



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**  
**UNIVERSITY OF PIRAEUS**

**Τμήμα Χρηματοοικονομικής και Τραπεζικής Διοικητικής**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
Χρηματοοικονομικής και Στατιστικής με Ειδίκευση στην  
«Χρηματοοικονομική Ανάλυση» για Στελέχη**

**Τίτλος Διατριβής**

**Η Χρήση της Έννοιας του Στατιστικού Αρμπιτράζ στην Αξιολόγηση  
Επενδυτικών Στρατηγικών**

**Ονοματεπώνυμο: Μπούμπας Χρήστος**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Λέκτορας Μ. Ανθρωπέλος**

**Μέλη της Επιτροπής: Καθηγητής Γ. Διακογιάννης  
Καθηγητής Ν. Πίττης**

**Μάρτιος 2015**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η μελέτη της έννοιας του στατιστικού αρμπιτράζ και κατά πόσο αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας μακροχρόνιων επενδυτικών στρατηγικών είναι το κύριο αντικείμενο της εργασίας μας. Αφού ορίσουμε την έννοια του μοντέλου αρμπιτράζ, στη συνέχεια θα εστιάσουμε στην έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ επιχειρώντας να παρουσιάσουμε με απλό και κατανοητό τρόπο την έννοια του και την ενδεχόμενη ή όχι σχέση που μπορεί να έχει με την ισορροπία της αγοράς και κατά συνέπεια με την αποτελεσματικότητα της αγοράς (market efficiency). Επίσης παρουσιάζεται η μεθοδολογία πάνω στην οποία βασίζεται η έννοια αυτή αλλά και την εφαρμογή της σε επενδυτικές επιλογές.

Οι επενδυτικές επιλογές που θα επικεντρωθούμε και θα εφαρμόσουμε στην εργασία μας είναι η momentum strategy και η value strategy. Στη συνέχεια αφού υπολογίσουμε τις αποδόσεις για αυτές τις δύο γνωστές στρατηγικές, ελέγχουμε αν οι εν λόγω στρατηγικές μπορούν να θεωρηθούν στατιστικό αρμπιτράζ.

Ο μετέπειτα σκοπός της εργασίας είναι να συγκρίνουμε τις δύο επενδυτικές στρατηγικές μεγάλου χρονικού ορίζοντα με βάση τις παραμέτρους που καθορίζουν την ύπαρξη ή όχι του στατιστικού αρμπιτράζ. Η εφαρμογή αυτού του τεστ θα είναι χρήσιμη γιατί δεν περιλαμβάνει καμία υπόθεση υποδείγματος ισορροπίας στην σύγκριση των επενδυτικών στρατηγικών (πχ CAPM). Η χρήση των παραμέτρων του ελέγχου του στατιστικού αρμπιτράζ για την σύγκριση αποδοτικότητας επενδυτικών στρατηγικών είναι η ουσιαστική καινοτομία αυτής της εργασίας που ενδέχεται να μας οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά που θα έδινε ο κλασσικός τρόπος σύγκρισης των στρατηγικών.

Η εμπειρική μελέτη θα βασιστεί σε δεδομένα που θα αντλήσουμε από την Αμερικάνικη αγορά και σκοπός είναι να απαντήσουμε με όσο δυνατόν πιο σαφή και αποτελεσματικό τρόπο στο βασικό ερώτημα της διατριβής λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των ελέγχων και την σύγκριση των στρατηγικών αλλά και σύγκριση με την βιβλιογραφία πάνω στο στατιστικό αρμπιτράζ.

## Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	2
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ .....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΡΜΠΙΤΡΑΖ .....	7
THE STATISTICAL ARBITRAGE .....	8
STATISTICAL ARBITRAGE AND MARKET EFFICIENCY .....	9
TESTS FOR STATISTICAL ARBITRAGE .....	14
TRADING STRATEGIES .....	19
DATA .....	21
MOMENTUM STRATEGY .....	23
ΕΦΑΡΜΟΓΗ MOMENTUM STRATEGY .....	28
VALUE STRATEGY .....	36
ΕΦΑΡΜΟΓΗ VALUE STRATEGY .....	41
ΕΠΙΛΟΓΟΣ .....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	49

## ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΧΑΡΤΟΦΥΛΑΚΙΟΥ

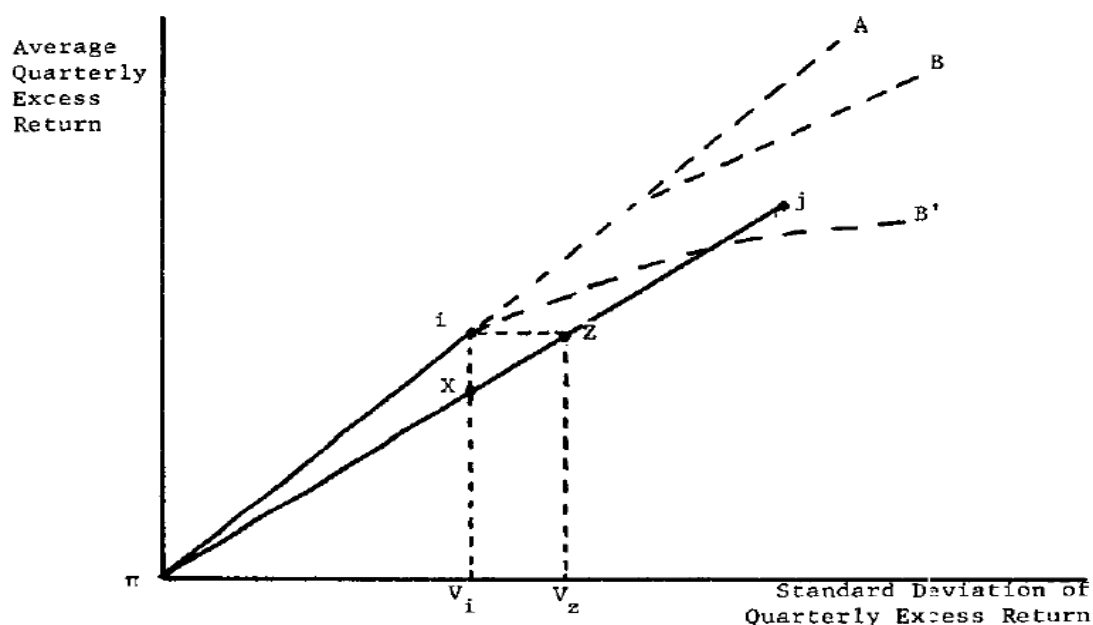
Η απόδοση και ο κίνδυνος ενός χαρτοφυλακίου και κατά πόσο αυτές οι δύο έννοιες μπορούν να οδηγήσουν σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κέρδος με όσο το δυνατό μικρότερο κίνδυνο έναν επενδυτή, απασχολεί και θα απασχολεί για πολλά χρόνια τους ερευνητές παγκοσμίως. Από την δημοσίευση της θεωρίας και του μοντέλου του H. Markowitz το 1952 που για την εποχή της και παρά τις αδυναμίες της θεωρήθηκε πρωτοποριακή και δημιούργησε μια νέα εποχή και ένα νέο τρόπο σκέψης στην χρηματιστηριακή πρακτική μέχρι και σήμερα έχουν δημοσιευθεί χιλιάδες μελέτες για το κατά πόσο μπορεί να δημιουργηθεί ένα άριστο χαρτοφυλάκιο που θα μεγιστοποιεί την απόδοση του και θα ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο του.

Ο H. Markowitz παρουσίασε ένα υπόδειγμα (μοντέλο) κατασκευής αποτελεσματικών χαρτοφυλακίων. Βασική ιδέα του μοντέλου είναι η επιλογή ενός «άριστου» χαρτοφυλακίου που αποτελείται από μετοχές ή από άλλες επενδύσεις που εμπεριέχουν κίνδυνο, το οποίο προσφέρει στον επενδυτή την καλύτερη δυνατή σχέση κινδύνου – απόδοσης. Σύμφωνα με το Markowitz ο μέσος επενδυτής, προσπαθεί και να μεγιστοποιήσει την αναμενόμενη απόδοση και να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο. Από εκείνη την μελέτη και με την πάροδο του χρόνου έχουν γίνει πολλές έρευνες και δημοσιεύσεις που αναδεικνύουν στην πράξη μειονεκτήματα της θεωρίας του Markowitz και ταυτόχρονα εμβαθύνουν όλο και περισσότερο στις έννοιες της απόδοσης και του κινδύνου και κατά πόσο αυτές μπορούν να συνδυαστούν καλύτερα με σκοπό το όσο το δυνατόν μεγαλύτερο κέρδος για επενδυτές και επιχειρήσεις με ελάχιστο ή μηδενικό κίνδυνο.

Μία πολύ ενδιαφέρουσα δημοσίευση που επικεντρώνεται στην σημασία της σωστής μέτρησης του κινδύνου και από ποιους πραγματικά παράγοντες εξαρτάται έγινε από τον William F. Sharpe το 1975 στο άρθρο του με τίτλο “Adjusting for Risk in Portfolio Performance Measurement” που δημοσιεύθηκε στην “The Journal of Portfolio Management”. Ο Sharpe μέσω του άρθρου του αναδεικνύει την σημασία της σωστής και ακριβούς μέτρησης του κινδύνου μίας επένδυσης και την θεωρεί το σήμα κατατεθέν για να γίνει αξιολόγηση για την ακριβή απόδοση της επένδυσης αυτής. Η δημοσίευση αυτή που έγινε μετά από χρόνια μελέτης και έρευνας από τον Sharpe και την ομάδα του, χρησιμοποιώντας σύγχρονες προσεγγίσεις για την εποχή εκείνη αποδεικνύει με συντριπτικά αποτελέσματα την χρησιμότητα της ρητής εξέτασης του κινδύνου σε μία επένδυση. Μέτρα και διαδικασίες που υπολογίζουν λεπτομερώς τον κίνδυνο ενός χαρτοφυλακίου ή γενικότερα μίας επένδυσης θεωρούνται πλέον πολύ ανώτερες από αυτές που δεν το κάνουν και πλέον αυτή η αντίληψη δεν βρίσκει αντίκρισμα μόνο στον επιστημονικό χώρο αλλά και στην ευρύτερη επιστημονική κοινότητα. Την εποχή εκείνη άλλωστε αρχίζουν και ανθίζουν οι εταιρίες που προσφέρουν τέτοιες υπηρεσίες

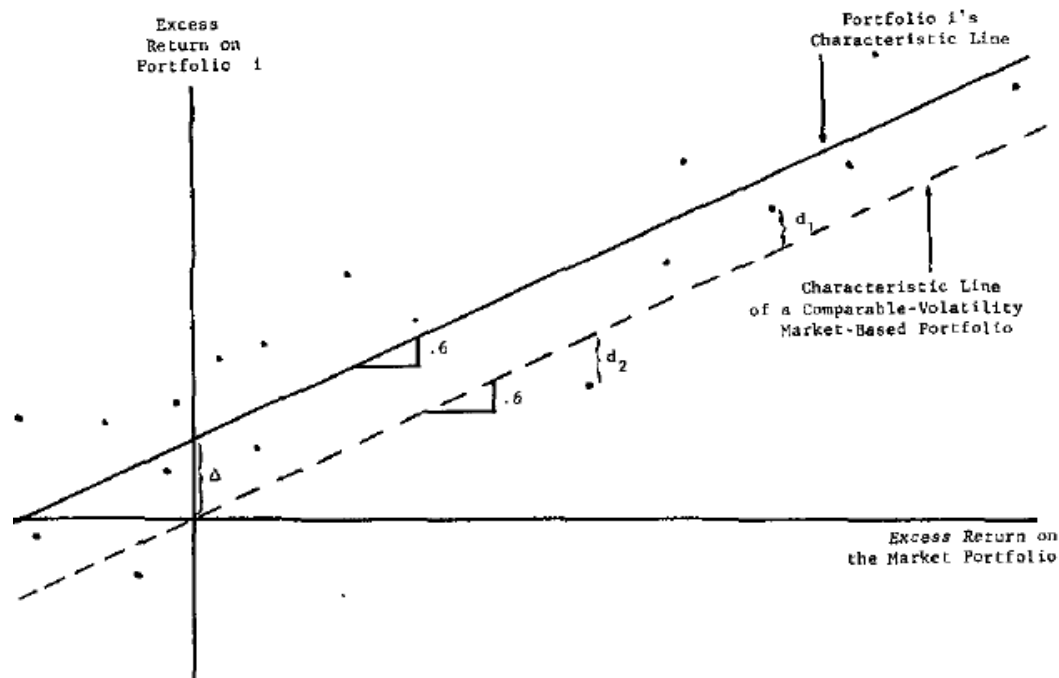
μέτρησης κινδύνου χαρτοφυλακίων και παρέχουν λεπτομερείς διαγνώσεις των συστατικών που αποτελούν τα χαρτοφυλάκια αυτά. Σκοπός τους είναι η εξεύρεση ενός μέτρου απόδοσης που λαμβάνει υπόψη τον κίνδυνο.

Ο Sharpe λοιπόν αφού αρχικά ορίζει ότι όλα τα μέτρα που μελετά ορίζονται με βάση τις υπερβάλλουσες αποδόσεις, αφού άλλωστε αυτός είναι και ο απώτερος σκοπός του ερευνητή, να μπορέσει δηλαδή να ορίσει «άριστα» χαρτοφυλάκια δηλαδή χαρτοφυλάκια που θα δίνουν κέρδος χωρίς κίνδυνο, επικεντρώνεται και αναλύει το μέτρο της απόδοσης ενός χαρτοφυλακίου σε σχέση με την μεταβλητότητα του χαρτοφυλακίου αυτού (the reward-to-variability ratio), ουσιαστικά δηλαδή μελετάει την απόδοση σε σχέση με τον κίνδυνο αφού η μεταβλητότητα αποτελεί την τυπική απόκλιση της απόδοσης (standard deviation of excess returns). Με αυτό το πολύ απλό και κατανοητό μέτρο που παρουσιάζει ο Sharpe, μπορεί εύκολα να γίνει μία πρώτη εκτίμηση ενός χαρτοφυλακίου αφού όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης αυτός, τόσο καλύτερο είναι το χαρτοφυλάκιο.



Στην ίδια μελέτη παρουσιάζεται επίσης ένα από τα σημαντικότερα μέτρα κινδύνου που σχετίζεται με το volatility ενός χαρτοφυλακίου ή όπως είναι ευρύτερα γνωστό, με το beta. Συντελεστής βήτα (beta coefficient) είναι ένας δείκτης που περιγράφει τη σχέση μεταξύ της μεταβλητότητας μιας επένδυσης /χρεογράφου/χαρτοφυλακίου και της μεταβλητότητας της αγοράς. Συντελεστής beta μικρότερος της μονάδας σημαίνει είτε ότι η απόδοση της επένδυσης είναι μικρής μεταβλητότητας και άρα η ασφάλεια του χαρτοφυλακίου είναι αμυντική(λιγότερο μεταβλητή από την απόδοση της αγοράς), είτε ότι οι αποδόσεις των δύο έχουν πολύ μικρή συσχέτιση (correlation) μεταξύ τους. Αν ο beta είναι μεγαλύτερος από την μονάδα τότε σημαίνει ότι η απόδοση του χρεογράφου είναι περισσότερο μεταβλητή από αυτή της αγοράς και ότι η συσχέτιση τους είναι θετική. Αυτές οι επενδύσεις είναι στενά συνδεδεμένες με την αγορά και επηρεάζονται έντονα από αυτή. Επίσης η ασφάλεια του χαρτοφυλακίου είναι επιθετική.

Ο υπολογισμός του συντελεστή beta μπορεί να γίνει κάνοντας ανάλυση παλινδρόμησης (regression analysis) ανάμεσα στην απόδοση μιας επένδυσης και κάποιου χρηματιστηριακού ή άλλου δείκτη της αγοράς, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης (least squares regression line) είναι το βήτα (beta), όπως μπορούμε να δούμε και από το διάγραμμα παρακάτω. Εκτός από την σχετική μεταβλητότητα (volatility) ο συντελεστής beta στηρίζεται και σε έναν άλλο πολύ σημαντικό παράγοντα την συσχέτιση (correlation) μεταξύ της απόδοσης της επένδυσης και της απόδοσης της αγοράς.



Καταλήγοντας η έρευνα αυτή, ο Sharpe τονίζει την μεγάλη σημασία στην επιλογή των μετοχών ή γενικότερα των χρεογράφων σε ένα χαρτοφυλάκιο (stock selection) αλλά και το πόσο αυτό είναι καλά διαφοροποιούμενο (diversification). Οι παράγοντες αυτοί είναι εξίσου σημαντικοί για να οδηγήσουν έναν επενδυτή στο κέρδος χωρίς μεγάλο κίνδυνο.

Η μελέτη αυτή όπως και γενικότερα οι θέσεις και οι απόψεις του Sharpe έπαιξαν κυρίαρχο ρόλο στην ανάπτυξη και την εξέλιξη των risk-adjusted επενδύσεων και γενικότερα στην θεωρία χαρτοφυλακίων και έθεσαν τις βάσεις για την εξέλιξη της επιστήμης αυτής.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΡΜΠΙΤΡΑΖ

Ένα χρόνο αργότερα από την δημοσίευση του Sharpe, ένα άλλο οικονομικό περιοδικό το “Journal of Economic Theory” δημοσιεύει μία πολύ σημαντική μελέτη του Stephen A. Ross με τίτλο «The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing». Είναι η πρώτη φορά που εισάγεται η έννοια του αρμπιτράζ και για την οποία στο μέλλον μέχρι και σήμερα θα γίνουν πολλές μελέτες και έρευνες για το κατά πόσο είναι εφικτή στην πράξη και άρα χρήσιμη στην επενδυτική κοινότητα. Το μοντέλο του αρμπιτράζ ουσιαστικά προτάθηκε σαν μια εναλλακτική επιλογή για το μοντέλο που ήταν στην επιφάνεια εκείνη την εποχή, το μοντέλο της μέσης διακύμανσης για την αποτίμηση περιουσιακών στοιχείων (mean variance of capital asset pricing) που είχε προταθεί από τους Sharpe, Lintner και Treynor και το οποίο είχε γίνει το κύριο εργαλείο για την αναλυτική εξήγηση των φαινομένων που παρατηρούνται στις αγορές κεφαλαίων για περιουσιακά στοιχεία υψηλού κινδύνου (risky asset).

Ένας πρώτος απλός ορισμός για την έννοια του αρμπιτράζ είναι ότι αποτελεί μία επενδυτική ευκαιρία που επιφέρει κέρδος χωρίς ρίσκο. Η ευκαιρία αυτή μπορεί είτε να μην έχει κανένα κόστος στο παρόν και να αποδίδει κέρδος στο μέλλον είτε να αποδίδει κέρδος στο παρόν χωρίς καμία περίπτωση κόστους στο τώρα ή στο μέλλον. Ο Ross στο άρθρο του αναλύει ένα απλό αρμπιτράζ μοντέλο, το συγκρίνει με το μοντέλο της μέσης διακύμανσης και τονίζει τα σημεία που υπερισχύει έναντι αυτής και το κάνει πιο εύχρηστο και πιο αποτελεσματικό.

Σύμφωνα με το υπόδειγμα του Ross όλες οι αποδόσεις που είναι υπό εξέταση είναι υποκειμενικές στις αντιδράσεις των παραγόντων της αγοράς και παράγονται από το παρακάτω μοντέλο :

$$\begin{aligned}\hat{x}_i &= E_i + \beta_{i1}\hat{\delta}_1 + \dots + \beta_{ik} + \hat{\epsilon}_i \\ \hat{x}_i &= E_i + \beta_i\hat{\delta} + \hat{\epsilon}_i\end{aligned}$$

Όπου  $E_i$  είναι η αναμενόμενη απόδοση,  $\hat{\delta}$  είναι η μέση τιμή ενός κοινού παράγοντα και  $\hat{\epsilon}_i$  είναι η μέση τιμή του σφάλματος που είναι επαρκώς ανεξάρτητη ώστε να επιτρέπει το νόμο των μεγάλων αριθμών να ισχύει. Η βασική συνθήκη για να ισχύει η θεωρία του αρμπιτράζ είναι η ακόλουθη

$$E_i - \rho \approx \beta_{i1}(E^1 - \rho) + \dots + \beta_{ik}(E^k - \rho)$$

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτού του υποδείγματος σε σχέση με αυτό της μέσης διακύμανσης είναι ότι δεν απαιτείται αυστηρή ομοιογένεια στις προσδοκίες των επενδυτών, υπάρχει δηλαδή διάκριση στις προσδοκίες κάτι που κάνει το υπόδειγμα πιο ρεαλιστικό και χρήσιμο για συμπεράσματα στον επενδυτικό κόσμο. Γενικότερα όμως ο Ross αναλύει πολλές πτυχές της θεωρίας αυτής που την καθιστούν ισχυρά ανώτερη από το μοντέλο της μέσης τιμής για αυτό και άλλωστε οι επόμενες μελέτες και έρευνες ασχολήθηκαν περισσότερο με το νέο αυτό μοντέλο αποτίμησης που έμοιαζε να μπορεί να έχει μεγάλη χρήση όχι μόνο σε επίπεδο έρευνας αλλά και στην πραγματική αγορά.

## THE STATISTICAL ARBITRAGE

Το στατιστικό αρμπιτράζ ορίστηκε για πρώτη φορά στην εργασία των Hogan-Jarrow–Teo-Warachka που δημοσιεύτηκε στο επιστημονικό περιοδικό “Journal of Financial Economics” το 2004 με τίτλο «Testing market efficiency using statistical arbitrage with applications to momentum and value strategies» και θα αποτελέσει και για μας κύρια πηγή μελέτης διότι παρουσιάζει με απλό κατανοητό τρόπο την έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ και την ενδεχόμενη ή όχι σχέση που μπορεί να έχει με την ισορροπία της αγοράς και κατά συνέπεια με την αποτελεσματικότητα της αγοράς (market efficiency).

Το στατιστικό αρμπιτράζ αποτελεί μία χρόνο-σειρά ανάλογη του περιορισμού για ευκαιρία αρμπιτράζ που παρουσιάζονται στην εργασία του Ross που αναφέραμε προηγουμένως. Δηλαδή ουσιαστικά πρόκειται για μια επενδυτική στρατηγική με μηδενικό αρχικό κόστος, με μέση τιμή που τείνει σε θετικό πρόσημο και με ανά χρονική μονάδα διακύμανση που τείνει στο μηδέν, καθώς ο χρονικός ορίζοντας μεγαλώνει. Έχει μεγάλο διαπραγματευτικό ορίζοντα (long horizon trading strategy) και είναι σχεδιασμένο να εκμεταλλεύεται μεγάλες «ανωμαλίες» της αγοράς και να δημιουργεί ένα «ακίνδυνο» κέρδος. Ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της στατιστικής αρμπιτράζ είναι ότι παρακάμπτει την κοινή υπόθεση – δίλημμα, εφαρμόζοντας το παραδοσιακό test για αποτελεσματικότητα της αγοράς επειδή ο ορισμός του είναι ανεξάρτητος από οποιαδήποτε μοντέλο ισορροπίας και η ύπαρξη του είναι ασυμβίβαστη με την αποτελεσματικότητα της αγοράς. Στη συνέχεια της εργασίας θα παρέχουμε μία μεθοδολογία για τον έλεγχο του στατιστικού αρμπιτράζ και εμπειρικά θα διερευνήσουμε κατά πόσο δύο πολύ γνωστές επενδυτικές στρατηγικές όπως είναι η momentum και η value strategy αποτελούν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ. Επιπλέον θα κάνουμε μία αναφορά στην πιθανότητα απώλειας (probability of a loss), παρέχοντας πρόσθετες γνώσεις σχετικά με την ικανότητα τους να παράγουν τελικά αρμπιτράζ κέρδη.



## STATISTICAL ARBITRAGE AND MARKET EFFICIENCY

Αρχικά πριν ορίσουμε το μοντέλο για το στατιστικό αρμπιτράζ και το εφαρμόσουμε στις γνωστές επενδυτικές στρατηγικές θα ερευνήσουμε την αιτία και τον σκοπό της δημιουργίας του και της μελέτης του από τον Hogan και την ομάδα του. Πολλές έρευνες και μελέτες που είχαν γίνει οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι οι ευκαιρίες για αρμπιτράζ επενδυτικών στρατηγικών έρχονται σε αντίθεση με την θεωρία περί ισορροπίας της αγοράς και αποτελεσματικότητας αυτής. Εργασίες όπως των Jegadeesh-Titman (1993) που θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα στην συνέχεια κατά την ανάλυση των επενδυτικών στρατηγικών και στην οποία ερευνούσαν μία στρατηγική αγοράζοντας μετοχές με την μεγαλύτερη απόδοση και πωλούσαν αυτές με την χαμηλότερη απόδοση (momentum strategy) τους απέφεραν ετησίως μία μέση υπερβάλλουσα απόδοση του 12%, όπου οι υπερβάλλουσες αποδόσεις (excess return) καθορίζονταν σε σχέση με ένα πρότυπο μοντέλο αποτίμησης περιουσιακών στοιχείων. Επίσης σε μία άλλη έρευνα των Lakonishok et al. (1994), οι ερευνητές κατέληξαν σε ανάλογα συμπεράσματα ακολουθώντας μία άλλη επενδυτική στρατηγική κάνοντας και εκείνη αγοραπωλησία μετοχών αλλά με βάση τις τιμές γνωστών δεικτών των μετοχών αυτών όπως earnings ratio, book-to-market, cash flows (value strategy).

Παρότι οι μελέτες κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς πλήθαιναν και πολύ ερευνητές είχαν δημοσιεύσει άρθρα που τάσσονταν ξεκάθαρα κατά αυτής, ένας άλλος πολύ σπουδαίους ερευνητής, ο Eugene F. Fama με την μελέτη που παρουσίασε το 1998 με τίτλο “Market Efficiency, long-term returns, and behavioral finance” έθετε τις αμφιβολίες του για το κατά πόσο οι μελέτες αυτές μπορούν να θεωρηθούν έγκυρες. Σύμφωνα με την έρευνα του που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα ‘Journal of Financial Economics’ όλες οι προηγούμενες δοκιμές εξαρτιόνταν από ένα συγκεκριμένο μοντέλο για τις αποδόσεις ισορροπίας, το οποίο όπως υποστήριζε ήταν πολλές φορές κακώς προσδιορισμένο και κατά συνέπεια οδηγούσε σε λάθος αποτελέσματα για την αποτελεσματικότητα της αγοράς. Ενδεχόμενες ακραίες ή μη φυσιολογικές αποδόσεις δεν συνεπάγονται και ταυτόχρονη απόρριψη της αποτελεσματικότητας της αγοράς. Όπως περιγράφει στην μελέτη του οι περισσότερες μακροπρόθεσμες ανωμαλίες αποδόσεων ήταν «ευαίσθητες» και «εύθραυστες» στις στατιστικές μεθόδους που χρησιμοποιούνταν και έτειναν να εξαφανίζονται με λογικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο μετρούνταν και γενικότερα στην τεχνική τους. Εν κατακλείδι ο Fama θεωρούσε ότι όλες οι προηγούμενες μελέτες που αμφισβητούσαν την αποτελεσματικότητα της αγοράς δεν θα μπορούσαν να είναι έγκυρες λόγω του ότι απορρίπτονταν από την κοινή υπόθεση – δίλημμα της εφαρμογής του παραδοσιακού test για αποτελεσματικότητα της αγοράς.

Σε αυτή την θεωρία έρχεται να απαντήσει η μελέτη του κύριου άρθρου μας. Οι Hogan et al με την εργασία που δημοσιεύτηκε το 2004 ουσιαστικά κάμπτουν τις στατιστικές επικρίσεις και τα προβλήματα της κύριας υπόθεσης που έθετε ο Fama. Η μεθοδολογία αυτή που προτείνεται βασίζεται στο στατιστικό

αρμπιπράζ. Ορίζουμε ένα στατιστικό αρμπιπράζ ως μια ευκαιρία για διαπραγμάτευση με μακρύ ορίζοντα που θα δημιουργεί ένα ακίνδυνο κέρδος. Ως εκ τούτου το στατιστικό αρμπιπράζ είναι μία φυσική εξέλιξη των προηγούμενων trading strategies που περιελάμβαναν ανωμαλίες αποδόσεων. Το σημαντικότερο όμως και πιο καίριο σημείο αυτής της μεθόδου είναι ότι το στατιστικό αρμπιπράζ ορίζεται χωρίς αναφορά σε οποιοδήποτε μοντέλο ισορροπίας και κατά συνέπεια, η ύπαρξή της είναι ασυμβίβαστη με την ισορροπία της αγοράς και κατά συνέπεια την αποτελεσματικότητα της αγοράς. Ως εκ τούτου, το στατιστικό αρμπιπράζ απορρίπτει την αποτελεσματικότητα της αγοράς, χωρίς την επίκληση της κοινής υπόθεσης ενός μοντέλου ισορροπίας.

Στην προσπάθεια των Hogan et al να κάνουν όσο το δυνατόν μία πιο λεπτομερέστατη έρευνα και να εξετάσουνε κάθε πιθανό παράγοντα που θα μπορούσε να οδηγήσει σε διαφορετικό συμπέρασμα από την μελέτη που ήδη είχαν κάνει, εξετάζεται αν αυτή η «ανεπάρκεια» της αγοράς που οδηγεί στο συμπέρασμα μη αποτελεσματικότητας της αγοράς, θα μπορούσε να εξαιρεθεί αν συμπεριλαμβάνονταν τα κόστη συναλλαγών στις συναλλαγές που γίνονται στο χαρτοφυλάκιο. Για την διερεύνηση αυτής της προοπτικής υπολογίστηκε ο κύκλος εργασιών για κάθε ένα χαρτοφυλάκιο που έχει επιλεχθεί και συνδύασαν τα αποτελέσματα αυτά με τα εκτιμώμενα κόστη συναλλαγών μετ' επιστροφής όπως αυτά είχαν παρουσιαστεί στην εργασία των Chan και Lakonishok (1997). Αφού ενσωματώσουμε τα κόστη συναλλαγών στα χαρτοφυλάκια υπολογίζουμε και κάποια επιπρόσθετα στοιχεία που ίσως θα μπορούσαν να διαφοροποιήσουν το αποτέλεσμα της μελέτης, όπως είναι οι πιθανές μειωμένες εισπράξεις από δεδουλευμένους τόκους, η μελέτη των επιπτώσεων για απαίτηση μεγαλύτερου margin τόσο αν βρισκόμαστε σε θέση πωλητή (short position) όσο και σε θέση αγοραστή (long position). Επίσης εξετάστηκε το ενδεχόμενο να αναληφθεί μία πρόσθετη ρευστότητα στην επένδυση αλλά και το ενδεχόμενο τα χρεωστικά επιτόκια να είναι μεγαλύτερα από αυτά των χορηγήσεων. Κάτω λοιπόν από αυτό το απόλυτα ρεαλιστικό περιβάλλον συναλλαγών τα συμπεράσματα που βγήκαν παραμένουν αμετάβλητα κάτι που καθιστά την στατιστική αρμπιπράζ εφικτή και ελκυστική για επενδυτικές ευκαιρίες από τους συμμετέχοντες στην αγορά και δεν επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες λειτουργίας της αγοράς.

Ένα ακόμα στοιχείο που ελέγχτηκε είναι ότι στην αγορά οι μικρές μετοχές είναι συχνά λιγότερο αποτελεσματικές από τις μετοχές με μεγάλη χρηματιστηριακή αξία όπως μας έχουν δείξει στις μελέτες τους οι Hong et al. και οι Mitchell and Stafford, όπως επίσης οι μετοχές με μικρή χρηματιστηριακή αξία απαιτούν μεγαλύτερα κόστη συναλλαγών αλλά έχουν χαμηλότερη ρευστότητα. Διερευνήθηκε ποια θα ήταν τα αποτελέσματα των ερευνών στο ενδεχόμενο αποκλεισμού των μετοχών αυτών. Όμως τα αποτελέσματα μετά και την αφαίρεση των μετοχών που είναι κάτω από το 50% σε χρηματιστηριακή αξία στον δείκτη NYSE τα αποτελέσματα δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά και οι τα χαρτοφυλάκια που συνέχιζαν να παρουσιάζουν ευκαιρίες για αρμπιπράζ εξακολουθούσαν να είναι πολλές. Αφού τέλος εξετάστηκε και η εξάρτηση των αποτελεσμάτων μας σχετικά με την αλληλουχία των παρατηρούμενων αποδόσεων τρέχοντας κάποια test ευρωστίας (robustness test) και επιβεβαιώθηκε και εδώ η παρουσία στατιστικού αρμπιπράζ στις επενδυτικές

στρατηγικές, οι Hogan et al. ήταν πλέον σίγουροι για την μελέτη τους που είχε αδιάσειστα στοιχεία που να την επιβεβαιώνουν. Οι στρατηγικές διαπραγμάτευσης (trading strategy) είναι κεντρικής σημασίας για την έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ για αυτό θα παρουσιάσουμε δύο από αυτές οι οποίες όπως αποδεικνύεται η μία δεν συνιστά στρατηγική αρμπιτράζ ενώ η άλλη συνιστά.

Αν και τα μοντέλα ισορροπίας της αγοράς θα μπορούσαν να βοηθήσουν στον εντοπισμό πιθανών trading strategies, σκοπός είναι να αποδείξουμε ότι ένα μοντέλο ισορροπίας της αγοράς δεν είναι απαραίτητο.

Στο πρώτο παράδειγμα εξετάζουμε ένα μοντέλο Black-Scholes στο οποίο δεν πληρώνονται μερίσματα, έχει τιμή  $S_t$  και για το οποίο ισχύει οι σχέσεις

$$S_t = S_0 e^{at - \frac{\sigma^2 t}{2} + \sigma W_t}, \quad B_t = e^{rt}$$

Και οι  $a, \sigma^2, r$  είναι μη αρνητικές σταθερές και η  $W_t$  ακολουθεί την κίνηση Brown.

Θα εξετάσουμε την στρατηγική της αυτοχρηματοδότησης που αποτελείται από την αγορά μίας μονάδας από τις μετοχές η οποία χρηματοδοτείται από τα χρήματα του λογαριασμού της αγοράς (money market account). Η αξία του χαρτοφυλακίου αυτού σε χρόνο  $t$  είναι

$$V_t = 1 * S_t - S_0 e^{rt}$$

Όπως θα δούμε και από τα ιστογράμματα παρακάτω οι μειωμένες σωρευτικές αποδόσεις μετά από ένα, δύο, τρία και πέντε χρόνια προσημειώνονται με την παραπάνω στρατηγική που αναφέραμε, η οποία χρηματοδοτείται από την αγορά μετοχών με δανεισμό από την money market account. Παρατηρούμε ότι η κατανομή είναι ασύμμετρη δεξιά, σύμφωνα με την λογαριθμοκανονική κατανομή του και φαίνεται να μετατοπίζεται προς τα δεξιά με την πάροδο του χρόνου. Αν και η μέση τιμή αυξάνεται, αυξάνεται ταυτόχρονα και η διακύμανση δηλαδή ο κίνδυνος της. Άρα ως εκ τούτου το παράδειγμα αυτό δεν αποτελεί στατιστικό αρμπιτράζ.

Το επόμενο παράδειγμα περιλαμβάνει αριθμητική αντί για γεωμετρική κίνηση Brown και μια λογική διαδικασία για ένα χαρτοφυλάκιο (και για θέση long και short) που δεν είναι ένα περιουσιακό στοιχείο περιορισμένης ευθύνης. Εξετάζουμε την προεξοφλημένη αθροιστική αξία μιας trading strategy  $U_t$  που εξελίσσεται σύμφωνα με

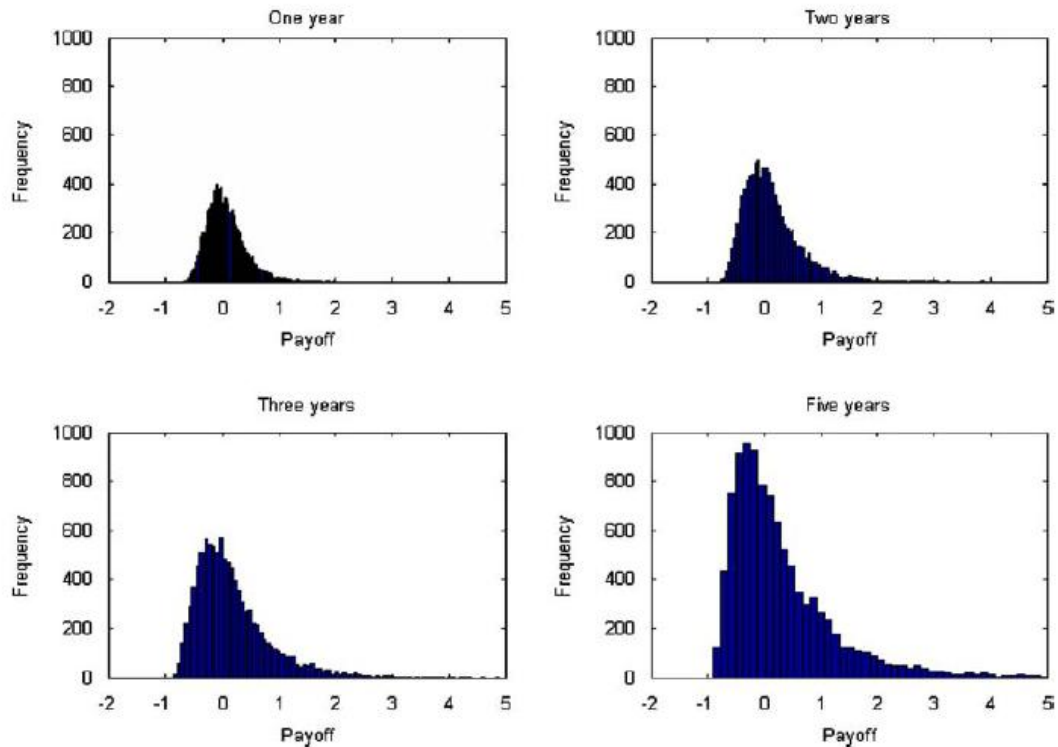
$$U_t = at + \sigma W_t$$

$$U_{(0)=0}$$

Οι προσδοκίες και η διακύμανση των σωρευτικών κερδών (trading profits) τείνουν στο άπειρο

$$E^P[U(t)] = at \rightarrow \infty, \text{Var}^P[U(t)] = at \rightarrow \infty$$

Αντίθετα με το άλλο παράδειγμα, στην περίπτωση αυτή έχουμε ξεκάθαρα μία περίπτωση στατιστικού αρμπιτράζ.



Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι σύμφωνα με τους Hogan et al. εξ' ορισμού ένα στατιστικό αρμπιτράζ πρέπει να πληροί τέσσερις προϋποθέσεις :

1.  $v(0) = 0,$

Να έχει μηδενικό αρχικό κόστος με δυνατότητα αυτοχρηματοδότησης της εμπορικής στρατηγικής

2.  $\lim_{t \rightarrow \infty} E^P[v(t)] > 0,$

Μέση τιμή των αναμενόμενων κερδών να τείνει να είναι θετική

3.  $\lim_{t \rightarrow \infty} P(v(t) < 0) = 0,$

Η πιθανότητα απώλειας να συγκλίνει στο μηδέν

4.  $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\text{Var}^P[v(t)]}{t} = 0$  if  $P(v(t) < 0) > 0 \quad \forall t < \infty.$

Ανά χρονική μονάδα διακύμανση που τείνει στο μηδέν και η πιθανότητα ζημίας δεν μηδενίζεται σε πεπερασμένο χρόνο.

Η τέταρτη προϋπόθεση ισχύει μόνο όταν υπάρχει πάντα μία θετική πιθανότητα να χάσει χρήματα το χαρτοφυλάκιο. Από οικονομικής άποψης η τέταρτη προϋπόθεση συνεπάγεται ότι μία στατιστική ευκαιρία αρμπιτράζ τελικά παράγει ακίνδυνο κέρδος με αυξητικό ρυθμό (Sharpe ratio αυξάνεται μονότονα μέσα στο χρόνο).

Ολοκληρώνοντας την έρευνα θα κάνουμε μία αναφορά στις διαφορές του test για στατιστικό αρμπιτράζ και του παραδοσιακού test για την αποτελεσματικότητα της αγοράς με την χρήση του συντελεστή alpha. Πρώτο και σημαντικότερο η διαδικασία του προσαρμοσμένου κινδύνου των αποδόσεων (risk-adjusted process) απαιτεί ένα βασικό μοντέλο της ισορροπίας της αγοράς, αντίθετα το test για ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ δεν απαιτεί κανένα μοντέλο ισορροπίας της αγοράς για δημιουργία σταθμισμένου κινδύνου ή υπερβολικών κερδών.

Επίσης η δοκιμή για στατιστικό αρμπιτράζ μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε περιουσιακό στοιχείο, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που δεν τιμολογούνται με την χρήση γραμμικών μοντέλων όπως τα παράγωγα αξιόγραφα, αντίθετα η διαδικασία προσαρμοσμένου κινδύνου εφαρμόζεται μόνο για γραμμικά μοντέλα όπως μας αναφέρουν και αναλύουν χαρακτηριστικά οι Fama and French (1993).

Το στατιστικό αρμπιτράζ επίσης απαιτεί στις στρατηγικές που εφαρμόζεται η μέση διακύμανση να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, ενώ το test με τον συντελεστή alpha δεν έχει κάποια τέτοια απαίτηση.

Είναι ξεκάθαρο ότι το μοντέλο για στατιστικό αρμπιτράζ υπερισχύει έναντι οποιουδήποτε άλλου μοντέλου χρησιμοποιούταν μέχρι τώρα και η λεπτομερέστατη έρευνα των Hogan et al το αποδεικνύει με τον πλέον emphaticό τρόπο.

## TESTS FOR STATISTICAL ARBITRAGE

Αφού ορίσαμε την έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ και την μη εξάρτηση του από την αποτελεσματικότητα και την ισορροπία της αγοράς, είμαστε σε θέση να εφαρμόσουμε στατιστικές δοκιμές σε γνωστές εμπορικές στρατηγικές και να αποφασίσουμε αν αυτές αποτελούν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ.

Αρχικά όμως θα πρέπει να ορίσουμε την μεθοδολογία πάνω στην οποία θα πρέπει να κινηθούμε για να εξετάσουμε αν μία στρατηγική αποτελεί ευκαιρία για αρμπιτράζ. Δύο τάξεις στατιστικών δοκιμών μπορούν να εκτελεστούν, αυτή με περιορισμένη μέση τιμή (constrained mean) και αυτή χωρίς περιορισμούς μέσης τιμής (unconstrained mean). Η διάκριση αναφέρεται διότι είναι πολύ σημαντική κατά την εφαρμογή του test στις επενδυτικές στρατηγικές που έχουμε επιλέξει να εφαρμόσουμε για να προσδιορίσουμε αν υπάρχουν ευκαιρίες αρμπιτράζ σε αυτές τις στρατηγικές.

Οι εμπορικές στρατηγικές επιλέγουμε να εφαρμοστούν υπό την προϋπόθεση ότι τα αναμενόμενα κέρδη των συναλλαγών είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου κάτι που σημαίνει ότι ακολουθείται η δομική με την περιορισμένη μέση τιμή (CM). Η επιλογή αυτή γίνεται διότι αν «τρέξουμε» ένα test ευρωστίας αν η επιλογή μας να επιλέξουμε σταθερά αναμενόμενα κέρδη είναι κατάλληλη και συγκρίνουμε το μοντέλο αυτό με την περιορισμένη μέση τιμή με ένα χωρίς περιορισμούς μέση τιμή (UM) στο οποίο επιτρέπεται μία επιπλέον παράμετρος, επιτρέποντας δηλαδή τα κέρδη να μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου θα επιβεβαιώσουμε ότι το CM test είναι το πιο αντιπροσωπευτικό και κατάλληλο. Οι ανεξάρτητες αυτές δοκιμές δείχνουν ότι οι ρυθμοί μεταβολής για τα αναμενόμενα κέρδη συχνά δεν είναι στατιστικά διαφορετικές από το μηδέν, επίσης το UM test ως πιο περίπλοκο δεν ευνοεί την μέτρηση του in-sample δείγματος με το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSEs) αφού είναι πιο δυσδιάκριτες. Επίσης αποδεικνύεται ότι το άθροισμα των τετραγώνων των τυποποιημένων καταλοίπων (squared normalized residuals) είναι σχεδόν ταυτόσημες για τα δύο μοντέλα και τέλος τα test λόγου πιθανοφάνειας (likelihood ratio tests) δεν μπορούν να απορίξουν την μηδενική υπόθεση ότι τα αναμενόμενα κέρδη είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου. Ως εκ τούτου θεωρούμε την έκδοση CM στατιστικού test είναι η κατάλληλη δοκιμή για την δυναμική και την αξία των στρατηγικών διαπραγμάτευσης. Αντίθετα η έκδοση UM test επειδή περιέχει πρόσθετες μεταβλητές χωρίς να προσφέρουν βελτιωμένη εφαρμογή, δηλαδή το test είναι πιο περίπλοκο αλλά ταυτόχρονα και πιο «αποδυναμωμένο», απορρίπτεται.

Σκοπός μας εφαρμόζοντας ένα test για στατιστικό αρμπιτράζ είναι κάνοντας όσο πιο απλή την διαδικασία να οδηγηθούμε στις τέσσερις προϋποθέσεις που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα και να αποδείξουμε αν ισχύουν ή όχι και κατά συνέπεια αν υπάρχει ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ στην στρατηγική ή όχι.

Η δοκιμή για στατιστικό αρμπιτράζ απαιτεί μία υποθετική διαδικασία για την εξέλιξη των κερδών των συναλλαγών. Αρχικά για λόγους απλότητας, επιβάλλουμε την παραδοχή ότι τα κέρδη των συναλλαγών έχουν ανεξάρτητες προσαυξήσεις. Αυτή η υπόθεση αργότερα δεν θα λαμβάνεται υπόψη αλλά τα εμπειρικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι δεν μεταβάλλονται τα συμπεράσματα μας όσο αναφορά την αποδοτικότητα της αγοράς.

Ξεκινάμε την εμπειρική μας ανάλυση με το UM test και στην συνέχεια θα καταλήξουμε στο CM test, αποδεικνύοντας στην πράξη όπως αναφέραμε και προηγουμένως ότι είναι το απλούστερο και καταλληλότερο.

Έστω ότι τα αυξητικά επενδυτικά κέρδη (incremental trading profits) ικανοποιούν την παρακάτω συνθήκη :

$$\Delta u_i = \mu i^\theta + \sigma i^\lambda z_i$$

Για  $i=1,2,\dots,n$  όπου  $z_i \sim iid \mathbf{N}(0,1)$

Εκτός του ότι η  $z_i$  είναι ανεξάρτητη και ταυτόσημη μεταβλητή και ακολουθεί την τυπική κανονική κατανομή, επίσης  $U(0) = 0$ ,  $\Delta U_0 = 0$

Παρατηρούμε ότι η συνθήκη αυτή κάνοντας και το ανάπτυγμα του Taylor περιλαμβάνει εκτός από γραμμικές και τετραγωνικές προδιαγραφές ανάλογα με τις τιμές των  $\theta$ ,  $\lambda$ . σημαντικότερο είναι να τονίσουμε ότι οι προδιαγραφές αυτές αντιπροσωπεύουν για την αλλαγή σύνθεσης της στατιστικής χαρτοφυλακίου συναλλαγών arbitrage, ως κέρδη επενδύονται στον λογαριασμό μηδενικού κινδύνου (risk-free account), προκαλώντας αναλογικά λιγότερο κίνδυνο από το να επενδύσει στην επικίνδυνη θέση με την πάροδο του χρόνου.

Η απόδοση και η διακύμανση (κίνδυνος) των επενδυτικών κερδών της παραπάνω συνθήκης ισούνται με :

$$E[\Delta u_i] = \mu i^\theta \quad \text{Var}[\Delta u_i] = \sigma^2 i^{2\lambda}$$

Για  $\lambda < 0$ , η διακύμανση της  $\Delta u_i$  μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, η οποία ικανοποιεί τελικά την τέταρτη προϋπόθεση της στατιστικής αρμπιτράζ. Επίσης, η δυναμική των προ εξοφλημένων εμπορικών κερδών της συνθήκης που αναφερόμαστε με  $\lambda < 0$  και  $\mu > 0$  δεν υποστηρίζει μια στρατηγική διαπραγμάτευσης που βασίζεται στην προσμονή για μείωση του volatility πριν από την επένδυση. Αντ' αυτού, το ιδανικό για τους επενδυτές είναι να αρχίσουν αμέσως την διαπραγμάτευση. Οι επενδυτές θα κερδίσουν ένα θετικό αναμενόμενο κέρδος απολαμβάνοντας το πλεονέκτημα της μείωσης της διακύμανσης.

Τα μειωμένα σωρευτικά κέρδη των συναλλαγών που προκύπτουν από την εμπορική στρατηγική είναι :

$$\mathbf{u}(t_n) = \sum_{i=1}^n \Delta u_i \sim dN\left(\mu \sum_{i=1}^n i^\theta, \sigma^2 \sum_{i=1}^n i^{2\lambda}\right)$$

Επίσης ισχύει η σχέση :

$$\log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \log(\sigma^2 i^{2\lambda}) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \mu i^\theta)^2$$

Με την βοήθεια της σχέσης αυτής μπορούμε να πάρουμε τις τέσσερις απαιτούμενες παραμέτρους που με βάση αυτές θα μπορέσουμε να κρίνουμε αν η επένδυση μας αποτελεί ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ.

Οι εκτιμώμενοι λοιπόν παράμετροι λαμβάνονται από την επίλυση των ακόλουθων τεσσάρων εξισώσεων :

$$1. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{\theta-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(\theta-\lambda)}}$$

$$2. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \sigma^2} : \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^\theta)^2$$

$$3. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \theta} : \sum_{i=1}^n \Delta u_i \log(i) i^{\theta-2\lambda} = \hat{\mu} \sum_{i=1}^n \log(i) i^{2(\theta-\lambda)}$$

$$4. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \lambda} : \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^n \log(i) = \sum_{i=1}^n \frac{\log(i)}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^\theta)^2$$

Η συνοχή και η αποτελεσματικότητα των εν λόγω εκτιμητών μέγιστης πιθανοφάνειας (MLE) είναι καλά εδραιωμένη. Αν θεωρήσουμε ότι  $\theta=0$  και  $\lambda=0$  τότε οι εκτιμητές μέγιστης πιθανοφάνειας μειώνονται και παίρνουν την παρακάτω μορφή :

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta u_i$$



$$\widehat{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta u_i - \widehat{\mu})^2$$

Η λειτουργική μορφή των συντελεστών της αρχικού μοντέλου

$$\Delta u_i = \mu i^\theta + \sigma i^\lambda z_i$$

επιτρέπει μία μεγάλη ποικιλία με πολλές αλλαγές για την μέση τιμή και την διακύμανση. Επιπλέον μία πιθανή κακώς προσδιορισμένη διαδικασία εμπορικών κερδών χρησιμεύει μόνο για να αυξήσει την πιθανότητα να καταλήξουμε στο συμπέρασμα να αποδεχτούμε την μηδενική υπόθεση ότι δηλαδή δεν υπάρχει ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ.

Ως εκ τούτου η ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ είναι αρκετά ανθεκτική σε επικρίσεις σχετικά με την καθορισμένη στοχαστική διαδικασία. Κατά συνέπεια μπορούμε να φθάσουμε στο παρακάτω συμπέρασμα. Μια εμπορική στρατηγική δημιουργεί στατιστικό αρμπιτράζ με πιθανότητα 1-α αν πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις.

$$H1 : \widehat{\mu} > 0$$

$$H2 : \widehat{\lambda} < 0$$

$$H3 : \widehat{\theta} > \max\{\widehat{\lambda} - \frac{1}{2}, -1\}$$

Με το άθροισμα των επιμέρους p-values να σχηματίζουν ένα άνω όριο για το test Σφάλματος Τύπου 1. Ως εκ τούτου το άθροισμα των p-value που συνδέονται με την αρχική υπόθεση πρέπει να είναι κάτω από το ένα για να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι μία στρατηγική εμπορικών συναλλαγών δημιουργεί στατιστικό αρμπιτράζ.

Σε αυτό το σημείο θα αποδείξουμε αυτό που αναφέραμε παραπάνω σε σχέση με την επιλογή μας τελικά να χρησιμοποιήσουμε το CM test για να εξετάσουμε αν μία στρατηγική παρουσιάζει ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ. Τα αποτελέσματα λοιπόν του παρόντος τμήματος εξακολουθούν να ισχύουν όταν η παράμετρος  $\theta=0$ , υπονοώντας ουσιαστικά ότι τα κέρδη της εμπορικής στρατηγικής είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου.

Με αυτό το δεδομένο, η συνθήκη μετατρέπεται στην παρακάτω μορφή :

$$\Delta u_i = \mu + \sigma i^\lambda z_i$$

Επίσης η αντίστοιχη κοινή δοκιμή υπόθεση για στατιστικό αρμπιτράζ είναι η ακόλουθη που σαφώς απλουστεύει την διαδικασία και κάνει τον νέο έλεγχο

υποθέσεων που θέτουμε πολύ πιο βατό και εύκολο να τον εκτιμήσουμε και να καταλήξουμε στο συμπέρασμα μας σχετικά με την ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ στην στρατηγική.

$$H1 : \mu > 0$$

$$H2 : \lambda < 0$$

Ενώ η πιθανότητα απώλειας μετά από  $n$  περιόδους είναι ίση με

$$\text{Probability of loss (after } n \text{ periods)} = N \frac{-\mu n}{\sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n i^{2\lambda}}}$$

Όπου  $N(\bullet)$  υποδουλώνει την αθροιστική τυπική κανονική κατανομή.

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώνουμε την ανάλυση της μεθοδολογίας του στατιστικού αρμπιτράζ και πως αυτή μπορεί να εφαρμοστεί και να ελέγχει σε επενδυτικές στρατηγικές αλλά και στα σημεία στα οποία υπερισχύει έναντι άλλων διαδικασιών.

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε και μελετήσουμε τις επενδυτικές στρατηγικές που έχουμε επιλέξει και προφανώς αφού τις «τρέξουμε» με πραγματικά δεδομένα θα εφαρμόσουμε και το test για στατιστικό αρμπιτράζ, σχολιάζοντας και κρίνοντας τα αποτελέσματα που θα έχουν ληφθεί.

## TRADING STRATEGIES

Για να εξετάσουμε κατά πόσο η μέθοδος αυτή του στατιστικού αρμπιτράζ είναι αποτελεσματική την εφαρμόζουμε σε δύο πολύ γνωστές επενδυτικές στρατηγικές. Οι επενδυτικές επιλογές που θα επικεντρωθούμε και θα εφαρμόσουμε στην εργασία μας είναι η momentum strategy, για την μελέτη της οποίας αντλήσαμε πολύ σημαντικές πληροφορίες από δύο εργασίες που έχουν δημοσιευθεί στο περιοδικό “Journal of Financial Economics”, η μία τον Μάρτιο του 1993, των Jegadeesh-Titman με τίτλο «Return to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency» και η άλλη στο “Journal of Finance” τον Φεβρουάριο του 2000 των Harison Hong, Terence Lim, Jeremy C.Stein με τίτλο “Bad news travels slowly: Size, analyst coverage, and the Profitability of Momentum strategies”. Η δεύτερη επενδυτική επιλογή που θα εξετάσουμε είναι η value strategy, για την κατανόηση της στηριχθήκαμε στην εργασία των Lakonishok-Shleifer-Vishny που δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 1994 με τίτλο « Contrarian Investment, Extrapolation and Risk ». Η στρατηγική αυτή στηρίζεται σε χρηματιστηριακούς δείκτες μετοχών για αυτό θα αναφερθούμε στην έρευνα που είχαν δημοσιεύσει λίγα χρόνια πριν οι Fama and French τον Σεπτέμβριο του 1992 με τίτλο “Common risk factors in the returns of Stocks and Bonds” για τους κινδύνους επιλογής μετοχών και ομολόγων με βάση τις τιμές χρηματιστηριακών δεικτών των μετοχών αυτών.

Οι στρατηγικές δοκιμάζονται υπό την παραδοχή ότι τα αναμενόμενα κέρδη (expected trading profits) είναι σταθερά με την πάροδο του χρόνου. Επίσης δύο σημαντικές υποθέσεις έχουν δοκιμαστεί από κοινού για τις στρατηγικές και είναι ότι πρώτον, τα πρόσθετα κέρδη (incremental profits) από τη στρατηγική πρέπει να είναι στατιστικώς μεγαλύτερα από το μηδέν, και το δεύτερο, η μέση διακύμανση της στρατηγικής πρέπει να μην είναι μηδεν καθώς ο χρόνος τείνει στο άπειρο.

Σύμφωνα με το κύριο άρθρο μας των Hogan et al (2004) στο οποίο εφαρμόζονται οι στρατηγικές για την περίοδο «Ιανουάριος 1965- Δεκέμβριος 2000» από τις 16 momentum strategies που εφαρμόστηκαν οι 9 δημιουργούν ευκαιρίες στατιστικού αρμπιτράζ σε επίπεδο σημαντικότητας 10% . Επίσης από τις 12 value strategies που εφαρμόστηκαν στις 6 παρατηρήθηκαν ευκαιρίες στατιστικού αρμπιτράζ πάντα στο επίπεδο σημαντικότητας 10%.

Κάνοντας έτσι ένα απλό έλεγχο υποθέσεων για την εύρεση στατιστικού αρμπιτράζ στις επενδυτικές επιλογές συμπεραίνουμε από τα αποτελέσματα ότι οι επενδυτικές επιλογές των momentum και value strategies περιέχουν ισχυρές ενδείξεις κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς. Τίθενται βέβαια και άλλοι παράγοντες βέβαια που μπορεί να επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα και να εξάλειψαν την μη αποτελεσματικότητα της αγοράς όπως είναι τα κόστη συναλλαγών στην εφαρμογή των στρατηγικών αλλά και το ότι πολλές φορές κατά κανόνα οι μικρότερες μετοχές είναι λιγότερο αποδοτικές, με μεγαλύτερα κόστη συναλλαγών και χαμηλότερη ρευστότητα σε σχέση με

τις μεγαλύτερες μετοχές όπως μας παρουσιάζουν στις εργασίες τους οι Hong et al και οι Mitchell and Stafford το 2000. Μέσα όμως από ελέγχους πάνω στο στατιστικό αρμπιτράζ με γνώμονα και αυτές τις υποθέσεις τα αποτελέσματα παραμένουν ισχυρά για τις ευκαιρίες αρμπιτράζ που εμφανίζονται στις επενδυτικές στρατηγικές και άρα στον ισχυρισμό μας κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς. Η αλληλουχία παρατηρούμενων αποδόσεων που εμφανίζονται στα αποτελέσματα μας επιβεβαιώνουν την μέθοδο αυτή.

Στη συνέχεια αφού υπολογίσουμε τις αποδόσεις για αυτές τις δύο γνωστές στρατηγικές, ελέγχουμε αν οι εν λόγω στρατηγικές μπορούν να θεωρηθούν στατιστικό αρμπιτράζ. Στον τρόπο που ελέγχεται αυτή η υπόθεση θα βασιστούμε κυρίως στη μελέτη του paper των Hogan et al (2004) αλλά και σε ένα άρθρο των Robert Jarrow, Melvyn Teo, Yiu Kuen Tse, Mitch Warachka που δημοσιεύτηκε τον Αύγουστο του 2011 με τίτλο “An improved test for statistical arbitrage”

Ο μετέπειτα σκοπός της εργασίας είναι να συγκρίνουμε τις δύο επενδυτικές στρατηγικές μεγάλου χρονικού ορίζοντα με βάση τις παραμέτρους που καθορίζουν την ύπαρξη ή όχι του στατιστικού αρμπιτράζ. Η εφαρμογή αυτού του τεστ θα είναι χρήσιμη γιατί δεν περιλαμβάνει καμία υπόθεση υποδείγματος ισορροπίας στην σύγκριση των επενδυτικών στρατηγικών (πχ CAPM). Η χρήση των παραμέτρων του ελέγχου του στατιστικού αρμπιτράζ για την σύγκριση αποδοτικότητας επενδυτικών στρατηγικών είναι η ουσιαστική καινοτομία αυτής της εργασίας που ενδέχεται να μας οδηγήσει σε διαφορετικά αποτελέσματα από αυτά που θα έδινε ο κλασικός τρόπος σύγκρισης των στρατηγικών.

Σκοπός είναι να απαντήσουμε με όσο δυνατόν πιο σαφή και αποτελεσματικό τρόπο στο βασικό ερώτημα της διατριβής λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των ελέγχων και την σύγκριση των στρατηγικών αλλά και σύγκριση με την βιβλιογραφία πάνω στο στατικό αρμπιτράζ.

## DATA

Η εμπειρική μελέτη θα βασιστεί σε δεδομένα που θα αντλήσουμε από την Αμερικάνικη αγορά. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων και η ποικιλότητα της συγκεκριμένης αγοράς την καθιστά ιδανική για την ερευνά μας. Θα επικεντρωθούμε σε αποδόσεις γνωστών δεικτών όπως **S&P500, NASDAQ και NYSE**, ιστορικές τιμές μετοχών, αποδόσεις fix income αξιόγραφων όπως T-bills (treasury bills) που θα λογιστούν σαν επιτόκια με μηδενικό κίνδυνο αλλά και αποδόσεις γνωστών δεικτών των μετοχών όπως size-to-market , book-to-market, earnings-to-price. Τα δεδομένα της μελέτης, τα οποία και θα αντλήσουμε από την μεγάλη βάση δεδομένων του **Bloomberg** αλλά και από την **Datastream** θα μας βοηθήσουν να απαντήσουμε στο κύριο μέλημα της εμπειρικής ανάλυσης που είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων ελέγχου για τις στρατηγικές αλλά και επιπλέον πολύ σημαντικά συμπεράσματα θα αντλήσουμε από τα αποτελέσματα για την σύγκριση των στρατηγικών.

Πιο συγκεκριμένα για την στρατηγική momentum αντλήσαμε τα δεδομένα του δείκτη S&P100, δηλαδή τις 100 πρώτες μετοχές σε χρηματιστηριακή αξία από το αμερικάνικο χρηματιστήριο, στις οποίες περιλαμβάνονται και μετοχές από τον δείκτη NYSE και από τον NASDAQ. Αντλήσαμε τις τιμές κλεισίματος για αυτές τις μετοχές για το χρονικό διάστημα από 01/01/2004 έως 31/12/2014. Κρίνοντας ότι ένα χρονικό διάστημα δέκα ετών είναι ικανό να μας δώσει σαφή και ξεκάθαρα αποτελέσματα για το σκοπό που τα χρειαζόμαστε. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μετοχές αυτές με την πλήρη ονομασία τους και τον χρηματιστηριακό τους κωδικό.

Όσο αναφορά την στρατηγική value, η οποία αναφέρεται σε χρηματιστηριακούς δείκτες προτιμήσαμε να ακολουθήσουμε μία διαφορετική τακτική. Για να εξασφαλίσουμε καλύτερα και πιο ασφαλή αποτελέσματα επιλέγουμε χαρτοφυλάκια που ο ίδιος ο French έχει δημιουργήσει. Επιλέγουμε την στρατηγική που δημιουργείται από την διασταύρωση πέντε χαρτοφυλακίων που έχουν επιλεγεί με βάση το μέγεθος και πέντε χαρτοφυλακίων που έχουν επιλεγεί με βάση τον δείκτη λογιστική αξία της επιχείρησης προς χρηματιστηριακή τιμή της μετοχής της επιχείρησης (BE/ME Book-to-market equity). Ως αποτέλεσμα δημιουργούνται εικοσιπέντε χαρτοφυλάκια τα οποία θα μελετηθούν για το διάστημα 1/1/2000 έως 31/12/2014. Η δημιουργία των χαρτοφυλακίων γίνεται από μετοχές των δεικτών NYSE , AMEX και NASDAQ.

Σκοπός της εργασίας είναι να μελετήσουμε και αναλύσουμε με όσο το δυνατόν καλύτερο και πιο αναλυτικό τρόπο την έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ και πως αυτή εφαρμόζεται σε γνωστές επενδυτικές στρατηγικές. Κατά συνέπεια η επιλογή των δεδομένων για την δημιουργία των στρατηγικών πρέπει να είναι τέτοια που θα μας οδηγήσουν στα παραπάνω αποτελέσματα και όχι να δυσκολέψει την προσπάθειά μας για εξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων .

<u>AAPL</u>	<u>Apple Inc</u>	<u>IION</u>	<u>Honeywell International Inc</u>
<u>ABBV</u>	<u>Abbvie Inc. Common Stock</u>	<u>HPQ</u>	<u>Hewlett-Packard Company</u>
<u>ART</u>	<u>Abbott Laboratories</u>	<u>IRM</u>	<u>International Business Machines Corp</u>
<u>ACN</u>	<u>Accenture Plc.</u>	<u>INTC</u>	<u>Intel Corp</u>
<u>AIG</u>	<u>American International Group</u>	<u>JNJ</u>	<u>Johnson &amp; Johnson</u>
<u>ALL</u>	<u>Allstate Corp</u>	<u>JPM</u>	<u>JP Morgan Chase &amp; Co</u>
<u>AMGN</u>	<u>Amgen Inc</u>	<u>KC</u>	<u>Coca-Cola Company</u>
<u>AMZN</u>	<u>Amazon.Com Inc</u>	<u>LLY</u>	<u>Eli Lilly and Company</u>
<u>APA</u>	<u>Apache Corp</u>	<u>LMI</u>	<u>Lockheed Martin Corp</u>
<u>APC</u>	<u>Anadarko Petroleum Corp</u>	<u>LOW</u>	<u>Lowe's Companies</u>
<u>AXP</u>	<u>American Express Company</u>	<u>MA</u>	<u>Mastercard Inc</u>
<u>BA</u>	<u>Boeing Company</u>	<u>MCD</u>	<u>McDonald's Corp</u>
<u>BAC</u>	<u>Bank of America Corp</u>	<u>MDI Z</u>	<u>Mondelez International Inc. CIA</u>
<u>BAX</u>	<u>Baxter International Inc</u>	<u>MDT</u>	<u>Medtronic Inc</u>
<u>BIIB</u>	<u>Biogen Idec Inc</u>	<u>MET</u>	<u>Metlife Inc</u>
<u>BK</u>	<u>Bank of New York Mellon Corp</u>	<u>MMM</u>	<u>3M Company</u>
<u>BMY</u>	<u>Bristol-Myers Squibb Company</u>	<u>MO</u>	<u>Altria Group</u>
<u>BRK.B</u>	<u>Berkshire Hath Hld B</u>	<u>MON</u>	<u>Monsanto Company</u>
<u>C</u>	<u>Citigroup Inc</u>	<u>MRK</u>	<u>Merck &amp; Company</u>
<u>CAT</u>	<u>Caterpillar Inc</u>	<u>MS</u>	<u>Morgan Stanley</u>
<u>CL</u>	<u>Colgate-Palmolive Company</u>	<u>MSFT</u>	<u>Microsoft Corp</u>
<u>CMCSA</u>	<u>Comcast Corp</u>	<u>NKE</u>	<u>Nike Inc</u>
<u>COF</u>	<u>Capital One Financial Corp</u>	<u>NOV</u>	<u>National-Oilwell</u>
<u>COP</u>	<u>Conocophillips</u>	<u>NSC</u>	<u>Norfolk Southern Corp</u>
<u>COST</u>	<u>Costco Wholesale Corp</u>	<u>ORCL</u>	<u>Oracle Corp</u>
<u>CSCO</u>	<u>Cisco Systems</u>	<u>OXY</u>	<u>Occidental Petroleum Corp</u>
<u>CVS</u>	<u>CVS Corp</u>	<u>PEP</u>	<u>Pepsico Inc</u>
<u>CVX</u>	<u>Chevron Corp</u>	<u>PFE</u>	<u>Pfizer Inc</u>
<u>DD</u>	<u>E.I. Du Pont De Nemours and Company</u>	<u>PG</u>	<u>Procter &amp; Gamble Company</u>
<u>DIS</u>	<u>Walt Disney Company</u>	<u>PM</u>	<u>Philip Morris International Inc</u>
<u>DOW</u>	<u>DOW Chemical Company</u>	<u>QCOM</u>	<u>Qualcomm Inc</u>
<u>DVN</u>	<u>Devon Energy Corp</u>	<u>RTN</u>	<u>Raytheon Company</u>
<u>EBAY</u>	<u>Ebay Inc</u>	<u>SBUX</u>	<u>Starbucks Corp</u>
<u>EMC</u>	<u>EMC Corp</u>	<u>SLB</u>	<u>Schlumberger N.V.</u>
<u>FMR</u>	<u>Emerson Electric Company</u>	<u>SO</u>	<u>Southern Company</u>
<u>EXC</u>	<u>Exelon Corp</u>	<u>SPG</u>	<u>Simon Property Group</u>
<u>F</u>	<u>Ford Motor Company</u>	<u>T</u>	<u>AT&amp;T Inc</u>
<u>FB</u>	<u>Facebook Inc</u>	<u>TGT</u>	<u>Target Corp</u>
<u>FCX</u>	<u>Freeport-Mcmoran Inc.</u>	<u>TWX</u>	<u>Time Warner Inc</u>
<u>FDX</u>	<u>Fedex Corp</u>	<u>TXN</u>	<u>Texas Instruments Inc</u>
<u>FOXA</u>	<u>21st Century Fox Class A</u>	<u>UNH</u>	<u>Unitedhealth Group Inc</u>
<u>GD</u>	<u>General Dynamics Corp</u>	<u>UNP</u>	<u>Union Pacific Corp</u>
<u>GE</u>	<u>General Electric Company</u>	<u>UPS</u>	<u>United Parcel Service</u>
<u>GILD</u>	<u>Gilead Sciences</u>	<u>USB</u>	<u>U.S. Bancorp</u>
<u>GM</u>	<u>General Motors Company</u>	<u>UTX</u>	<u>United Technologies Corp</u>
<u>GOOG</u>	<u>Google Inc.Class C</u>	<u>V</u>	<u>Visa Inc</u>
<u>GOOGL</u>	<u>Google Inc</u>	<u>VZ</u>	<u>Verizon Communications Inc</u>
<u>GS</u>	<u>Goldman Sachs Group</u>	<u>WBA</u>	<u>Walgreens Boots Alliance Inc</u>
<u>HAL</u>	<u>Halliburton Company</u>	<u>WFC</u>	<u>Wells Fargo &amp; Company</u>
<u>HD</u>	<u>Home Depot</u>	<u>WMT</u>	<u>Wal-Mart Stores</u>

## MOMENTUM STRATEGY

Η πρώτη στρατηγική που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η momentum strategy. Αφού αρχικά ορίσουμε και μελετήσουμε τα σημεία αυτής της επενδυτικής στρατηγικής όπως αυτή παρουσιάστηκε σε γνωστές εκθέσεις ερευνητών όπως των Jegadeesh-Titman στην εργασία τους με τίτλο “Return to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency” αλλά και των Harison Hong, Terence Lim, Jeremy C.Stein το 2000 με το paper που δημοσίευσαν με τίτλο “Bad news travels slowly: Size, analyst coverage, and the Profitability of Momentum strategies” και βέβαια στην εργασία που αποτελεί το κύριο άρθρο μας που αντλούμε πληροφορίες των Hogan et al. με τίτλο «Testing market efficiency using statistical arbitrage with applications to momentum and value strategies», στη συνέχεια θα εφαρμόσουμε την στρατηγική αυτή με τα δεδομένα που αναφέραμε πιο πάνω με απώτερο σκοπό να «τρέξουμε» το test για ευκαιρία στατιστικού αρμπιτράζ στην στρατηγική.

Η momentum strategy είναι μία από τις στρατηγικές που έχουν γίνει πολλές και ενδιαφέρουσες μελέτες λόγω των αποτελεσμάτων που οδηγούν τους επενδυτές σε ένα σημαντικό ποσό υπερ απόδοσης χωρίς στην πραγματικότητα να αναλαμβάνει κάποιο επιπλέον κίνδυνο. Τα αποτελέσματα αυτά οδήγησαν στην ανάπτυξη της θεωρίας του στατιστικού αρμπιτράζ αφού καταρρίπτεται η θεωρία περί αποτελεσματικότητας και ισορροπίας της αγοράς. Θα αναλύσουμε λοιπόν την στρατηγική αυτή και θα ερευνήσουμε τα περιθώρια των ευκαιριών για στατιστικό αρμπιτράζ.

Μία από τις σημαντικότερες και αποτελεσματικότερες έρευνες για την στρατηγική αυτή δημοσιεύθηκε από τους Jegadeesh-Titman το 1993. Συγκεκριμένα εξετάζουμε στρατηγικές που αγοράζουν μετοχές με υψηλή απόδοση (long stocks) από ένα δείγμα ή δείκτη μετοχών που έχουμε επιλέξει και πουλάμε μετοχές με χαμηλή απόδοση (short stocks) σε διάφορες επιλογές χρονικών περιόδων. Δηλαδή η στρατηγική αυτή βασίζεται σε περιόδους σχηματισμού (performance tracking period) τριών, έξι, εννέα και δώδεκα μηνών και κρατείται (holding period) πάλι για τους επόμενους τρεις, έξι, εννέα ή δώδεκα μήνες performance tracking period (3,6,9,12 μήνες). Με αυτήν τον τρόπο δημιουργείται ένα νέο χαρτοφυλάκιο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται κάθε μήνα μέχρι να λήξει η χρονική περίοδος που έχουμε επιλέξει να ολοκληρωθεί η στρατηγική ώστε να κάνουμε και την αποτίμηση.

Για παράδειγμα για μια στρατηγική MOM 3/6 κάθε μήνα ελέγχουμε τις τιμές των μετοχών του χαρτοφυλακίου που έχουμε επιλέξει για τους τρεις προηγούμενους μήνες και αγοράζουμε την μετοχή με την μεγαλύτερη απόδοση και πουλάμε εκείνη με την μικρότερη απόδοση. Κρατάμε το χαρτοφυλάκιο αυτό για έξι μήνες. Μετά από τους έξι μήνες πουλάμε εκείνες που είχαμε αγοράσει και ξανά αγοράζουμε εκείνες που είχαμε πουλήσει με την διαδικασία του short-selling. Αποτιμάται στο λήξη του το κάθε χαρτοφυλάκιο αν μας προσέφερε κάποιο κέρδος δηλαδή κάποια θετική απόδοση ή όχι. Η διαδικασία αυτή γίνεται κάθε μήνα μέχρι το χρονικό ορίζοντα που έχουμε ορίσει για την εφαρμογή της στρατηγικής. Όταν έχουμε ολοκληρώσει και αποτιμήσει όλα τα χαρτοφυλάκια για το χρονικό διάστημα

που έχουμε επιλέξει να «τρέξουμε» την στρατηγική κάνουμε συνολική αποτίμηση της στρατηγικής για όλα τα επιμέρους χαρτοφυλάκια που έχουν δημιουργηθεί όλη την περίοδο που έτρεχε η στρατηγική.

Θεωρούμε ότι η κερδοφορία από αυτές τις στρατηγικές δεν οφείλεται σε συστηματικό κίνδυνο ή στην καθυστέρηση της τιμής της μετοχής στις αντιδράσεις σε κοινούς παράγοντες. Ωστόσο, μέρος των έκτακτων αποδόσεων που παράγονται στο χαρτοφυλάκιο το πρώτο έτος μετά εξαλείφονται τα επόμενα δύο έτη. Ένας παρόμοιο μοτίβο των αποδόσεων γύρω από τις ανακοινώσεις για τα κέρδη των προηγούμενων νικητών (winners) και χαμένων (losers) είναι επίσης τεκμηριωμένο.

Οι Jegadeesh-Titman εφαρμόζοντας αυτή την στρατηγική για το χρονικό διάστημα 1965-1989 παρατήρησαν σημαντικές έκτακτες αποδόσεις. Για παράδειγμα η πιο γνωστή στρατηγική MOM 6/6 που και εμείς θα ακολουθήσουμε στην συνέχεια, δηλαδή παρατηρούμε τα δεδομένα για έξι μήνες πίσω και κρατάμε το χαρτοφυλάκιο για τους επόμενους έξι μήνες απέφερε μία υπερ-απόδοση 12,01% ετησίως. Πρόσθετα στοιχεία δείχνουν ότι η αποδοτικότητα των σχετικών στρατηγικών δεν οφείλεται στον συστηματικό τους κίνδυνο. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών μας δείχνουν ότι τα κέρδη αυτά δεν μπορούν να αποδοθούν στις επιπτώσεις που προκύπτουν από την καθυστερημένη αντίδραση των μετοχών σε κοινούς παράγοντες. Αν αφαιρούμε τις αποδόσεις που δίνουν οι μετοχές που αγοράζουμε δηλαδή οι winners μετοχές από αυτές που πουλάμε δηλαδή τις losers μετοχές για τριάντα έξι μήνες μετά την ημερομηνία σχηματισμού του χαρτοφυλακίου θα παρατηρήσουμε ότι αν εξαιρέσουμε τον πρώτο μήνα, το χαρτοφυλάκιο αυτό πραγματοποιεί θετικές αποδόσεις για τους επόμενους δώδεκα μήνες μετά την ημερομηνία σχηματισμού. Αντίθετα οι μακροπρόθεσμες αποδόσεις των ίδιων αυτών winners και losers μετοχών ουσιαστικά εκμηδενίζουν το πλεόνασμα που έχει δημιουργηθεί το πρώτο έτος στα επόμενα δύο. Ενδέχεται η εξήγηση για αυτό το φαινόμενο να είναι υπερβολικά απλοϊκή, σε καμία όμως περίπτωση δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι. Ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο της συμπεριφοράς των επενδυτών είναι απαραίτητο για να εξηγήσει τις παρατηρούμενες αποδόσεις. Μία πιθανή ερμηνεία των αποτελεσμάτων είναι ότι οι συναλλαγές με επενδυτές που ακολουθούν ή έχουν ακολουθήσει στο παρελθόν την στρατηγική αυτή, δηλαδή αγοράζουν μετοχές με υψηλή απόδοση και πωλούν αυτές με την χαμηλή απόδοση ωθεί τις τιμές προσωρινά σε μία αύξηση που όμως μακροπρόθεσμα αυτή παύει να ισχύει. Μία άλλη εξήγηση θα μπορούσε να είναι ότι η αγορά είναι πιθανό να υπό αντιδρά σε πληροφορίες σχετικά με τις βραχυπρόθεσμες προοπτικές των επιχειρήσεων, που κατά συνέπεια αυτό οδηγεί τους επενδυτές σε ευκαιρίες για κέρδος χωρίς κίνδυνο αφού δεν υπάρχει ισορροπία στην αγορά, ενώ αντίθετα να αξιολογούνται καλύτερα και με μεγαλύτερη προσοχή οι πληροφορίες σχετικά με μακροπρόθεσμες προοπτικές των επιχειρήσεων.

Μια ακόμα πολύ ενδιαφέρουσα προσέγγιση για momentum strategies γίνεται από τους Harison Hong, Terence Lim, Jeremy C. Stein το 2000 με το paper που δημοσίευσαν με τίτλο “Bad news travels slowly: Size, analyst coverage, and the Profitability of Momentum strategies”. Στην εργασία αυτή γίνεται άλλη μία προσπάθεια να εξηγηθούν οι ακραίες τιμές των αποδόσεων μέσω τριών



πολύ σημαντικών αποτελεσμάτων. Κατ' αρχάς, όταν κάποιος επιλέγει αγοραπωλησία πολύ μικρών μετοχών, η αποδοτικότητα της στρατηγικής momentum μειώνεται δραστικά με το μέγεθος της επιχείρησης. Δεύτερον, κρατώντας σταθερό το μέγεθος της επιχείρησης, οι momentum strategies λειτουργούν καλύτερα για μετοχές με χαμηλή κάλυψη (coverage). Τέλος, η επίδραση του coverage είναι μεγαλύτερη για τις μετοχές με αρνητική «προδιάθεση» (όσο αναφορά την τιμή της μετοχής) από αυτές που έχουν θετική «προδιάθεση». Αυτά τα ευρήματα είναι συνεπή με την υπόθεση ότι οι πληροφορίες και ειδικότερα οι αρνητικές διοχετεύονται μόνο σταδιακά και επιλεκτικά σε όλο το επενδυτικό κοινό.

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε την εφαρμογή ενός test για στατιστικό αρμπιτράζ πάνω στην στρατηγική momentum που είχαν παρουσιάσει οι Jegadeesh-Titman και αναλύεται στο paper των Hogan et al.

Portfolio	$\mu$ (mean)	$t$ -Statistic	$\sigma$ (standard deviation)	$\lambda$ (growth rate of standard deviation)	H1 ( $\mu > 0$ )	H2 ( $\lambda < 0$ )	Sum (H1 + H2)	Statistica arbitrage
MOM 3/3	-0.0027	-1.78	0.033	-0.0174	0.967	0.306	1.273	No
MOM 3/6 <sup>a</sup>	0.0015	1.68	0.023	-0.0350	0.056	0.156	0.212	No
MOM 3/9 <sup>a</sup>	0.0021	3.08	0.025	-0.1083	0.001	0.001	0.002	Yes**
MOM 3/12 <sup>a</sup>	0.0033	5.81	0.023	-0.1317	0.000	0.000	0.000	Yes**
MOM 6/3 <sup>a</sup>	0.0020	1.27	0.037	-0.0168	0.110	0.306	0.416	No
MOM 6/6 <sup>a</sup>	0.0042	4.45	0.037	-0.1254	0.000	0.000	0.000	Yes**
MOM 6/9 <sup>a</sup>	0.0055	6.78	0.026	-0.0908	0.000	0.004	0.004	Yes**
MOM 6/12 <sup>a</sup>	0.0042	6.92	0.030	-0.1734	0.000	0.000	0.000	Yes**
MOM 9/3 <sup>a</sup>	0.0035	2.24	0.043	-0.0532	0.013	0.075	0.088	Yes*
MOM 9/6 <sup>a</sup>	0.0065	6.53	0.027	-0.0603	0.000	0.052	0.052	Yes*
MOM 9/9 <sup>a</sup>	0.0053	6.93	0.021	-0.0549	0.000	0.064	0.064	Yes*
MOM 9/12 <sup>a</sup>	0.0031	5.78	0.022	-0.1256	0.000	0.001	0.001	Yes**
MOM 12/3 <sup>a</sup>	0.0060	3.93	0.035	-0.0206	0.000	0.266	0.266	No
MOM 12/6 <sup>a</sup>	0.0057	6.13	0.020	-0.0100	0.000	0.385	0.385	No
MOM 12/9	0.0038	5.19	0.012	0.0432	0.000	0.878	0.878	No
MOM 12/12 <sup>a</sup>	0.0015	3.00	0.010	-0.0004	0.002	0.496	0.498	No

\* Significant at the 10% level.

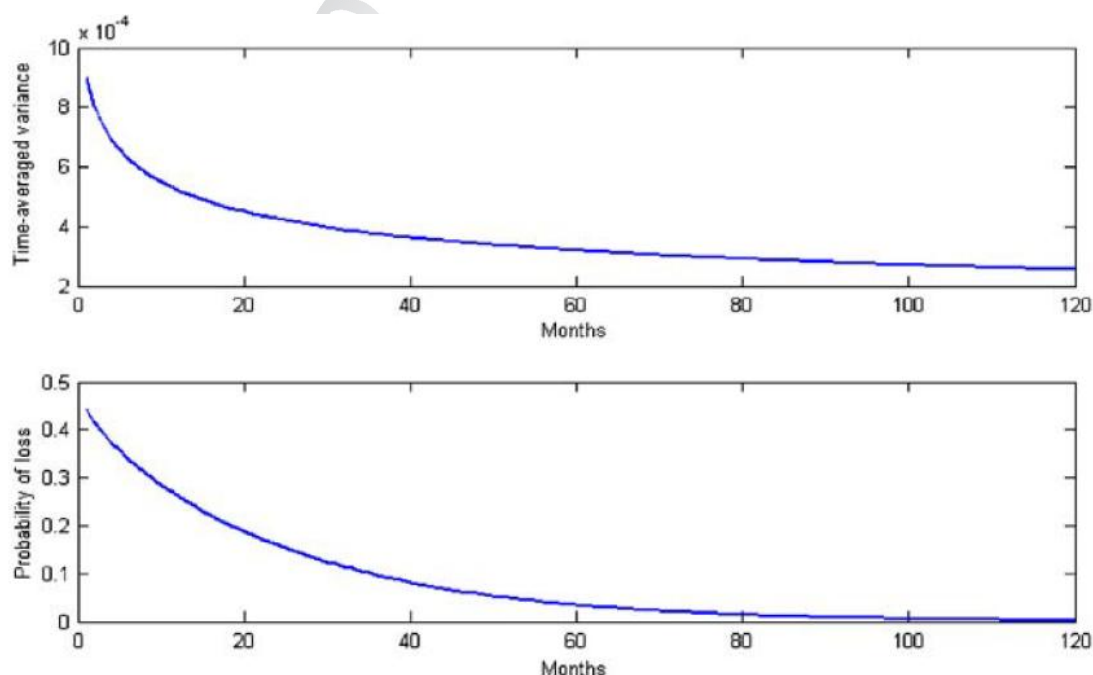
\*\* Significant at the 5% level.

<sup>a</sup> Point estimates of  $\mu$  and  $\lambda$  are consistent with statistical arbitrage.

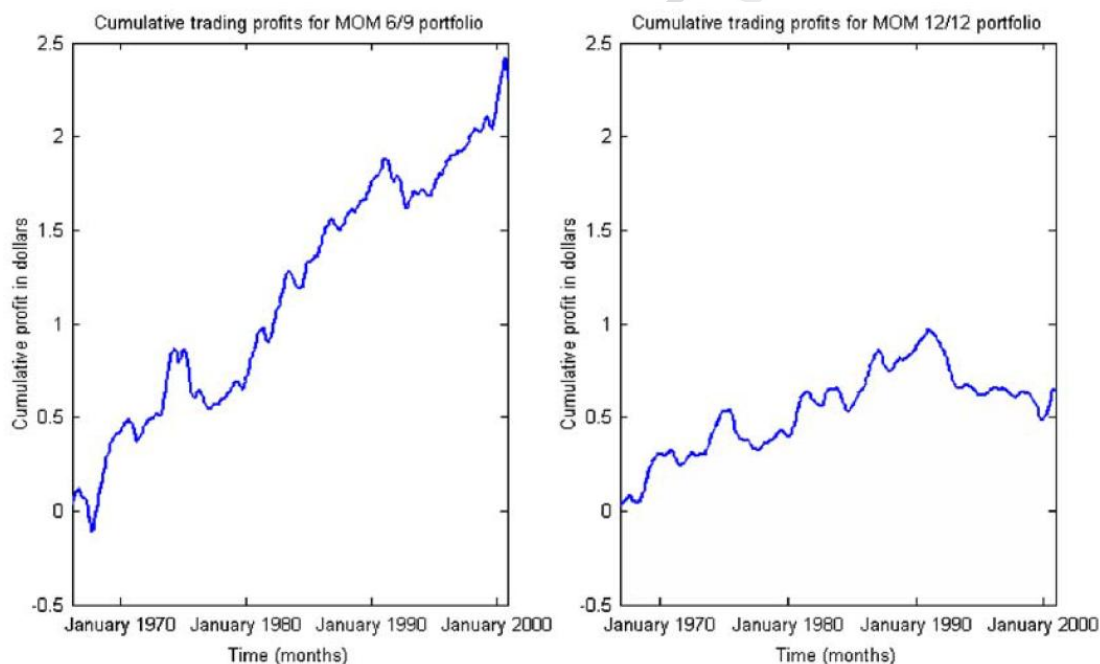
Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε την εφαρμογή test για στατιστικό αρμπιτράζ για 16 στρατηγικές momentum. Εφαρμόζεται με την διαδικασία του περιορισμένου μέσου (CM) και η περίοδος τους δείγματος είναι από τον Ιανουάριο του 1965 έως τον Δεκέμβριο του 2000. Παρουσιάζονται 16 διαφορετικές στρατηγικές momentum x/y, όπου x είναι οι μήνες της περιόδου σχηματισμού του χαρτοφυλακίου και y οι μήνες της περιόδου δια κράτησης του χαρτοφυλακίου. Το περιουσιακό στοιχείο μηδενικού κινδύνου (risk-free asset) χρησιμοποιείται για την χρηματοδότηση του χαρτοφυλακίου. Οι τιμές των υποθέσεων H1, H2 υποδηλώνουν τις τιμές των p-values από το test του στατιστικού αρμπιτράζ, στο οποίο τα μέσα μηνιαία κέρδη είναι θετικά και η μέση διακύμανση μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Το άθροισμα των στηλών H1, H2 είναι η τιμή p-value για το συνολικό test του στατιστικού

αρμπιτράζ. Σύμφωνα με τους Jegadeesh-Titman τα αναμενόμενα κέρδη των χαρτοφυλακίων είναι σχεδόν πάντοτε στατιστικά μεγαλύτερα από το μηδέν. Η στήλη με τις τιμές του t-statistic για τα αναμενόμενα κέρδη δεν είναι υποχρεωτική να υπολογίζεται κατά την εφαρμογή του test για το στατιστικό αρμπιτράζ και στην παρούσα έρευνα παρέχεται για σύγκριση.

Τα αποτελέσματα λοιπόν του παραπάνω πίνακα επιβεβαιώνουν ουσιαστικά την αναποτελεσματικότητα της αγοράς. Για τα 14 από τα 16 χαρτοφυλάκια η σημειακή εκτίμηση για την μέση τιμή ( $\mu$ ) είναι μεγαλύτερη από το μηδέν και η σημειακή εκτίμηση για τον ρυθμό ανάπτυξης της διακύμανσης είναι μικρότερη από το μηδέν, σύμφωνα δηλαδή με τις προϋποθέσεις του στατιστικού αρμπιτράζ. Επίσης σε επίπεδο σημαντικότητας 5% τότε οι 13 στις 16 στρατηγικές διαπραγμάτευσης έχουν στατιστικά θετική εκτίμηση για την μέση τιμή  $\mu$ . Ωστόσο η προϋπόθεση ότι η ανά χρονική μονάδα διακύμανση των κερδών μειώνεται με την πάροδο του χρόνου είναι πιο δύσκολο να ικανοποιηθεί. Επίσης μόνο 6 στις 16 στρατηγικές έχουν αρνητική εκτίμηση για το  $\lambda$  σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, όμως αυτές οι ίδιες 6 στρατηγικές είναι σε θέση να παράγουν στατιστικό αρμπιτράζ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Ακόμα 3 στρατηγικές εμφανίζουν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ σε επίπεδο σημαντικότητας 10%. Με λίγα λόγια λοιπόν λίγο παραπάνω από τις μισές στρατηγικές που εξετάστηκαν συγκλίνουν σε ακίνδυνο αρμπιτράζ με μείωση της διακύμανσης. Το συμπέρασμα αυτό βγαίνει αφού για τις εννέα στρατηγικές από τις δέκα έξι τα p-value τους έχουν υπολογιστεί στο μηδέν ή μία τιμή πολύ κοντά σε αυτό. Κατά συνέπεια αυτό υποδουλώνει ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ, αντίθετα οι υπόλοιπες στρατηγικές εμφανίζουν μεγάλες τιμές στα p-value τους που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει ακίνδυνο αρμπιτράζ. Τα ευρήματα αυτά έρχονται σε αντίθεση όπως έχουμε αναλύσει με την αποδοτικότητα και την ισορροπία της αγοράς αφού οι ευκαιρίες για ακίνδυνο κέρδος είναι αρκετές για τους επενδυτές και δεν μπορούν να μην ληφθούν σοβαρά υπόψη.



Εκτός όμως από την απόδοση, αξίζει να κάνουμε μία αναφορά και ανάλυση στον κίνδυνο των στρατηγικών και πώς αυτός μέσω της διακύμανσης εξελίσσεται μέσα στο χαρτοφυλάκιο κατά την χρονική διάρκεια που τρέχει η στρατηγική. Οι τιμές της διακύμανσης άλλωστε και η εξέλιξη τους είναι από τις βασικές προϋποθέσεις για να μπορέσουμε να χαρακτηρίσουμε ή όχι μία στρατηγική ότι έχει ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ. Κάποια λοιπόν ακόμα χαρακτηριστικά διαγράμματα είναι αυτά που παρουσιάζονται παραπάνω και δείχνουν με πολύ εμφαντικό τρόπο πόσο γρήγορα η ανά χρονική μονάδα διακύμανση (time-averaged variance) και η πιθανότητα απώλειας (probability of loss) συγκλίνουν προς το μηδέν και κατά συνέπεια σε ένα ακίνδυνο αρμπιτράζ. Στην περίπτωση αυτή παρουσιάζεται μία στρατηγική MOM 6/12 για το ίδιο δείγμα που παρουσιάσαμε και πριν και για την ίδια χρονική περίοδο από το 1965 έως το 2000. Μετά από μόλις 89 μήνες η πιθανότητα το χαρτοφυλάκιο να υποστεί απώλειες είναι κάτω από το 1%. Επίσης ένα δολάριο επενδύεται ανά πάσα στιγμή και τυχόν κέρδη επενδύονται ξανά. Η χρηματοδότηση γίνεται από το risk-free asset.



Ένα ακόμα σημείο στο οποίο πρέπει να σταθούμε και να σχολιάσουμε είναι οι διαφορές που μπορεί να υπάρχουν στα αποτελέσματα δύο στρατηγικών που μπορεί να ακολουθούν τον ίδιο τρόπο αποτίμησης τους δηλαδή θεωρούνται και οι δύο momentum strategies αλλά έχουν διαφορετικές περιόδους σχηματισμού και δια κράτησης του χαρτοφυλακίου τους. Όπως πολύ καθαρά μπορούμε να δούμε στα plots που παρουσιάζονται παραπάνω, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των σωρευτικών επενδυτικών κερδών δύο momentum strategy που η μια είναι η MOM 6/9, δηλαδή περίοδος σχηματισμού 6 μήνες και περίοδος δια κράτησης χαρτοφυλακίου 9 μήνες και η MOM 12/12 με περίοδο σχηματισμού 12 μήνες και περίοδο δια κράτησης πάλι 12 μήνες. Παρόλο που και οι δύο στρατηγικές έχουν θετικά αναμενόμενα κέρδη, σαφώς και η στρατηγική MOM 6/9 είναι προτιμότερη με συνεχώς

αυξανόμενα κέρδη μέσα στα χρόνια μεταξύ του 1965 και του 2000. Από τα διαγράμματα αυτά διαφαίνεται η μεγάλη σημασία στην απόφαση για τα επιμέρους στοιχεία που πρέπει να παρθούν για την κατασκευή μίας στρατηγικής με τους χρόνους σχηματισμού και διακράτησης να παίζουν σημαντικότατο ρόλο στην δημιουργία τα αποτελέσματα και την έκταση της στρατηγικής αυτής.

Κάνοντας έτσι ένα απλό έλεγχο υποθέσεων για την εύρεση στατιστικού αρμπιτράζ στις επενδυτικές επιλογές συμπεραίνουμε από τα αποτελέσματα ότι οι επενδυτικές επιλογές των momentum και value strategies περιέχουν ισχυρές ενδείξεις κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς. Τίθενται βέβαια και άλλοι παράγοντες βέβαια που μπορεί να επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα και να εξάλειψαν την μη αποτελεσματικότητα της αγοράς όπως είναι τα κόστη συναλλαγών στην εφαρμογή των στρατηγικών αλλά και το ότι πολλές φορές κατά κανόνα οι μικρότερες μετοχές είναι λιγότερο αποδοτικές, με μεγαλύτερα κόστη συναλλαγών και χαμηλότερη ρευστότητα σε σχέση με τις μεγαλύτερες μετοχές όπως μας παρουσιάζουν στις εργασίες τους οι Hong et al και οι Mitchell and Stafford το 2000. Μέσα όμως από ελέγχους πάνω στο στατιστικό αρμπιτράζ με γνώμονα και αυτές τις υποθέσεις τα αποτελέσματα παραμένουν ισχυρά για τις ευκαιρίες αρμπιτράζ που εμφανίζονται στις επενδυτικές στρατηγικές και άρα στον ισχυρισμό μας κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς. Η αλληλουχία παρατηρούμενων αποδόσεων που εμφανίζονται στα αποτελέσματα μας επιβεβαιώνουν την μέθοδο αυτή.

Στηριζόμενοι σε αυτή την μελέτη οι Robert Jarrow, Melvyn Teo, Yiu Kuen Tse, Mitch Warachka δημοσίευσαν μία μεταγενέστερη έρευνα τον Αύγουστο του 2011 με τίτλο "An improved test for statistical arbitrage" στην οποία καταλήγουν στα ίδια συμπεράσματα με την αρχική μελέτη δίνοντας και κάποιες επιπρόσθετες λεπτομέρειες όσο αναφορά τις επενδυτικές στρατηγικές αλλά και την ιδανική χρονική διάρκεια που πρέπει να διαρκούν αυτές.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ MOMENTUM STRATEGY

Αφού ολοκληρώσαμε την μελέτη του στατιστικού αρμπιτράζ, την μεθοδολογία του και πως εφαρμόζεται σε επενδυτικές στρατηγικές και αναλύσαμε μία από αυτές την momentum strategy, είμαστε σε θέση να επιχειρήσουμε να δημιουργήσουμε μία τέτοια επενδυτική στρατηγική και να εφαρμόσουμε αν είναι εφικτό την μέθοδο του στατιστικού αρμπιτράζ.

Αρχικά και πριν εφαρμόσουμε το test για στατιστικό αρμπιτράζ θα αναλύσουμε πως και με ποια κριτήρια δημιουργήσαμε την momentum στρατηγική. Όπως αναφέραμε προηγουμένως στην ανάλυση των δεδομένων, ο αμερικάνικος δείκτης SP&100 είναι η βάση δεδομένων μας. Ο δείκτης αυτός περιλαμβάνει τις μεγαλύτερες μετοχές σε χρηματιστηριακή αξία του αμερικάνικου χρηματιστηρίου των δεικτών NYSE, AMEX και NASDAQ. Οι επενδυτικές στρατηγικές όπως η momentum για να μπορέσουν να μας αποφέρουν ασφαλή αποτελέσματα για την έρευνα μας χρειάζεται να αντλήσουμε ένα μεγάλο δείγμα που να έχει αρκετά μεγάλη ποσότητα τιμών για σεβαστό χρονικό διάστημα. Κατά συνέπεια αντλούμε μέσω της βάσης δεδομένων του Bloomberg και του Datastream τις ημερήσιες τιμές κλεισίματος για δέκα χρόνια των εκατό αυτών μετοχών που αναφέραμε προηγουμένως. Η επιλεγμένη χρονική περίοδος είναι από 1/1/2004 έως 31/12/2014.

Αφού επιλέξαμε τα δεδομένα για την στρατηγική, αποφασίζουμε ποιο ακριβώς είδος momentum στρατηγικής θα ακολουθήσουμε. Επιλέγουμε την στρατηγική MOM 6/6. Η στρατηγική αυτή που είναι από τις δημοφιλέστερες momentum στρατηγικές έχει έξι μήνες περίοδο σχηματισμού και επίσης έξι μήνες περίοδο δια κράτησης. Για να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό αυτό διότι αποτελεί ένα από τα βασικότερα κομμάτια για το πώς «στήνεται» μία επενδυτική στρατηγική, ελέγχονται οι τιμές για ένα εξάμηνο και οι μετοχές που τελικά θα επιλεχθούν κρατούνται για το επόμενο εξάμηνο. Στο τέλος του δεύτερου εξάμηνου γίνεται η αποτίμηση για το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής :

- Για κάθε μία από τις εκατό μετοχές υπολογίζεται η μέση απόδοση τους για όλα τα εξάμηνα που θα αποτελέσουν τις περιόδους σχηματισμών των χαρτοφυλακίων ξεκινώντας από το εξάμηνο 1/1/2004-30/6/2004. Η στρατηγική ορίζει μηνιαία παρακολούθηση, οπότε για κάθε ένα μήνα που θα περνάει θα δημιουργείται ένα νέο χαρτοφυλάκιο οπότε η περίοδος σχηματισμού του δεύτερου χαρτοφυλακίου για το οποίο θα υπολογισθεί η μέση απόδοση είναι το εξάμηνο 1/2/2004-31/7/2004, του τρίτου 1/3/2004-31/8/2004 και η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι την ολοκλήρωση της χρονικής περιόδου που έχει επιλεχθεί.
- Αφού υπολογισθούν οι μέσες αποδόσεις όλων των μετοχών για όλα τα εξάμηνα, στη συνέχεια σε κάθε ένα από τα εξάμηνα επιλέγονται οι

είκοσι μεγαλύτερες βάση απόδοσης μετοχές και οι είκοσι μικρότερες πάλι βάση απόδοσης. Το ranking αυτό όπως είναι λογικό θα επιλέγει διαφορετικές μετοχές από εξάμηνο σε εξάμηνο ανάλογα με το πώς έχει κινηθεί η κάθε μετοχή μέσα στο χρόνο. Οι σαράντα αυτές μετοχές σε κάθε εξάμηνο αποτελούν το αρχικό χαρτοφυλάκιο το οποίο θα διαπραγματευτεί στο επόμενο εξάμηνο.

- Εφόσον όπως αναφέραμε η στρατηγική που έχουμε επιλέξει είναι η MOM 6/6 τότε το πρώτο χαρτοφυλάκιο που δημιουργείται περιλαμβάνει σαν περίοδο σχηματισμού τις μετοχές που βάσει ranking επιλέχθηκαν στο εξάμηνο 1/1/2004-30/6/2004 και η περίοδος διακράτησης του εξαμήνου αυτού είναι το εξάμηνο 1/7/2004-31/12/2004. Σύμφωνα με την μεθοδολογία της στρατηγικής την 1/7/2004 αποφασίζουμε να αγοράσουμε (θέση long) τις είκοσι μεγαλύτερες μετοχές βάση απόδοσης (winners) που το ranking του εξαμήνου 1/1/2004-30/6/2004 ανέδειξε και να πουλήσουμε (θέση short) τις είκοσι χαμηλότερες (losers) βάση απόδοσης μετοχές που μας έβγαλε το ranking για το ίδιο εξάμηνο. Η χρηματοδότηση γίνεται από το περιουσιακό στοιχείο μηδενικού κινδύνου (risk free asset) και ένα δολάριο επενδύεται από κάθε μετοχή. Επίσης η πώληση των είκοσι χαμηλότερων μετοχών γίνεται με την διαδικασία short-selling. Βάση αυτής της διαδικασίας δημιουργούνται συνολικά για το χρονικό διάστημα που έχουμε επιλέξει 121 διαφορετικά χαρτοφυλάκια για να μελετήσουμε στην στρατηγική. Ενδεικτικά αναφέρουμε το πρώτο χαρτοφυλάκιο για χάρη κατανόησης.

Performance tracking period: **1/1/2004-30/6/2004**

Holding period: **1/7/2004-31/12/2004**

Winners stocks: @BIIB(P), @AAPL(P), @EBAY(P), U:NOV(P), @QCOM(P), U:MON(P), @SBUX(P), U:BA(P), U:FDX(P), U:RTN(P), U:CL(P), U:HAL(P), U:COP(P), U:CVS(P), U:SLB(P), U:PEP(P), U:DVN(P), @GILD(P), U:APC(P), U:OXY(P)

Losers stocks: U:FCX(P), @TXN(P), U:UNP(P), U:BMY(P), @CMCSA(P), @INTC(P), U:EMC(P), @AMGN(P), U:BK(P), U:ORCL(P), U:MS(P), U:HPQ(P), U:MO(P), U:T(P), U:ABT(P), U:USB(P), U:LOW(P), U:IBM(P), U:GS(P), U:CAT(P)

- Αφού οριστούν τα 121 χαρτοφυλάκια και ξεκαθαριστούν οι περίοδοι σχηματισμού και διακράτησης τους στην συνέχεια στη λήξη του χαρτοφυλακίου με βάση τις τιμές που έχουν οι μετοχές εκείνη την χρονική στιγμή γίνεται αποτίμηση του χαρτοφυλακίου για να δούμε αν και πόση είναι η απόδοση που μας δίνει το συγκεκριμένο χαρτοφυλάκιο. Αυτό θα γίνει αφού υπολογίσουμε τις μέσες αποδόσεις της κάθε μετοχής από αυτές που πουλήσαμε και αγοράσαμε για το εξάμηνο της διακράτησης τους. Υπολογίζουμε ξεχωριστά για τις winners μετοχές και για τις losers αφού για τις μεν winners μετοχές τις οποίες έχουμε αγοράσει αναμένουμε μία αύξηση στην τιμή τους για να χαρακτηρίσουμε θετική της απόδοσή τους ώστε στη λήξη του χαρτοφυλακίου σε ενδεχόμενο που θέλουμε να την πουλήσουμε να βγάλουμε κέρδος, ενώ στις losers μετοχές τις οποίες έχουμε πουλήσει επιζητάμε μείωση της απόδοσης, ώστε σε ενδεχόμενο που θέλουμε να τις ξανά αγοράσουμε να το κάνουμε σε χαμηλότερη τιμή από αυτήν

που την πουλήσαμε. Αφού λοιπόν αθροίσουμε ξεχωριστά τις τιμές των αποδόσεων για τις 20 winners μετοχές και τις 20 losers μετοχές, η συνολική απόδοση του χαρτοφυλακίου βγαίνει αν αφαιρέσουμε αυτά τα δύο αθροίσματα μεταξύ τους. Η απόδοση μπορεί να είναι θετική είτε αρνητική ανάλογα με την πορεία των μετοχών μέσα στο διάστημα της δια κράτησης τους. Παρουσιάζεται ενδεικτικά η δημιουργία και η αποτίμηση του πρώτου χαρτοφυλακίου όπως αυτά έχουν συμπληρωθεί στο λογιστικό φύλλο (excel) το οποίο θα επισυναπτεί μαζί με την εργασία κατά την αποστολή της.

				1/1/2004-30/06/2004		1/7/2004-31/12/2004	
LARGE	1	16	@BIIB(P)	0,723433243	61,86	66,01	0,076786292
	2	2	@AAPL(P)	0,522733229	2,3071	4,6	0,93845087
	3	34	@EBAY(P)	0,42315431	45,295	58,17	0,284247709
	4	74	U:NOV(P)	0,408313153	14,2617	15,5019	0,115007327
	5	82	@QCOM(P)	0,353235676	36,025	42,4	0,176960444
	6	69	U:MON(P)	0,337734538	18,34	27,775	0,514449291
	7	84	@SBUX(P)	0,311519903	22,31	31,18	0,397579561
	8	13	U:BA(P)	0,21238728	49,9	51,77	0,03747495
	9	41	U:FDX(P)	0,210222222	80,9	98,49	0,217428925
	10	83	U:RTN(P)	0,190745672	35,35	38,83	0,09844413
	11	22	U:CL(P)	0,167832168	29,365	25,58	-0,128894943
	12	50	U:HAL(P)	0,163846154	15,135	19,02	0,296333003
	13	25	U:COF(P)	0,163487738	29,1206	33,0901	0,136518478
	14	28	U:CVS(P)	0,163344408	20,85	22,535	0,080815348
	15	85	U:SLB(P)	0,160635965	31,715	33,475	0,055494246
	16	78	U:PEP(P)	0,155727156	53,55	52,2	-0,025210084
	17	33	U:DVN(P)	0,152637094	33,15	38,52	0,174057315
	18	45	@GILD(P)	0,149622512	8,3687	8,7475	0,0452639
	19	11	U:APC(P)	0,148794354	29,54	32,405	0,096987136
	20	77	U:OXY(P)	0,146072017	23,2519	28,0021	0,204292983
	total value				640,60	730,31	3,85
						89,71	

Στη παραπάνω ανάλυση παρουσιάζονται οι είκοσι πρώτες μετοχές όπως αυτές βγαίνουν ύστερα από την υπολογισμό της μέσης απόδοσης για το εξάμηνο 1/1/2004-30/6/2004. Στην συνέχεια εμφανίζουμε την τιμή κλεισίματος 1/7/2004, την ημερομηνία δηλαδή που γίνονται οι συναλλαγές (αγορά και πώληση) που αναφέραμε προηγουμένως και την τιμή κλεισίματος της αντίστοιχης μετοχής στις 31/12/2004, δηλαδή την ημερομηνία που λήγει το χαρτοφυλάκιο και θα πρέπει να γίνει η αποτίμηση του. Στην τελευταία στήλη εμφανίζεται η απόδοση που δίνει (θετική η αρνητική) η μετοχή κατά το εξάμηνο της δια κράτησης του. Οι μέσες αποδόσεις αθροίζονται για να μας υποδείξουν την συνολική απόδοση που μας δίνουν οι winners μετοχές που στην συγκεκριμένη περίπτωση φθάνει το 3,85%. Επίσης παρουσιάζονται οι αθροιστικές τιμές που αποφέρει το χαρτοφυλάκιο την 1/7/2004 και 31/12/2004 ώστε να παρουσιάσουμε και το καθαρό κέρδος ή ζημιά που απέφεραν οι μετοχές για το εξάμηνο που εξετάζουμε. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και για τα εκατόν είκοσι ένα χαρτοφυλάκια που περιλαμβάνει η στρατηγική που ακολουθούμε με το τελευταίο χαρτοφυλάκιο αφορά περίοδο σχηματισμού 1/1/2014-30/6/2014 και περίοδο δια κράτησης 1/7/2014-31/12/2014.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε και τις είκοσι μετοχές που βάση του ranking κατά το εξάμηνο 1/1/2004-30/6/2004, είχαν τις μικρότερες αποδόσεις και αποφασίζουμε στις 1/7/2004 να τις πουλήσουμε. Κατά τον ίδιο τρόπο υπολογίζονται οι μέσες αποδόσεις τους για το εξάμηνο δια κράτησης τους με την συνολική απόδοση αυτών να είναι αρνητική κατά 1,36%.

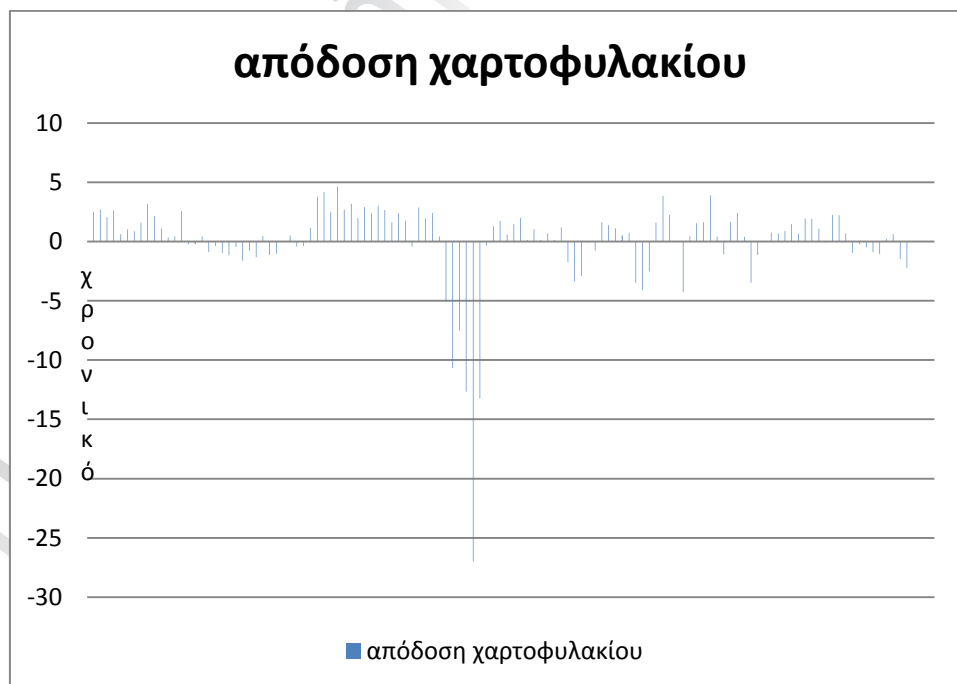
Στη τελευταία γραμμή εμφανίζεται η συνολική απόδοση του χαρτοφυλακίου, η οποία στο πρώτο χαρτοφυλάκιο είναι 2,49% και όπως είναι προφανές

υπολογίζεται αν αφαιρέσουμε από την συνολική απόδοση των winners μετοχών, την συνολική απόδοση των losers μετοχών. Επίσης το συνολικό κέρδος που μας δίνει το πρώτο χαρτοφυλάκιο είναι 46,29 δολάρια.

SMALL	1	40	U:FCX(P)	0,213149775	16,25	19,565	0,204
	2	91	@TXN(P)	-0,17699115	23,54	24,18	-0,027187766
	3	93	U:UNP(P)	-0,144358089	14,77	15,86	-0,07379824
	4	18	U:BMV(P)	-0,143350043	24,32	23,5	0,033717105
	5	23	@CMC(SA(P)	-0,144132934	18,5533	20,0767	-0,019414444
	6	55	@INTC(P)	-0,138845554	27,02	22,38	0,171724648
	7	35	U:EMC(P)	-0,117647059	11,14	13,42	-0,204667864
	8	8	@AMGN(P)	-0,116817386	51,76	60,04	-0,096120745
	9	17	U:BK(P)	-0,109901159	30,8035	34,8844	-0,132481699
	10	76	U:ORCL(P)	-0,098261527	11,81	12,74	-0,078746825
	11	71	U:MS(P)	-0,088128046	42,8339	42,1283	0,016472934
	12	53	U:HPQ(P)	-0,081410535	20,58	20	0,028182702
	13	68	U:MO(P)	0,080303271	11,5336	13,3066	0,153724769
	14	88	U:T(P)	-0,069812044	24,14	25,17	-0,042667771
	15	4	U:ABT(P)	-0,064771523	19,4834	20,0767	-0,030451564
	16	95	U:USB(P)	-0,061445361	27,02	29,03	-0,072773353
	17	61	U:JW(P)	-0,051272933	26,53	27,665	-0,04281757
	18	54	U:IBM(P)	0,048877859	87,5	94,24	0,077028571
	19	49	U:GS(P)	-0,046287856	93,65	104,76	-0,118633209
	20	21	U:CAT(P)	-0,043122139	39,09	45,775	-0,171015605
			<b>total value</b>		<b>625,93</b>	<b>669,35</b>	<b>-43,42</b>
			<b>GRANT TOTAL</b>			<b>46,29</b>	

2,49

Όπως ήδη αναφέρθηκε η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται και για τα 121 χαρτοφυλάκια. Αποτέλεσμα αυτού να δημιουργούνται εκατόν είκοσι μία συνολικές αποδόσεις για όλα τα χαρτοφυλάκια, οι οποίες θα πρέπει όλες να ληφθούν υπόψη για να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε το test για στατιστικό αρμπιτράζ στην στρατηγική. Ένα πολύ ενδιαφέρον στοιχείο που δείχνει και την τάση που κινείται η στρατηγική και τις προοπτικές που μπορεί να δώσει εμφανίζεται στο παρακάτω γράφημα.



Παρατηρούμε τις τιμές των αποδόσεων των 121 χαρτοφυλακίων της στρατηγικής όπως αυτά δημιουργούνται και εξελίσσονται μέσα στην χρονική



περίοδος που έχει οριστεί. Μία πρώτη ερμηνεία που θα μπορούσαμε να κάνουμε πριν την εφαρμογή του στατιστικού test είναι ότι τα περισσότερα χαρτοφυλάκια (78 χαρτοφυλάκια) δίνουν θετική απόδοση, ενώ μόλις τα 42 χαρτοφυλάκια δίνουν αρνητική απόδοση (ένα χαρτοφυλάκιο δίνει μηδενική συνολική απόδοση). Το αξιοσημείωτο όμως που αξίζει να αναφερθεί είναι οι μεγάλες αρνητικές συνολικές αποδόσεις που δίνουν τα χαρτοφυλάκια που συναλλάσσονται κατά την περίοδο από 1/5/2008 έως 30/9/2009. Τα έξι αυτά χαρτοφυλάκια δίνουν την εντυπωσιακή αρνητική απόδοση του 75%, δείγμα και της κατάστασης της αγοράς εκείνη την χρονική περίοδο.

- Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία και η εκτέλεση της στρατηγικής momentum, το επόμενο βήμα είναι η εφαρμογή του στατιστικού test για να ανακαλύψουμε τυχόν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ στην στρατηγική μας. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει κατά την ανάλυση για την μεθοδολογία για στατιστικό αρμπιτράζ σε μία στρατηγική θα πρέπει να υπολογιστούν οι τέσσερις άγνωστοι παράμετροι  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\sigma}^2$ ,  $\hat{\theta}$ ,  $\hat{\lambda}$ .
- Οι εκτιμώμενοι αυτοί λοιπόν παράμετροι λαμβάνονται από την επίλυση των ακόλουθων τεσσάρων εξισώσεων όπως ήδη έχουμε αναλύσει:

$$1. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{\theta-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(\theta-\lambda)}}$$

$$2. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \sigma^2} : \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^{\hat{\theta}})^2$$

$$3. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \theta} : \sum_{i=1}^n \Delta u_i \log(i) i^{\hat{\theta}-2\hat{\lambda}} = \hat{\mu} \sum_{i=1}^n \log(i) i^{2(\hat{\theta}-\hat{\lambda})}$$

$$4. \quad \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\vartheta \lambda} : \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^n \log(i) = \sum_{i=1}^n \frac{\log(i)}{i^{2\hat{\lambda}}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^{\hat{\theta}})^2$$

Όπως γίνεται αντιληπτό πρόκειται για τέσσερις εξισώσεις με τέσσερις άγνωστους παραμέτρους. Επίσης οι εξισώσεις αυτές είναι εκθετικές και είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο υπολογισμός τους.

- Η λύση σε αυτό τον προβληματισμό μας έρχεται με την χρησιμοποίηση του CM (constrained mean) test. Όπως έχει αναλυθεί η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη από το UM test αλλά το σημαντικότερο, είναι καλύτερη και ασφαλέστερη. Οπότε σύμφωνα με το test αυτό θεωρούμε ότι η παράμετρος  $\theta=0$ . Κατά συνέπεια οι άγνωστες παράμετροι γίνονται πλέον τρεις και επίσης τρεις είναι και οι εξισώσεις που πρέπει

να υπολογισθούν αφού η τρίτη εξίσωση δεν υφίσταται πλέον. Μετά από αυτήν πλέον την συνθήκη οι εξισώσεις διαμορφώνονται ως εξής :

$$1. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\partial \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(-\hat{\lambda})}}$$

$$2. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\partial \sigma^2} : \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\hat{\lambda}}} (\Delta u_i - 1)^2$$

$$3. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\partial \lambda} : \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^n \log(i) = \sum_{i=1}^n \frac{\log(i)}{i^{2\hat{\lambda}}} (\Delta u_i - 1)^2$$

- Για να ισχύει λοιπόν το test για στατιστικό αρμπιτράζ θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες.

$$H1 : \mu > 0$$

$$H2 : \lambda < 0$$

Ενώ η πιθανότητα απώλειας μετά από n περιόδους είναι ίση με

$$\text{Probability of loss (after n periods)} = N \frac{-\mu n}{\sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n i^{2\lambda}}}$$

Όπου  $N(\cdot)$  υποδουλώνει την αθροιστική τυπική κανονική κατανομή.

- Έχοντας υπόψη όλους αυτούς τους παραμέτρους την λύση στον ισχυρισμό μας μπορεί πλέον να μας την δώσει το περιβάλλον αριθμητικής υπολογιστικής **MATLAB** (matrix laboratory). Πρόκειται για ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιεί προγραμματιστική γλώσσα τέταρτης γενιάς και δημιουργώντας τον κώδικα με βάση τις παραμέτρους που έχουμε μας δίνει την επίλυση του ισχυρισμού μας. Στην προκείμενη περίπτωση έχουμε όλες τις συνθήκες για να φτιάξουμε τον σωστό κώδικα χωρίς ατέλειες για να τρέξουμε το μοντέλο που θα μας απαντήσει στο κύριο ερώτημα που μας ενδιαφέρει αν δηλαδή η στρατηγική αυτή που έχουμε δημιουργήσει αποτελεί στατιστικό αρμπιτράζ.
- Εναλλακτικά και γνωρίζοντας τις παραμέτρους της υπόθεσης για στατιστικό αρμπιτράζ στην στρατηγική ακολουθούμε την εξής τακτική:

Θέτουμε την παράμετρο  $\lambda = -0,01$ , δηλαδή με μία τιμή που θα ικανοποιεί οριακά την προϋπόθεση μας για στατιστικό αρμπιτράζ ότι  $\lambda < 0$ . Στην συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε τις δύο εξισώσεις

$$1. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u|)}{\partial \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(-\lambda)}}$$

$$2. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u|)}{\partial \sigma^2} : \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - 1)^2$$

αφού γνωρίζοντας τις αποδόσεις δεν έχουμε κάποιον επιπλέον άγνωστο που να μην μας επιτρέπει τον υπολογισμό τους.

Σύμφωνα λοιπόν με τον υπολογισμό των παραπάνω εξισώσεων που έχει γίνει στο υπολογιστικό φύλλο οι τιμές για τις παραμέτρους  $\mu, \sigma$  για την συγκεκριμένη στρατηγική momentum που ακολουθήσαμε είναι οι εξής :

VALUE	MOMENTUM STRATEGY	8.715,9510		
RETURN	MOMENTUM STRATEGY	0,24184154		
VARIANCE	MOMENTUM STRATEGY	0,113637108	$\sigma$	0,337101035

- η τιμή για την παράμετρο  $\mu = 0,24184154 > 0$  για την διακύμανση 0,113637108 και για την τυπική απόκλιση  $\sigma = 0,337101035$
- κατά συνέπεια ισχύουν οι προϋποθέσεις για στατιστικό αρμπιτράζ και το άθροισμα των p-value των υποθέσεων  $H1: \mu > 0$  και  $H2: \lambda < 0$  μας δίνουν ένα συνολικό p-value 0,08 το οποίο είναι αρκετά μικρό και κατά συνέπεια μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη στρατηγική αποτελεί ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

## VALUE STRATEGY

Η δεύτερη στρατηγική που θα εξετάσουμε είναι η value strategy. Θα βασιστούμε κυρίως στην εργασία των Lakonishok-Shleifer-Vishny που δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 1994 με τίτλο “Contrarian Investment, Extrapolation and Risk”. Στη στρατηγική αυτή κάνουμε πάλι αγοραπωλησία μετοχών αλλά εδώ παίρνουμε σαν δεδομένα τις τιμές κάποιων σημαντικών δεικτών των μετοχών όπως book-to-market, cash flow-to-price και earnings-to-price (BV/MV, CF/P, E/P) αλλά ακόμα και την μεταβολή στις πωλήσεις των εταιρειών των μετοχών που εξετάζουμε. Αγοράζουμε τις μετοχές με υψηλές εκτιμήσεις αυτών των δεικτών και πουλάμε αυτές με τις χαμηλές εκτιμήσεις. Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται σε μεγάλης χρονικής διάρκειας έρευνα συνήθως 3 με 5 χρόνια, ώστε να μπορέσει να ελέγξει σωστά και με ακρίβεια το statistical arbitrage. Επίσης η ιδιαιτερότητα αυτής της στρατηγικής είναι ότι δεν βασίζεται σε κάποιο μοντέλο ισορροπίας, όπως για παράδειγμα το υπόδειγμα CAPM, για να ισχύει η βασική μας υπόθεση.

Όσο αναφορά τις στρατηγικές value και γενικότερα την μελέτη χρηματιστηριακών δεικτών των μετοχών και κατά πόσο μπορούν να ληφθούν σοβαρά υπόψη για την πιθανότητα ευκαιριών αρμπιτράζ έχουν γίνει πολλές μελέτες πριν και μετά από αυτή που εξετάζουμε στο κύριο άρθρο μας. Μία από τις πιο γνωστές είναι αυτή των Fama and French που δημοσιεύτηκε το 1992 με τίτλο “Common risk factors in the returns of Stocks and Bonds”. Αυτό το paper αναφέρεται σε πέντε κοινούς παράγοντες κινδύνου στις αποδόσεις των μετοχών και τον ομολόγων. Υπάρχουν τρεις παράγοντες της χρηματιστηριακής αγοράς: ένας γενικός δείκτης της αγοράς και παράγοντες που σχετίζονται με το μέγεθος της επιχείρησης και το book-to-market δείκτη. Υπάρχουν επίσης δύο παράγοντες στις αγορές των ομολόγων που σχετίζονται με το maturity και τα default risks. Οι αποδόσεις των μετοχών έχουν κοινή μεταβολή που οφείλεται στους δείκτες της χρηματιστηριακής αγοράς, και συνδέονται με τις αποδόσεις των ομολόγων μέσω κοινής διακύμανσης των παραγόντων στις αγορές των ομολόγων. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι οι πέντε αυτοί δείκτες φαίνεται να εξηγούν τις μέσες αποδόσεις των μετοχών και των ομολόγων.

Οι Lakonishok-Shleifer-Vishny λοιπόν στην μελέτη που δημοσίευσαν στο επιστημονικό περιοδικό “Journal of Finance” πραγματοποίησαν έρευνα πάνω σε momentum και contrarian στρατηγικές. Χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις από το 1963 έως το 1990 για αμερικάνικες εταιρείες, δημιούργησαν διαδοχικά χαρτοφυλάκια ακολουθώντας την value μέθοδο και τη momentum μέθοδο, ξεκινώντας από το 1968. Η αξιολόγηση των μετοχών γίνεται με τη χρήση στοιχείων για τα πέντε προηγούμενα έτη και κάθε χρόνο δημιουργούνται νέα χαρτοφυλάκια με βάση τα νέα πενταετή στοιχεία, ενώ τα προηγούμενα εξακολουθούν να παρακολουθούνται έως το τέλος του προκαθορισμένου, πενταετή χρονικού ορίζοντα μέτρησης των αποδόσεων. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η μέση ετήσια απόδοση των momentum χαρτοφυλακίων έφθασε το 11,4 % και η αντίστοιχη της value στρατηγικής το 22,1%. Η

διαφορά των αποδόσεων για το προκαθορισμένο πενταετή ορίζοντα έφθασε τις εκατό ποσοστιαίες μονάδες υπέρ της value στρατηγικής. Στη συνέχεια εξετάζεται αν η value στρατηγική είναι υψηλότερης επικινδυνότητας. Για τη μέτρηση του κινδύνου χρησιμοποιείται τόσο ο συντελεστής βήτα όσο και η τυπική απόκλιση των χαρτοφυλακίων που δημιουργήθηκαν με τις δύο μεθόδους. Τα χαρτοφυλάκια που δημιουργήθηκαν με την value στρατηγική παρουσιάζουν συντελεστή βήτα υψηλότερο κατά 0,1 από τον αντίστοιχο των χαρτοφυλακίων που δημιουργήθηκαν με την momentum στρατηγική, αποτέλεσμα που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στους υψηλότερους συντελεστές βήτα που παρουσίασαν τα χαρτοφυλάκια αυτά σε περιόδους που η αγορά ήταν ανοδική. Η διαφορά αυτή είναι αρκετά μικρή και μπορεί να εξηγήσει μια διαφορά αποδόσεων ίση με 1% σε ετήσια βάση, σημαντικά χαμηλότερη από την πραγματοποιηθείσα, που ξεπέρασε το 10%. Η τυπική απόκλιση των αποδόσεων των momentum χαρτοφυλακίων έφθασε το 21,6% ενώ τα χαρτοφυλάκια που δημιουργήθηκαν με την value στρατηγική είχαν τυπική απόκλιση των αποδόσεων ίση με 24,1%. Η διαφορά είναι σχετικά μικρή σε σχέση με την διαφορά της απόδοσης και οφείλεται σε σημαντικό βαθμό στην διαφορά μεγέθους των εταιρειών που απαρτίζουν τα χαρτοφυλάκια.

Οι Lakonishok et al. που αξίζει να αναφερθεί ότι είναι από τους πρώτους που εξετάσανε ένα ολοκληρωμένο σύνολο από contrarian στρατηγικές, επικεντρώθηκαν στην μελέτη της value στρατηγικής. Κατασκεύασαν στρατηγικές πάνω στα αποτελέσματα δεικτών όπως των book-to-market, cash flow-to-price, earning-to-price αλλά και τον δείκτη που έχει να κάνει με την αύξηση των πωλήσεων. Τα αποτελέσματα όπως αναφέραμε των εν λόγω στρατηγικών ήταν επικερδής για τους περιόδους από ένα έως πέντε έτη. Επίσης θα πρέπει και σε αυτή την στρατηγική να εξεταστεί κατά πόσο αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε αντίθεση με την έννοια της αποτελεσματικότητας της αγοράς.

Με βάση τα ευρήματα των Lakonishok et al. Οι Hogan et al. επιχειρούν να εξετάσουν αν αυτές οι στρατηγικές αποτελούν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ. Όπως θα δούμε και στον πίνακα που θα ακολουθήσει εφαρμόστηκαν test για στατιστικό αρμπιτράζ σε δώδεκα στρατηγικές. Τρεις είναι με βάση τα αποτελέσματα του δείκτη λογιστική προς χρηματιστηριακή αξία για ένα, τρία και πέντε έτη (BM1, BM3, BM5), τρεις με βάση τον δείκτη ρευστότητα προς τιμή (CP1, CP3, CP5), τρεις με βάση τον δείκτη κέρδη προς τιμή (EP1, EP3, EP5) και τρεις σε σχέση με τον δείκτη για την μεταβολή των πωλήσεων (SALES1, SALES3, SALES5).

Έχει αναφερθεί ότι η value στρατηγική αποτελεί μία στρατηγική μεγάλης χρονικής διάρκειας κάτι που αποδεικνύεται και από τα αποτελέσματα στα συγκεκριμένα test. Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στους τρεις από τους τέσσερις δείκτες που εφαρμόστηκε η στρατηγική value με χρονικό ορίζοντα πέντε ετών τα αποτελέσματα για την ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ ήταν θετικά. Εκτός από τον δείκτη κέρδη προς τιμή που γενικά αποδεικνύει ότι δεν εμφανίζει στατιστικό αρμπιτράζ, για όλους τους άλλους δείκτες στην μακροπρόθεσμη περίοδο των πέντε ετών που εφαρμόζεται εμφανίζει ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ. Αντίθετα σε χρονικό ορίζοντα του ενός έτους ένας στους τέσσερις δείκτες εμφανίζει θετικά αποτελέσματα για

στατιστικό αρμπιτράζ και αυτός είναι ο δείκτης των πωλήσεων που γενικά εμφανίζει για όλες τις χρονικές περιόδους θετική εκτίμηση στα test για ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ.

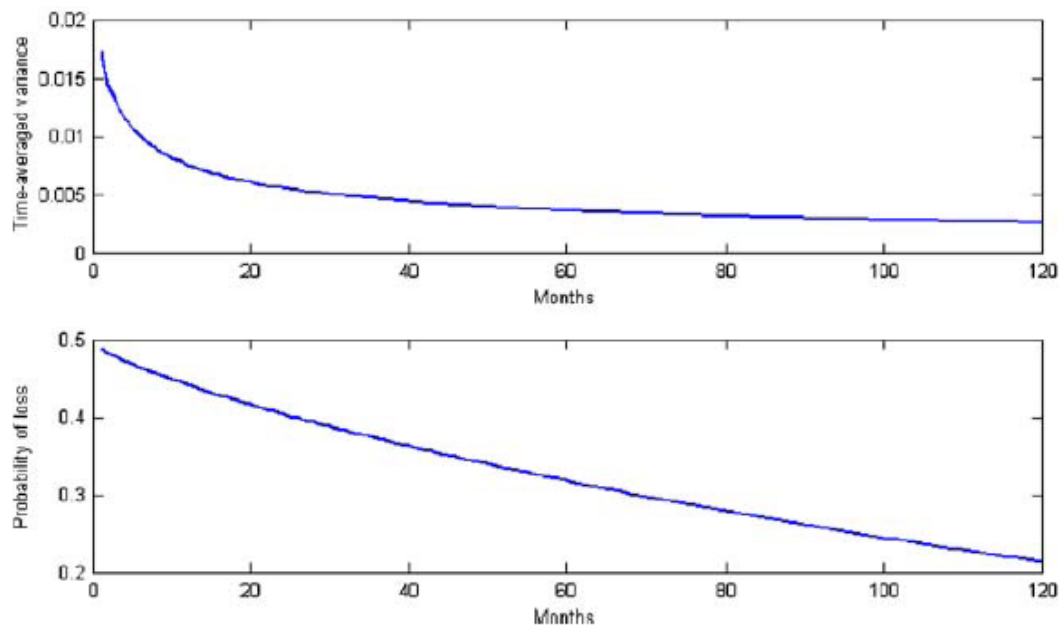
Η εφαρμογή του test γίνεται με τον ακριβώς ίδιο τρόπο που αναλύσαμε και στην momentum στρατηγική. τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται αφορούν το χρονικό διάστημα από τον Ιανουάριο του 1965 έως τον Δεκέμβριο του 2000. Το περιουσιακό στοιχείο μηδενικού κινδύνου (risk-free asset) χρησιμοποιείται για την χρηματοδότηση του χαρτοφυλακίου. Οι τιμές των υποθέσεων H1, H2 υποδηλώνουν τις τιμές των p-values από το test του στατιστικού αρμπιτράζ, στο οποίο τα μέσα μηνιαία κέρδη είναι θετικά και η μέση διακύμανση μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Το άθροισμα των στηλών H1, H2 είναι η τιμή p-value για το συνολικό test του στατιστικού αρμπιτράζ. Η στήλη με τις τιμές του t-statistic για τα αναμενόμενα κέρδη δεν είναι υποχρεωτική να υπολογίζεται κατά την εφαρμογή του test για το στατιστικό αρμπιτράζ και στην παρούσα έρευνα παρέχεται για σύγκριση.

Portfolio	$\mu$ (mean)	t-Statistic	$\sigma$ (standard deviation)	$\lambda$ (growth rate of standard deviation)	H1 ( $\mu > 0$ )	H2 ( $\lambda < 0$ )	Sum (H1 + H2)	Statistical arbitrage
BM1 <sup>a</sup>	0.0141	6.34	0.054	-0.0373	0.000	0.174	0.174	No
BM3 <sup>a</sup>	0.0115	6.54	0.042	-0.0427	0.000	0.166	0.166	No
BM5 <sup>a</sup>	0.0106	6.46	0.041	-0.0720	0.000	0.063	0.063	Yes*
CP1 <sup>a</sup>	0.0021	1.28	0.196	-0.2179	0.249	0.000	0.249	No
CP3 <sup>a</sup>	0.0036	1.74	0.132	-0.2272	0.046	0.000	0.046	Yes**
CP5 <sup>a</sup>	0.0037	1.39	0.131	-0.2685	0.027	0.000	0.027	Yes**
EP1	0.0021	0.25	0.015	0.2320	0.177	1.000	1.177	No
EP3	0.0013	0.57	0.026	0.0735	0.246	0.980	1.226	No
EP5 <sup>a</sup>	0.0011	0.63	0.039	-0.0494	0.268	0.079	0.347	No
SALES1 <sup>a</sup>	0.0085	5.79	0.043	-0.0856	0.000	0.019	0.019	Yes**
SALES3 <sup>a</sup>	0.0056	4.65	0.036	-0.0936	0.000	0.028	0.028	Yes**
SALES5 <sup>a</sup>	0.0046	3.83	0.042	-0.1517	0.000	0.001	0.001	Yes**

Όσο αναφορά τα αποτελέσματα του δείκτη book-to-market τα αναμενόμενα κέρδη των στρατηγικών είναι στατιστικά μεγαλύτερα από το μηδέν, τόσο από τα αποτελέσματα των t-statistic test, όσο και από τα αποτελέσματα των υποθέσεων H1 και H2. Αντίθετα οι ρυθμοί ανάπτυξης της διακύμανσης για τις στρατηγικές αυτές δεν είναι στατιστικά μικρότερη του μηδενός, ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να θεωρηθούν οι στρατηγικές αυτές στατιστικά αρμπιτράζ για επίπεδο σημαντικότητας 5%. Εξάιρεση είναι μόνο η μακροχρόνια στρατηγική των πέντε ετών για αυτό το δείκτη αλλά σε επίπεδο σημαντικότητας %. Αυτό το αποτέλεσμα έρχεται σε άμεση συνάρτηση με την θεωρία των Fama και French οι οποίοι είχαν υποστηρίξει ότι τα υψηλά αποθέματα σύμφωνα με τον δείκτη book-to-value είναι πιο επικίνδυνα από τα πολύ χαμηλά αποθέματα και ως εκ τούτου δικαιούνται υψηλότερες αναμενόμενες αποδόσεις. Στη συνέχεια θα κάνουμε μία πιο πλήρη ανάλυση στην θεωρία των Fama και French όσο αναφορά τους παράγοντες των

κινδύνων στις μετοχές και την σχέση τους με την αποτελεσματικότητα της αγοράς.

Όσο αναφορά τον δείκτη cash flow-to-price στο παρακάτω διάγραμμα εμφανίζονται οι τιμές των ανά χρονική μονάδα διακύμανση (time-averaged variance) και η πιθανότητα απώλειας (probability of loss), οι οποίες συγκλίνουν με γοργό ρυθμό προς το μηδέν και κατά συνέπεια σε ένα ακίνδυνο αρμπιτράζ. Ειδικότερα η πιθανότητα απώλειας είναι κατακόρυφη η πτώση που υποδουλώνει την εμφάνιση στατιστικού αρμπιτράζ που εμφανίζεται και στα αποτελέσματα των test.



Παρόμοια διαγράμματα εμφανίζει για την των ανά χρονική μονάδα διακύμανση (time-averaged variance) και την πιθανότητα απώλειας (probability of loss) και τα αποτελέσματα του δείκτη για την μεταβολή των πωλήσεων.

Επίσης από τις 12 value strategies που εφαρμόστηκαν στις 6 παρατηρήθηκαν ευκαιρίες στατιστικού αρμπιτράζ πάντα στο επίπεδο σημαντικότητας 10% κάτι που τάσσεται κατά της αποτελεσματικότητας της αγοράς.

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση της στρατηγικής value και πριν αναλύσουμε την δική μας στρατηγική που θα εφαρμόσουμε, θα κάνουμε μία μικρή ανάλυση στην θεωρία των Fama και French που έρχεται κατά βάση σε αντίθεση με τα περισσότερα από αυτά που έχουμε αναλύσει μέχρι τώρα, με σημαντικότερο από όλα το κατά πόσο υπάρχει ή όχι αποτελεσματικότητα στην αγορά και ισορροπία.

Στην ανάλυση τους οι δύο ερευνητές προσπαθούν να προσεγγίσουν την έννοια του κινδύνου και τους παράγοντες που ενδεχομένως να επηρεάζουν

τις αποδόσεις των μετοχών και των ομολόγων. Εφαρμόζουν test που αποδεικνύουν ότι υπάρχουν τουλάχιστον πέντε κοινοί παράγοντες στις αποδόσεις. Τρεις παράγοντες της χρηματιστηριακής αγοράς παράγουν κοινή διακύμανση των αποδόσεων των μετοχών. Εκτός χαμηλής ποιότητας εταιρικών ομολόγων, οι παράγοντες της χρηματιστηριακής αγοράς έχουν μικρό ρόλο στην αποδόσεις των κρατικών και εταιρικών ομολόγων. Οι αγορές μετοχών και ομολόγων συνδέονται, ωστόσο μέσω δύο κοινόχρηστων παραγόντων.

. Τα αποτελέσματα εδώ των Fama και French (1992) δείχνουν ότι υπάρχει μία «ιστορία» πίσω από τις επιπτώσεις των δεικτών του μεγέθους (size) και book-to-market στις αποδόσεις των μετοχών. Οι δοκιμές εδώ δείχνουν ότι υπάρχουν κοινοί παράγοντες στις αποδόσεις των δύο αυτών με τέτοιο τρόπο που τα αποθέματα να δίνουν επιστροφές που είναι συνεπής με τα μοντέλα πολύ παραγοντικής τιμολόγησης. Οι Fama και French δείχνουν ότι οι δείκτες size και BE / ME σχετίζονται με πρότυπα που έχουν σχέση με την αποδοτικότητα και την ανάπτυξη, η οποία θα μπορούσε κάλλιστα να είναι η πηγή των κοινών παραγόντων κινδύνου στις αποδόσεις.

Η εργασία όμως αυτή αφήνει πολλά αναπάντητα ερωτήματα και περιθώρια για περαιτέρω μελέτη. Πιο κραυγαλέα, δεν έχει αποσαφηνιστεί πώς οι παράγοντες size και book-to-market των αποδόσεων καθοδηγούνται από την συμπεριφορά των αποδοχών. Πώς η κερδοφορία παράγει κοινή διακύμανση των αποδόσεων που σχετίζονται με τους δείκτες size και BE / ME όταν κάτι τέτοιο δεν διαφαίνεται από την απόδοση της αγοράς; Μπορούν να προσδιοριστούν συγκεκριμένες βασικές αρχές που οδηγούν σε κοινή διακύμανση των αποδόσεων που είναι ανεξάρτητη από την αγορά και φέρει ένα διαφορετικό ασφάλιστρο από τον γενικό κίνδυνο αγοράς;

Αυτά είναι μερικά σημαντικά ερωτήματα που οδήγησαν πολλούς ερευνητές να έχουν ενστάσεις όσο αναφορά την μελέτη των δύο ερευνητών και να οδηγηθούν στην δημιουργία νέων ερευνών όπως έκαναν οι Lakonishok et al.



## ΕΦΑΡΜΟΓΗ VALUE STRATEGY

Η δομή που θα κινηθούμε για να εφαρμόσουμε και αυτήν την στρατηγική είναι η ίδια όπως εφαρμόσαμε και στην momentum στρατηγική με κάποιες αλλαγές που έχουν να κάνουν με την μορφή των δεδομένων που έχουμε αλλά προφανώς και την χρονική περίοδο που έχουμε επιλέξει.

Αρχικά και πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή της στρατηγικής θα κάνουμε μία μικρή ανάλυση των δεδομένων που έχουμε επιλέξει ώστε να είναι πιο ξεκάθαρη η έρευνα και ασφαλή τα αποτελέσματα που θα μας δώσουν.

Όσο αναφορά λοιπόν την στρατηγική value, η οποία αναφέρεται σε χρηματιστηριακούς δείκτες προτιμήσαμε να ακολουθήσουμε μία διαφορετική τακτική. Για να εξασφαλίσουμε καλύτερα και πιο ασφαλή αποτελέσματα επιλέγουμε χαρτοφυλάκια που ο ίδιος ο French έχει δημιουργήσει. Επιλέγουμε την στρατηγική που δημιουργείται από την διασταύρωση πέντε χαρτοφυλακίων που έχουν επιλεχθεί με βάση το μέγεθος και πέντε χαρτοφυλακίων που έχουν επιλεχθεί με βάση τον δείκτη λογιστική αξία της επιχείρησης προς χρηματιστηριακή τιμή της μετοχής της επιχείρησης (BE/ME Book-to-market equity). Ως αποτέλεσμα δημιουργούνται εικοσιπέντε χαρτοφυλάκια τα οποία θα μελετηθούν για το διάστημα 1/1/2000 έως 31/12/2014. Η δημιουργία των χαρτοφυλακίων γίνεται από μετοχές των δεικτών NYSE , AMEX και NASDAQ.

Τα εικοσιπέντε αυτά χαρτοφυλάκια έχουν επιλεχθεί με βάση το μέγεθος τους. Δηλαδή περιλαμβάνει πέντε χαρτοφυλάκια από κάθε βαθμίδα μεγέθους. Τα πρώτα πέντε χαρτοφυλάκια έχουν επιλεχθεί από τις μικρότερες μετοχές του αμερικάνικου χρηματιστηρίου, τα επόμενα πέντε από μία βαθμίδα πιο μεγάλη από ότι οι μικρές μετοχές, ώσπου φτάνουμε στα πέντε τελευταία χαρτοφυλάκια που έχουν επιλεχθεί από τις μεγαλύτερες μετοχές των δεικτών του χρηματιστηρίου.

Εμφανίζονται κατευθείαν οι αποδόσεις των εικοσιπέντε χαρτοφυλακίων και δεν χρειάζεται να τις υπολογίσουμε. Επιλέγουμε λόγω του ότι η value στρατηγική είναι μία στρατηγική με καλύτερα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα, χρονικό ορίζοντα για την στρατηγική μας τα δέκα έτη και πιο συγκεκριμένα από 1/1/2004 έως 31/12/2014. Επίσης όπως αναφέραμε η στρατηγική που επιλέξαμε περιλαμβάνει μία διασταύρωση δύο δεικτών αυτή του μεγέθους size και book-to-market που κάνει ακόμα πιο ενδιαφέροντα τα αποτελέσματα που θα μας παράγει και το ενδεχόμενο στατιστικού αρμπιτράζ σε συνάρτηση με την μελέτη που έχουμε αναφέρει των Fama και French όσο αναφορά την αρνητική σχέση του δείκτη book-to-market με το στατιστικό αρμπιτράζ.

Έχοντας τις αποδόσεις των 25 χαρτοφυλακίων για τα δέκα τελευταία έτη υπολογίζω για το κάθε ένα χαρτοφυλάκιο ξεχωριστά την μέση απόδοση για κάθε ένα από τα εικοσιπέντε αυτά χαρτοφυλάκια για τα πρώτα πέντε έτη από τα δέκα. Δηλαδή για το χρονικό διάστημα από 1/1/2004 έως 31/8/2008.

Αφού τα υπολογίσω κάνω ένα ranking των μετοχών με βάση την μέση απόδοση. Επιλέγω τις δέκα από αυτές τις οποίες έχουν την μεγαλύτερη μέση απόδοση και αποφασίζω να τις αγοράσω. Επίσης επιλέγω και τις δέκα μετοχές που έχουν την μικρότερη απόδοση για το ίδιο χρονικό διάστημα και επιλέγω να της πουλήσω. Η χρηματοδότηση γίνεται από το περιουσιακό στοιχείο μηδενικού κινδύνου (risk free asset) και ένα δολάριο επενδύεται από κάθε μετοχή. Επίσης η πώληση των είκοσι χαμηλότερων μετοχών γίνεται με την διαδικασία short-selling.

Όλοι οι υπολογισμοί γίνονται στο λογιστικό φύλλο (excel) και επισυνάπτω την λίστα των winners και losers μετοχών.

1/1/2004-31/12/2008			1/1/2004-31/12/2008		
large	0,5776667	Portfolio 13	small	-0,128	portfolio 11
	0,5568333	portfolio 15		-0,152333	portfolio 3
	0,5203333	portfolio 8		-0,154667	portfolio 20
	0,4898333	portfolio 25		-0,173333	portfolio 24
	0,3695	portfolio 9		-0,184	portfolio 6
	0,3406667	portfolio 10		-0,189	portfolio 2
	0,2478333	portfolio 12		-0,210333	portfolio 21
	0,217	portfolio 7		-0,2625	portfolio 23
	0,18	portfolio 22		-0,295833	portfolio 18
	0,1343333	portfolio 19		-0,757833	portfolio 1

Η συνολική απόδοση των winners μετοχών ανέρχεται 3,634%, ενώ των losers μετοχών σε -2,5078%

Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε τις μέσες αποδόσεις και για τα επόμενα πέντε έτη δηλαδή από 1/1/2009 έως 31/12/2014. Τα χαρτοφυλάκια όμως δεν θα αλλάξουν και με θα αθροίσουμε τις αποδόσεις των χαρτοφυλακίων με βάση τις large μετοχές που είχαμε επιλέξει κατά την προηγούμενη πενταετία. Αντίστοιχα θα αθροίσουμε και τις losers μετοχές.

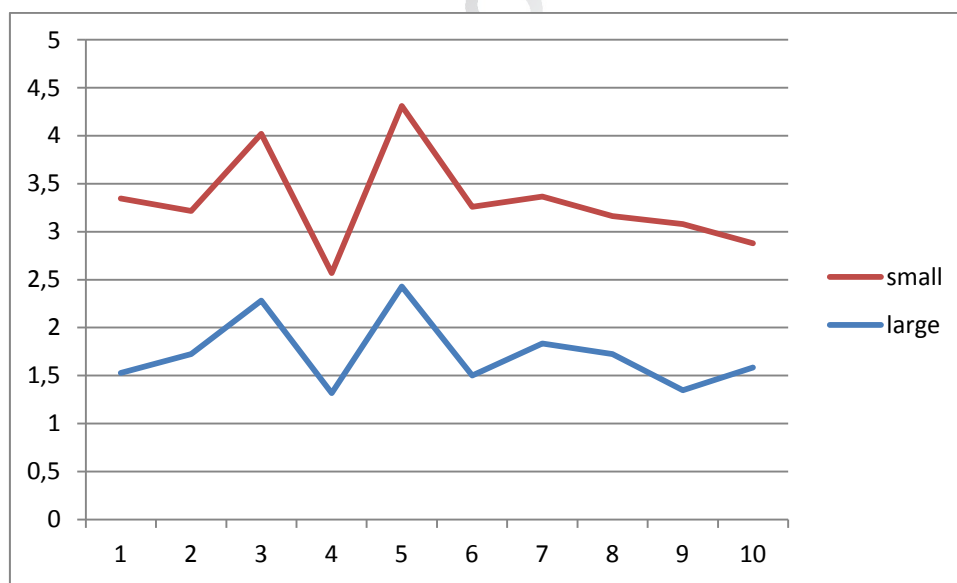
Αφού τις αθροίσουμε θα αφαιρέσουμε την συνολική απόδοση των losers μετοχών από αυτή των winners για να εμφανίσουμε την συνολική απόδοση της στρατηγικής.

Επισυνάπτεται οι νέες αποδόσεις που υπολογίσθηκαν κατά την δεύτερη πενταετία 1/1/2009-31/12/2014

	1/1/2009-31/12/2014	
large	1,5277778	portfolio 13
	1,7252778	portfolio 15
	2,2818841	portfolio 8
	1,3184722	portfolio 25
	2,4277778	portfolio 9
	1,5011111	portfolio 10
	1,8347222	portfolio 12
	1,7247222	portfolio 7
	1,3461111	portfolio 22
	1,5854167	portfolio 19
<b>total</b>	<b>17,273273</b>	

	1/1/2009-31/12/2014	
small	1,8176389	portfolio 11
	1,4895833	portfolio 3
	1,7377778	portfolio 20
	1,2488889	portfolio 24
	1,8831944	portfolio 6
	1,7581944	portfolio 2
	1,5316667	portfolio 21
	1,4388889	portfolio 23
	1,7334722	portfolio 18
	1,2923611	portfolio 1
<b>total</b>	<b>15,931667</b>	

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε η συνολική απόδοση των μετοχών που είχαμε αγοράσει είναι 17,273273% και η συνολική απόδοση των μετοχών που είχαμε αποφασίσει να πουλήσουμε είναι 15,931667%. Οπότε η συνολική απόδοση της στρατηγικής value είναι **1,3416063%**



Στο παραπάνω γράφημα παρουσιάζονται οι μέσες αποδόσεις των δέκα μετοχών winners (large) και των δέκα μετοχών losers (small). Παρατηρούμε ότι οι δύο καμπύλες κινούνται σε μεγάλο βαθμό όμοια με τις μικρότερες μετοχές να έχουν μία αύξηση στις μέσες αποδόσεις τους την πενταετία 1/1/2009-31/12/2014 σε σχέση με την προηγούμενη πενταετία 1/1/2004-31/12/2008.

Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία και η εκτέλεση της στρατηγικής momentum, με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που εφαρμόσαμε το test στην στρατηγική momentum έτσι το εφαρμόζουμε και σε αυτή την περίπτωση. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει κατά την ανάλυση για την μεθοδολογία για στατιστικό αρμπιτράζ σε μία στρατηγική θα πρέπει να υπολογιστούν οι τέσσερις άγνωστοι παράμετροι  $\hat{\mu}$ ,  $\hat{\sigma}^2$ ,  $\hat{\theta}$ ,  $\hat{\lambda}$ .

Οι εκτιμώμενοι αυτοί λοιπόν παράμετροι λαμβάνονται από την επίλυση των ακόλουθων τεσσάρων εξισώσεων όπως ήδη έχουμε αναλύσει:

$$1. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\partial \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{\theta-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(\theta-\lambda)}}$$

$$2. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\partial \sigma^2} : \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^{\theta})^2$$

$$3. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\partial \theta} : \sum_{i=1}^n \Delta u_i \log(i) i^{\theta-2\lambda} = \hat{\mu} \sum_{i=1}^n \log(i) i^{2(\theta-\lambda)}$$

$$4. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, \theta | \Delta u)}{\partial \lambda} : \hat{\sigma}^2 \sum_{i=1}^n \log(i) = \sum_{i=1}^n \frac{\log(i)}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - \hat{\mu} i^{\theta})^2$$

Όπως γίνεται αντιληπτό πρόκειται για τέσσερις εξισώσεις με τέσσερις άγνωστους παραμέτρους. Επίσης οι εξισώσεις αυτές είναι εκθετικές και είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο υπολογισμός τους.

Η λύση σε αυτό τον προβληματισμό μας έρχεται με την χρησιμοποίηση του CM (constrained mean) test. Όπως έχει αναλυθεί η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη από το UM test αλλά το σημαντικότερο, είναι καλύτερη και ασφαλέστερη. Οπότε σύμφωνα με το test αυτό θεωρούμε ότι η παράμετρος  $\theta=0$ . Κατά συνέπεια οι άγνωστες παράμετροι γίνονται πλέον τρεις και επίσης τρεις είναι και οι εξισώσεις που πρέπει να υπολογισθούν αφού η τρίτη εξίσωση δεν υφίσταται πλέον. Μετά από αυτήν πλέον την συνθήκη οι εξισώσεις διαμορφώνονται ως εξής :

$$1. \quad \frac{\partial \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, | \Delta u)}{\partial \mu} : \hat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(-\lambda)}}$$

$$2. \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\vartheta \sigma^2} : \widehat{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - 1)^2$$

$$3. \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\vartheta \lambda} : \widehat{\sigma^2} \sum_{i=1}^n \log(i) = \sum_{i=1}^n \frac{\log(i)}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - 1)^2$$

Για να ισχύει λοιπόν το test για στατιστικό αρμπιτράζ θα πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες.

$$H1 : \mu > 0$$

$$H2 : \lambda < 0$$

Ενώ η πιθανότητα απώλειας μετά από n περιόδους είναι ίση με

$$\text{Probability of loss (after n periods)} = N \frac{-\mu n}{\sigma \sqrt{\sum_{i=1}^n i^{2\lambda}}}$$

Όπου  $N(\bullet)$  υποδουλώνει την αθροιστική τυπική κανονική κατανομή.

Θέτουμε την παράμετρο  $\lambda = -0,01$ , δηλαδή με μία τιμή που θα ικανοποιεί οριακά την προϋπόθεση μας για στατιστικό αρμπιτράζ ότι  $\lambda < 0$ . Στην συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε τις δύο εξισώσεις

$$1. \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\vartheta \mu} : \widehat{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta u_i i^{-2\lambda}}{\sum_{i=1}^n i^{2(-\lambda)}}$$

$$2. \frac{\vartheta \log L(\mu, \sigma^2, \lambda, |\Delta u)}{\vartheta \sigma^2} : \widehat{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i^{2\lambda}} (\Delta u_i - 1)^2$$

αφού γνωρίζοντας τις αποδόσεις δεν έχουμε κάποιον επιπλέον άγνωστο που να μην μας επιτρέπει τον υπολογισμό τους.

Σύμφωνα λοιπόν με τον υπολογισμό των παραπάνω εξισώσεων που έχει γίνει στο υπολογιστικό φύλλο οι τιμές για τις παραμέτρους  $\mu, \sigma$  για την συγκεκριμένη στρατηγική momentum που ακολουθήσαμε είναι οι εξής :

η τιμή για την παράμετρο  $\mu = 1,3416063 > 0$  και για την τυπική απόκλιση  $\sigma = 0,089$

κατά συνέπεια ισχύουν οι προϋποθέσεις για στατιστικό αρμπιτράζ και το άθροισμα των p-value των υποθέσεων  $H1: \mu > 0$  και  $H2: \lambda < 0$  μας δίνουν ένα συνολικό p-value 0,05 το οποίο είναι αρκετά μικρό και κατά συνέπεια μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη στρατηγική αποτελεί ευκαιρία για στατιστικό αρμπιτράζ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Κατά συνέπεια, ύστερα από την εφαρμογή των test και στις δύο επενδυτικές στρατηγικές, παρουσιάζονται ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ και στις δύο επενδυτικές στρατηγικές και η αποτελεσματικότητα της αγοράς απειλείται σε μεγάλο βαθμό να καταρριφτεί.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Βασικός σκοπός της διατριβής αυτής ήταν η ανάλυση της έννοιας του στατιστικού αρμπιτράζ και η εφαρμογή της σε γνωστές επενδυτικές στρατηγικές. Παρουσιάστηκαν πολύ σημαντικά άρθρα που παρουσίαζαν την έννοια του στατιστικού αρμπιτράζ και την μεθοδολογία τους του test που εφαρμόζεται σε επενδυτικές στρατηγικές. Κύρια πηγή μελέτης και έμπνευσης μας ήταν το άρθρο των Hogan- Jarrow-Teo-Warachka «Testing market efficiency using statistical arbitrage with applications to momentum and value strategies» όπου ουσιαστικά θεωρείται η θεμελιώδης μελέτη για την ανάλυση της έννοιας του στατιστικού αρμπιτράζ που έχει εμφανιστεί στον επιστημονικό χώρο τα τελευταία 15-20 χρόνια.
- Μελετήσαμε την σχέση του στατιστικού αρμπιτράζ και την ενδεχόμενη σχέση που μπορεί να έχει με την αποτελεσματικότητα και την ισορροπία της αγοράς. Αναλύσαμε αντικρουόμενες απόψεις πάνω σε αυτό το καίριο κομμάτι της θεωρίας χαρτοφυλακίου.
- Ασχοληθήκαμε εκτενώς με τις επενδυτικές στρατηγικές και πιο συγκεκριμένα με την momentum και την value στρατηγική. Αναλύσαμε την μεθοδολογία τους και το συμπέρασμα ότι αντικρούουν την αποτελεσματικότητα της αγοράς και ασχοληθήκαμε με αρκετά άρθρα σημαντικών ερευνητών που ασχολήθηκαν με αυτές τις δύο επενδυτικές στρατηγικές.
- Στο τελευταίο και πιο σημαντικό κομμάτι της εργασίας, εφαρμόσαμε στην πράξη αυτές τις δύο επενδυτικές στρατηγικές. Αρχικά επιλέξαμε τα δεδομένα και αφού «στήσαμε» από την αρχή και με μεγάλη λεπτομέρεια την δομή των στρατηγικών στην συνέχεια κάναμε την εφαρμογή του test για ύπαρξη στατιστικού αρμπιτράζ.
- Τα αποτελέσματα ήταν αυτά που βγάζουν οι περισσότερες στρατηγικές momentum και value, ότι υπάρχουν ευκαιρίες για στατιστικό αρμπιτράζ και στις δύο επενδυτικές στρατηγικές που εφαρμόσαμε και άρα θέτουμε και εμείς τις επιφυλάξεις μας κατά πόσο η αγορά είναι αποτελεσματική και τασσόμαστε ξεκάθαρα υπέρ της ύπαρξης στατιστικού αρμπιτράζ στις αγορές.
- Προσπαθήσαμε να παρουσιάσουμε με όσο το δυνατόν πιο σαφή και αποτελεσματικό τρόπο το κύριο αντικείμενο της εργασίας και να απαντήσουμε με ξεκάθαρο τρόπο στο βασικό ερώτημα της διατριβής λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των ελέγχων και την σύγκριση των στρατηγικών αλλά και σύγκριση με την βιβλιογραφία πάνω στο στατιστικό αρμπιτράζ.

- το στατιστικό αρμπιτράζ είναι σχετικά καινούρια έννοια στην θεωρία χαρτοφυλακίων και επιδέχεται περισσότερης ανάλυσης και μελέτης και μπορεί στο μέλλον να μας αποφέρει ακόμα πιο σημαντικά αποτελέσματα και να δημιουργήσει μία «επανάσταση» στον επιστημονικό και επενδυτικό χώρο.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Άρθρα

- Hogan, Steve & Jarrow, Robert & Teo, Melvyn & Warachka, 2004. *“Testing market efficiency using statistical arbitrage with applications to momentum and value strategies,”* Journal of Financial Economics, Elsevier, vol. 73(3), pages 525-565.
- Jarrow, Robert & Teo, Melvyn & Tse, Yiu Kuen & Warachka, 2012. *“An improved test for statistical arbitrage,”* Journal of Financial Markets, Elsevier, vol. 15(1), 47-80.
- Jegadeesh, Narasimhan & Titman, Sheridan, 1993. *“Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency,”* Journal of Finance, American Finance Association, vol. 48(1), 65-91.
- Lakonishok, Josef & Shleifer, Andrei & Vishny, Robert W, 1994. *“Contrarian Investment, Extrapolation, and Risk,”* Journal of Finance, American Finance Association, vol. 49(5), 1541-78.
- Sharpe, F. William, 1975. *“Adjusting for Risk in Portfolio Performance Measurement,”* Vol. 1, No. 2, 29-34.
- Ross, S., 1976. The arbitrage theory of capital asset pricing. Journal of Economic Theory 13, 341–360.
- Fama, E.F., French, K.R., 1993. Common risk factors in the returns of stocks and bonds. Journal of Financial Economics 33, 3–56.

- **Fama, E.F., 1998. Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance. Journal of Financial Economics 49, 283–306.**
- **Hong, H., Lim, T., Stein, J., 2000. Bad news travels slowly: size, analyst coverage, and the profitability of momentum strategies. Journal of Finance 55, 265–295.**
- **Mitchell, M., Stafford, E., 2000. Managerial decisions and long-term stock price performance. Journal of Business 73, 287–329.**

Πανεπιστήμιο Ι

*Ευχαριστώ...*

