

Modern Portfolio Theory

MPT를 활용한 자산배분

Yonsei Investment Group

41기 황희원

July 2023

Table of Contents

I. Modern Portfolio Theory

II. Application to DB GAPS

I. Excel Implementation

I. Python Implementation

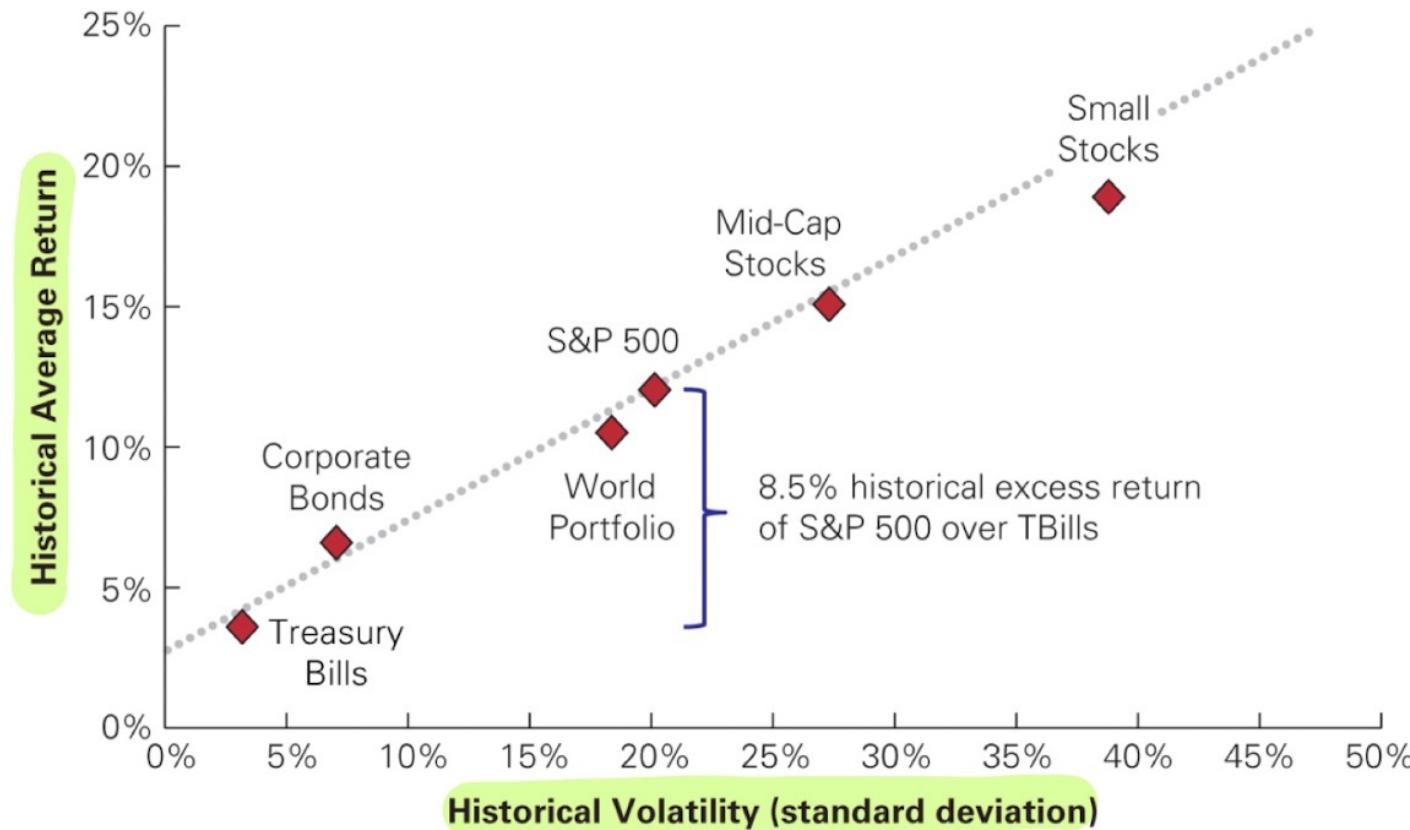




Harry Markowitz “남친짤”

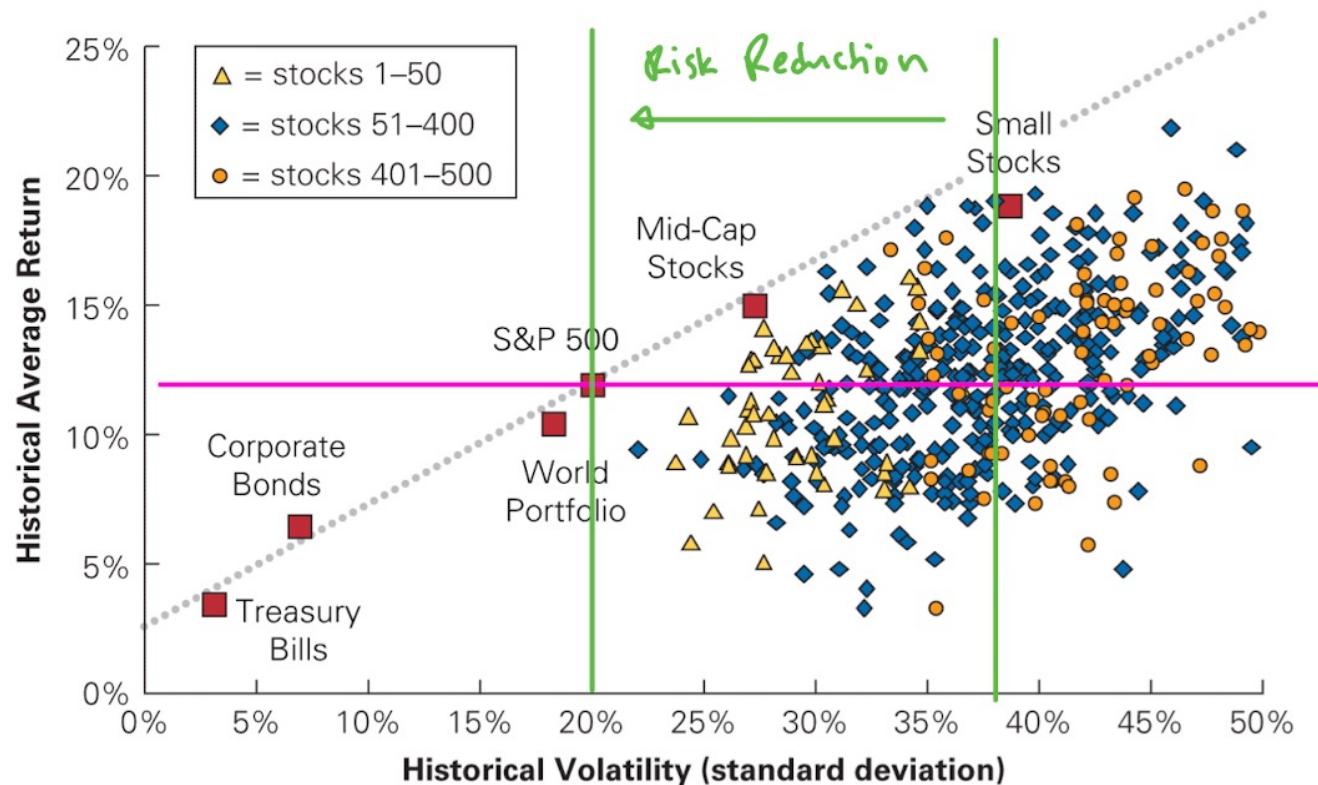
- “Portfolio Selection” by H. Markowitz (1952)
- **Risk-averse(위험회피형) 투자자에게 ‘최적’의 포트폴리오는?**
- 분산투자(diversification)을 통해 risk를 최소화하고 기대수익률을 극대화할 수 있는 포트폴리오
- N개의 자산으로 이루어진 포트폴리오의 기대수익률(expected return), 분산(variance), 상관관계(correlation)를 기반으로 ‘최적’의 포트폴리오 도출
- Nobel Prize

Diversification and Risk Reduction



- 자산 별 평균 수익률과 변동성(risk)의 관계는 양의 상관관계를 가짐 (변동성이 높은 자산일수록 평균 수익률이 높음).

Diversification and Risk Reduction



- S&P 500을 500개의 개별 종목으로 세분화해 분석 시 diversification의 risk 절감 효과를 확인할 수 있음.
- S&P 500의 평균 수익률과 500개 구성 종목의 평균 수익률은 유사하지만, S&P 500의 변동성(risk)은 구성 종목의 평균 변동성보다 낮음.
→ 즉, 500개 개별 주식의 분산투자 형태인 S&P 500은 diversification을 통해 risk를 절감.

- Notations: N assets, S possible states, $p(s)$ denotes the probability of state s , $r_i(s)$ denotes asset i 's return in state s
- The portfolio weight for asset i : $w_i = \frac{\text{value of asset } i}{\text{value of all assets in portfolio}}$
- The portfolio return r_p in state s : $r_p(s) = w_1 r_1(s) + w_2 r_2(s) + \cdots + w_N r_N(s)$
- Expected return of a portfolio P : $E(r_p) = \sum_{s=1}^S p(s)r_p(s)$ or $E(r_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i)$
- Variance of a two-asset portfolio P : $\sigma_p^2 = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2w_A w_B \text{Cov}(r_A, r_B)$
or
$$\sigma_p^2 = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2w_A w_B \rho_{A,B} \sigma_A \sigma_B$$

Modern Portfolio Theory

Portfolio's Expected Return and Variance

- Notations: N assets, S possible states, $p(s)$ denotes the probability of state s , $r_i(s)$ denotes asset i 's return in state s
- The portfolio weight for asset i : $w_i = \frac{\text{value of asset } i}{\text{value of all assets in portfolio}}$
- The portfolio return r_p in state s : $r_p(s) = w_1 r_1(s) + w_2 r_2(s) + \dots + w_N r_N(s)$
- Expected return of a portfolio P : $E(r_p) = \sum_{s=1}^S p(s)r_p(s)$ or $E(r_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(r_i)$
- Variance of a two-asset portfolio P : $\sigma_p^2 = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2w_A w_B \text{Cov}(r_A, r_B)$
or
$$\sigma_p^2 = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + 2w_A w_B \rho_{A,B} \sigma_A \sigma_B$$

Example: Portfolio(P) comprised of A(30%) and B(70%)

$$A : E(r_A) = 15\%, \quad \sigma_A = 25\%$$

$$B : E(r_B) = 7\%, \quad \sigma_B = 14\%$$

$$E(r_P) = 30\% * 15\% + 70\% * 7\% = 9.40\%$$

$$\sigma_p^2 = 0.3^2 * 0.25^2 + 0.7^2 * 0.14^2 + 2 * 0.3 * 0.7 * \rho_{A,B} * 0.25 * 0.14$$

Correlation between A and B

Modern Portfolio Theory

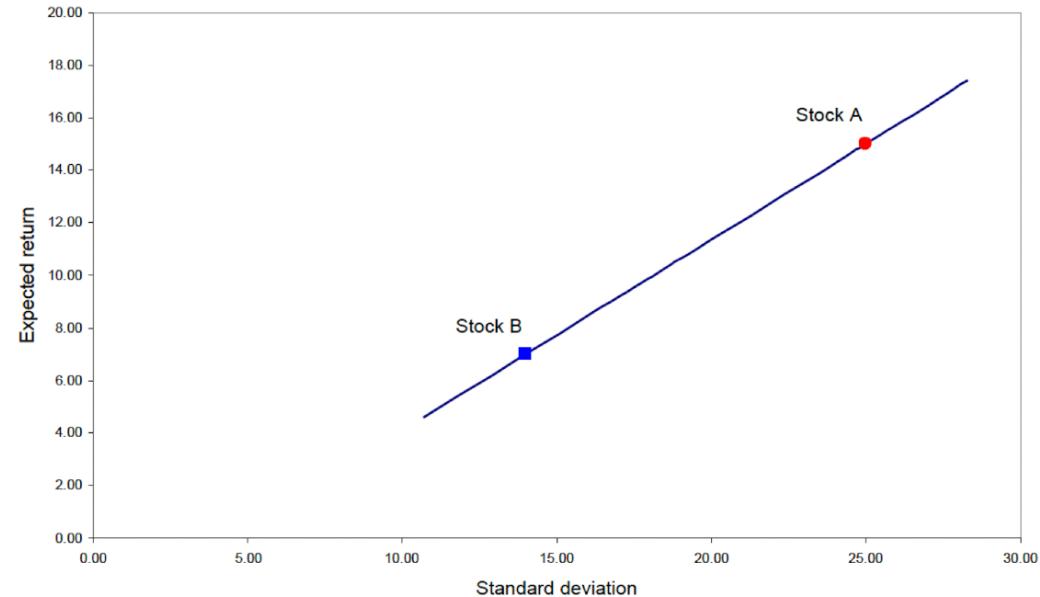
Portfolio's Expected Return and Variance: Effect of Correlation

Case 1: $\rho_{AB} = 1$

A : $E(r_A) = 15\%, \sigma_A = 25\%$

B : $E(r_B) = 7\%, \sigma_B = 14\%$

Case1: perfect positive correlation				
Weight	Weight	Weight	Expected	Standard
A	B	Sum	Return	Deviation
-0.30	1.30	1.00	4.60	10.70
-0.20	1.20	1.00	5.40	11.80
-0.10	1.10	1.00	6.20	12.90
0.00	1.00	1.00	7.00	14.00
0.10	0.90	1.00	7.80	15.10
0.20	0.80	1.00	8.60	16.20
0.30	0.70	1.00	9.40	17.30
0.36	0.64	1.00	9.87	17.95
0.40	0.60	1.00	10.20	18.40
0.46	0.54	1.00	10.67	19.05
0.56	0.44	1.00	11.47	20.15
0.66	0.34	1.00	12.27	21.25
0.76	0.24	1.00	13.07	22.35
0.86	0.14	1.00	13.87	23.45
0.96	0.04	1.00	14.67	24.55
1.00	0.00	1.00	15.00	25.00
1.06	-0.06	1.00	15.47	25.65
1.16	-0.16	1.00	16.27	26.75
1.26	-0.26	1.00	17.07	27.85
1.30	-0.30	1.00	17.40	28.30



- 상관관계가 1인 경우 (완전 양의 상관관계)
- A와 B의 가격 변동이 완벽히 일치함을 의미 → 선형 관계를 형성함.
- 포트폴리오의 변동성이 증가하면 기대수익률 또한 증가.

Modern Portfolio Theory

Portfolio's Expected Return and Variance: Effect of Correlation

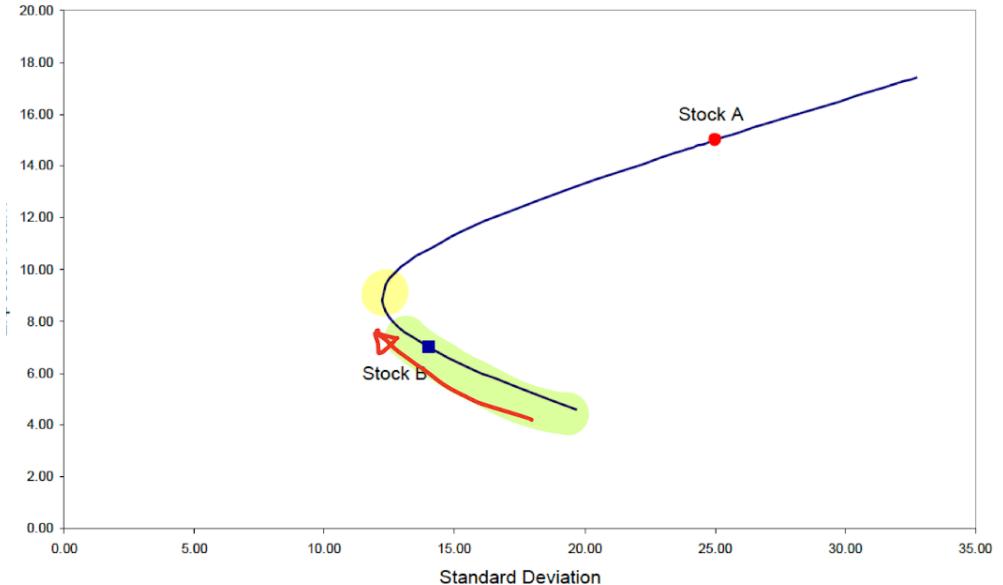
Case 2: $\rho_{AB} = 0$

A : $E(r_A) = 15\%$, $\sigma_A = 25\%$

B : $E(r_B) = 7\%$, $\sigma_B = 14\%$

Case2: No correlation				
Weight	Weight	Weight	Expected	Standard
A	B	Sum	Return	Deviation
-0.30	1.30	1.00	4.60	19.68
-0.20	1.20	1.00	5.40	17.53
-0.10	1.10	1.00	6.20	15.60
0.00	1.00	1.00	7.00	14.00
0.10	0.90	1.00	7.80	12.85
0.20	0.80	1.00	8.60	12.27
0.30	0.70	1.00	9.40	12.34
0.36	0.64	1.00	9.87	12.69
0.40	0.60	1.00	10.20	13.06
0.46	0.54	1.00	10.67	13.75
0.56	0.44	1.00	11.47	15.28
0.66	0.34	1.00	12.27	17.15
0.76	0.24	1.00	13.07	19.27
0.86	0.14	1.00	13.87	21.56
0.96	0.04	1.00	14.67	23.98
1.00	0.00	1.00	15.00	25.00
1.06	-0.06	1.00	15.47	26.49
1.16	-0.16	1.00	16.27	29.06
1.26	-0.26	1.00	17.07	31.68
1.30	-0.30	1.00	17.40	32.77

σ declines



- 상관관계가 0인 경우
- A와 B의 가격 변동이 서로 아무 연관성이 없음을 의미 → A, B의 가격이 함께 움직이는 방법에 일관된 패턴이 없음.
- 포트폴리오의 변동성 감소와 기대수익률 증가가 모두 가능한 구간 존재.

Modern Portfolio Theory

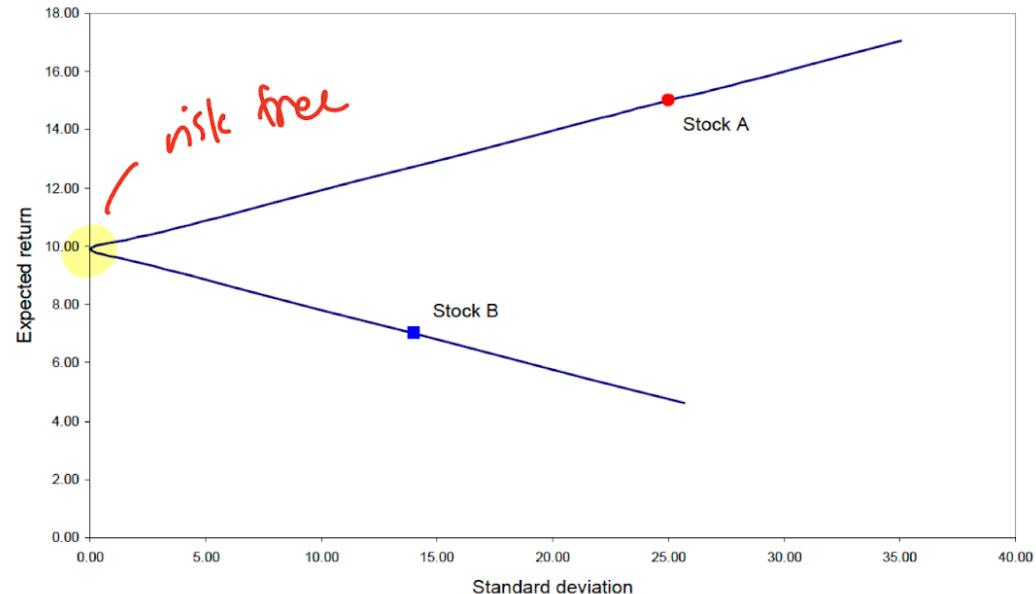
Portfolio's Expected Return and Variance: Effect of Correlation

Case 3: $\rho_{AB} = -1$

$A : E(r_A) = 15\%, \sigma_A = 25\%$

$B : E(r_B) = 7\%, \sigma_B = 14\%$

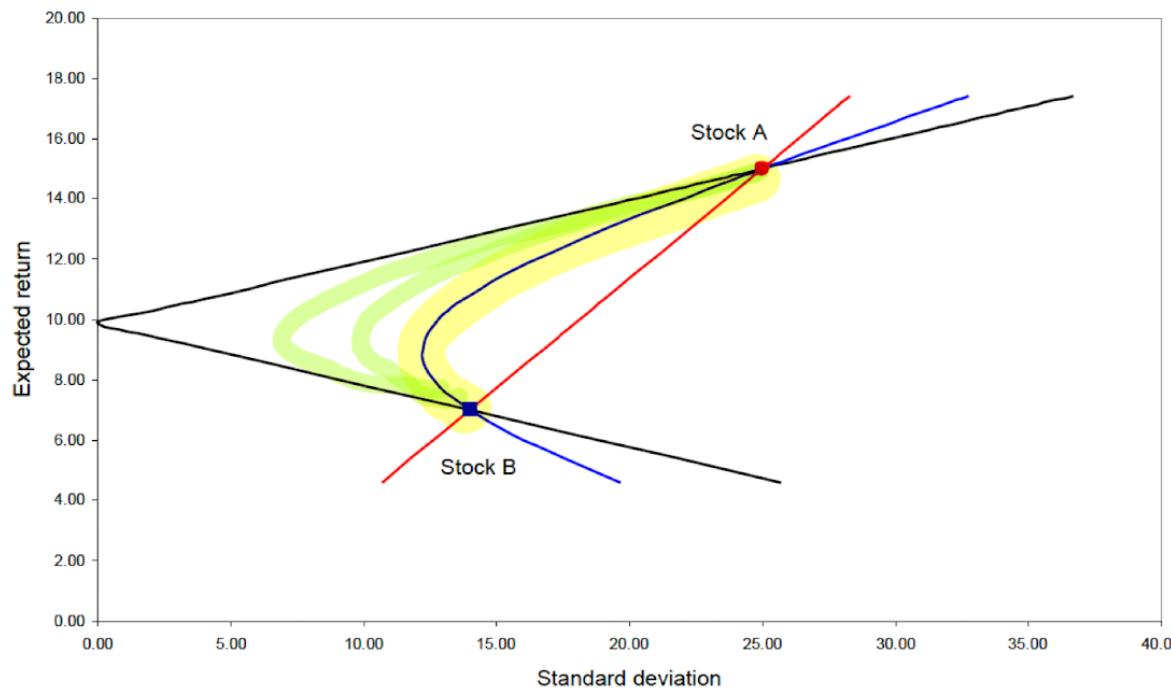
Case3: perfect negative correlation					
Weight	Weight	Weight	Expected Return	Standard Deviation	
A	B	Sum			
-0.30	1.30	1.00	4.60	25.70	
-0.20	1.20	1.00	5.40	21.80	
-0.10	1.10	1.00	6.20	17.90	
0.00	1.00	1.00	7.00	14.00	
0.10	0.90	1.00	7.80	10.10	
0.20	0.80	1.00	8.60	6.20	
0.30	0.70	1.00	9.40	2.30	
0.36	0.64	1.00	9.87	0.00	risk free
0.40	0.60	1.00	10.20	1.60	
0.46	0.54	1.00	10.67	3.90	
0.56	0.44	1.00	11.47	7.80	
0.66	0.34	1.00	12.27	11.70	
0.76	0.24	1.00	13.07	15.60	
0.86	0.14	1.00	13.87	19.50	
0.96	0.04	1.00	14.67	23.40	
1.00	0.00	1.00	15.00	25.00	
1.06	-0.06	1.00	15.47	27.30	
1.16	-0.16	1.00	16.27	31.20	
1.26	-0.26	1.00	17.07	35.10	
1.30	-0.30	1.00	17.40	36.70	



- 상관관계가 -1인 경우 (완전 음의 상관관계)
- A와 B의 가격 변동이 완벽히 반대됨을 의미 → A의 가격이 오르면 B의 가격은 떨어짐.
- 포트폴리오의 변동성 감소와 기대수익률 증가가 모두 가능한 구간이 존재하는 것을 넘어 0 risk 포트폴리오 구축 가능.

Modern Portfolio Theory

Minimum Variance Frontier (MVF)



Weight	Weight	Weight	Expected Return	Standard Deviation
A	B	Sum		
-0.30	1.30	1.00	4.60	10.70
-0.20	1.20	1.00	5.40	11.80
-0.10	1.10	1.00	6.20	12.90
0.00	1.00	1.00	7.00	14.00
0.10	0.90	1.00	7.80	15.10
0.20	0.80	1.00	8.60	16.20
0.30	0.70	1.00	9.40	17.30
0.36	0.64	1.00	9.87	17.95
0.40	0.60	1.00	10.20	18.40
0.46	0.54	1.00	10.67	19.05
0.56	0.44	1.00	11.47	20.15
0.66	0.34	1.00	12.27	21.25
0.76	0.24	1.00	13.07	22.35
0.86	0.14	1.00	13.87	23.45
0.96	0.04	1.00	14.67	24.55
1.00	0.00	1.00	15.00	25.00
1.06	-0.06	1.00	15.47	25.65
1.16	-0.16	1.00	16.27	26.75
1.26	-0.26	1.00	17.07	27.85
1.30	-0.30	1.00	17.40	28.30

- MVF: 구성 자산의 조합이 달성할 수 있는 기대수익률마다 변동성을 최소화하는 포트폴리오의 집합.
- 특정 기대수익률을 기준으로 최소 변동성을 갖는 포트폴리오(MVP)의 자산 비중 계산 → 달성 가능한 모든 기대수익률에 반복.
- $-1 \leq \rho \leq 1$ 이기 때문에 모든 MVF는 삼각영역 안에 존재함.
- 두 자산의 상관관계가 낮을수록 diversification으로부터 얻는 benefit이 커짐.

Source: Investment Theory, YIG

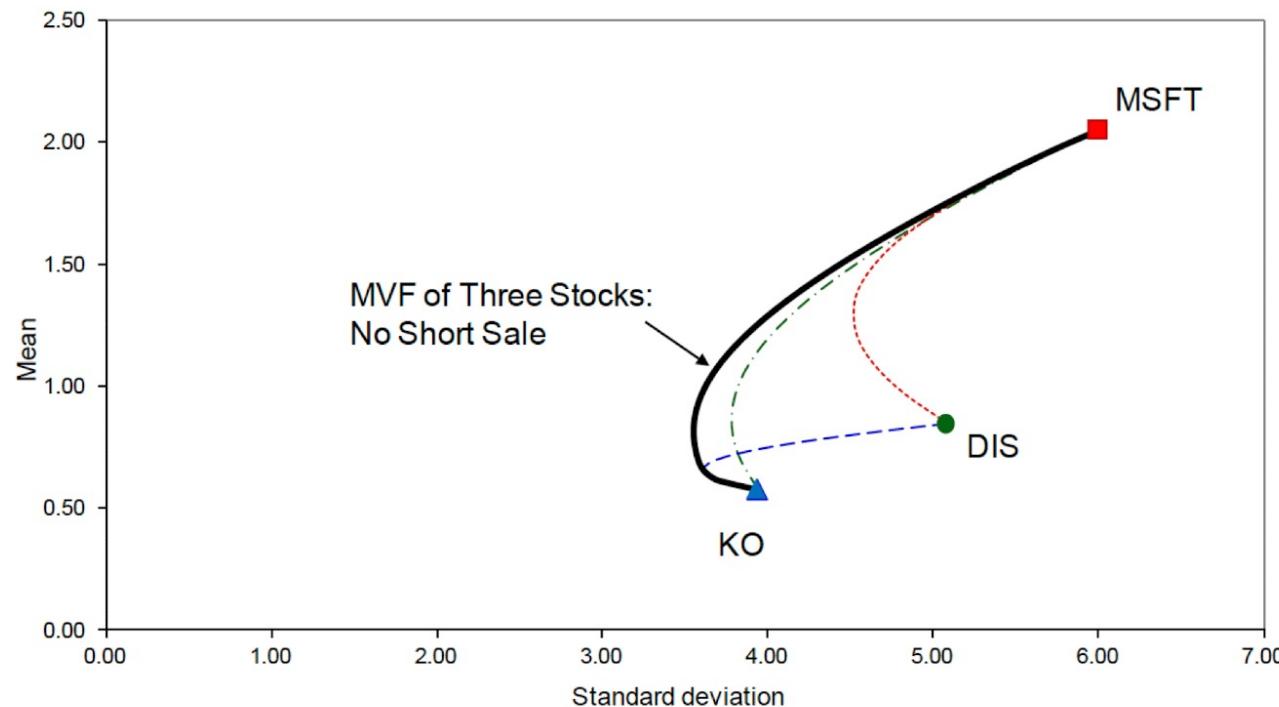
Modern Portfolio Theory

Minimum Variance Frontier (MVF): Three-Asset Portfolio

		MSFT	KO	DIS
Mean		2.05	0.57	0.85
Stdev		6.01	3.94	5.09
Correlation	MSFT		0.38	0.36
	KO			0.37

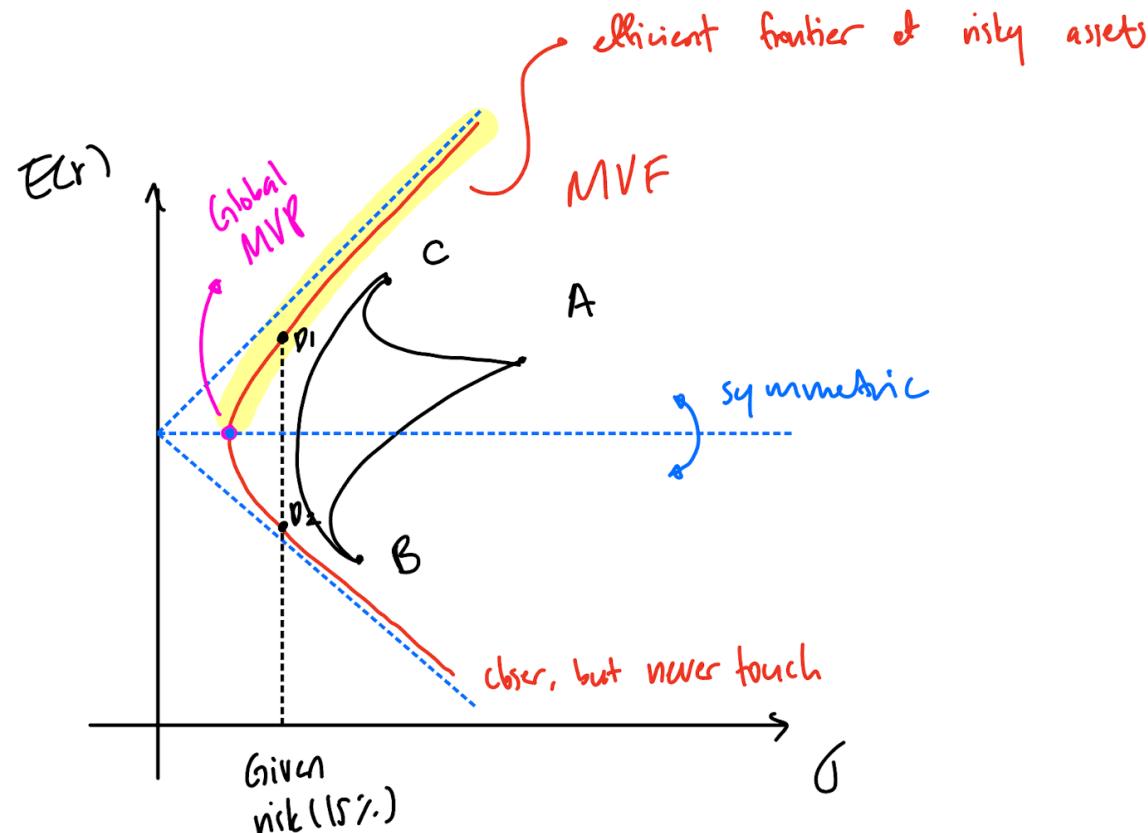
$$E(r_P) = w_A E(r_A) + w_B E(r_B) + w_C E(r_C)$$

$$\sigma^2_P = w_A^2 \sigma_A^2 + w_B^2 \sigma_B^2 + w_C^2 \sigma_C^2 + 2w_A w_B \rho_{A,B} \sigma_A \sigma_B + 2w_B w_C \rho_{B,C} \sigma_B \sigma_C + 2w_A w_C \rho_{A,C} \sigma_A \sigma_C$$



Source: Investment Theory, YIG

Minimum Variance Frontier (MVF): All Risky Assets



- 시장에 있는 모든 risky asset으로 구성된 포트폴리오의 MVF는 'Global MVP'를 기준으로 대칭인 hyperbola임.
- MVF는 'Global MVP' 기준 상단이 최적 MVP들을 담은 'Efficient MVF'가 됨.
- 같은 변동성을 갖는 두개의 포트폴리오 중 기대수익률이 높은 포트폴리오로 구성되었기 때문.

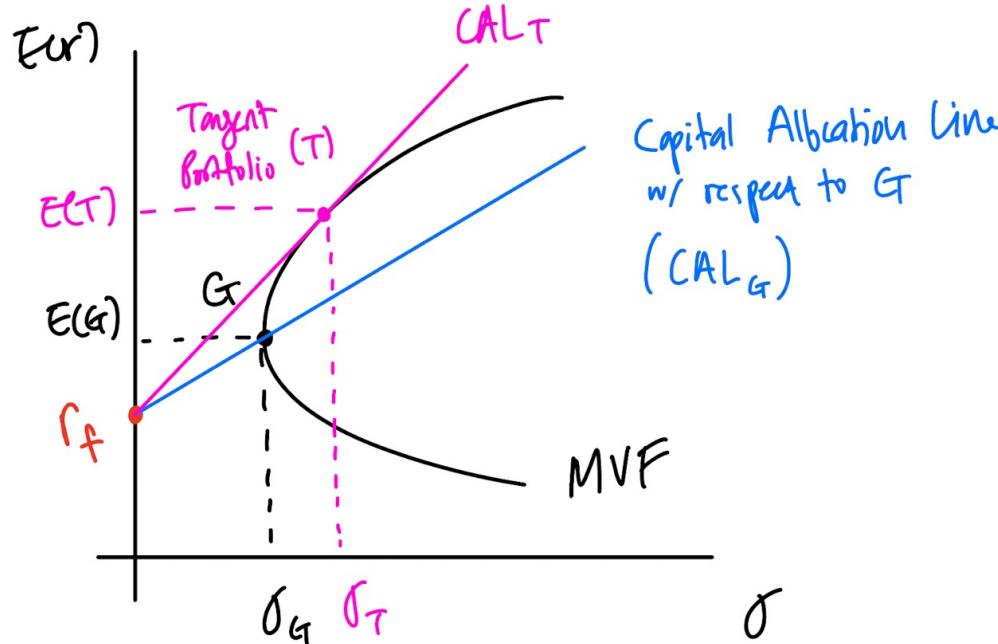




James Tobin “훈남짱”

- J. Tobin (1958)
- **Risky asset과 ‘Risk-free asset’을 동시에 포함하는 포트폴리오는?**
- 포트폴리오 선정은 2-step으로 가능:
 - 1) Risky asset만으로 구성된 최적 포트폴리오(Optimal Risky Portfolio) 도출
 - 2) Optimal Risky Portfolio와 risk-free asset 각각 비중 선정 (투자자의 risk aversion 기반)

Separation Property: Step 1



r_f 와 T 를 지나는 직선(CAL_T)의 공식:

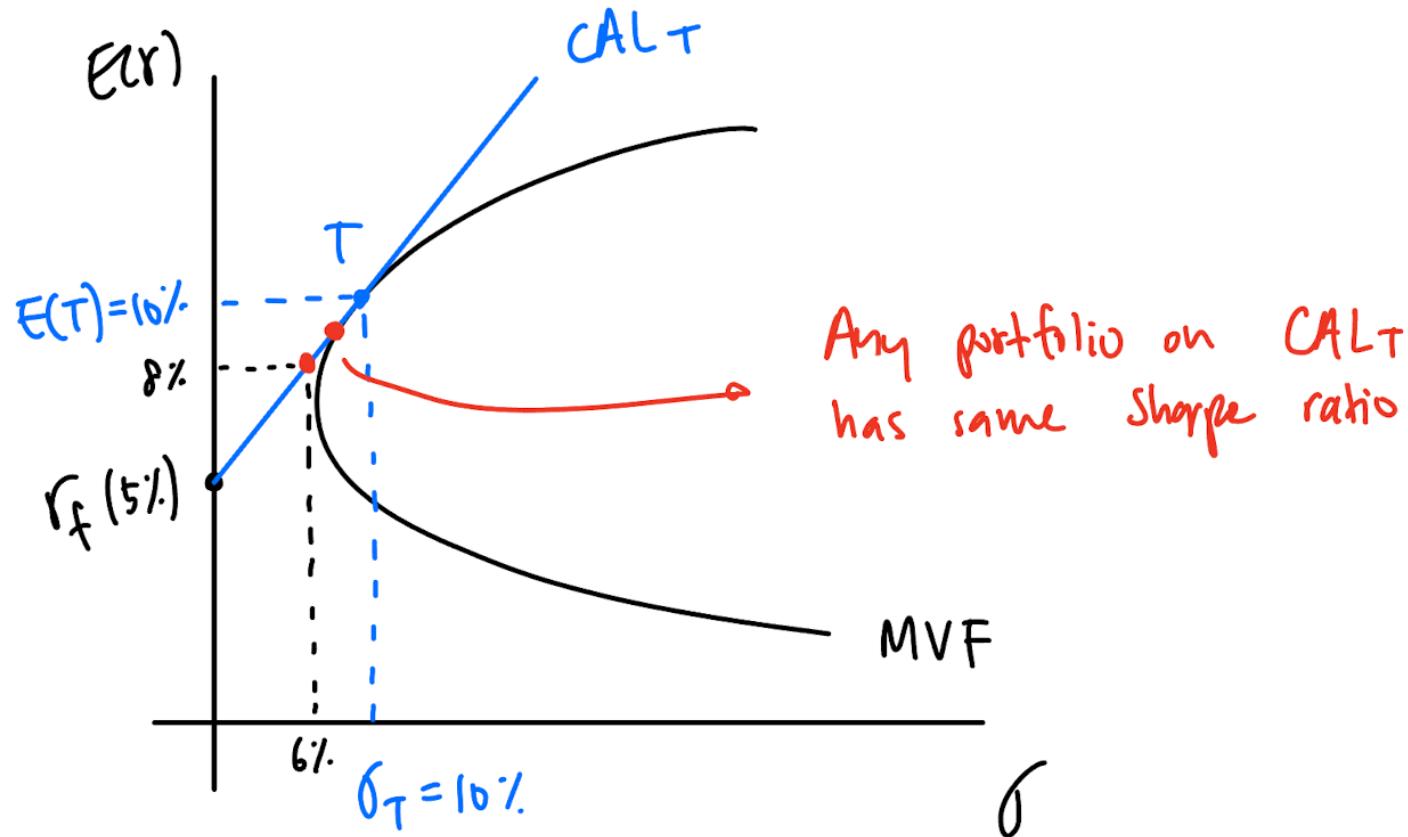
$$E(r_P) = r_f + \left[\frac{E(r_T) - r_f}{\sigma_T} \right] * \sigma_P$$



Sharpe Ratio of T

- Optimal Risky Portfolio는 어디에?
- Risky asset으로 구성된 모든 최소분산 포트폴리오(MVP)는 MVF위에 있음 → 이 중 최적의 포트폴리오는?
- Remember: 최종 포트폴리오는 Optimal Risky Portfolio와 risk-free asset으로 구성 → 즉, MVP 중 risk-free asset과 조합이 가장 좋은 것이 Optimal Risky Portfolio.
- Optimal Risky Portfolio = risk-free asset과 MVP를 지나는 직선(CAL) 중 기울기가 가장 가파른 직선을 만드는 MVP → 접선 위에 있는 포트폴리오(Tangent Portfolio).
- 해당 과정은 Sharpe Ratio가 가장 큰 포트폴리오를 찾는 과정과 동일.

Separation Property: Step 2



- Optimal Risky Portfolio 도출 후 Optimal Risky Portfolio, risk-free asset 각각의 비중 선정.
- → CAL_T 위 있는 점 선정.
- T에 가까울수록 위험자산의 비중이 많아짐 → risk aversion이 낮은 투자자에게 적합.

Application to DB GAPS

DB GAPS

▣ 투자가능 국내 상장 ETF

구분	축약명	상품명	추종지수	자산기준		상품기준	
				상한	하한	상한	하한
자산군	국내주식	KOSPI	KODEX 200	40	10	40	0
		KOSDAQ	TIGER 코스닥150			20	0
	해외주식	S&P 500	TIGER 미국S&P500선물(H)	40	10	20	0
		STOXX 50	TIGER 유로스탁스50(합성,H)			20	0
		Nikkei 225	ACE 일본 Nikkei225(H)			20	0
		CSI 300	TIGER 차이나CSI300			20	0
	국내채권	국채 10년	KOSEF 국고채10년	60	20	50	0
		우량회사채	KBSTAR 중기우량회사채(**)			40	0
	해외채권	해외채권	TIGER 단기선진하이일드(합성, H)	20	5	40	5
	원자재	금	KODEX 골드선물(H)			15	0
		WTI	TIGER 원유선물Enhanced(H)			15	0
리스크 관리 수단	Inverse	KOSPI Short	KODEX 인버스	20	0	20	0
	FX	US Long	KOSEF 미국달러선물	20	0	20	0
		US Short	KOSEF 미국달러인버스선물		0	20	0
	현금	MMF	KOSEF 단기자금	50	1	0	
		Cash	현금				1

* ETF 상품별 운용사 : KODEX(삼성자산운용), TIGER(미래에셋자산운용), KBSTAR(KB자산운용), KOSEF(기움자산운용), ACE(한국투자신탁운용)

** KBSTAR 우량회사채 분배금 : **권리기준일 보유비중에 분배금수익률 곱하여 지급기준일에 현금으로** 지급

*** KOSPI Short 비중범위 상한은 국내주식 편입비중을 기준으로 하며 최대 20%를 넘을 수 없음

DB GAPS



Application to DB GAPS

Excel Implementation

구분 축약명	국내주식					해외주식					국내채권			해외채권		원자재		Inverse		FX		현금
	KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF							
2023/05/28	0.00341804	-0.0026657	0.00251388	-0.0009924	0.00357398	0.00692595	-0.0021781	-0.0008631	0	-0.0035447	-0.0281518	-0.0032967	-0.0010453	0.00167879	0							
2023/06/04	0.00233816	0.02296687	0.00257043	-0.0159713	0.00796439	-0.0016094	0.01251992	0.00240451	0.00371747	0.02232855	-0.0213033	-0.0033482	-0.0153364	0.01453326	0.00092444							
2023/06/11	0.00973979	0.02733653	0.00081119	0	-0.0004552	-0.012419	-0.0028495	0.00057636	-0.0036825	0.01032566	-0.0249066	-0.0101237	-0.0126939	0.01268616	0.00063199							
2023/06/18	0.00115925	-0.0050161	0.02470007	0.0151117	0.03847024	0.02362637	-0.0057942	-4.81E-05	0.00244898	-0.0007877	0.01827676	-0.0011274	-0.0118153	0.01196953	0.00048579							
2023/06/25	-0.0133896	-0.0218795	-0.0101799	-0.0219426	-0.0199737	-0.0210811	-0.0015457	-0.000192	-0.0040833	-0.0209569	-0.0319285	0.01233184	0.0190442	-0.0194595	0.00063119							
2023/07/02	-0.0030823	-0.0109449	0.01071071	0.01649621	0.017048	0.01603982	-0.0075198	-0.0013483	0.00451189	-0.0100563	0.00522193	0.00221976	0.0105671	-0.0099174	0.0004852							
2023/07/16	0.04874379	0.05189547	0.02749552	0.04008084	0.00797812	0.00438116	0.01377753	0.00429869	0.01554192	0.01733172	0.0447205	-0.0475676	-0.0316233	0.03031974	0.00101794							
2023/07/23	-0.0096486	0.07660021	0.00825483	-0.005829	0.00478142	0.00945495	0.00222384	0.00014428	-0.0056497	0.00793966	0.02689487	0.01131222	0.01339609	-0.0133618	0.00072632							
2023/07/30	0.0017336	0.03281853	0.0051104	0.00617284	0.00022442	0.03625209	-0.0030329	0.00024048	-0.002826	0.00039573	0.02488152	-0.0033708	-0.0035791	0.00432666	4.84E-05							

Source: Quantewise, YIG



Application to DB GAPS

Excel Implementation

	KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF
Return	0.41%	1.71%	0.72%	0.33%	0.60%	0.62%	0.06%	0.05%	0.10%	0.23%	0.14%	-0.43%	-0.33%	0.33%	0.05%
STDV	0.01701633	0.03093974	0.01142159	0.01765991	0.01482176	0.01669462	0.00717208	0.00165179	0.00616358	0.012777954	0.02702055	0.01666732	0.01525418	0.01492347	0.00037094
corr	KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF
KOSPI	1	0.37509997	0.64523933	0.77813555	0.16941301	0.03591579	0.59461682	0.79906403	0.82917987	0.575406105	0.47153268	-0.998355	-0.8584868	0.85241585	0.37530811
KOSDAQ	0	1	0.33054057	0.22955381	-0.0033857	0.18501	0.52605877	0.53333092	0.0714787	0.703894491	0.5871367	-0.3470446	-0.3144812	0.30837691	0.40931701
S&P 500	0	0	1	0.86858501	0.78504069	0.53243446	0.21407693	0.43519407	0.71241198	0.397215648	0.78010315	-0.6286805	-0.6147167	0.61857018	0.32121549
STOXX 50	0	0	0	1	0.53737059	0.46857858	0.11096064	0.37849815	0.76255734	0.248004698	0.73928694	-0.7720435	-0.5915471	0.59940876	0.12201292
Nikkei 225	0	0	0	0	1	0.60273054	-0.1468759	-0.0055863	0.39021826	0.244450077	0.43840059	-0.1599811	-0.3767796	0.39163922	0.07108787
CSI 300	0	0	0	0	0	1	-0.2670908	-0.1567375	0.11537358	0.050546922	0.64167475	-0.040645	-0.1195328	0.14547159	-0.37295951
국채 10년	0	0	0	0	0	0	1	0.90932173	0.55240717	0.742972572	0.20787658	-0.586537	-0.5794163	0.55433671	0.62871157
우량회사채	0	0	0	0	0	0	0	1	0.67132508	0.758523544	0.37812346	-0.7975001	-0.7860214	0.76493184	0.67087059
해외채권	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.400268562	0.44721112	-0.8318037	-0.7011828	0.69231026	0.41553428
금	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.30125771	-0.5659002	-0.7598659	0.75367577	0.48594175
WTI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.4525881	-0.3219078	0.32369298	0.16960708
KOSPI Short	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.86556877	-0.8600166	-0.3643142
US Long	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.9992849	-0.3346835
US Short	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.30734706
MMF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Weight	KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF
	0	0.18596643	0.2	0	0.2	0	0	0	0.15	0.05	0.05	0	0	0.15403357	0
STDV	KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF
KOSPI	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KOSDAQ	x	8.6889E-06	0	-1.155E-07	0	0	1.5206E-06	2.5349E-07	5.17512E-06	0	0	-8.503E-06	0	0	
S&P 500	x	0	1.0632E-05	0	0	0	4.9263E-07	1.003E-06	1.15943E-06	0	0	-6.599E-06	0	0	
STOXX 50	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nikkei 225	x	0	0	0	0	0	-8.206E-09	7.1297E-07	9.25936E-07	0	0	-5.249E-06	0	0	
CSI 300	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
국채 10년	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
우량회사채	x	0	0	0	0	0	1.0252E-07	2.40147E-07	0	0	-9.152E-07	0	0	0	
해외채권	x	0	0	0	0	0	1.57622E-07	0	0	0	-1.015E-06	0	0	0	
금	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.281E-06	0	0	0	
WTI	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
KOSPI Short	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
US Long	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
US Short	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MMF	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6.3778E-06														

Source: YIG



Application to DB GAPS

Excel Implementation

Constraints		KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF	현금	
T	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4	0.15	0.15	0.2	0.2	0.2	0.49 =		
B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.01		
T	0.4			0.4				0.6			0.2			0.2				
B	0.1			0.1				0.2			0.05							
국내주식		해외주식		국내채권		해외채권		원자재		Inverse		FX		현금		Weight	Standard	
KOSPI	KOSDAQ	S&P 500	STOXX 50	Nikkei 225	CSI 300	국채 10년	우량회사채	해외채권	금	WTI	KOSPI Short	US Long	US Short	MMF	Sum	Deviation	Return	Sharpe
0.000%	18.597%	20.000%	0.000%	20.000%	0.000%	0.000%	15.000%	5.000%	5.000%	0.000%	0.000%	15.403%	0.000%	0.000%	99%	0.00771844	0.555%	0.654572747
0.185966426			40.000%				0.2		0.05		0.154033574						0.698%	max expected return
std	0	3.3106E-05	5.2181E-06	0	8.7874E-06	0	0	6.139E-08	9.4974E-08	4.0819E-07	0	0	5.5209E-06	0	0	5.3197E-05	0.143%	lost return
rtn	0.00%	0.32%	0.14%	0.00%	0.12%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	-0.05%	0.00%	0.00%	0.55%		

Source: YIG



Application to DB GAPS

Python Implementation

The screenshot shows a Jupyter Notebook interface with the following details:

- File Bar:** Contains icons for file operations like Open, Save, Find, Copy, Paste, and Delete.
- Title Bar:** Shows the file name "mpt_2.py — Quant".
- Code Area:** Displays Python code for a class named MPT. The code includes methods for initializing parameters, calculating percentage change, and setting up a DataFrame for price data. It also includes a setup function that downloads historical data for each ticker in the portfolio and concatenates them into a single DataFrame.
- Output Area:** Shows the execution results of the code:
 - Input: Enter analysis period(mo): 2
 - Input: Enter risk-free rate: 0.000495125
 - Message: message: Optimization terminated successfully
 - Status: success: True
 - Status: status: 0
 - Function Value: fun: -0.654572204141003
 - Parameter Values: x: [4.213e-16 1.856e-01 ... 3.863e-16 1.391e-04]
 - Iteration Count: nit: 6
 - Jacobian: jac: [1.753e-02 -5.477e-02 ... 4.801e-02 -5.151e-02]
 - NFEV: nfev: 96
 - NJEV: njev: 6
 - Residual Vector: [4.21253407e-16 1.85631594e-01 2.00000000e-01 -6.96757067e-16
2.00000000e-01 -6.20814164e-16 3.22860697e-16 1.50000000e-01
5.00000000e-02 5.00000000e-02 5.62293058e-16 -2.37459071e-16
1.54229320e-01 3.8629030e-16 1.39086522e-04]
- Bottom Navigation:** Includes tabs for PROBLEMS, OUTPUT, DEBUG CONSOLE, and TERMINAL. The TERMINAL tab is currently selected.
- Right Sidebar:** Shows a tree view of the current workspace with two Python environments listed.
- Bottom Status Bar:** Displays the current line (Ln 86), column (Col 39), and other system information.

Source: YIG



Application to DB GAPS

Model in Action



순위	팀명	NAV	누적 수익률
1	OldDart	10,524,322,347	5.243
2	아자아자	10,447,155,272	4.472
3	막내즈	10,409,070,338	4.091
4	DWYI	10,385,117,837	3.851
5	YIG파생상품	10,382,145,193	3.821

Source: YIG

