί, δύο εκ των οποίων πάνω από τη τιμή 2. Οι τιμές *half life* είναι κοντά στις 4 ημέρες. Επίσης και στα δύο προηγούμενα έτη η έννοια της συνολοκλήρωσης εμφανίζεται αρκετά ισχυρή καθώς οι τιμές των *tau1* και *r.p* είναι αρκετά καλές σε σχέση με τις critical values και τα επίπεδα εμπιστοσύνης που έχουν τεθεί στην αρχή των υποθέσεων.

Για τη περίοδο δοκιμασιών απόδοσης της στρατηγικής (testing period: 02-06-2017 έως 01-01-2018) παρατίθεται ο παρακάτω αθροιστικός πίνακας αποδόσεων (βλ. Πίνακας 6.2.vi). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και για τις τρεις διαφορετικές τιμές threshold- ($d=1, 1.5, 1.8$) που εφαρμόστηκε.

2017			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	18,85%	-3,04%	-6,22%
Annualized Returns	38,41%	-0,91%	-9,60%
Maximum Drawdown	30,14%	28,83%	11,17%
Sharpe Ratio Sum	0,12196	0,04012	-0,02663
Annual. Sharpe Ratio Sum	2,01138	0,86103	-0,33821
Short/Long Positions	102	43	17
Long/Short Positions	109	45	23
Signals	211	88	40

Πίνακας 6.2.vi

Παρά το υποσχόμενο αρχικό χαρτοφυλάκιο για το έτος 2017 οι αποδόσεις δεν ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικές. Συγκεκριμένα για τις τιμές threshold $d=1.5$ και $d=1.8$ οι σωρευτικές αποδόσεις ήταν αρνητικές. Για τη τιμή $d=1$ αν και οι σωρευτικές αποδόσεις ήταν αρκετά ικανοποιητικές η μέγιστη πτώση (maximum Drawdown) αποτελεί αρνητικό παράγοντα (σχεδόν διπλάσιο των σωρευτικών αποδόσεων). Αποτέλεσμα αυτού η αναλογία απόδοσης ρίσκου να μην είναι ικανοποιητική.

Τέλος παρατίθεται ο παρακάτω αθροιστικός πίνακας αποδόσεων (βλ. Πίνακας 6.2.vi) για όλες τις χρονικές περιόδους *back testing*.

2015-2016-2017			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	63,58%	40,88%	17,08%
Annualized Returns	125,53%	85,25%	33,96%
Maximum Drawdown	30,14%	28,83%	11,17%
Short/Long Positions	342	155	79
Long/Short Positions	256	129	65
Signals	598	284	144

Πίνακας 6.2.vii

Από τον παραπάνω πίνακα επαληθεύεται η επίδραση της τιμής *threshold* στη στρατηγική που ακολουθήθηκε, κάτι γνώριμο από προηγούμενες έρευνες. Συγκεκριμένα όσο μικρότερη η τιμή *threshold* (*d*) τόσο περισσότερες οι θέσεις συναλλαγών και ο αριθμός των ημερών που μένει μια θέση ανοικτή στην αγορά, επομένως μεγαλύτερες σωρευτικές αποδόσεις. Η καλύτερη αναλογία μεταξύ σωρευτικών αποδόσεων και “κινδύνου” παρατηρείται για τη τιμή $d=1$.

6.3 Συμπεράσματα

Ένα βασικό συμπέρασμα της εργασίας αυτής είναι πως η επιλογή του ορίου *d* πρέπει να γίνεται έτσι ώστε να μην εμποδίζεται η πραγματοποίηση πολλών εμπορικών συναλλαγών, πράγμα που συμβαίνει για υψηλές τιμές του ορίου *d* και επίσης να αποφεύγονται τα υψηλά κόστη συναλλαγών που είναι συνέπεια των πολλών εμπορικών συναλλαγών, κάτι που συμβαίνει για χαμηλές τιμές του ορίου *d*. Σίγουρα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται ενισχύουν την χρήση της μεθόδου της συνολοκλήρωσης ως ένα σημαντικό εργαλείο για την ποσοτική διαχείριση κεφαλαίων.

Σε μελλοντικές ερευνητικές εργασίες θα μπορούσε να ενισχυθεί η κερδοφορία της στρατηγικής και ταυτόχρονα να μετριαστούν οι κίνδυνοι μέσω μιας εκτίμησης των παραμέτρων της συνολοκλήρωσης, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη σταθερότητα στην στρατηγική. Επίσης το να τεθούν κάποιοι κανόνες συναλλαγών όπως για παράδειγμα ένα χρονικό όριο διαπραγματεύσεων από τη στιγμή ανοίγματος μια θέσης συναλλαγών, θα συνέβαλλαν στο παραπάνω στόχο.

Τέλος κάτι που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον κατά την αναζήτηση των καλύτερων ζευγών σε μία στρατηγική *pair trading* είναι οι εφαρμογές της ομαδοποίησης στο σύνολο των μετοχών. Όπως για παράδειγμα η εφαρμογή της PCA (Principle Component Analysis) σε Fundamentals (θεμελιώδη) δεδομένα των αντίστοιχων μετοχών που απαρτίζουν των S&P 500.

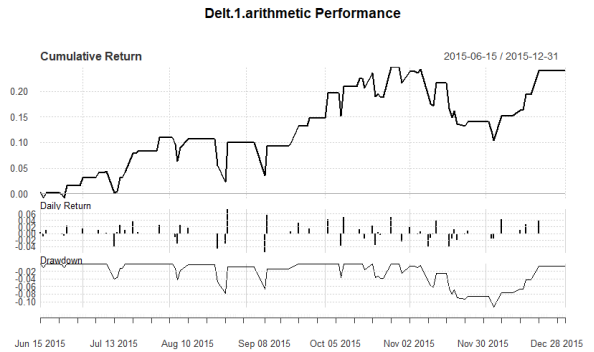
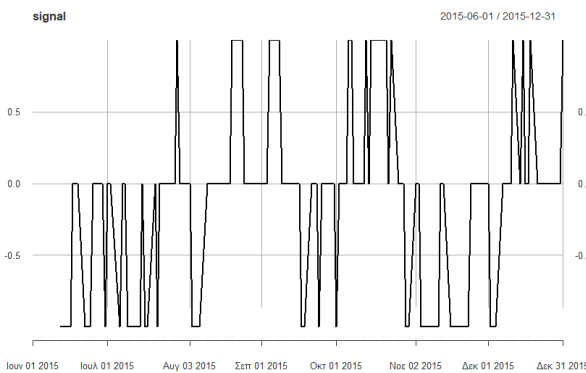
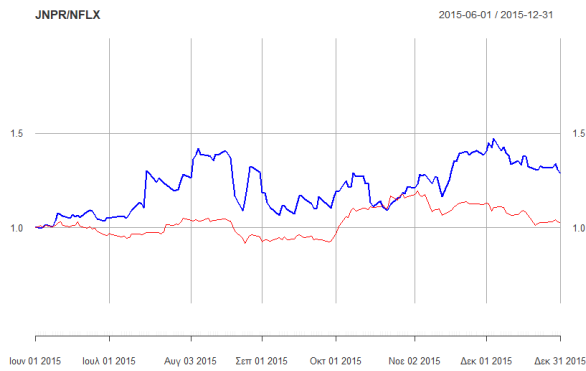
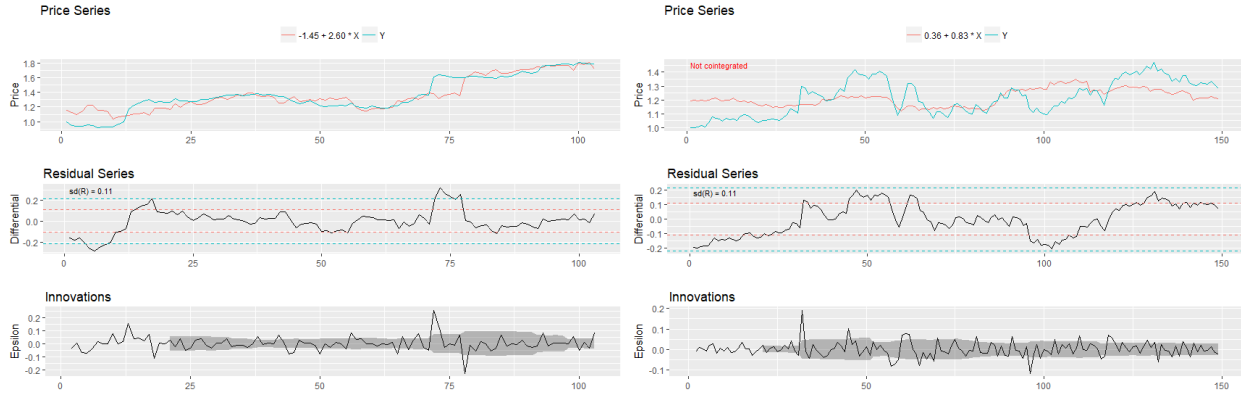
Η οριοθέτηση και η επιλογή των κριτηρίων για κάθε στρατηγική διαφέρει και είναι ανάλογη των στόχων και των αναγκών που θέτει ο επενδυτής.

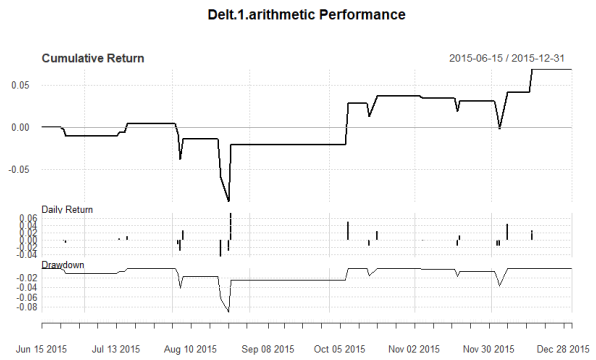
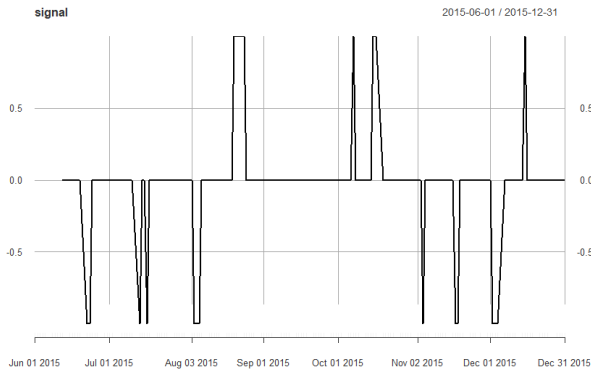
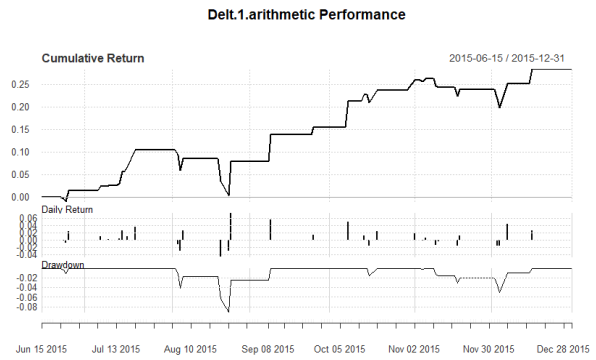
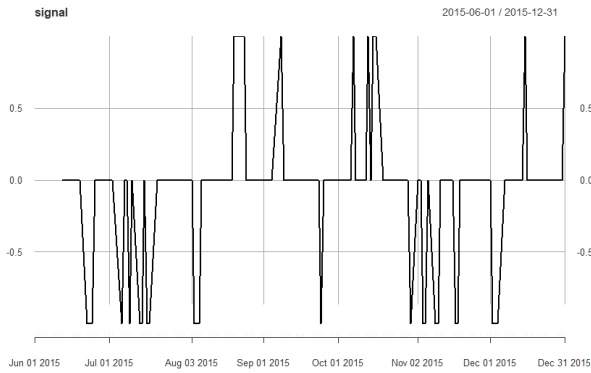
7. Βιβλιογραφία

- [1] Michael T. Chng, 2007, "Understanding the risks in and rewards for pairs-trading", Department of Finance, University of Melbourne
- [2] Gatev Evan, William N. Goetzmann and K.Geert Rouwenhorst, 2006," Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule", published by Oxford University Press on behalf of the Society for Financial Studies
- [3] Douglas S. Ehrman ,2006, "The Handbook of Pairs Trading", John Wiley & Sons Ltd
- [4] Herlemont Daniel, 2004, "Pairs Trading, Convergence trading, Cointegration",YATS Finances and Technologies
- [5] Αρτίκης Π. «Διαχείριση Αξίας και Κινδύνου», Εκδόσεις Interbooks, Αθήνα, 2010
- [6] Ohlsen N., 2011," On Statistical Arbitrage", M.SC. Thesis, Stockholm University, School of Business
- [7] Marco Avellaneda and Jeong - Hyun Lee, 2008, "Statistical Arbitrage in the U.S. Equities Market". New York University: Courant Institute of Mathematical Sciences
- [8] Schmidt D. Arlen, 2008, "Pairs Trading: A Cointegration Approach", Finance Honours Thesis, University of Sydney
- [9] Ruben Joakim Gundersen, 2014, "Statistical Arbitrage: High Frequency Pairs Trading" Master Thesis, MSc. Economics and Business Administration, Norwegian School of Economics
- [10] Lamont A. Owen, & Thaler H. Richard, 2003, "The Law of One Price in Financial Markets", Journal of Economic Perspectives, 191-202
- [11] Vidyamurthy Ganapathy, 2004, "Pairs Trading: Quantitative Methods and Analysis", New Jersey: John Wiley & Sons
- [12] Zhang, H., & Zang, Q., 2008, Trading a mean-reverting asset: Buy low and sell high. Automatica Vol. 44, 1511-1518
- [13] Caldeira, J. F., & Moura, G. V. (2013). Selection of a Portfolio of Pairs Based on Cointegration: A Statistical Arbitrage Strategy (Working Paper). Federal University of Rio Grande do Sul
- [14] Matthew Clegg, 2017, "Engle-Granger Cointegration Models", The Comprehensive R Archive Network
- [15] Brian G. Peterson, 2018, "Econometric Tools for Performance and Risk Analysis", R Package Performance Analytics
- [16] Marcelo S. Perlin, 2017, "Processing and Analyzing Financial Data with R"
- [17] <https://en.wikipedia.org>
- [18] <https://www.investopedia.com/>

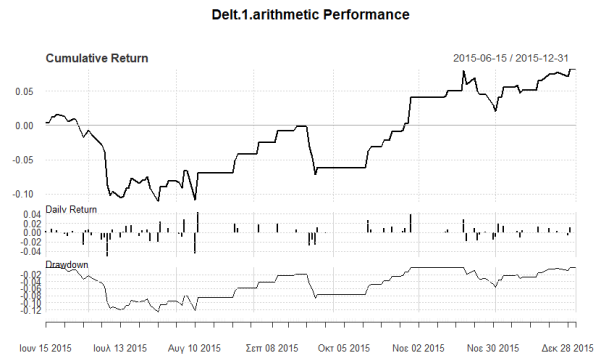
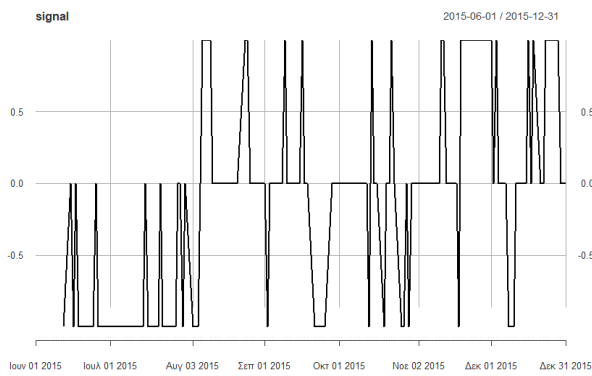
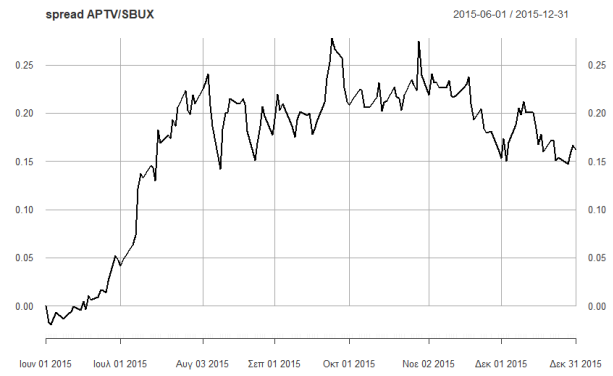
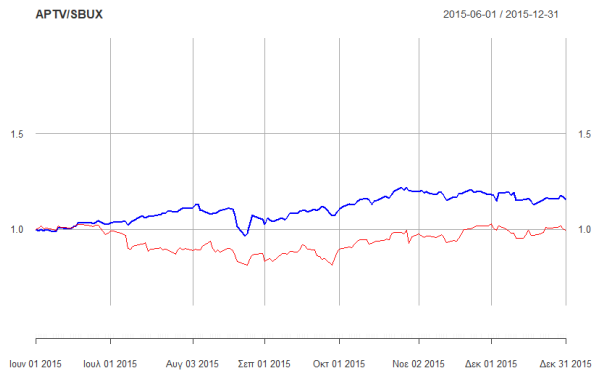
8. Παράρτημα

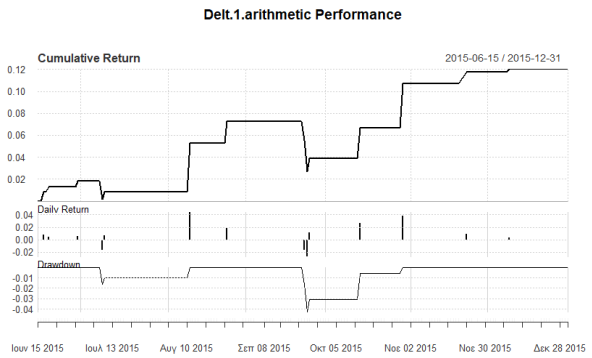
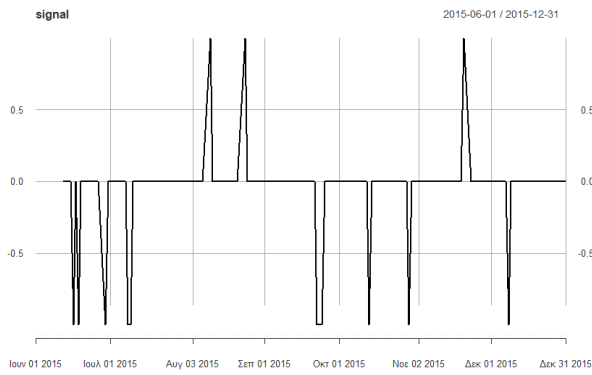
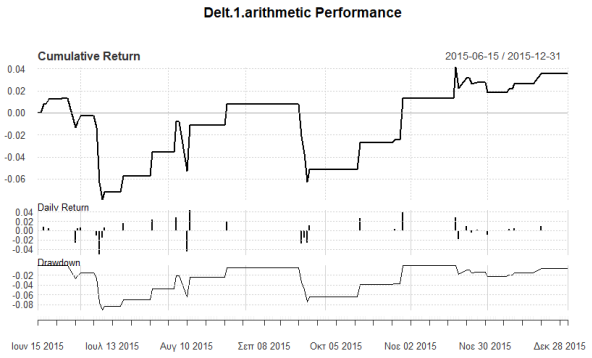
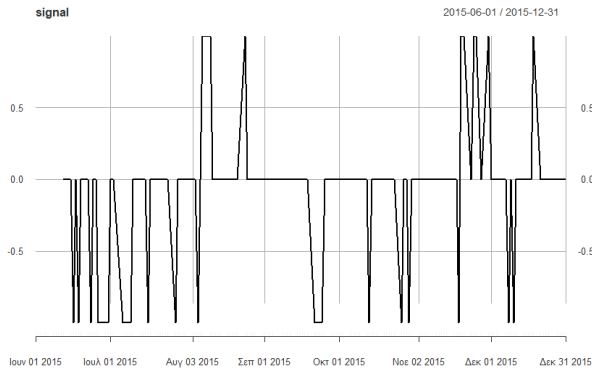
1. JNPR&NFLX 2015



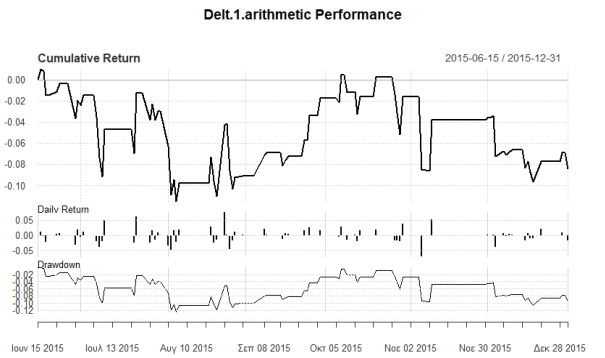
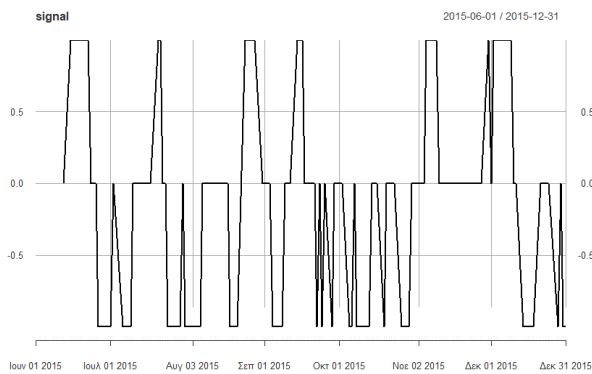
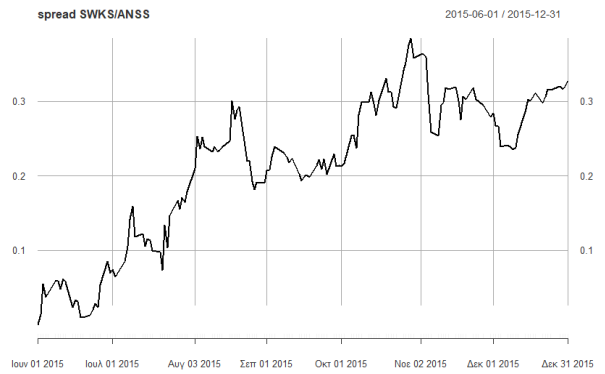
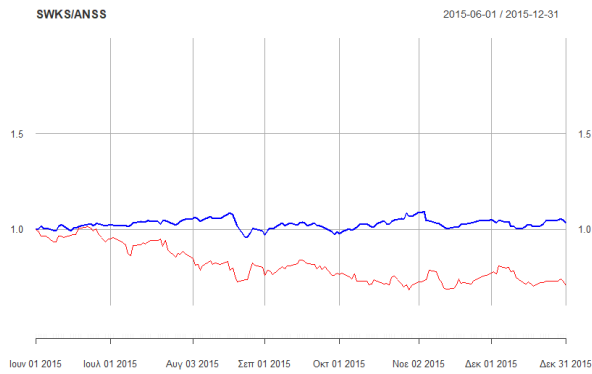


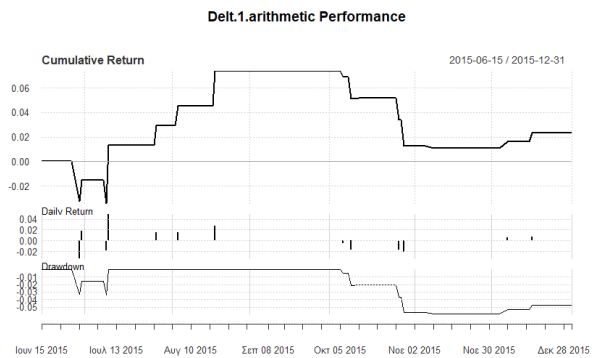
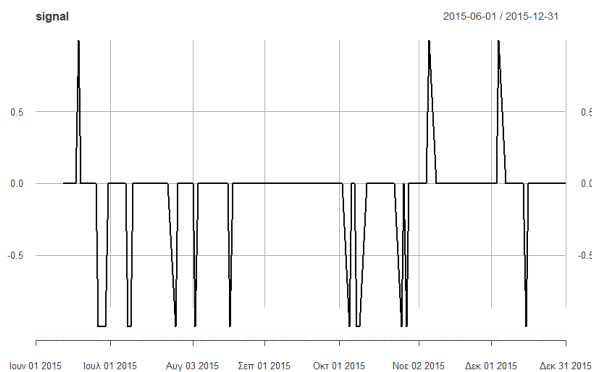
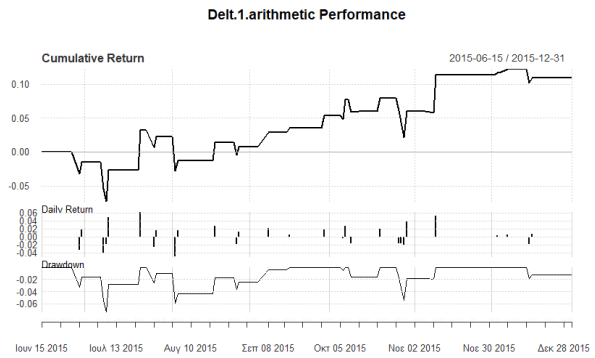
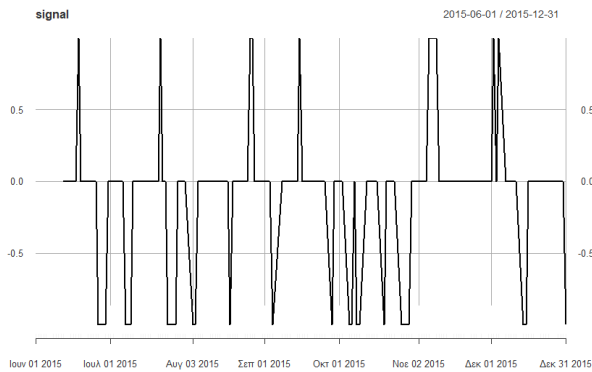
2. APTV&SBUX 2015





3. SWKS&ANSS 2015





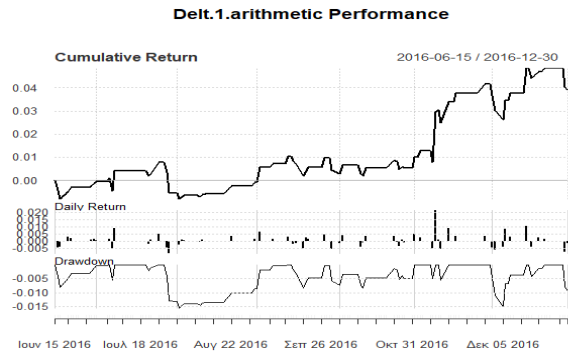
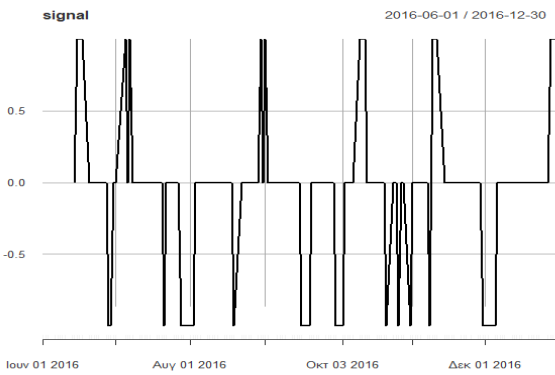
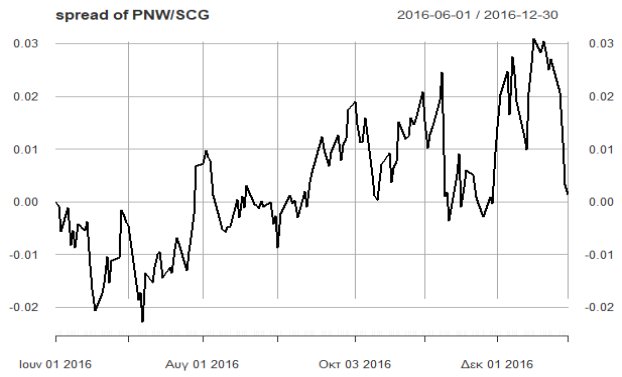
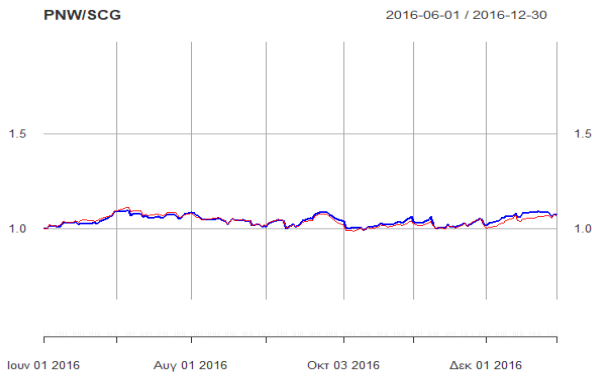
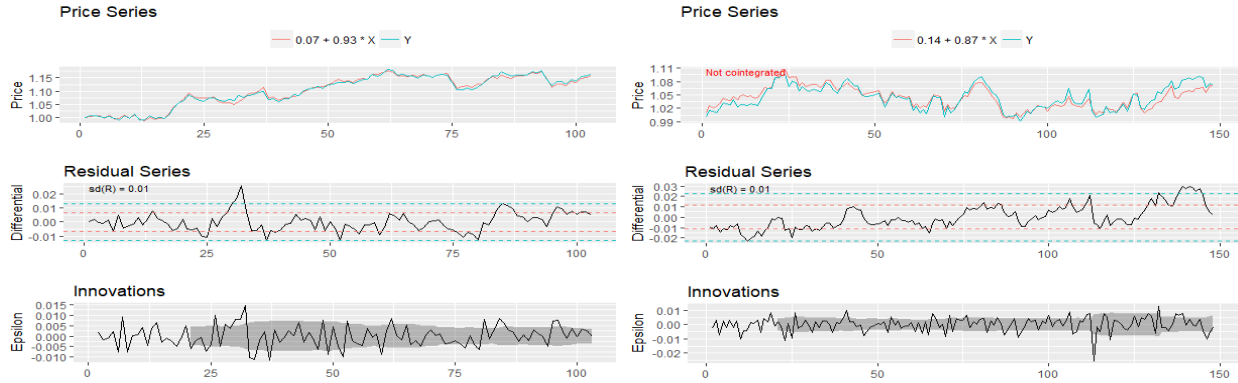
2015			
d=1			
	JNPR&NFLX	APT&SBUX	SWKS&ANSS
Cumulative Returns	23,97%	8,24%	-8,49%
Annualized Returns	47,23%	15,31%	-14,77%
Maximum Drawdown	11,48%	12,49%	12,38%
Sharpe Ratio	0,09394	0,05331	-0,02662
Annualized Sharpe Ratio	1,64663	0,80785	-0,52052
Short/Long Positions	40	45	45
Long/Short Positions	19	24	26
Signals	59	69	71

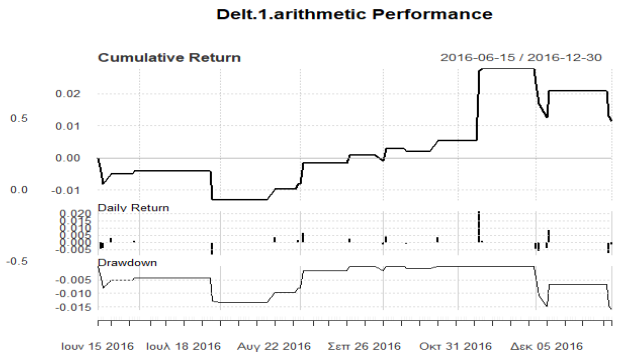
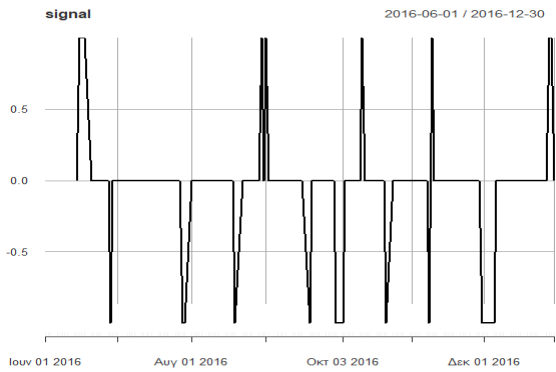
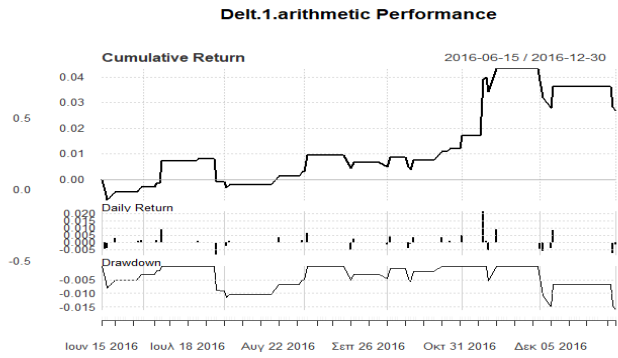
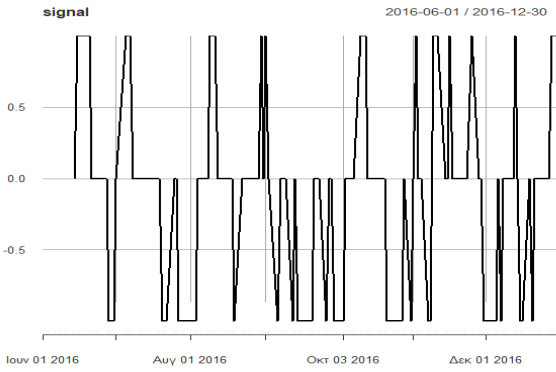
2015			
d=1,5			
	JNPR&NFLX	APT&SBUX	SWKS&ANSS
Cumulative Returns	28,43%	3,56%	10,91%
Annualized Returns	56,90%	6,50%	20,49%
Maximum Drawdown	9,20%	9,04%	7,29%
Sharpe Ratio	0,14393	0,02905	0,06498
Annualized Sharpe Ratio	2,75676	0,39028	1,02547
Short/Long Positions	10	23	24
Long/Short Positions	23	9	9
Signals	33	32	33

2015			
d=1,8			
	JNPR&NFLX	APT&SBUX	SWKS&ANSS
Cumulative Returns	6,92%	12,05%	2,34%
Annualized Returns	12,80%	22,74%	4,25%
Maximum Drawdown	9,20%	4,24%	5,85%
Sharpe Ratio	0,04831	0,12739	0,02758
Annualized Sharpe Ratio	0,72299	2,18693	0,39270
Short/Long Positions	7	11	13
Long/Short Positions	13	3	3
Signals	20	14	16

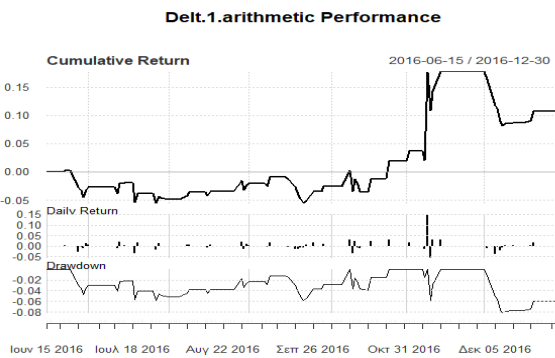
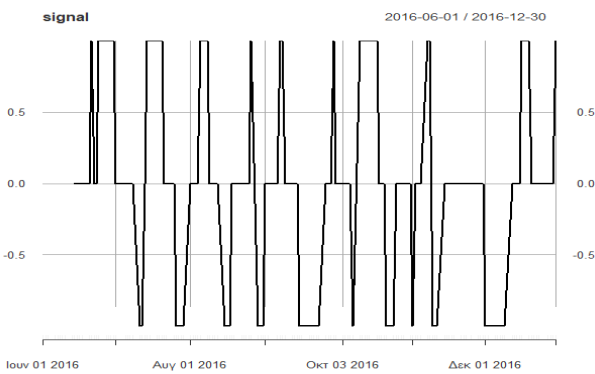
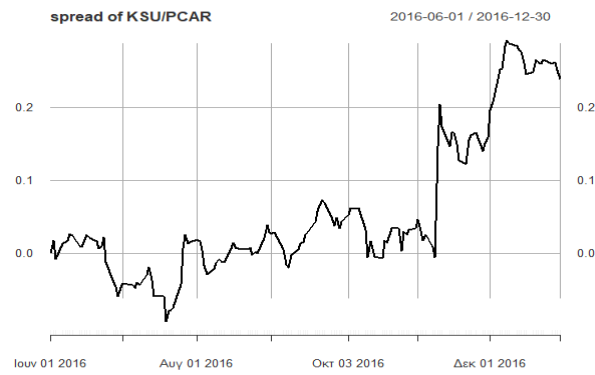
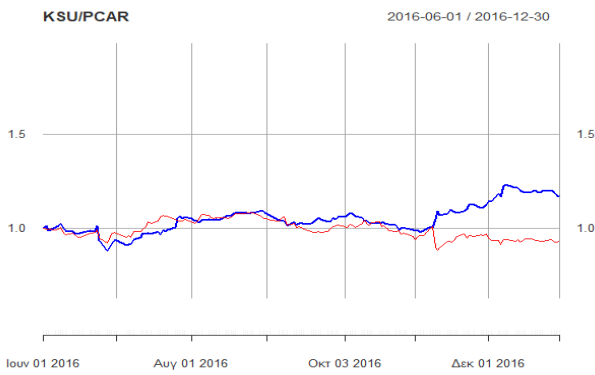
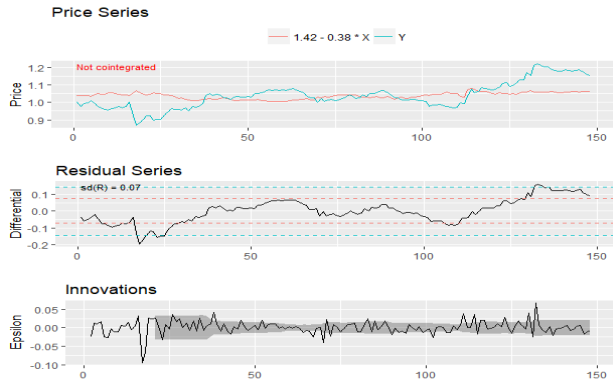
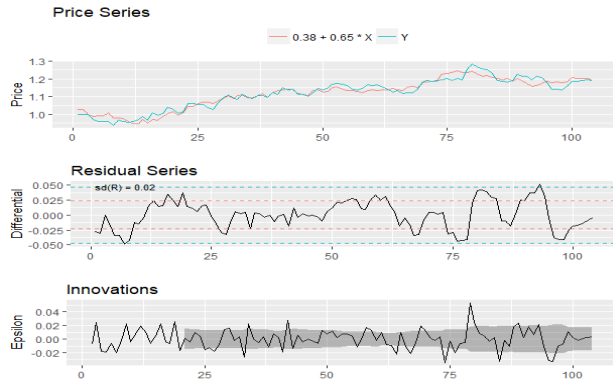
2015				
summary	d=1	d=1,5	d=1,8	
Cumulative Returns	23,71%	42,91%	21,31%	
Annualized Returns	47,77%	83,89%	39,78%	
Maximum Drawdown	12,49%	9,20%	9,20%	
Sharpe Ratio Sum	0,12063	0,23797	0,20328	
Annual. Sharpe Ratio Sum	1,93396	4,17251	3,30262	
Short/Long Positions	130	57	31	
Long/Short Positions	69	41	19	
Signals	199	98	50	

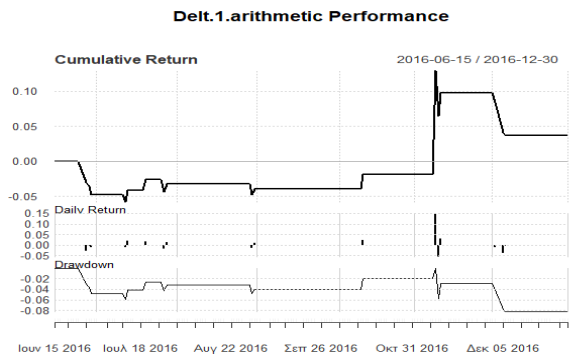
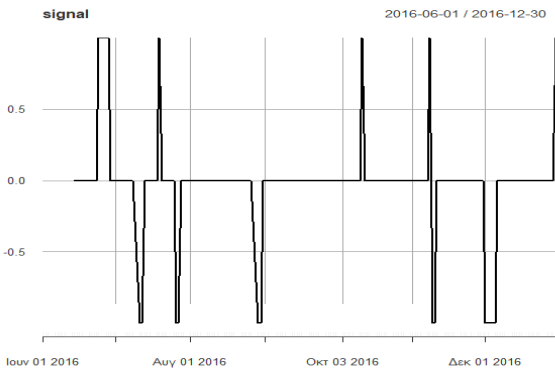
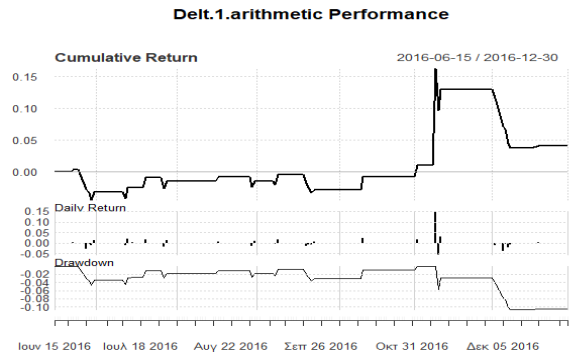
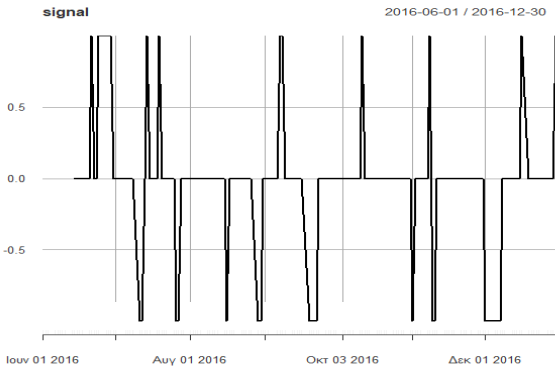
4. PNW&SCG 2016



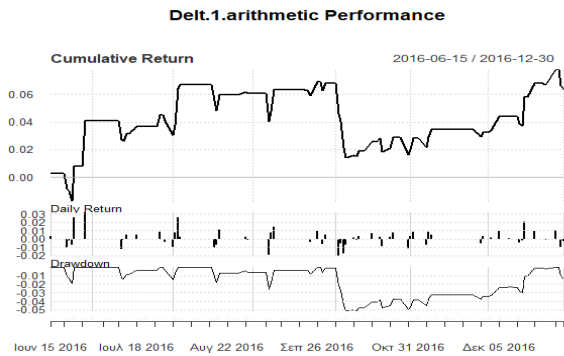
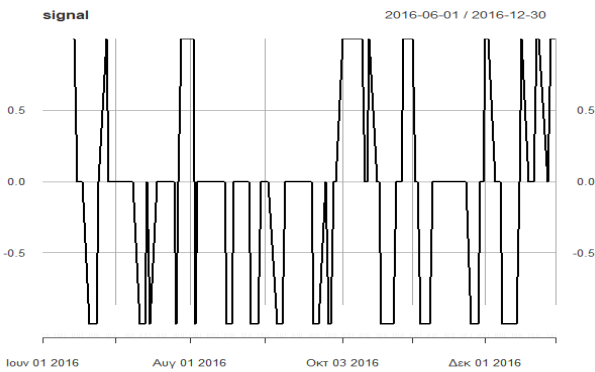
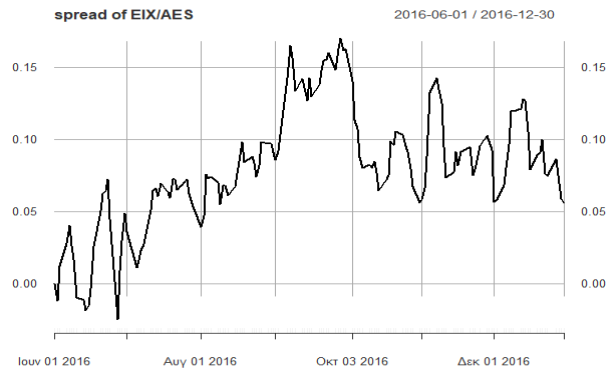
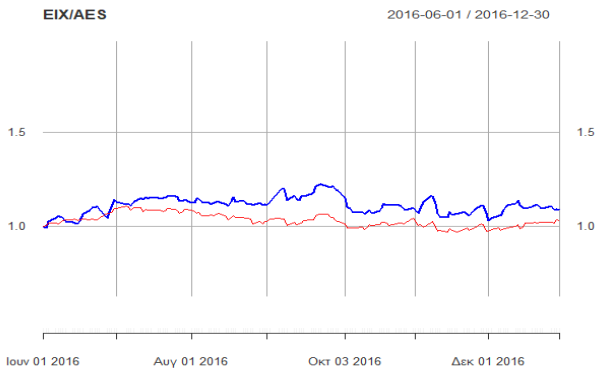
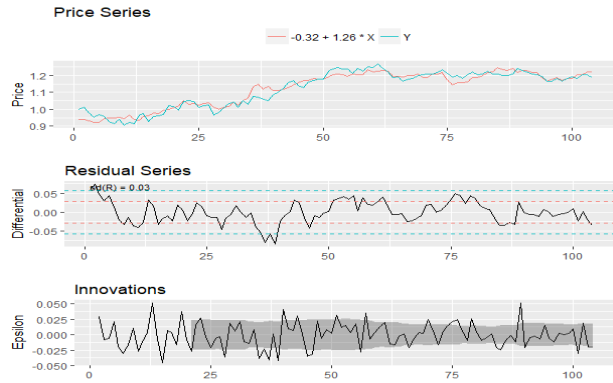


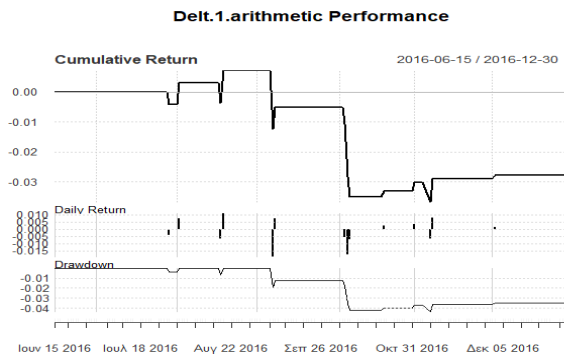
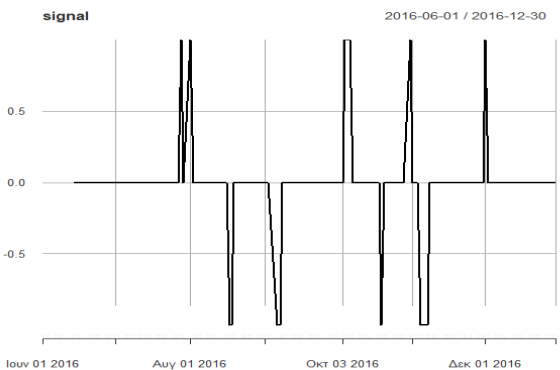
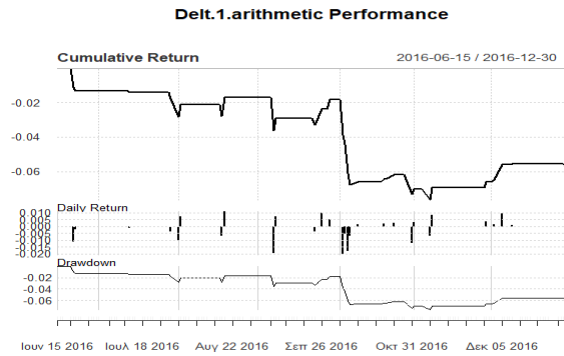
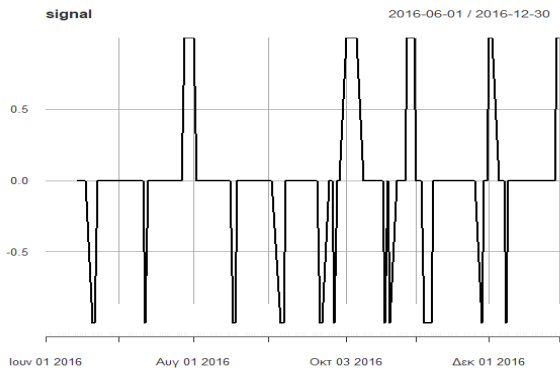
5. KSU&PCAR 2016





6. EIX&AES 2016





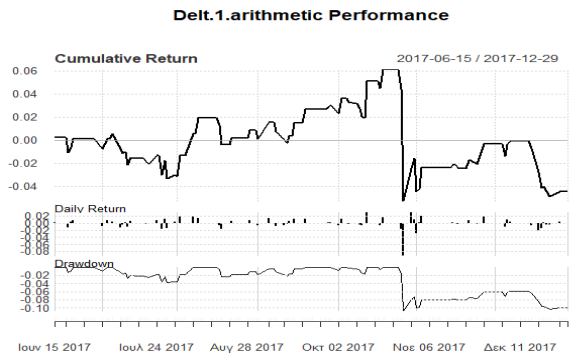
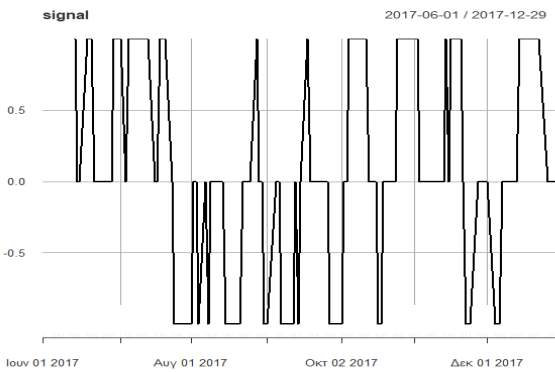
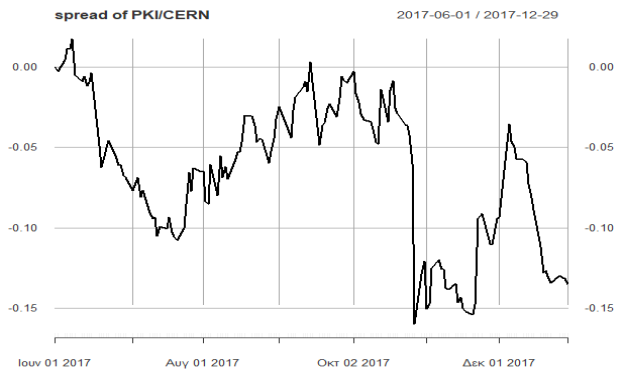
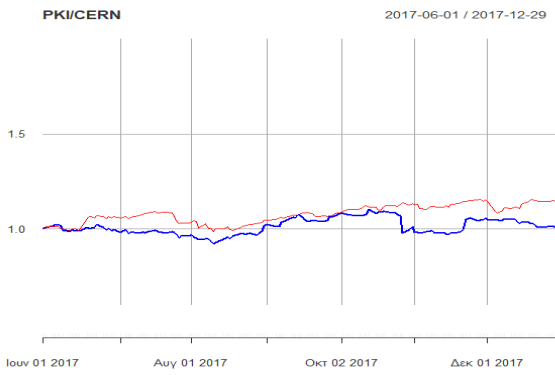
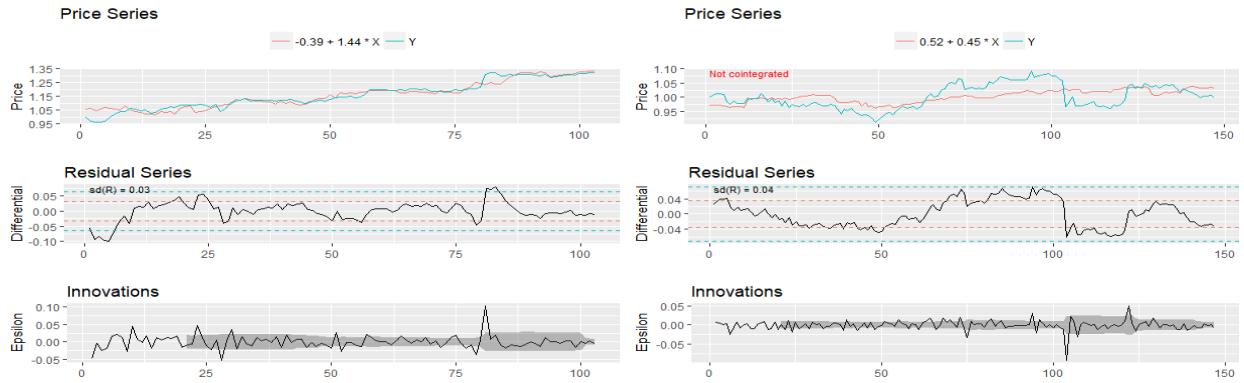
2016			
d=1			
	PNW&SCG	KSU&PCAR	EIX&AES
Cumulative Returns	3,88%	10,79%	6,34%
Annualized Returns	7,14%	20,42%	11,80%
Maximum Drawdown	1,56%	8,16%	5,12%
Sharpe Ratio	0,84229	0,05071	0,06849
Annualized Sharpe Ratio	1,35718	0,74081	1,09353
Short/Long Positions	40	33	37
Long/Short Positions	25	28	25
Signals	65	61	62

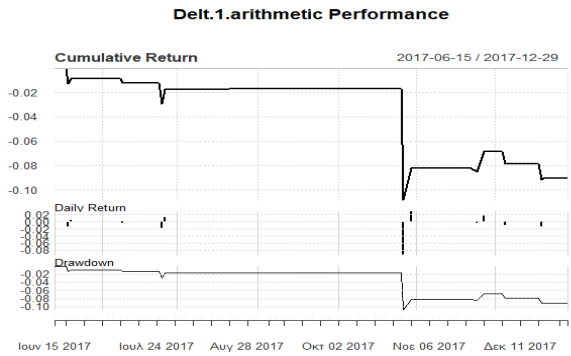
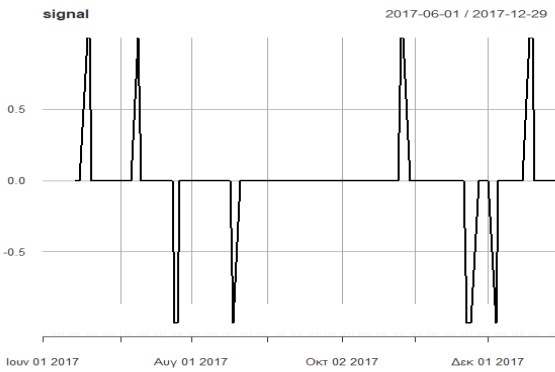
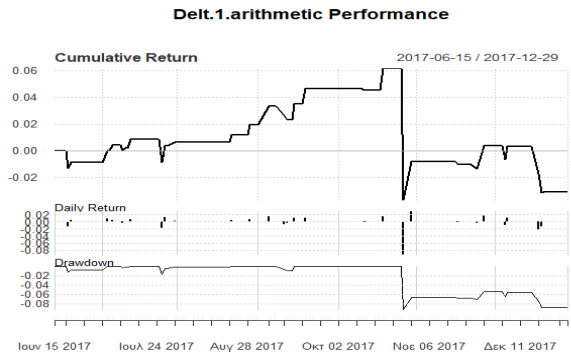
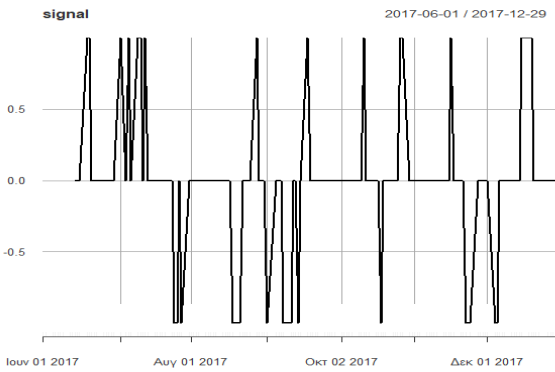
2016			
d=1,5			
	PNW&SCG	KSU&PCAR	EIX&AES
Cumulative Returns	2,66%	4,16%	-5,80%
Annualized Returns	4,87%	7,67%	-10,26%
Maximum Drawdown	1,61%	10,78%	7,66%
Sharpe Ratio	0,06641	0,02606	-0,10506
Annualized Sharpe Ratio	1,05629	0,30867	-1,61117
Short/Long Positions	20	19	16
Long/Short Positions	16	13	14
Signals	36	32	30

2016			
d=1,8			
	PNW&SCG	KSU&PCAR	EIX&AES
Cumulative Returns	1,13%	3,64%	-2,78%
Annualized Returns	2,06%	6,70%	-4,98%
Maximum Drawdown	1,61%	8,28%	4,38%
Sharpe Ratio	0,03314	0,02400	-0,06773
Annualized Sharpe Ratio	0,51140	0,27673	-1,07100
Short/Long Positions	13	11	7
Long/Short Positions	9	7	7
Signals	22	18	14

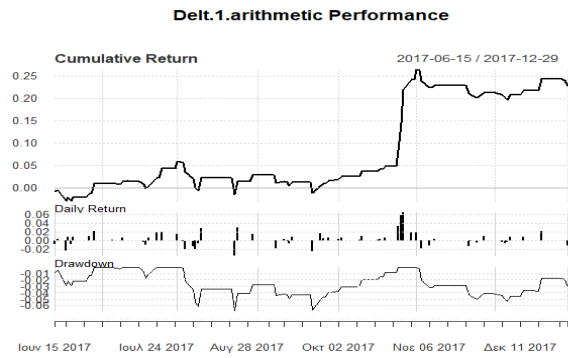
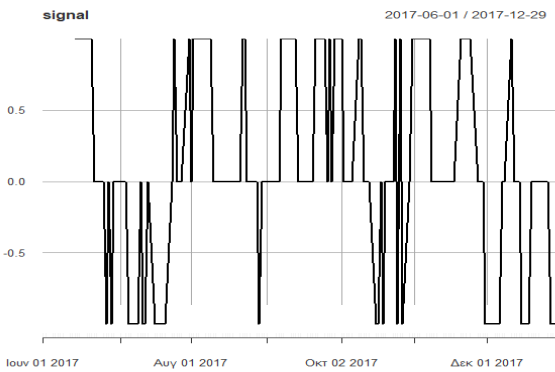
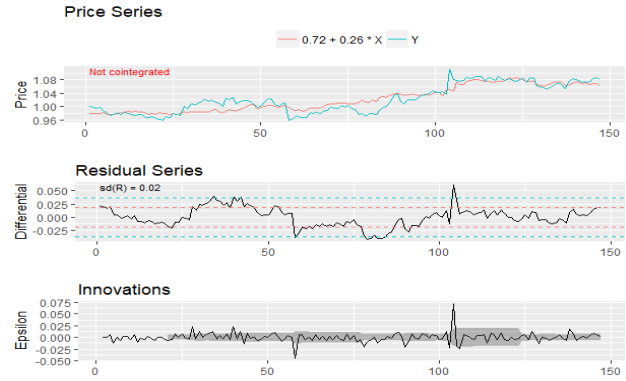
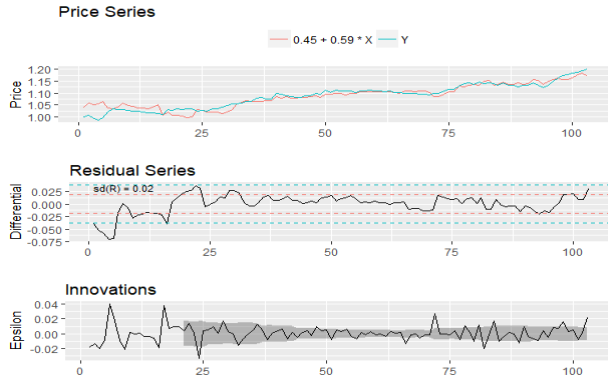
2016			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	21,02%	1,02%	2,00%
Annualized Returns	39,36%	2,27%	3,78%
Maximum Drawdown	8,16%	10,78%	8,28%
Sharpe Ratio Sum	0,96148	-0,01259	-0,01060
Annual. Sharpe Ratio Sum	3,19153	-0,24621	-0,28287
Short/Long Positions	110	55	31
Long/Short Positions	78	43	23
Signals	188	98	54

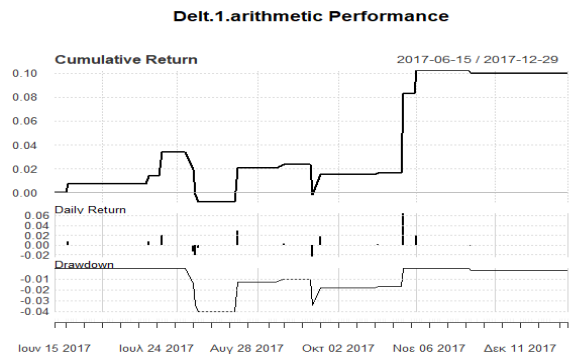
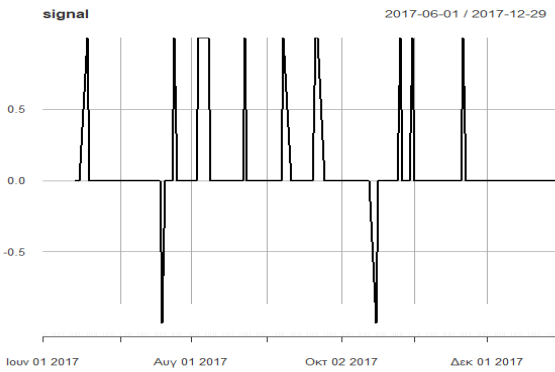
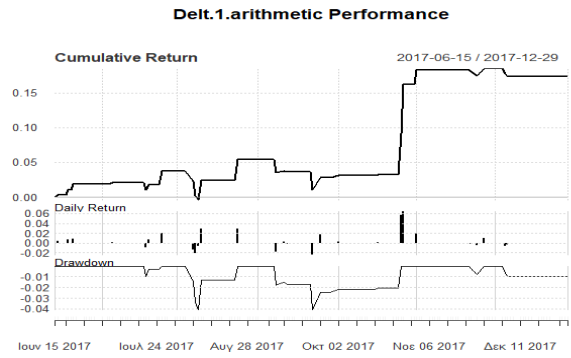
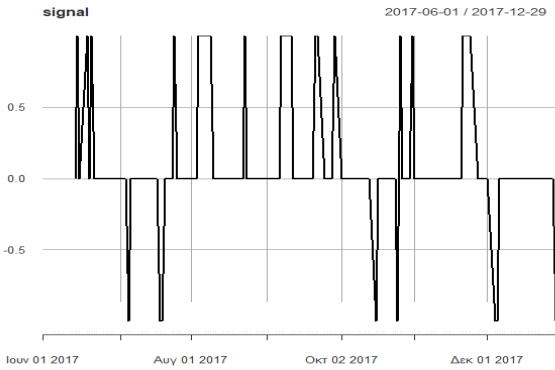
7. PKI&CERN 2017



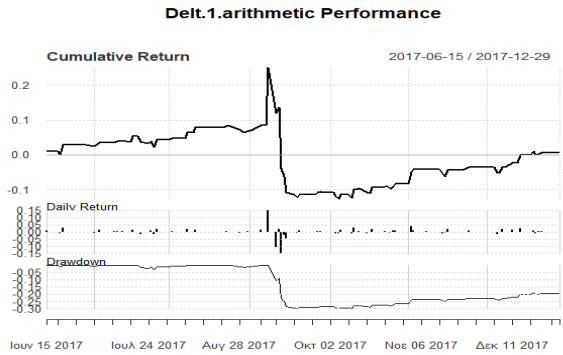
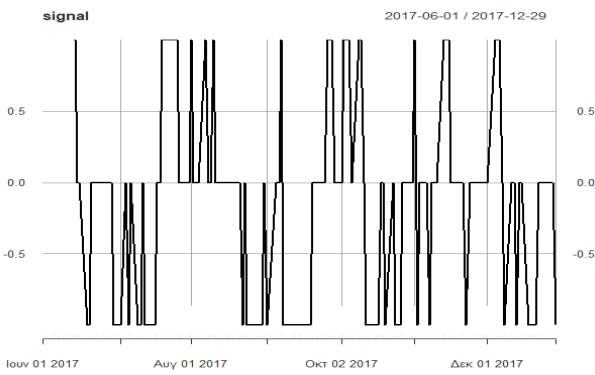
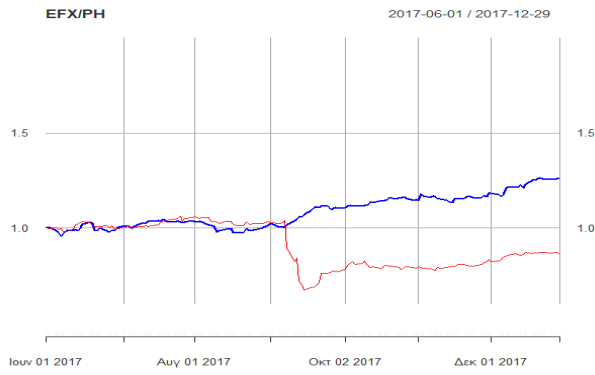
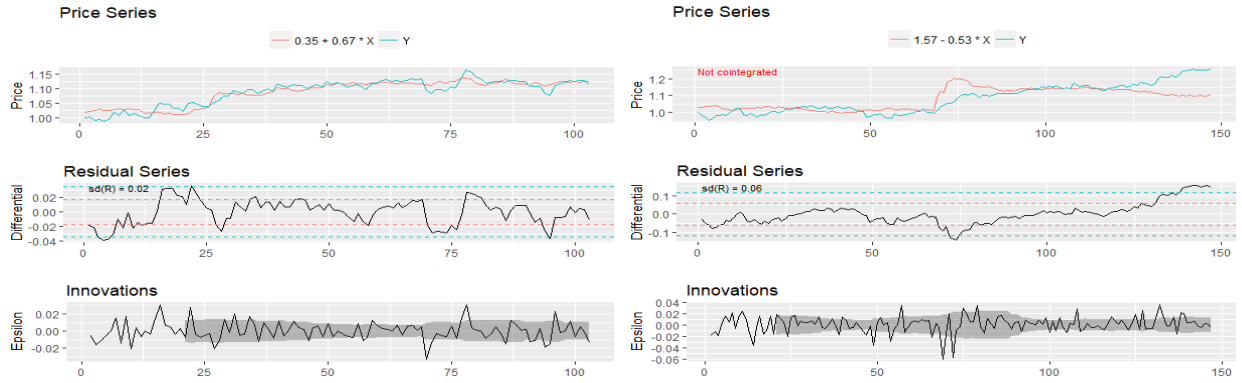


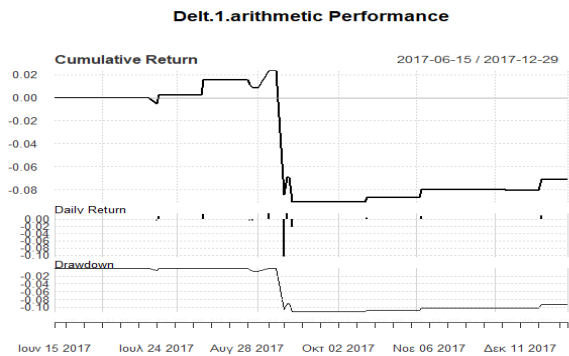
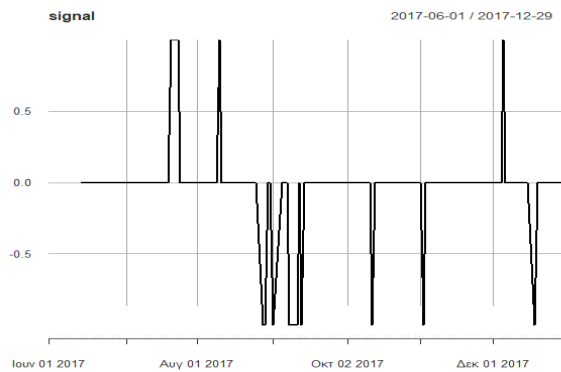
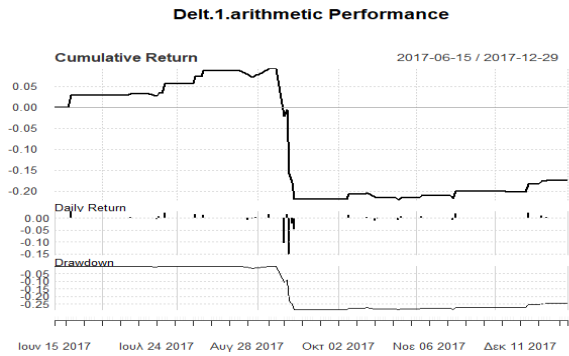
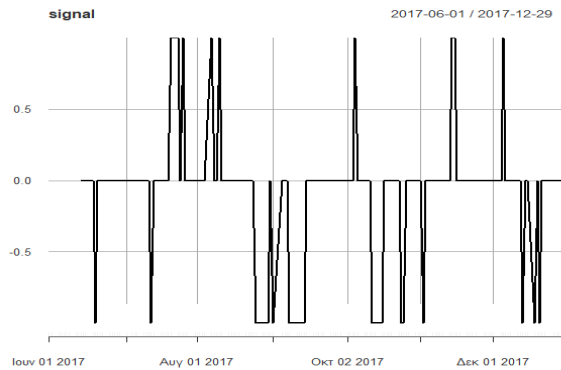
8. ABMD&SYK 2017





9. EFX&PH 2017





2017			
d=1			
	PKI&CERN	ABMD&SYK	EFX&PH
Cumulative Returns	-4,43%	22,67%	0,61%
Annualized Returns	-7,94%	45,22%	1,13%
Maximum Drawdown	10,76%	6,83%	30,14%
Sharpe Ratio	-0,02328	0,13177	0,01347
Annualized Sharpe Ratio	-0,44283	2,42299	0,03122
Short/Long Positions	31	28	43
Long/Short Positions	42	42	25
Signals	73	70	68

2017			
d=1,5			
	PKI&CERN	ABMD&SYK	EFX&PH
Cumulative Returns	-3,07%	17,42%	-17,39%
Annualized Returns	-5,53%	34,07%	-29,45%
Maximum Drawdown	9,29%	4,10%	28,83%
Sharpe Ratio	-0,01889	0,12877	-0,06976
Annualized Sharpe Ratio	-0,36736	2,29035	-1,06196
Short/Long Positions	14	8	21
Long/Short Positions	16	20	9
Signals	30	28	30

2017			
d=1,8			
	PKI&CERN	ABMD&SYK	EFX&PH
Cumulative Returns	-9,07%	9,98%	-7,13%
Annualized Returns	-15,94%	18,98%	-12,64%
Maximum Drawdown	10,84%	4,05%	11,17%
Sharpe Ratio	-0,07316	0,09746	-0,05093
Annualized Sharpe Ratio	-1,13392	1,62749	-0,83178
Short/Long Positions	6	2	9
Long/Short Positions	7	12	4
Signals	13	14	13

2017			
summary	d=1	d=1,5	d=1,8
Cumulative Returns	18,85%	-3,04%	-6,22%
Annualized Returns	38,41%	-0,91%	-9,60%
Maximum Drawdown	30,14%	28,83%	11,17%
Sharpe Ratio Sum	0,12196	0,04012	-0,02663
Annual. Sharpe Ratio Sum	2,01138	0,86103	-0,33821
Short/Long Positions	102	43	17
Long/Short Positions	109	45	23
Signals	211	88	40

10. ΚΩΔΙΚΑΣ

Το λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε για την μελέτη και την εξαγωγή αποτελεσμάτων της στρατηγικής που παρουσιάσαμε παραπάνω ήταν η R γλώσσα προγραμματισμού. Αυτό επετεύχθη μέσω του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος ανάπτυξης Rstudio.

Συγκεκριμένα το πρώτο κομμάτι **CODE in R (1)** περιλαμβάνει το κώδικα που κατασκευάσαμε εξολοκλήρου με στόχο την εύρεση των “καλύτερων ζευγών συναλλαγής”. Το δεύτερο κομμάτι **CODE in R (2)** χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη του χαρτοφυλακίου που καταλήξαμε για τη περίοδο δοκιμών του εκάστοτε έτους. Μέρος αυτό του κώδικα αντλήσαμε από δημοσίευση της ιστοσελίδας <https://analyticsprofile.com>.

CODE in R (1)

```
library(BatchGetSymbols)
library(tseries)
library("reshape2", lib.loc=~R/win-library/3.5")
library("quantmod", lib.loc=~R/win-library/3.5")
library("egcm", lib.loc=~R/win-library/3.5")

my.tickers <- GetSP500Stocks()$tickers
l.out <- BatchGetSymbols(tickers = my.tickers, first.date = "2015-01-01", last.date = "2015-06-01")

my.list<- l.out$df.tickers
my.list$volume<-NULL
my.list$price.open<-NULL
my.list$price.high<-NULL
my.list$price.low<-NULL
my.list$price.close<-NULL
my.list$ret.adjusted.prices<-NULL
my.list$ret.closing.prices<-NULL
my.list[is.na(my.list
my.list<- na.omit(my.list)
my.list<-split(my.list,my.list$ticker)
f.tickers<-names(my.list)

adfvalues<-c(1:length(my.list))
for (i in (1:length(my.list))) {
  adfvalues[i]<-adf.test(my.list[[i]][["price.adjusted"]])$p.value}

explosive<-c(1:length(my.list))
for (i in (1:length(my.list))) {
  explosive[i]<-adf.test(my.list[[i]][["price.adjusted"]],alternative = "explosive")$p.value}

main<-melt(data.frame(f.tickers,adfvalues))
main$variable<-NULL
colnames(main)<-c("ticker","adf/p.value")
main[["adf_exp/p.value"]]<-explosive
main<-main[!(main$`adf/p.value`<=0.05),]
main<-main[!(main$`adf_exp/p.value`<=0.05),]
```

```

egcm.set.default.i1test("adf")
egcm.set.default.urtest("adf")
egcm.set.default.pvalue(0.05)

my.tickers1<-as.character(main$ticker)
my.tickers2<-sort(my.tickers1,decreasing = TRUE)

data1<-allpairs.egcm(my.tickers1,startdate = "2015-01-01",enddate = "2015-06-01",i1test = "adf",urtest = "adf")
data2<-allpairs.egcm(my.tickers2,startdate = "2015-01-01",enddate = "2015-06-01",i1test = "adf",urtest = "adf")

data1<-data1[!grepl("FALSE", data1$is.cointegrated),]
data2<-data2[!grepl("FALSE", data2$is.cointegrated),]

data1$newcolumn<-0
names(data1)[names(data1)=="newcolumn"] <- "regressor"
data2$newcolumn<-1
names(data2)[names(data2)=="newcolumn"] <- "regressor"
colnames(data2)[colnames(data2)=="series1"] <- "series22"
colnames(data2)[colnames(data2)=="series2"] <- "series11"
colnames(data2)[colnames(data2)=="series22"] <- "series2"
colnames(data2)[colnames(data2)=="series11"] <- "series1"
data<-rbind(data1,data2)
data<-data[duplicated(data[1:2]) | duplicated(data[1:2], fromLast=TRUE),]

data$newcolumn<-NA
names(data)[names(data)=="newcolumn"] <- "Sharpe_Ratio"
for (i in (1:length(data$Sharpe_Ratio))) {
  x<-as.character(data$series1)
  y<-as.character(data$series2)
  k<-as.numeric(cbind(Delt(my.list[[x[i]]][["price.adjusted"]]), Delt(my.list[[y[i]]][["price.adjusted"]]))))
  k<-na.omit(k)
  data[i,"Sharpe_Ratio"]<-(mean(k)*252 -0.05)/(sd(k)*sqrt(252)) }
data<-data[!(data$r.p>0.007),]

```

CODE in R (2)

```

library(quantmod)
library(tseries)
library(xts)
library(zoo)
library(PerformanceAnalytics)
library(knitr)
options(scipen=999)

stock1 <- "NFLX"
stock2 <- "JNPR "

getSymbols(stock1, src = "yahoo")
getSymbols(stock2, src = "yahoo")

stock1 <- NFLX

```

```

stock2 <- JNPR
kable(head(stock1))
kable(head(stock2))

stock1 <- stock1[, grep("Adjusted", colnames(stock1))]
stock2 <- stock2[, grep("Adjusted", colnames(stock2))]

cut_off_date <- as.Date("2015-06-01")
stock1 <- stock1[index(stock1) >= cut_off_date]
stock2 <- stock2[index(stock2) >= cut_off_date]

cut_on_date <- as.Date("2016-01-01")
stock1 <- stock1[index(stock1) <= cut_on_date]
stock2 <- stock2[index(stock2) <= cut_on_date]

stock1[is.na(stock1),]
stock2[is.na(stock2),]

stock1 <- na.locf(stock1)
stock2 <- na.locf(stock2)

ret_stock1 <- Delt(stock1)
ret_stock2 <- Delt(stock2)

ret_stock1 <- round(ret_stock1+1, 4)
ret_stock1[1] <- 1
norm_stock1 <- cumprod(ret_stock1)
plot(norm_stock1)

ret_stock2 <- round(ret_stock2+1, 4)
ret_stock2[1] <- 1
norm_stock2 <- cumprod(ret_stock2)
plot(norm_stock2)

plot_final <- plot(norm_stock1, type = "l", ylim = c(0.5, 2), ylab = "Normalized_Price", col = "blue", main =
"JNPR/NFLX")
lines(norm_stock2, col = "red")
legend("topright", c(colnames(stock1)[1], colnames(stock2)[1]), lty = 1, col = c("blue", "red"), bty = "o", cex = 1)

diff <- norm_stock1 - norm_stock2
plot(diff, type = "l", ylab = "Normalized Price Difference", main = "spread of JNPR/NFLX")

n <- 1
me_dynamic <- rollapply(diff, 10, mean)
std_dynamic <- rollapply(diff, 10, sd)
ub <- me_dynamic + n*std_dynamic
lb <- me_dynamic - n*std_dynamic
signal <- ifelse(diff > ub, -1,
                ifelse(diff < lb, 1, 0))
plot(signal)
k <- signal
l <- k[!(k$Delt.1.arithmetic<=0),]
m <- k[!(k$Delt.1.arithmetic>=0),]

```

```
spread_return <- ret_stock1 - ret_stock2
trade_return <- spread_return*lag(signal)

summary(trade_return)
charts.PerformanceSummary(trade_return)

print(paste0("Cumulative Returns -- ", Return.cumulative(trade_return)))
print(paste0("Annualized Returns -- ", Return.annualized(trade_return)))
print(paste0("Maximum Drawdown -- ", maxDrawdown(trade_return)))
print(paste0("Sharpe Ratio -- ", SharpeRatio(as.ts(trade_return), Rf = 0, p = 0.95, FUN = "StdDev")))
print(paste0("Annualized Sharpe Ratio -- ", SharpeRatio.annualized(trade_return, Rf = 0)))
print(paste0("Short/Long -- ", as.numeric(length(m))))
print(paste0("Long/Short -- ", as.numeric(length(l))))
```