

# 페어 트레이딩 성과분석:

## 보유기간과 진입시점을 기준으로

20150002 고동형 | 20160045 최보경 | 20160049 편정욱



# 목 차

1 서론 .....	3
1.1 페어 트레이딩이란 .....	3
1.2 연구의 구성 .....	3
2 데이터 개요 .....	4
2.1 데이터 출처 .....	4
2.2 데이터 전처리 .....	4
3 분석 개요 .....	4
4 페어 구성 .....	5
4.1 공적분 분석 .....	5
4.1.1 공적분이란 .....	5
4.1.2 페어 간 공적분 분석 .....	7
4.2 상관관계 분석 .....	7
5 백테스팅 .....	8
5.1 헤지 비율 .....	9
5.2 백테스팅 결과 .....	10
6 연구결과의 요약 및 한계 .....	13
7 참고문헌 .....	14

# 1. 서론

## 1.1 페어 트레이딩이란

퀀트 투자 전략 중 하나인 페어 트레이딩(Pair Trading)은 유사한 흐름을 지닌 두 자산 간의 스프레드 특성을 이용한 차익 거래 전략을 말한다. 또한 페어 트레이딩은 유사한 성격을 가진 두 자산은 동일한 가격에 거래되어야 한다는 일물일가의 법칙(Law of One Price)에 기반한 통계적 차익거래 전략이다.<sup>1</sup> 따라서, 페어 트레이딩 전략은 매수한 종목에서 발생한 손실을 매도한 종목에서 보상받을 수 있게 된다. 이러한 이유로 페어 트레이딩은 시장 중립 전략(market neutral strategy)의 한 형태라 볼 수 있다.<sup>2</sup>

페어 트레이딩의 원리는 다음과 같다. 페어로 선정된 두 자산은 장기적인 가격변화 흐름은 같으나 단기적으로 개별 기업의 이슈, 수급변동 등으로 인해 가격의 괴리가 발생하여 일시적인 가격 불균형이 형성된다. 이 때, 상대적으로 저평가된 자산을 매수하고 고평가된 자산은 매도한다. 이후 단기적인 불균형이 해소되어 두 자산가격이 균형으로 회귀 시 차익을 통해 경제적 이익을 취하는 전략이다.

본 연구는 국내시장에 상장되어 있는 KOSPI200지수의 편입 종목들의 시계열 데이터를 기반으로 페어 트레이딩 전략 도출에 일차 목표를 둔다. 또한, 페어 트레이딩 전략의 하이퍼파라미터인 보유기간과 진입기준을 유기적으로 조정함으로써 전략의 수익률 변화를 관찰한다.

## 1.2 연구의 구성

본 연구의 구성은 다음과 같다. 3장에서는 공적분 검정을 통해 정상성을 만족하는 종목 가격 데이터 페어를 찾는다. 4장에서는 공적분 관계에 있는 종목간 단순회귀분석을 통해 잔차를 추출한다. 이후, 계산된 잔차의 단위근을 검정하여 종목 페어간 스프레드가 평균으로 회귀(mean-reversal)하는지 확인한다. 5장에서는 페어 트레이딩 내 하이퍼파라미터를 자유로이 조정하며 백테스팅을 진행한다. 또한, 하이퍼파라미터에 따른 성과의 변화를 곡면 그래프로 제시한다. 마지막으로, 6장에서는 연구 결과의 요약 및 한계에 대해 논의한다.

---

<sup>1</sup> 엄윤성 “페어 트레이딩(Pairs Trading) 전략의 성과분석”, 금융지식연구 13권1호(2015), 75-101

<sup>2</sup> 김범수 “페어트레이딩 전략의 수익성 연구 : 해외 선물시장을 중심으로”, 한국경영과학회 vol.33(2016), 1-15

## 2. 데이터 개요

### 2.1 데이터 출처

본 연구에서는 서로 다른 두 종목에 대한 페어 트레이딩 가능성을 탐색하기 위해 FnGuide에서 제공하는 KOSPI200 편입종목의 일별 가격 데이터를 이용하였다. 해당 데이터로 선택한 이유는 저유동성으로 인한 일시적인 가격 왜곡을 최소화하고 실현 가능한 전략을 구현하기 위해서이다. 표본 기간은 2016년 5월 28일부터 2021년 5월 28일까지 총 5년에 해당한다.

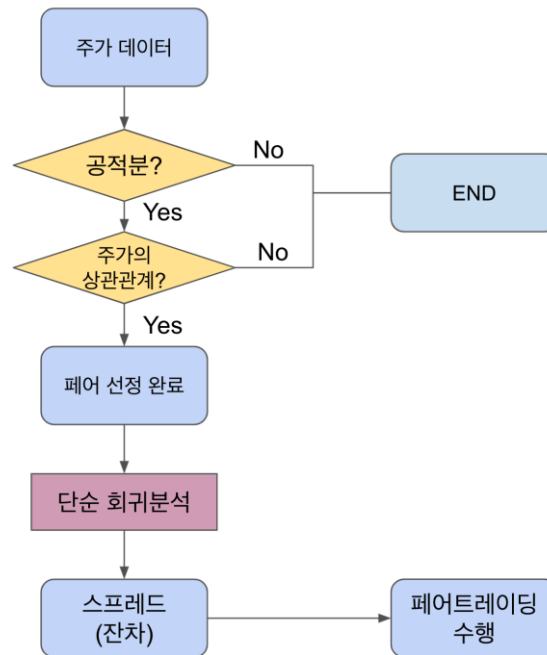
### 2.2 데이터 전처리

본 연구는 가격 데이터를 통해 트렌드가 유사한 두 자산을 페어로 선정하였다. 개별 주식의 일별 데이터를 단기적 잡음(noise)이 비교적 적은 월별 데이터로 변환하였으며 가격 데이터의 중복을 피하기 위해 주말과 공휴일을 제외하였다. 또한, KOSPI200 지수의 편입 종목은 매년 바뀌기 때문에, 현 시점의 편입 종목만을 분석 대상으로 한다면 생존 편향의 오류가 발생할 수 있다. 따라서, 분석 시 역대 기간동안 한번이라도 KOSPI200에 편입되었던 종목은 모두 데이터에 포함하였다. 표본기간 이전에 상장 폐지된 종목은 분석 대상에서 제외하였다. 추가적으로, 표본기간 중 상장폐지된 종목의 경우, 상장폐지일 기준으로 분석 대상에서 제외하였다. 위 과정을 거쳐, 최종적으로 412개 종목을 분석 대상으로 선정하였다.

## 3. 분석 개요

〈그림 1〉은 페어 트레이딩 과정을 순서도로 나타낸 것이다. 대상 종목 중에서 페어를 찾는 과정은 크게 2가지 관점에서 실시하였다. 우선 412개의 개별 주식 종목을 대상으로 3년의 기간 동안 월말 종가를 대상으로 공적분 검정을 실시하였다. 공적분 검정 결과, 유의수준이 5%를 넘을 경우 대상에서 제외하였다. 다음으로, 페어를 구성하는 두 종목의 로그가격 상관계수를 기반으로 페어를 선정하였다. 본 연구에서는 두 자산 간 상관계수가 95% 이상인 경우에만 유사한 흐름을 지닌다 상정하였다. 최종적으로 공적분 조건과 상관관계 조건을 모두 만족하는 조합만을 페어 후보로 선정하였다. 이후 페어를 이루는 종목의 로그가격으로 단순 회귀분석을 진행하였다. 회귀분

석을 통해 추정된 잔차(스프레드)는 페어를 이루는 두 종목의 괴리를 나타낸다. 공적분 검정을 통한 페어의 스프레드는 정상성을 띄기 때문에, 주기적으로 원점으로 회귀하는 성질을 갖는다. 이러한 성질을 이용하여, 스프레드가 일정 범위를 벗어날 경우 고평가된 자산을 매도하고 저평가된 자산을 매수하는 방식으로 페어 트레이딩 전략을 구현하고 성과를 분석하였다.



〈그림 1〉 페어 트레이딩 순서도

## 4. 페어 구성

### 4.1 공적분 분석

#### 4.1.1 공적분이란

시계열 데이터는 올바른 분석의 진행을 위해 정상성(stationarity)을 가정한다. 정상성을 만족하기 위해 시계열  $Y_t$ 에 요구되는 조건은 다음과 같다:

$$E[Y_t] = \mu < \infty \text{ for } \forall$$

$$V[Y_t] = \sigma^2 < \infty \text{ for } \forall t$$

$$Cov[Y_{t-j}, Y_t] = \gamma(j) < \infty \text{ for } \forall t, j$$

즉, 정상성은 시계열 데이터의 확률적인 성질이 시간의 흐름에 따라 변화하지 않으며(1st and 2nd moments are time-invariant), 시차에만 의존함을 뜻한다. 허나, 본 연구에서 활용하는 KOSPI200 편입 종목 가격 데이터는 상단의 정상성 조건을 위배하는 비정상성(non-stationarity)을 내재하고 있다.

비정상 시계열 데이터를 통해 회귀분석을 진행할 경우, 상호관계가 존재하지 않는 변수들의 회귀계수가 유의한 값으로 도출되는 가성 회귀(spurious regression)로 이어질 수 있다.

일례로, 시간 추세(time trend)가 내재된 비정상 시계열의 DGP를 확인하자:

$$y_t = \alpha_1 + \beta_1 t + e_{1t}, e_{1t} \sim i.i.d. (0, \sigma_1^2) \cdots (1)$$

$$x_t = \alpha_2 + \beta_2 t + e_{2t}, e_{2t} \sim i.i.d. (0, \sigma_2^2) \cdots (2)$$

(1)과 (2)에서  $\beta_1 t$ 와  $\beta_2 t$ 는 시간 추세(time trend)로,  $E[y_t]$ (1<sup>st</sup> moment)가 시간의 흐름에 의존함에 따라 정상성을 위배한다.  $\beta_1 t$ 와  $\beta_2 t$ 가 지속적으로 상승하는 추세를 지닌다고 가정하자. 이 경우,  $y_t$ 와  $x_t$ 는 서로 관련이 없음에도 불구하고, 시간의 흐름에 따른 상승 추세로 인해 유의한 회귀계수를 도출한다.

하지만, 단일 시계열의 비정상성과 가성 회귀의 발생은 항상 정의 관계를 지니지 않는다. 비정상 단일 시계열들의 선형 결합이 정상 시계열을 생성하는 경우도 존재한다. 국민총소득(GNI)과 국민총지출(GNE)이 하나의 예시이다. 두 변수 모두 시간 추세와 확률적 추세(stochastic trend)를 지니고 있다. 그러나, 두 변수는 소득이 증가함에 따라 지출이 증가하는 경제적인 상호연관성을 갖는다. 즉, 가성회귀가 아닌 것이다. 이처럼, 비정상 시계열 변수 간의 선형 결합이 정상 시계열을 따르는( $I(0)$ ) 확률과정을 공적분(cointegration) 관계에 있다고 한다.

두 비정상 시계열  $y_t$ 와  $x_t$ 의 선형 결합이 다음과 같다고 하자:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 x_t + e_t$$

$$e_t = y_t - \beta_1 - \beta_2 x_t$$

시계열  $y_t$ 와  $x_t$ 가 동일 차수로 적분되었을 때, 잔차 시계열  $e_t$ 의 정상성을 검정함으로써 공적분 관계를 판별할 수 있다. 이 때,  $e_t$ 는 알 수 없으므로 관측된 잔차  $\hat{e}_t$ 를 사용한다. 관측된 잔차는 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{e}_t = \rho \hat{e}_{t-1} + v_t$$

이후, ADF 검정(Augmented Dicky-Fuller test)을 통해  $\hat{e}_t$ 의 정상성을 판별한다. 단위근이 존재하지 않을 경우, 두 시계열  $y_t$ 와  $x_t$ 은 공적분 관계에 놓였다고 할 수 있다.

### 4.1.2 페어 간 공적분 분석

2절에서 최종 사용된 412개 종목 모두 한번 씩 페어를 맺어 공적분 분석을 실시하였다. 공적분 분석은 4.1.1절의 진행 방식을 활용하였다. 총 84,666개의 페어 중 공적분 검정통계량의 p-value가 5%보다 낮은 페어는 9,572개가 도출되었다. 하단의 <그림 2>는 공적분 분석을 통과한 페어의 예시이다.

	Company1	Company2
0	삼성전자	LG화학
1	삼성전자	카카오
2	삼성전자	기아
3	삼성전자	SK이노베이션
4	삼성전자	SK텔레콤
...	...	...
9567	한국전자홀딩스	한성기업
9568	한국전자홀딩스	알보젠코리아
9569	한국전자홀딩스	동성화학
9570	한성기업	동성화학
9571	우리은행	동성화학

<그림 2> 공적분 분석

## 4.2 상관관계 분석

공적분 분석을 통과한 9,572개 페어 중, 유사한 움직임을 보이는 페어를 산출하기 위해 상관관계수가 0.95 이상인 16개의 페어를 최종 페어로 선정하였다. 하단의 <그림 3>은 공적분 분석과 상관관계 분석을 모두 통과한 최종 페어이다.

	Company1	Company2
0	KB금융	하나금융지주
1	현대위아	하이트진로홀딩스
2	LG상사	SJM홀딩스
3	LG하우시스	무학
4	넥센타이어	넥센
5	넥센타이어	조광페인트
6	삼양사	조광페인트
7	삼양사	SJM홀딩스
8	서연	화신
9	쌍용차	화승코퍼레이션
10	쌍용차	KC그린홀딩스
11	이수화학	조광페인트
12	이수화학	WISCOM
13	조광페인트	WISCOM
14	SJM홀딩스	WISCOM
15	SJM홀딩스	한국제지

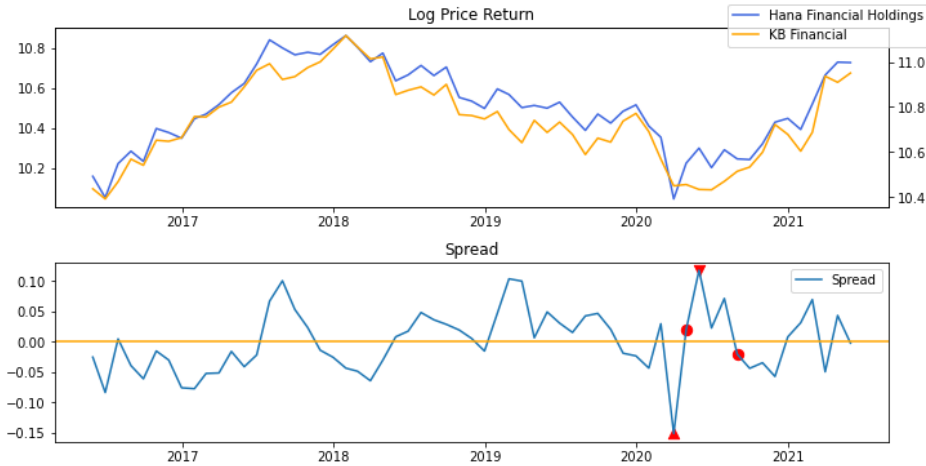
〈그림 3〉 상관관계 분석

## 5. 백테스팅

페어 선정 조건을 통과한 16개의 페어를 대상으로 백테스팅을 진행하였다. 백테스팅은 2019년 5월부터 2021년 5월까지 총 2년에 걸쳐 진행되었으며 거래비용과 세금은 고려되지 않았다.

페어 트레이딩에서는 스프레드의 움직임에 따라 진입 시점과 청산 시점을 결정하는 기준이 필요하다. 진입/청산 시점은 페어 트레이딩 전략의 수익과 직결되는 중요한 파라미터로, 페어 트레이딩에서는 일반적으로 스프레드의 표준편차( $\sigma$ )를 기준으로 진입/청산 기준을 결정한다. 진입 기준을 낮게 설정할 경우(ex,  $1\sigma$ ), 거래가 빈번하게 이뤄지며 청산과 손절 폭이 작다. 반면, 진입 기준을 높게 설정할 경우(ex,  $3\sigma$ ), 거래가 잘 이뤄지지 않고 각 거래에서 발생하는 수익/손실이 크다는 것이 특징이다. 청산 기준은 진입 시점 이후,  $h$ 개월 동안 스프레드가 0으로 회귀하지 않을 경우, 자동으로 포지션을 정리하는 규칙을 사용하였다. 또한, 백테스팅 기간 마지막에는 반대 매매를 통해 현재 보유중인 모든 포지션을 일괄적으로 청산하였다.





〈그림 4〉 진입 청산에 대한 예시

본 연구에서 수행한 백테스팅의 목적은 진입/청산 기준이 페어 트레이딩 전략의 수익성과 변동성에 어떤 영향을 주는지 분석하는 것이다. 이를 위해, 진입 기준( $s$ )을  $0.5\sigma$ 에서  $3\sigma$ 까지  $0.1\sigma$  씩 증가시킴과 동시에 포지션 보유 기간( $h$ )을 1개월부터 24개월까지 바꿔가며 진입/청산 기준의 변화에 따른 전략의 유효성을 분석하였다.

## 5.1 헤지 비율

헤지 비율은 페어에 속한 종목간 가격 변화의 상호 민감도를 의미한다. 헤지 비율을 계산함으로써 보유하고 있는 포지션의 위험을 제거할 수 있다. 본 연구에서는 페어 간의 가격을 대상으로 단일회귀 분석을 시행하여 산출된 베타( $\beta$ ) 값을 헤지 비율로 설정하였다.

기존의 연구는 분석 기간( $k$ )을 고정하여 rolling-window 방식을 활용한다. 허나, rolling-window 방식은 다음과 같은 한계점에 다다른다:

일례로, 1개월 rolling-window,  $k = 36$ 으로 설정한 경우, 과거 3년의 기간의 데이터를 사용하여 미래 1개월간 적용할 헷지 비율( $\beta_0$ )을 계산한다. 이후,  $\beta$ 는 1개월 단위로 조정되며,  $\beta$ 가 변화함에 따라 추정된 스프레드도 함께 바뀌게 된다. 이 경우, 포지션 진입 시점과 청산 시점의 헷지 비율의 괴리가 발생한다. 예를 들어, 진입 시점의 헷지 비율( $\beta_0$ )을 기준으로 청산 시점에 도달했음에도 불구하고 갱신된 헷지 비율( $\beta_1$ )로 계산된 스프레드에서는 청산이 발생하지 않을 수 있다. 그 결과, 진입 규칙과 청산 규칙이 불일치하는 문제가 발생할 수 있다.

이를 극복하기 위해, 본 연구에서는 Dynamic rolling-window 방식을 활용하였다. Dynamic

rolling-window란 시간이 한 단위 증가할 때 마다, 헤지 비율을 갱신하는 방법을 말한다. 단, 진입 규칙과 청산 규칙의 일관성 유지를 위해 포지션을 보유한 경우에는 청산 시점까지 헤지 비율을 갱신하지 않고 유지한다. 이후 청산으로 인해 포지션이 0이 되었다면 다시 연속적으로 헤지 비율을 갱신을 한다. Dynamic rolling-window를 활용하면 기존의 방법 보다 최근의 데이터로 헤지 비율을 구할 수 있으며, 진입과 청산 시점의 헤지 비율 불일치를 막을 수 있다.



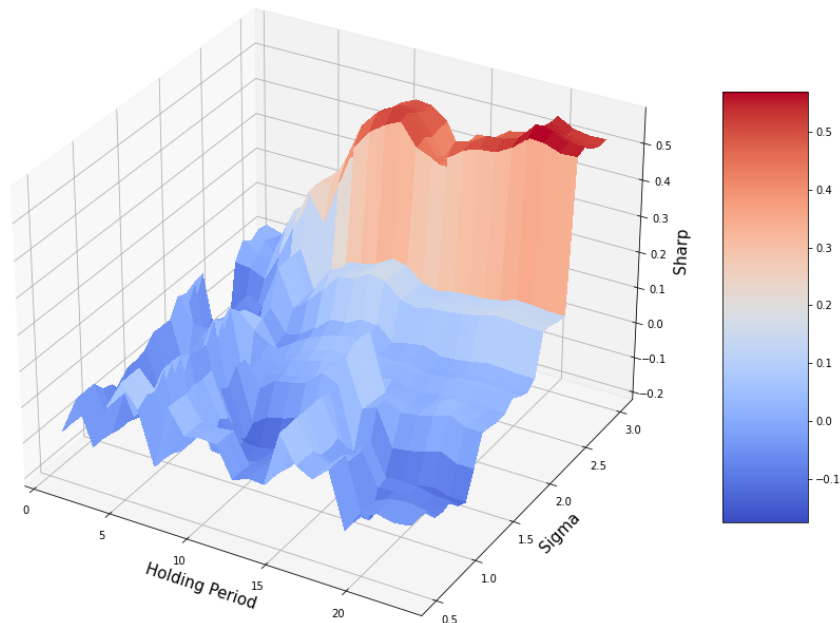
〈그림 5〉 Dynamic rolling-window

## 5.2 백테스팅 결과

본 연구에서는 진입/청산 규칙이 페어 트레이딩 전략의 수익성과 변동성에 미치는 영향력을 분석하였다. 수익성과 위험성을 평가하기 위한 지표로 Sharpe 지수와 Profit을 사용하였다. Profit은 진입시점마다 롱 포지션을 기준으로 100,000원을 고정적으로 투자하였을 때, 전체 투자기간 동안 포트폴리오에서 발생한 수익의 총합을 의미한다. Sharpe 지수는 한번의 진입/청산 사이클에서 발생한 손익을 고정 투자금액인 100,000원으로 나눈 수익률(HPR)을 월 단위로 환산한 후, 이를 표준편차로 나눠준 값에 해당한다.

〈그림 6〉은 포지션 보유기간(h)과 진입 기준(s)에 따른 페어 트레이딩 전략의 Sharpe 지수를 시각화

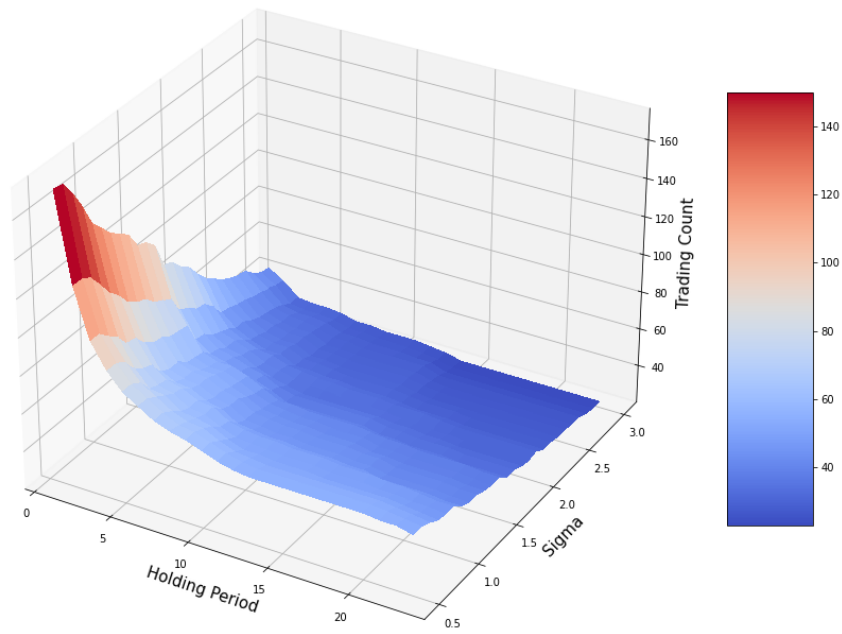
한 결과이다. 포지션 보유기간이 길어짐에 따라, 수익 실현 가능성이 높아지게 되어 Sharpe 지수가 증가하는 추세를 보인다. 또한, 진입 기준( $\sigma$ )이 높아질 수록 원점으로 회귀할 가능성이 증가하여 전략의 위험 대비 수익성이 개선되는 것을 확인할 수 있다.



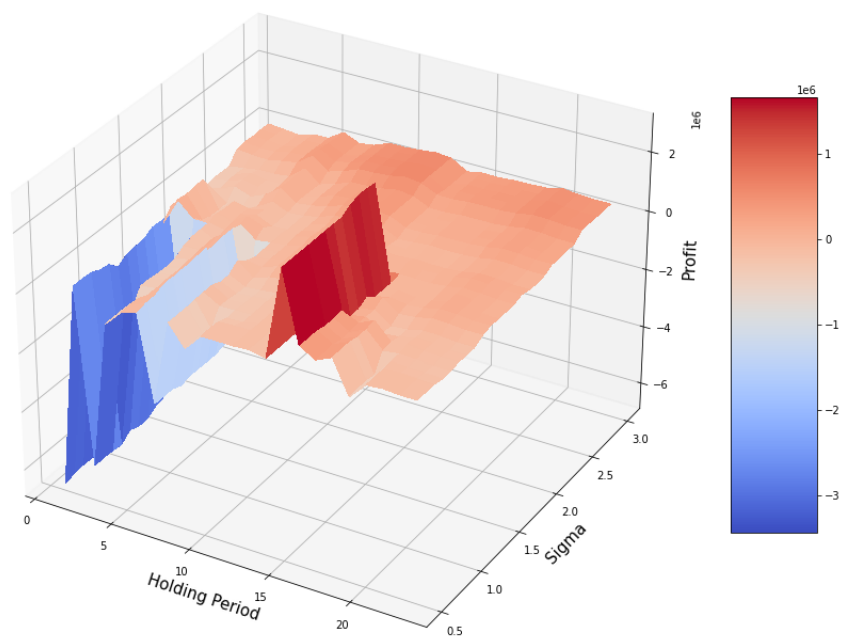
〈그림 6〉 보유기간과 진입기준에 따른 Sharpe 지수의 변화

〈그림 7〉은 포지션 보유기간(h)과 진입 기준( $\sigma$ )에 따른 포트폴리오의 전체 거래 횟수를 시각화한 결과이다. 포지션 보유기간이 짧을수록, 진입 기준이 낮을 수록, 자연스럽게 빈번한 거래가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 8〉은 포지션 보유기간(h)과 진입 기준( $\sigma$ )에 따른 포트폴리오의 수익성(profit)을 시각화한 결과이다. 보유기간이 짧고, 진입 기준이 낮은 경우, 빈번한 진입/청산으로 인해 손실이 발생하였다. Profit의 경우, 포지션 보유 기간에 특히 민감한 모습을 보인다. 보유기간이 일정 값(12개월)보다 큰 경우, 진입 기준에 관계없이 고르게 수익이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 예외적으로, 진입 기준이 큰 값을 갖는 경우에는 보유기간이 짧아도 스프레드가 빠르게 회귀하여 수익이 발생한 모습이다.



〈그림 7〉 보유기간과 진입기준에 따른 거래빈도의 변화



〈그림 8〉 보유기간과 진입기준에 따른 수익성(Profit)의 변화

## 6. 연구결과의 요약 및 한계

일반적으로 진입/청산 규칙은 페어 선정 규칙과 더불어 페어 트레이딩 전략의 수익성과 위험성을 결정하는 주요 지표이다. 본 연구에서는 진입/청산 규칙이 페어 트레이딩 전략에 구체적으로 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해, 포지션 보유기간(h)과 진입기준(s)으로 전략을 세분화하여 이를 분석하였다. 이를 통해, 실제 페어 트레이딩을 기반으로 하는 투자 전략 구현 시, 위험 대비 수익성을 극대화할 수 있을 것으로 기대한다.

하지만 본 연구에서는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다. 페어 트레이딩은 페어간 스프레드의 변화에 따라 청산 및 진입이 빈번히 발생하는 전략이다. 즉, 수수료 및 세금 등 매매에 따르는 비용이 투자 전략의 성과에 큰 영향을 받는다. 허나, 본 연구에서는 거래비용이 없다고 가정하였으며, 이에 따라 실제 실현과 수익과 괴리가 있을 수 있다. 또한, 본 연구의 투자 기간은 2019년 5월부터 2021년 5월으로, 비교적 짧은 기간을 통해 페어 트레이딩의 효과를 관찰하였다. 즉, 투자 기간이 확대됨에 따라 본 연구와 다른 결과가 도출될 가능성이 있다.

## 7. 참고문헌

엄윤성 “페어 트레이딩(Pairs Trading) 전략의 성과분석”, 금융지식연구 13권1호(2015), 75-101

김범수 “페어트레이딩 전략의 수익성 연구 : 해외 선물시장을 중심으로”, 한국경영과학회 vol.33(2016), 1-15

공적분(Cointegration), 2017년 2월 13일, [공적분\(Cointegration\) : 네이버 블로그 \(naver.com\)](#)

아마퀀트, 2012년 2월 24일, [8. 스프레드의 정상성 \(Stationarity\) : 네이버 블로그 \(naver.com\)](#)

공적분을 활용한 Pair Trading, 2019년 1월 25일, [\[Python\] 공적분을 활용한 Pair Trading \(mkjjo.github.io\)](#)

전치혁, 『시계열 분석 및 응용』, 자유아카데미(2020), 230-234p.