

Market Expectations and Structural Changes in Fed Policy: Evidence from CME FedWatch During the 2024-2025 Transition Period

20200573 엄태준

1. Introduction

1.1 Research Motivation

2024년 하반기부터 2025년은 글로벌 통화정책사에서 특수한 전환기로 기록될 것이다. 2022년 3월부터 시작된 연준의 급격한 긴축 사이클이 2024년 9월 첫 금리 인하로 전환되었고, 시장 참여자들은 이후 정책 경로에 대한 기대를 급격히 조정해야 했다. 그러나 초기의 공격적인 인하 기대는 연준의 신중한 접근과 충돌하며, 시장은 상당한 예측 오차를 경험했다.

본 연구는 이 특수한 전환기(2024년 9월~2025년 12월)를 대상으로 시장의 금리 기대 형성 메커니즘을 분석한다. 연구의 목적은 미래 예측이 아니라, 해당 기간 동안 시장이 어떤 정보에 반응했고, 어떻게 기대를 조정해 나갔으며, 2024년 12월 점도표(Dot Plot)가 어떤 구조적 변화를 유발했는지를 설명하는 데 있다.

이러한 회고적(retrospective) 분석은 세 가지 측면에서 의의가 있다. 첫째, 통화정책 전환기에서 시장 기대의 동학(dynamics)을 이해함으로써 향후 유사한 국면에 대한 통찰을 제공한다. 둘째, 명시적 포워드 가이드런스(Dot Plot)의 정보 효과를 정량적으로 검증한다. 셋째, 고차원 금융·거시 변수 중 정책 기대에 실제로 영향을 미치는 핵심 요인을 식별한다.

1.2 Research Questions

본 연구는 다음 세 가지 질문에 답하고자 한다.

첫째, 예측 horizon에 따라 시장의 정보 처리 방식은 어떻게 달라지는가?

효율적 시장 가설(EMH)에 따르면 모든 가용 정보는 즉시 가격에 반영되어야 한다. 그러나 회의 임박 시점과 원거리 시점에서 시장이 활용하는 정보 집합은 질적으로 다를 수 있다. 초단기에서는 이미 상당 부분 확정된 정보를, 장기에서는

불확실성이 큰 거시경제 전망을 반영해야 하기 때문이다.

둘째, 2024년 12월 점도표는 시장 반응 함수에 구조적 변화를 유발했는가?

Campbell et al.(2012)의 Odyssean forward guidance 이론에 따르면, 명시적 정책 경로 제시를 시장의 불확실성을 줄이고 기대 형성 구조를 변화시킨다. 2024년 12월 FOMC에서 연준은 2025년 인하 횟수를 4회에서 2회로 하향 조정한 점도표를 발표했고, 이는 시장의 과도한 완화 기대를 재조정하는 계기가 되었다.

셋째, 시장은 초기 예측 오차를 어떻게 학습을 통해 수정해 나갔는가?

2024년 9월 시점에서 시장은 2025년 말까지 누적 약 200bp 이상의 인하를 기대했으나, 실제 경로는 이보다 완만했다. 이러한 체계적 오차가 시간에 따라 어떻게 축소되었는지, 그리고 어떤 이벤트가 학습을 촉진했는지를 분석한다.

1.3 Contribution

본 연구의 기여는 다음과 같다.

방법론적 기여: Bang, Ryu, Webb(2024)가 term spread 예측에 적용한 LASSO 접근법을 정책 기대 변화(d_Exp_Rate) 분석에 확장한다. 고차원 금융·거시 변수에서 변수 선택과 계수 추정을 동시에 수행하며, post-LASSO HAC OLS를 통해 해석 가능한 통계적 추론을 제공한다.

실증적 기여: Schmeling et al.(2022)이 장기간 패널 데이터에서 보인 expectation errors 패턴이 2024-2025년 단일 easing 사이클의 FedWatch 데이터에서도 재현됨을 보인다. 특히 Mincer-Zarnowitz $\beta < 1$ 의 체계적 바이어스가 이 기간에도 존재함을 확인한다.

정책적 함의: Hansen et al.(2023)이 FedSpeak 텍스트 분석을 통해 보인 "투명성 \rightarrow expectation errors 축소" 경로가, 점도표라는 시각적·수치적 포워드 가이드언스에서도 작동함을 실증한다.

2. Literature Review

2.1 Policy Expectations, Surprises, and the Path Factor

통화정책 기대에 관한 현대적 연구는 Kuttner(2001)의 Fed funds futures 기반 정책

서프라이즈 측정에서 시작된다. Gürkaynak, Sack, Swanson(2005)은 이를 발전시켜 정책 서프라이즈를 level(현재 금리 결정), path(미래 정책 경로), timing(발표 시점) 세 요소로 분해하고, 특히 path factor가 장기 금리와 자산가격에 지배적인 영향을 미친다는 점을 보였다.

Sack(2005)은 Fed funds futures에서 회의별 기대 금리와 정책 서프라이즈를 정교하게 추출하는 방법론을 제시했다. 본 연구는 이 전통을 계승하되, 선물가격 대신 CME FedWatch의 이산 확률분포를 사용한다는 점에서 차별적이다. FedWatch는 Fed funds futures 가격을 25bp 단위의 금리 시나리오별 확률로 변환하여 제공하므로, 시장 참여자들이 실제로 인지하는 정책 기대를 보다 직관적으로 포착할 수 있다.

최근 "Watching the FedWatch"(2025) 연구는 FedWatch Tool이 FOMC 30일 전 기준 약 88%의 결정 정확도를 보인다고 보고했다. 이는 FedWatch가 정책 기대 측정 도구로서 유효함을 뒷받침하지만, 본 연구는 예측 정확도 자체보다 예측 오차의 구조(편향, horizon 의존성, 구조적 변화)에 초점을 맞춘다.

2.2 Expectation Errors and Systematic Bias

단기금리 기대가 체계적 편향을 보인다는 사실은 오랜 기간 문헌에서 확인되어 왔다. ECB Working Paper 977은 1·3·6·12개월 horizon에서 단기금리 예측이 horizon이 길수록 오차와 바이어스가 커지며, Expectations Hypothesis(EH) 기반 예측도 random walk보다 크게 낮지 못하다는 점을 보였다.

Schmeling, Schrimpf, Steffensen(2022)은 OIS와 서베이 기대를 이용해 정책 기대 오차(expectation errors)를 분해하고, 이러한 오차가 중앙은행 반응함수의 Taylor rule 편차와 금융여건에 의해 설명됨을 보였다. 그들은 Mincer-Zarnowitz 검정을 통해 단기금리 기대가 $\beta < 1$ 의 바이어스, 즉 예상된 변화 대비 실현된 변화가 작다는 점을 확인했다.

Cieslak(2018) 및 관련 문헌도 단기금리 기대가 장기간에 걸쳐 체계적 바이어스를 보인다는 결과를 제시한다. 본 연구에서 2024-2025년 FedWatch 기대에 대해 추정된 Mincer-Zarnowitz $\beta = 0.367 (\approx 0.37)$ 은 이러한 선행연구와 정합적이며, 시장이 인하 폭을 구조적으로 과대평가했다는 강한 증거를 제공한다. 특히 ECB Working Paper 977 및 Schmeling et al.(2022)이 보고한 Mincer-Zarnowitz 기울기(대략 0.5~0.8

범위)와 비교하면, 본 연구의 FedWatch 기반 $\beta = 0.367 (\approx 0.37)$ 은 2024–2025 easing 국면에서 편향이 더 강하게 나타난 사례로 해석할 수 있다.

2.3 Central Bank Transparency and Forward Guidance

중앙은행 투명성이 시장 기대에 미치는 영향은 통화정책 커뮤니케이션 문헌의 핵심 주제다. Campbell, Evans, Fisher, Justiniano(2012)는 명시적 포워드 가이드를 Delphic(경제 전망에 기반한 예측)과 Odyssean(향후 정책 경로에 대한 약속)으로 구분하고, Odyssean guidance가 시장의 불확실성을 줄이고 기대를 앵커링하는 데 효과적임을 이론적·실증적으로 분석했다.

Hansen, McMahon, Prat(2023)은 Fed 회의록, 연설, 점도표 등의 텍스트를 분석하여 FedSpeak 기반 정책 경로 예측 모형을 구축했다. 그들은 이 모형이 시장(Fed funds futures)보다 높은 예측력을 보이며, 투명성 부족이 policy expectation errors를 키운다고 주장했다. Hansen et al.(2023)이 텍스트(FedSpeak)에서 암묵적 반응함수를 추정한 반면, 본 연구는 credit spread·달러·VIX 등 가격 변수와 FedWatch 기대 변화를 이용해 시장이 인식한 반응함수를 복원한다는 점에서 데이터 축이 다르다.

본 연구는 2024년 12월 18일 점도표를 이러한 Odyssean forward guidance의 현대적 형태로 해석한다. 점도표는 FOMC 참가자들의 개별 금리 전망을 시각적으로 제시함으로써, 시장에 명시적인 정책 경로 정보를 제공한다. 해당 점도표에서 2025년 인하 횟수가 4회에서 2회로 하향 조정되고, 2025년 말 정책금리 전망이 상향된 것은 시장의 과도한 완화 기대를 재조정하는 강력한 신호였다.

2.4 Credit Spreads, Dollar, and the Fed Reaction Function

Gilchrist and Zakrajsek(2012)은 신용 스프레드, 특히 excess bond premium이 경기와 통화정책에 핵심적인 역할을 한다는 점을 보였다. 그들의 연구에 따르면, 신용 스프레드는 금융 중개 부문의 건전성을 반영하며, 연준의 정책 반응에 중요한 정보를 제공한다.

글로벌 달러와 금융여건의 관계는 BIS 및 ECB 문헌에서 광범위하게 연구되었다. 일반적으로 달러 강세는 글로벌 금융여건 긴축과 연관되며, 신흥국에서는 완화 기대와 음(-)의 관계를 갖는 것으로 보고된다. 그러나 본 연구에서는 2024-2025년 미국 예외주의(American exceptionalism) 국면에서 달러 인덱스가 인하 기대와 양

(+)의 관계를 보인다. 이는 달러가 "글로벌 위기 통로"가 아니라 "미국 성장·높은 실질금리 레짐 지속"의 신호로 작동했음을 시사하며, 표본·국면 특수성에 기반한 새로운 증거로 해석된다.

2.5 LASSO and High-Dimensional Macro-Finance

고차원 데이터에서의 변수 선택 문제는 현대 계량경제학의 중요한 과제다.

Tibshirani(1996)가 제안한 LASSO(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)는 L1 정규화를 통해 변수 선택과 계수 추정을 동시에 수행하며, 다중공선성이 심한 금융·거시 데이터에 특히 유용하다.

Bang, Ryu, Webb(2024)는 term spread 예측에 LASSO를 적용하여 고차원 macro-finance feature set에서 변수를 선택하고, post-LASSO OLS를 통해 해석 가능한 선형 모형을 구성했다. 본 연구는 이 방법론을 정책 기대 변화(d_Exp_Rate)에 확장 적용하며, horizon별로 서로 다른 변수 집합과 계수 구조가 나타나는지를 분석한다. Bang et al.(2024)이 금리·거시 변수들이 체계적으로 선택되는 패턴을 보인 것처럼, 본 연구의 LASSO도 장기 horizon에서 신용 스프레드, 달러, 인플레이션 기대 변수를 반복적으로 선택하며, 이는 4장에서 제시할 계수·중요도 결과와 일관된다.

중요한 점은 본 연구에서 LASSO의 목적이 예측(prediction)이 아니라 설명(explanation)에 있다는 것이다. 고차원 변수 집합에서 실제로 정책 기대와 연관된 핵심 변수를 식별하고, 그 경제적 의미를 해석하는 것이 주된 관심사다.

3. Data and Methodology

3.1 Data Description

3.1.1 Dependent Variable: Expected Rate from FedWatch

본 연구의 종속변수는 CME FedWatch Tool에서 추출한 일별 기대금리 변화(d_Exp_Rate)다. FedWatch는 Fed funds futures 가격을 이용하여 각 FOMC 회의별로 금리 시나리오(예: 4.25-4.50%, 4.50-4.75% 등)에 대한 이산 확률분포를 제공한다. 본 연구에서는 이 확률분포의 가중평균으로 기대금리(exp_rate_bp , basis points)를 계산하고, 그 일별 변화량을 분석 대상으로 삼는다.

기대금리의 일별 변화(d_Exp_Rate)를 종속변수로 사용하는 이유는 두 가지다. 첫

째, 수준(level) 변수는 강한 지속성(persistence)을 보여 회귀분석에서 허구적 관계(spurious relationship)를 유발할 수 있다. ADF 검정 결과, d_Exp_Rate는 통계량 -16.78($p < 0.001$)로 정상성(stationarity)이 확인되어 회귀분석에 적합하다. 둘째, 변화량은 새로운 정보에 대한 시장의 즉각적 반응을 포착하므로, 정보 처리 메커니즘 분석에 적합하다.

분석 기간은 2024년 9월 12일부터 2025년 12월 10일까지이며, 총 2,356개 관측치(이상치 제거 후)를 포함한다. 이 기간 동안 12개 FOMC 회의가 있었고, 기대금리의 평균은 373.7bp, 표준편차는 36.0bp였다.

Table 1. Descriptive Statistics

| variable | N | mean | std | min | p25 | median | p75 | max |
|-----------------------|------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|
| d_Exp_Rate | 2356 | 0.1459 | 4.341 | -14.25 | -2.447 | 0.0001 | 2.566 | 15.25 |
| exp_rate_bp | 2356 | 373.7 | 36.04 | 287 | 347.4 | 375.7 | 402.8 | 437.4 |
| NonFarmPay_Released | 2356 | 0.0357 | 0.1855 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Unemployment_Released | 2356 | 0.0357 | 0.1855 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ret_Russell2000 | 2356 | 0.0427 | 1.359 | -6.591 | -0.677 | 0.0301 | 0.8167 | 8.658 |
| Ret_HighYield ETF | 2356 | 0.0209 | 0.3067 | -1.633 | -0.1242 | 0.0494 | 0.1977 | 2.68 |
| Ret_GBPUSD | 2356 | 0.014 | 0.474 | -1.361 | -0.2721 | 0.0146 | 0.3324 | 1.299 |
| Ret_EURUSD | 2356 | 0.0257 | 0.5157 | -1.842 | -0.2585 | -0.0221 | 0.3069 | 2.792 |
| Ret_Dollar_Idx | 2356 | -0.0126 | 0.4676 | -1.962 | -0.3033 | 0.0082 | 0.2951 | 1.608 |
| Ret_Gold | 2356 | 0.1732 | 1.251 | -5.735 | -0.4898 | 0.285 | 0.8841 | 4.095 |
| d_Breakeven5Y | 2356 | 0.0003 | 0.0292 | -0.16 | -0.02 | 0 | 0.01 | 0.14 |
| CPI_Released | 2356 | 0.0433 | 0.2036 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| RetailSales_Released | 2356 | 0.0484 | 0.2146 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Ret_Oil_WTI | 2356 | -0.0709 | 2.002 | -8.568 | -1.318 | -0.0147 | 1.141 | 7.26 |
| d_Baa_Yield | 2356 | 0.0002 | 0.0478 | -0.15 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0.22 |
| Ret_Commodity_Idx | 2356 | 0.0199 | 0.9611 | -4.018 | -0.514 | 0.0446 | 0.6037 | 3.621 |
| Ret_Corp_InvGrade | 2356 | 0.0131 | 0.4236 | -1.949 | -0.2378 | 0.0279 | 0.2792 | 1.671 |
| Ret_SP500 | 2356 | 0.0457 | 1.011 | -5.975 | -0.3477 | 0.1262 | 0.5525 | 9.515 |
| Ret_Nasdaq | 2356 | 0.0731 | 1.315 | -5.968 | -0.3842 | 0.1949 | 0.7485 | 12.16 |
| d_Exp_Rate_VeryShort | 133 | 0.024 | 1.419 | -7.982 | -0.4655 | 0 | 0.5 | 6.017 |
| d_Exp_Rate_Short | 272 | 0.1177 | 2.411 | -10.66 | -1.231 | 0.0234 | 1.13 | 10.82 |
| d_Exp_Rate_Long | 1448 | 0.1891 | 4.994 | -14.25 | -3 | 0.0112 | 3.42 | 15.25 |

3.1.2 Explanatory Variables

설명변수는 크게 여섯 가지 범주로 구성된다.

신용시장 변수(Credit): Baa 회사채 수익률(d_Baa_Yield), Baa-10Y 스프레드(d_Spread_Baa), 하이일드 금리($d_HighYield_Rate$), 하이일드 ETF 수익률($Ret_HighYield_ETF$), 투자등급 회사채 ETF 수익률($Ret_Corp_InvGrade$). 신용 스프레드는 Gilchrist and Zakrajsek(2012)이 강조한 바와 같이 금융여건과 경기 전망을 반영하는 핵심 지표다.

글로벌 외환시장 변수(Global_FX): 달러 인덱스(Ret_Dollar_Idx , d_Dollar_Idx), 주요 환율(Ret_EURUSD , Ret_GBPUSD , Ret_USDJPY , Ret_USDCNY , Ret_USDKRW). 달러는 글로벌 금융사이클과 미국 경제의 상대적 강도를 반영한다.

원자재 변수(Commodity): 원유(Ret_Oil_WTI), 금(Ret_Gold), 은(Ret_Silver), 구리(Ret_Copper), 천연가스(Ret_NatGas), 상품지수($Ret_Commodity_Idx$), 농산물(Ret_Corn , $Ret_Soybean$, Ret_Wheat). 원자재 가격은 인플레이션 압력과 글로벌 수요를 반영한다.

인플레이션 기대 변수(Inflation): 5년 손익분기 인플레이션을 변화($d_Breakeven5Y$). 시장에서 추출한 인플레이션 기대는 연준의 정책 반응에 직접적 영향을 미친다.

주식시장 및 위험 변수(Equity_Risk): 주요 지수 수익률(Ret_SP500 , Ret_Dow , Ret_Nasdaq , $Ret_Russell2000$), VIX(Ret_VIX , d_VIX), 섹터별 수익률. VIX는 시장의 위험 인식을, 주가 수익률은 경기 전망과 위험선호를 반영한다.

거시 이벤트 더미(Macro_Events): CPI, PCE, 비농업 고용, 소매판매, 실업률 발표일 더미. 주요 경제지표 발표는 정책 기대 조정의 계기가 된다.

암호화폐 변수(Crypto): 비트코인, 이더리움, 솔라나 수익률. 암호화폐는 글로벌 유동성과 위험선호의 대리변수로 기능할 수 있다.

총 57개 후보 변수 중 Treasury 관련 7개 변수($Ret_Treasury_7_10Y$, $Ret_Treasury_1_3Y$, $Ret_Treasury_20Y$, d_US10Y , d_US2Y , $d_RealYield10Y$, d_Term_Spread)는 분석에서 제외했다. 이는 국채 금리가 Fed funds rate 기대와 직접적으로 연동되어 내생성(endogeneity) 문제를 야기할 수 있기 때문이다. 정책 기

대가 국채 금리를 결정하는 동시에 국채 금리가 정책 기대를 반영하는 동시성 편 의(simultaneity bias)를 방지하기 위함이다.

최종 분석에 투입된 변수는 50개이며, 모든 변수는 분석 전 표준화(StandardScaler)를 거쳤다.

Table 2. Variable Definitions (see Appendix A, Table A1).

3.2 Horizon Definition

시장의 정보 처리 방식이 예측 horizon에 따라 달라지는지를 분석하기 위해, 회의 까지 남은 일수(days_to_meeting)를 기준으로 세 구간을 정의했다.

초단기(VeryShort): days_to_meeting \leq 30일, N = 133

회의 임박 시점에서는 정책 결정에 관한 정보가 상당 부분 확정되어 있다. 시장은 이미 강한 사전확률(prior)을 형성하고 있으므로, 새로운 정보에 대한 반응이 제한적일 것으로 예상된다.

단기(Short): 31일 \leq days_to_meeting \leq 90일, N = 272

중간 horizon에서는 일부 정보가 반영되었으나 여전히 불확실성이 존재한다. 직전 FOMC 결정, 주요 경제지표 발표, Fed 위원 발언 등이 기대 조정에 영향을 미칠 수 있다.

장기(Long): days_to_meeting \geq 180일, N = 1,448

원거리 회의에 대한 기대는 거시경제 전망, 인플레이션 경로, 글로벌 금융여건 등 광범위한 요인에 의존한다. 불확실성이 크므로 정보에 대한 반응도 클 것으로 예상된다.

이러한 horizon 구분은 Horizon 구분은 ECB Working Paper 977의 1·3·6·12개월 체계를 본 연구의 14개월 표본 특성에 맞게 조정한 것이다. 초단기(\leq 30일)는 약 1개월, 단기(31-90일)는 1-3개월, 장기(\geq 180일)는 6개월 이상에 해당하며, 이는 선행연구의 horizon 경계와 대응된다. 91-179일 구간(3-6개월)은 단기와 장기의 과도기적 특성을 가지며, 명확한 정보 처리 패턴 식별이 어려워 본 분석에서는 제외하였다. 180일 이상을 장기로 정의한 것은 2개 이상의 FOMC 회의가 사이에 존재하여 정책 경로에 대한 불확실성이 질적으로 달라지는 시점이기 때문이다. 91-179일 구간

의 503개 관측치는 전체 표본(N=2,356)에 포함되나, horizon별 LASSO 분석에서는 제외되었다. Robustness check로 해당 구간을 단기 또는 장기에 포함한 분석(Section 4.5.2)에서도 핵심 결과는 유지되었다. 이와 같이 horizon을 나누어 분석하면 4장에서 제시할 horizon별 R^2 , MAE, Mincer–Zarnowitz 기울기 차이를 expectation errors 문헌(EH, ECB 977, Schmeling et al.)과 직접 비교할 수 있다.

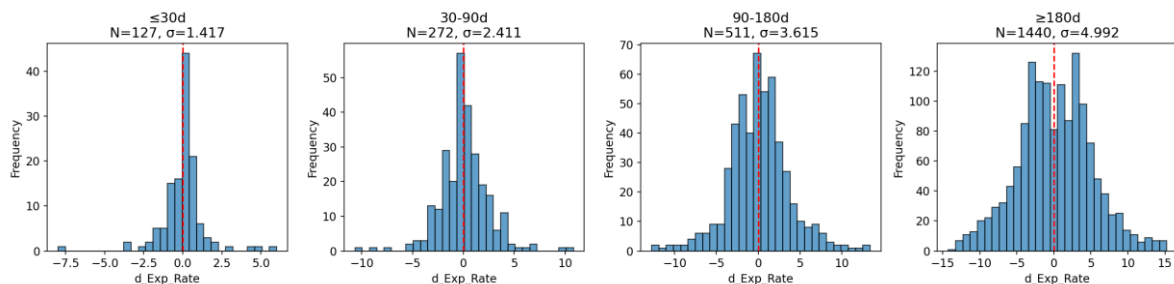


Figure 1. Horizon Distribution

3.3 Econometric Framework

3.3.1 Why LASSO for Explanation, Not Prediction

본 연구에서 LASSO를 사용하는 목적은 미래 예측이 아니라 변수 선택과 설명이다. 50개에 달하는 고차원 설명변수 중 실제로 정책 기대 변화와 연관된 핵심 변수를 식별하는 것이 주된 관심사다.

전통적인 변수 선택 방법(stepwise selection, information criteria 등)은 고차원 데이터에서 불안정하고 다중공선성에 취약하다. 반면 LASSO는 L1 정규화를 통해 불필요한 변수의 계수를 정확히 0으로 추정하여, 해석 가능한 희소(sparse) 모형을 제공한다.

LASSO의 목적함수는 다음과 같다:

$$\hat{\beta}^{LASSO} = \arg \min_{\beta} \left\{ \sum_{t=1}^T (y_t - X_t' \beta)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j| \right\}$$

여기서 λ 는 정규화 파라미터로, 변수 선택의 강도를 결정한다. λ 가 클수록 더 많은 변수가 제거되고, λ 가 작을수록 OLS에 가까워진다.

3.3.2 Time-Series Cross-Validation

λ 선택에는 시계열 특성을 고려한 교차검증(TimeSeriesSplit, 5-fold)을 사용했다. 일

반적인 k-fold CV는 시계열 데이터에서 미래 정보가 과거 예측에 사용되는 "look-ahead bias"를 야기할 수 있다.

TimeSeriesSplit은 항상 과거 데이터로 학습하고 미래 데이터로 검증하는 구조를 유지한다. 예를 들어, 첫 번째 fold에서는 처음 20%로 학습하고 다음 20%로 검증하며, 두 번째 fold에서는 처음 40%로 학습하고 다음 20%로 검증하는 방식이다.

이 방법의 목적은 최적 예측이 아니라, 미래 정보 누출 없이 안정적인 변수 선택을 보장하는 것이다. 추정된 λ 는 초단기 0.471, 단기 0.224, 장기 0.076으로, horizon이 길수록 더 많은 변수를 허용하는 구조를 보였다.

3.3.3 Post-LASSO HAC Robust OLS

LASSO 추정량은 변수 선택에는 유용하지만, 계수가 0 방향으로 축소(shrinkage)되어 편향이 발생한다. 또한 LASSO 자체는 통계적 추론(표준오차, 신뢰구간)을 제공하지 않는다.

이를 해결하기 위해 2단계 추정(post-LASSO OLS)을 수행한다.

1단계: LASSO로 변수 선택 (계수 $\neq 0$ 인 변수 식별)

2단계: 선택된 변수만으로 OLS 재추정

OLS 추정에서는 시계열 데이터의 자기상관과 이분산을 고려하여 Newey-West HAC(Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent) 표준오차를 사용한다. lag 파라마미터는 5로 설정했으며, 이는 약 1주일의 거래일에 해당한다.

이 접근법은 Bang et al.(2024)의 term spread 분석과 동일하며, 변수 선택의 장점과 해석 가능한 통계적 추론을 결합한다.

3.3.4 Out-of-Sample Analysis for Stability, Not Prediction

본 연구에서 out-of-sample(OOS) 분석을 수행하는 이유는 예측력 검증이 아니라 모형 안정성 확인이다. 과거 데이터로 추정한 모형이 미래 데이터에서도 유사한 설명력을 보이는지를 확인함으로써, 결과가 특정 표본에 과적합(overfitting)된 것이 아님을 보장한다.

구체적으로 80/20 시간 분할(chronological split)을 적용하여, 처음 80% 데이터로 학습하고 나머지 20%로 검증한다. Train R^2 와 Test R^2 간 격차가 0.15 이하면 모형이

안정적인 것으로 간주한다. 이는 표본 내(in-sample) 결과의 신뢰성을 높이기 위한 robustness check이지, 향후 기간 예측을 위한 것이 아니다.

3.4 Structural Break Analysis

3.4.1 Rationale for December 2024 Dot Plot

2024년 12월 18일 FOMC에서 발표된 점도표는 다음과 같은 특징을 가졌다.

첫째, 2025년 금리 인하 횟수 전망이 9월의 4회(100bp)에서 2회(50bp)로 하향 조정되었다. 둘째, 2025년 말 정책금리 중앙값이 3.4%에서 3.9%로 상향되었다. 셋째, 인플레이션 전망도 소폭 상향되어, 연준의 신중한 접근(higher for longer)이 재확인되었다.

이러한 내용은 시장의 과도한 완화 기대를 명시적으로 수정하는 Odyssean forward guidance로 해석할 수 있다. 따라서 2024년 12월 18일을 잠재적 구조적 단절점(structural break point)으로 설정하고, 그 전후로 시장 반응 함수가 달라졌는지를 검토한다.

3.4.2 Chow Test via Interaction Terms

전통적 Chow Test는 두 하위 표본에서 별도로 회귀분석을 수행한 후 잔차제곱합을 비교한다. 본 연구에서는 보다 유연한 접근법으로 상호작용항(interaction terms) 회귀를 사용한다.

$$d_Exp_Rate_t = \alpha + \beta X_t + \gamma(D_t \times X_t) + \epsilon_t$$

여기서 D_t 는 Dot Plot 이후 기간을 나타내는 더미변수(2024년 12월 18일 이후 = 1)이다. 상호작용항 계수 γ 가 통계적으로 유의하면, 해당 변수의 영향력이 Dot Plot 전후로 달라졌음을 의미한다.

이 방법은 각 변수별로 구조적 변화의 존재와 방향을 식별할 수 있다는 장점이 있다.

3.5 Forecast Error Analysis

3.5.1 Definition

예측 오차(Forecast Error)는 다음과 같이 정의한다.

$$Forecast_Error_{k,t} = Realized_Rate_k - Expected_Rate_{k,t}$$

여기서 k 는 FOMC 회의, t 는 회의까지 남은 일수(horizon)이다. 양(+)의 오차는 시장이 실현 금리보다 낮은 금리를 기대했음(인하 과대평가)을, 음(-)의 오차는 그 반대를 의미한다.

3.5.2 Mincer-Zarnowitz Test

Mincer and Zarnowitz(1969)가 제안한 예측 효율성 검정은 다음 회귀식에 기반한다.

$$Realized_k = \alpha + \beta \times Expected_{k,t} + \epsilon_k$$

불편향(unbiased) 예측의 귀무가설은 $\alpha = 0, \beta = 1$ 이다. $\beta < 1$ 이면 시장이 기대 변화를 과장하는 경향(예: 인하를 과대평가)이 있음을 의미한다. 본 연구에서는 t -검정을 통해 $\beta = 1$ 가설을 검정한다.

3.5.3 Learning Effect

시장이 시간에 따라 예측 오차를 줄여나가는지를 분석하기 위해, rolling window(50일) MAE(Mean Absolute Error)를 계산한다. 이를 주요 이벤트(첫 금리 인하, 트럼프 당선, Dot Plot 발표)와 함께 시각화하여 학습 속도와 촉진 요인을 분석한다.

4. Empirical Results

4.1 Horizon-Based Information Processing

4.1.1 LASSO Variable Selection Results

LASSO 분석 결과, 예측 horizon에 따라 시장의 정보 처리 방식이 현저히 달랐다.

초단기(VeryShort, ≤30일): $R^2 \approx 0.00$, 1개 변수 선택 ($d_Breakeven5Y$, 계수 ≈ 0)

사실상 어떤 금융·거시 변수도 초단기 기대 변화를 설명하지 못했다. 이는 회의 임박 시점에서 정책 결정에 관한 정보가 이미 가격에 완전히 반영되어 있음을 시사한다. EMH의 관점에서, 초단기 horizon은 "효율적 영역"에 해당한다.

이 결과는 ECB Working Paper 977에서 단기 horizon의 예측이 random walk와 큰 차이가 없었던 발견과 일치한다. 회의가 임박하면 불확실성이 소멸하고, 시장 기대는 사실상 확정된다.

단기(Short, 31-90일): $R^2 = 0.37$, 7개 변수 선택

단기에서는 주로 신용시장 변수가 선택되었다. d_HighYield_Rate(-0.45), d_Baa_Yield(+0.39), d_Spread_Baa(-0.31), d_Breakeven5Y(+0.31), Ret_Dollar_Idx(+0.29)가 상위를 차지했다.

신용 스프레드와 인플레이션 기대가 중심이며, 달러 인덱스도 유의하게 등장한다. 이는 시장이 단기적으로 금융여건(신용 스프레드)과 인플레이션 신호에 주목함을 보여준다.

장기(Long, ≥180일): $R^2 = 0.64$, 28개 변수 선택

장기 horizon에서 설명력이 가장 높고 선택 변수도 가장 많다. d_Baa_Yield(+2.09), d_Spread_Baa(-1.66), d_HighYield_Rate(-1.15), Ret_Dollar_Idx(+1.04), Ret_HighYield ETF(-0.72)가 상위 5개 변수다.

신용시장 변수가 절대값 기준 1-3위를 차지하며, 이는 Gilchrist and Zakrajsek(2012)가 강조한 신용 채널의 중요성과 정합적이다. 달러 인덱스의 양(+)의 계수는 달러 강세가 인하 기대를 억제함을 의미하며, 이는 "미국 예외주의" 국면에서 달러가 미국 경제의 상대적 강도를 반영한다는 해석을 지지한다.

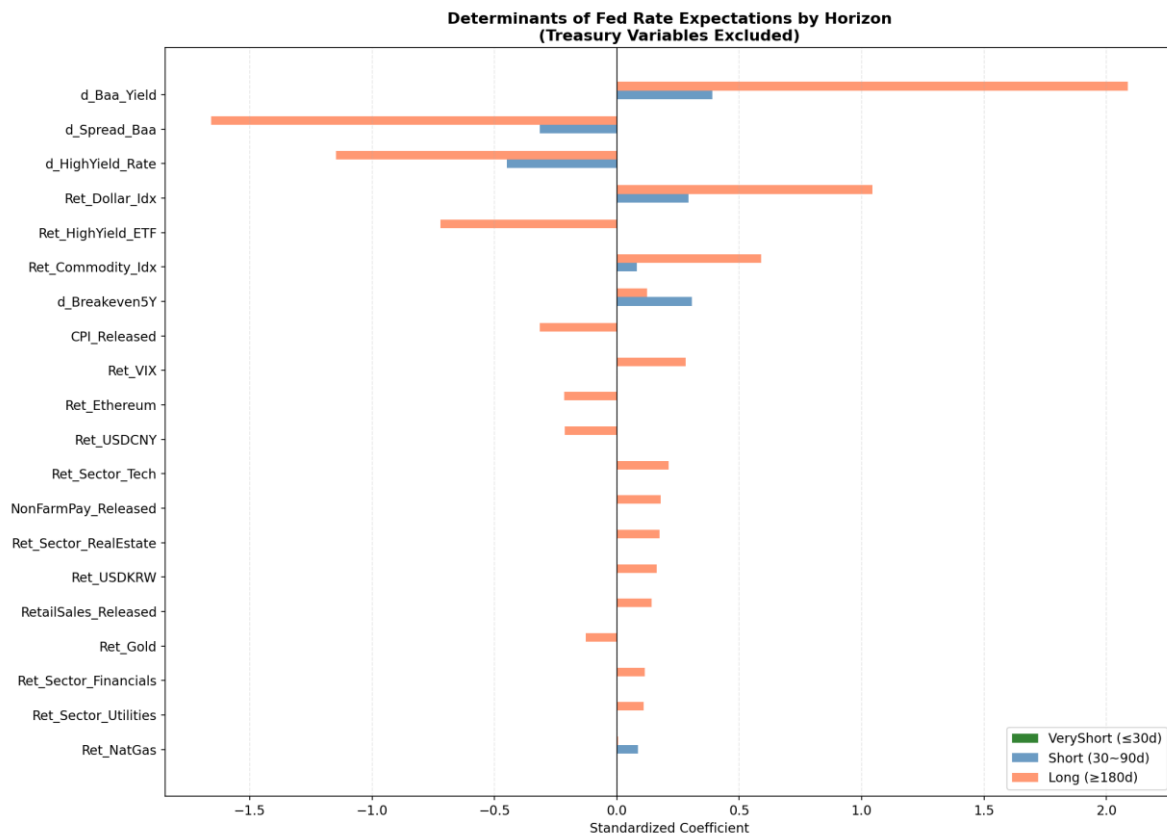


Figure 2. LASSO Results

Table 3. LASSO Summary

| Metric | VeryShort | Short | Long |
|----------------|-----------|--------|---------|
| N | 133 | 272 | 1448 |
| Selected Vars | 1 | 7 | 28 |
| Lambda | 0.4713 | 0.2243 | 0.07584 |
| R ² | 0 | 0.3741 | 0.642 |

4.1.2 Post-LASSO HAC OLS Results

HAC Robust OLS를 통해 LASSO 선택 변수의 통계적 유의성을 확인했다.

초단기: d_Breakeven5Y만 유의(계수 0.47, $t = 3.44$, $p < 0.001$). 그러나 $R^2 = 0.11$ 로 전체 설명력은 미미하다.

단기: Ret_Dollar_Idx(+0.41, $p < 0.001$), d_Baa_Yield(+0.60, $p < 0.01$), d_Breakeven5Y(+0.35, $p < 0.01$), d_Spread_Baa(-0.51, $p < 0.01$), d_HighYield_Rate(-0.46, $p < 0.05$), Ret_NatGas(+0.29, $p < 0.05$)가 유의했다.

장기: 28개 변수 중 대부분이 유의했으며, 특히 d_Baa_Yield(+2.09, $t = 16.44$), d_Spread_Baa(-1.64, $t = -12.74$), Ret_Dollar_Idx(+0.99, $t = 9.17$), d_HighYield_Rate(-1.22, $t = -5.98$)가 매우 강한 유의성을 보였다.

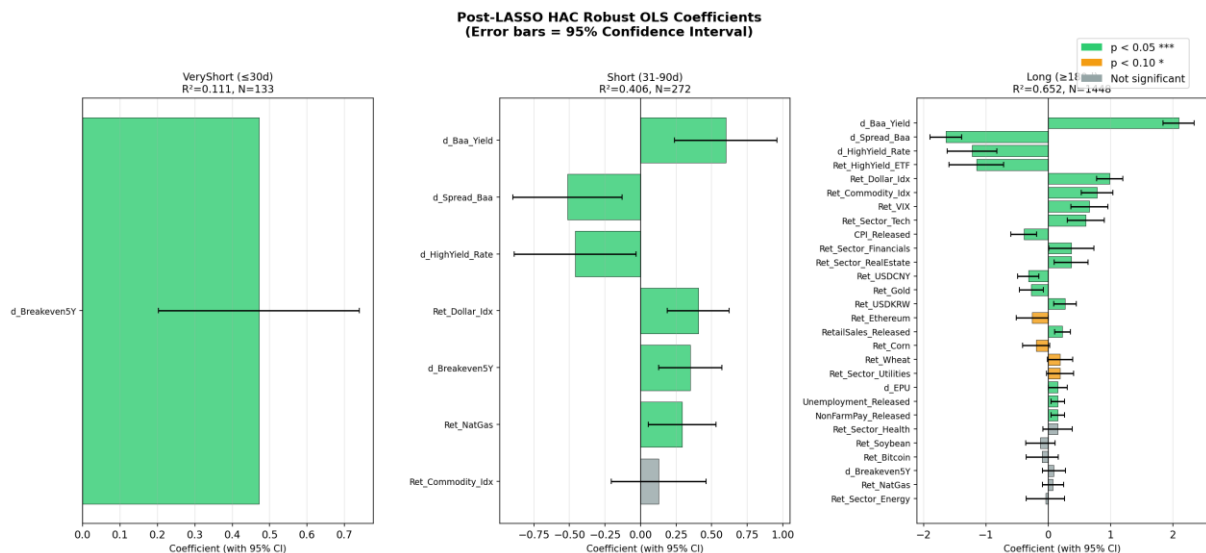


Figure 3. Post-LASSO OLS Coefficients (HAC Robust)

4.1.3 Economic Interpretation

이 결과는 다음과 같이 해석된다.

신용 채널의 지배: d_Baa_Yield 의 양(+)의 계수는 Baa 회사채 금리에 내재된 무위험금리 변동을 주로 반영한다. Treasury 변수를 제외했으나, Baa 수익률은 무위험금리와 신용스프레드의 합이므로 전자의 영향이 잔존한다. 경제적으로 의미 있는 신용 채널 효과는 d_Spread_Baa 의 음(-)의 계수에서 확인된다. 이는 신용 리스크 확대가 인하 기대를 낮추는 방향으로 작용했음을 의미하며, Section 5.2에서 논의할 레짐 의존적 Fed 반응함수와 연결된다.

달러의 양(+)의 계수: 통상적으로 달러 강세는 글로벌 금융여건 긴축과 연관되어 완화 기대를 높일 것으로 예상된다. 그러나 본 연구에서 달러 강세는 인하 기대를 억제하는 것으로 나타났다. 달러 인덱스의 양(+)의 계수는 표준적인 수입물가 경로(달러 강세 → 인플레이션 하락 → 완화 여지 확대)와 반대 방향이다. 이는 세 가지 가능성을 내포한다. 첫째, 2024-2025년 '미국 예외주의' 국면에서 달러 강세가 미국 경제의 상대적 강도를 신호하여 정책금리 유지 기대를 강화했을 수 있다. 둘째, 달러 강세 자체가 높은 미국 금리에 대한 반응이라는 역인과(reverse causality)가 존재할 수 있다. 셋째, 본 연구 표본의 특수성일 가능성도 배제할 수 없다. 단기(31-90일) post-LASSO OLS에서 인플레이션 기대($d_Breakeven5Y$)를 통제 한 후에도 달러 변수의 양(+)의 부호와 유의성이 유지되어, 순수한 수입물가 경로만으로는 설명이 어렵다. 그러나 역인과 가능성을 완전히 배제할 수 없어 인과적 해석에는 주의가 필요하다. 달러 강세가 "미국 경제의 상대적 강도 → 높은 정책금리 유지 가능"이라는 신호로 해석되었기 때문이다.

4.2 Factor-Based Analysis

개별 변수 대신 요인(factor) 수준에서 분석을 수행하여 결과의 robustness를 확인했다. 50개 변수를 7개 그룹으로 분류하고 각 그룹에서 PCA를 통해 제1주성분을 추출했다.

요인 회귀 결과:

- **F_Inflation:** 전 horizon에서 유의한 양(+)의 계수. 장기에서 가장 큰 Partial $R^2(0.108)$ 를 보여, 인플레이션 기대가 정책 기대의 핵심 동인임을 확인
- **F_Credit:** 장기에서 유의한 음(-)의 계수($-0.85, p < 0.001$). 신용요인 악화가 인하 기대를 낮춤

- **F_Equity_Risk**: 단기·장기에서 유의한 양(+)의 계수. 주식시장 위험이 정책 기대에 영향
- **F_Macro_Events**: 장기에서 유의(+0.53, $p < 0.001$). 거시지표 발표가 장기 기대 조정에 기여

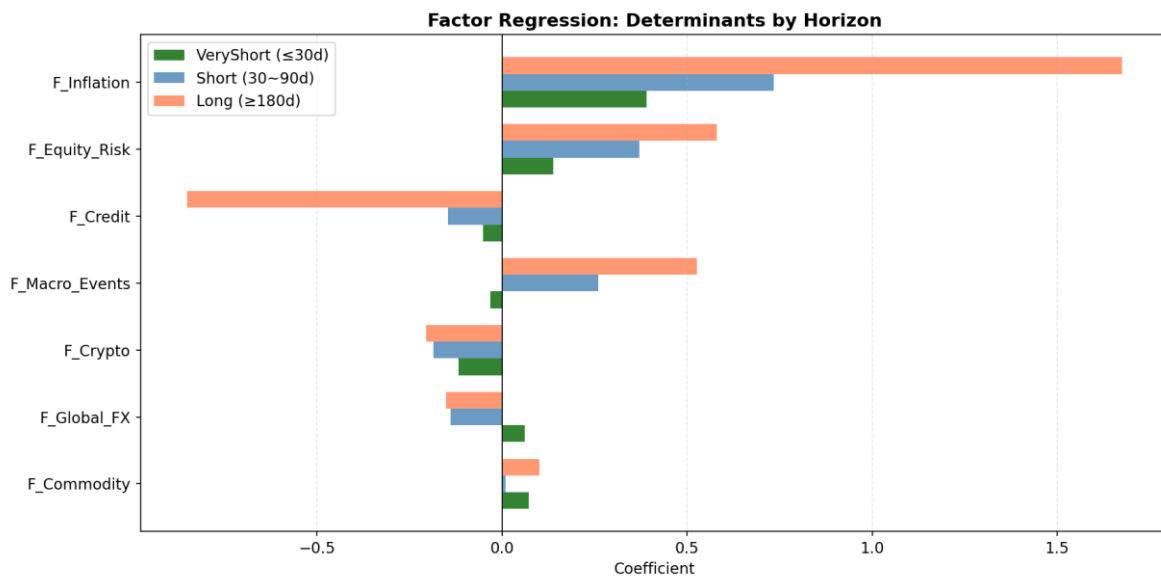


Figure 4. Factor Regression

4.3 Forecast Error Structure

4.3.1 Horizon-Dependent Forecast Errors

예측 오차(Realized - Expected)는 horizon에 따라 체계적으로 달랐다.

- 0-30일: MAE 2.76bp, Mean Error -0.55bp
- 31-60일: MAE 5.90bp, Mean Error +1.21bp
- 61-90일: MAE 11.43bp, Mean Error +3.11bp
- 181-270일: MAE 31.68bp, Mean Error +26.21bp
- 271-365일: MAE 41.40bp, Mean Error +22.21bp

장기 horizon에서 MAE가 급격히 증가하며, Mean Error가 양(+)인 것은 시장이 체계적으로 금리 인하를 과대평가(실현 금리보다 낮은 기대)했음을 의미한다.

전체 관측치 중 63.9%가 Underestimate(Actual > Expected), 36.1%가 Overestimate였다. 6개 FOMC 회의 중 5개에서 시장은 인하를 과대평가했고, 오직 2025년 12월

회의만 반대 방향이었다.

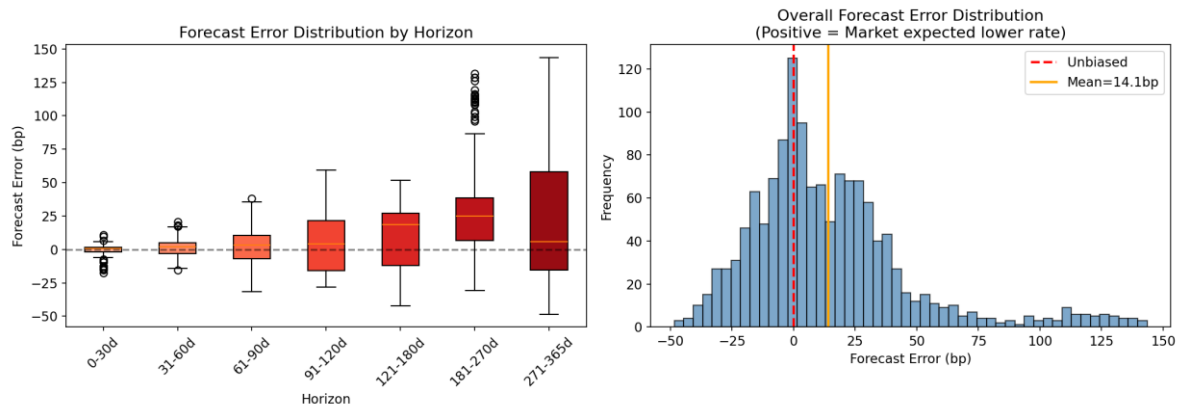


Figure 5. Forecast Error Distribution

Table 5. Forecast Error by Horizon

| Horizon | N | MAE | RMSE | Mean_Error |
|---------|-----|-------|-------|------------|
| 0-30 | 133 | 2.756 | 4.294 | -0.5485 |
| 31-60 | 118 | 5.901 | 7.477 | 1.209 |
| 61-90 | 125 | 11.43 | 13.86 | 3.114 |
| 91-120 | 126 | 19.52 | 23.07 | 6.02 |
| 121-180 | 237 | 22.3 | 24.17 | 10.36 |
| 181-270 | 342 | 31.68 | 41.76 | 26.21 |
| 271-365 | 238 | 41.4 | 57.07 | 22.21 |

4.3.2 Mincer-Zarnowitz Results

전체 표본에 대한 Mincer-Zarnowitz 회귀 결과:

$$Realized = 263.41 + 0.367 \times Expected$$

- $\beta = 0.367$ ($H_0: \beta = 1$ 기각, $t = -8.22$, $p < 0.001$)
- $R^2 = 0.135$

$\beta < 1$ 은 시장이 기대한 금리 변화의 약 37%만 실현되었음을 의미한다. 시장이 공격적인 인하를 기대했으나 실제 인하는 더 완만했다. 이는 Schmeling et al.(2022)이 보고한 체계적 바이어스 패턴과 정합적이다.

4.3.3 Learning Effect

Rolling 50일 MAE 분석 결과, 시장은 시간에 따라 예측 정확도를 개선했다.

- 2024년 9월: MAE \approx 125bp (초기 과대평가)

- 2024년 11월(트럼프 당선): MAE \approx 40bp (급격한 하락)
- 2024년 12월(Dot Plot): MAE \approx 20bp (추가 하락)
- 2025년 하반기: MAE \approx 5bp (수렴)

이 학습 곡선은 세 가지 시사점을 제공한다. 첫째, 초기 시장은 과거 easing 사이클(2008년, 2020년)의 공격적 인하를 단순 외삽하는 adaptive expectation을 보였다. 둘째, 트럼프 당선과 Dot Plot이 기대 수정의 주요 촉매였다. 셋째, 시간이 지나며 시장은 연준의 "인플레이션 우선·신중한 접근" 반응함수를 학습하여 엄밀한 의미의 rational expectations 수렴이라기보다는, 반복되는 정책 패턴과 공개 정보(지표·커뮤니케이션)를 학습하면서 예측오차를 줄여간 경험적 학습으로 해석할 수 있다.



Figure 6. Learning Effect

4.4 Structural Change: December Dot Plot

4.4.1 R^2 Improvement After Dot Plot

Dot Plot 전후로 모형 설명력에 뚜렷한 변화가 있었다.

장기 Horizon:

- Before Dot Plot: $R^2 = 0.67$, 35개 변수 선택
- After Dot Plot: $R^2 = 0.76$, 45개 변수 선택

R^2 는 0.67에서 0.76으로 0.09p 상승했으며(약 14% 상대 개선), 이는 Dot Plot이 불확실성을 해소하고 시장 반응의 체계성을 높였음을 시사한다. Campbell et al.(2012)의 Odyssean forward guidance 이론과 정합적으로, 명시적 정책 경로 제시가 시장의

정보 처리를 개선했다.

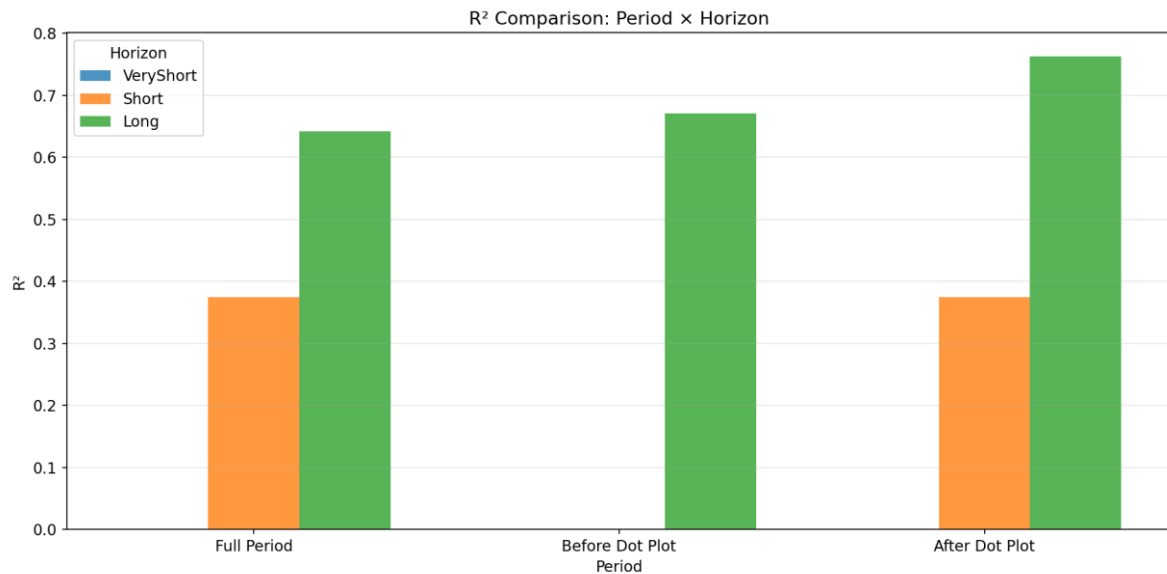


Figure 7. R² Comparison

4.4.2 Variable Importance Shift

Dot Plot 전후로 핵심 변수의 구성이 크게 달라졌다.

Before Dot Plot (장기):

- Top 3: d_HighYield_Rate(-2.00), Ret_HighYield ETF(-1.62), Ret_USDCNY(-0.84)
- 신용 리스크 변수가 지배적

After Dot Plot (장기):

- Top 3: Ret_Dollar_Idx(+15.66), d_Dollar_Idx(-14.52), Ret_SP500(-4.33)
- 달러 인덱스가 압도적 1위로 부상

Dot Plot 이후 달러 관련 변수(Ret_Dollar_Idx, d_Dollar_Idx)가 상위 변수로 부상한 것은 시장 해석 프레임의 변화를 반영한다. 다만, 두 달러 변수 간 VIF가 886을 초과하는 극심한 다중공선성이 존재하여 개별 계수의 크기와 부호는 불안정하다. 따라서 '+15.66' 등 특정 계수값보다는 달러 변수 그룹이 Dot Plot 이후 핵심 설명 변수로 부상했다는 정성적 결론에 주목해야 한다. Dot Plot 이후 달러 관련 변수의 중요성이 증가한 것은 시장이 '달러 강세 = 미국 성장 우위 = 정책금리 유지'라는 연결고리를 형성했음을 시사한다. 다만, 다중공선성으로 인해 개별 계수의 정확한 크기 해석에는 주의가 필요하다.

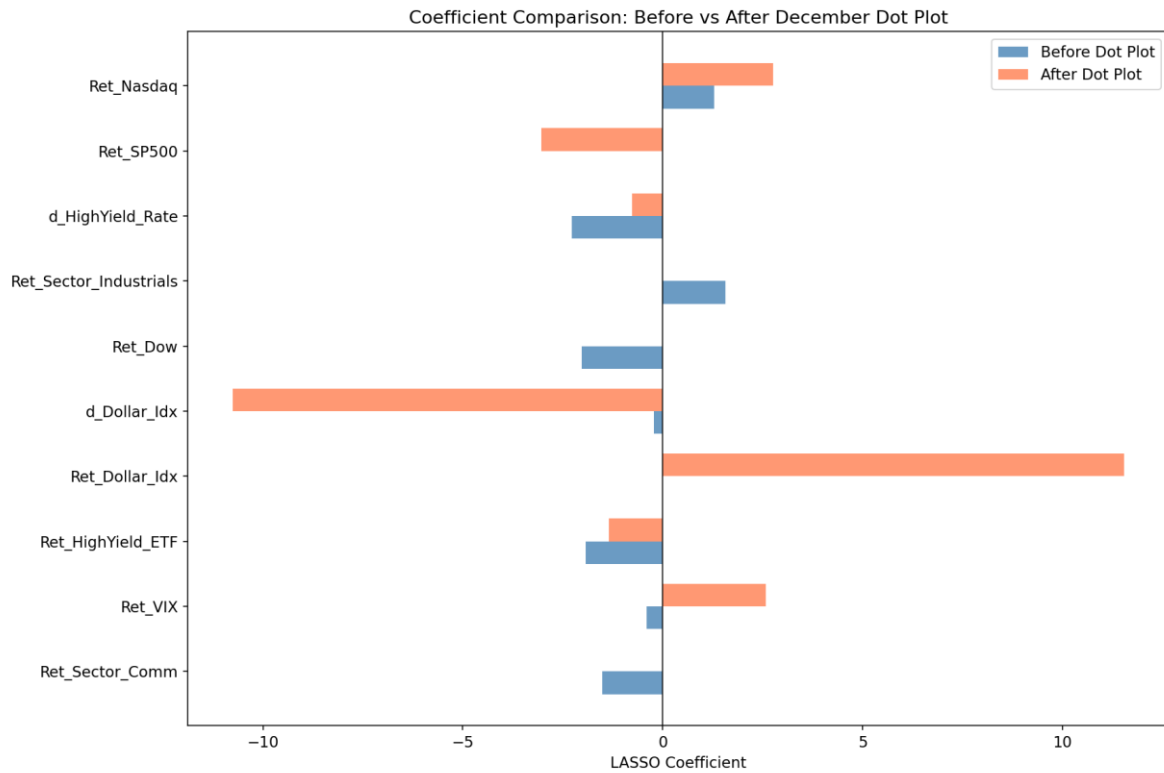


Figure 8. Coefficient Comparison Before/After

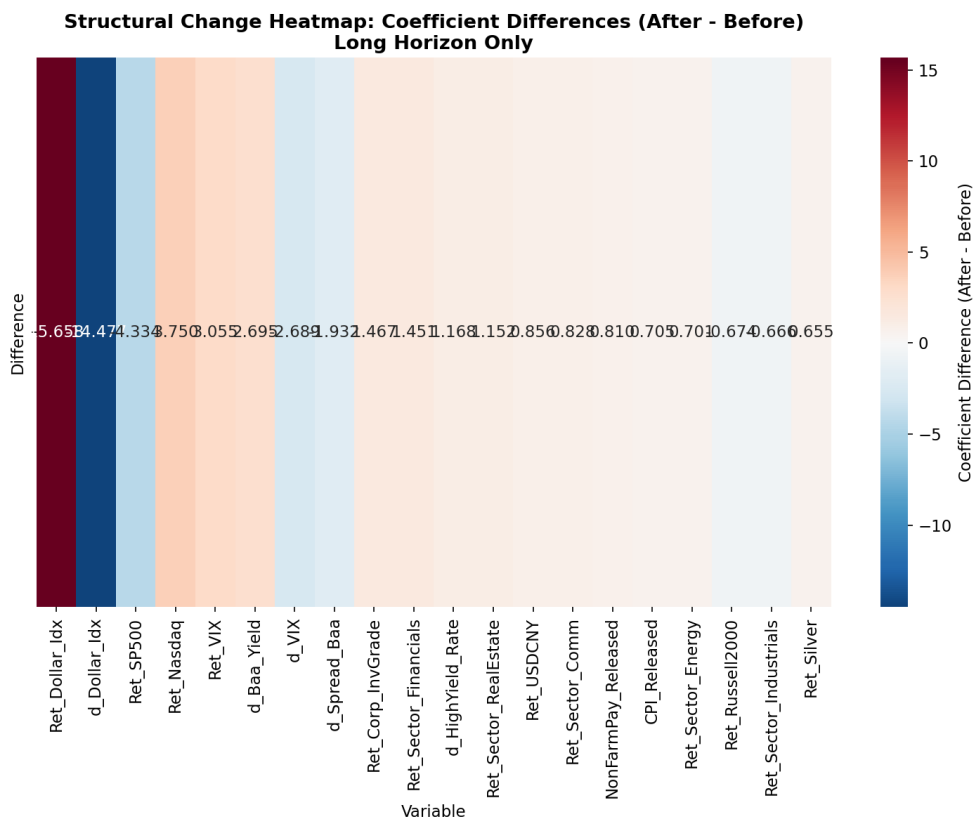


Figure 9. Structural Change Heatmap

4.4.3 Chow Test Results

상호작용항 회귀를 통한 구조적 단절 검정 결과, 다수 변수에서 유의한 구조적 변화가 확인되었다.

통계적으로 유의한 변화($p < 0.01$):

- Ret_Bitcoin: 상호작용 계수 +1.78 ($p < 0.001$)
- Ret_HighYield ETF: +1.99 ($p < 0.001$)
- Ret_Silver: +2.41 ($p < 0.001$)
- Ret_Dollar_Idx: +0.80 ($p < 0.01$)
- Ret_NatGas: +0.78 ($p < 0.001$)
- Ret_Gold: -1.36 ($p < 0.001$)

이 결과는 Dot Plot 이후 위험자산(암호화폐, 원자재)과 안전자산(금)에 대한 시장의 반응 함수가 체계적으로 재편되었음을 보여준다.

Table 6. Chow Test Results

| Variable | Interaction_Coef | p_value | Significant |
|-------------------|------------------|-----------|-------------|
| Ret_Bitcoin | 1.776 | 2.447e-09 | *** |
| Ret_HighYield ETF | 1.993 | 1.099e-09 | *** |
| Ret_Solana | -1.588 | 8.699e-08 | *** |
| Ret_GBPUSD | -0.7589 | 0.2123 | |
| Ret_Silver | 2.414 | 1.984e-11 | *** |
| Ret_EURUSD | 0.7565 | 0.1256 | |
| Ret_Dollar_Idx | 0.8029 | 0.001462 | *** |
| Ret_NatGas | 0.7768 | 0.000151 | *** |
| Ret_Gold | -1.355 | 5.707e-06 | *** |
| Ret_Copper | 0.07906 | 0.8976 | |

4.4.4 Forecast Error Improvement

Dot Plot 이후 예측 오차도 현저히 개선되었다.

- Before Dot Plot: MAE 50.74bp, Mean Error +47.04bp, Underestimate 88%
- After Dot Plot: MAE 15.08bp, Mean Error +2.68bp, Underestimate 55.5%

Dot Plot 이전에는 시장이 거의 일관되게 인하를 과대평가(Mean Error +47bp)했으나, 이후에는 오차가 대폭 축소되고 방향성도 중립에 근접했다. 이는 Hansen et

al.(2023)이 주장한 "투명성 → expectation errors 축소" 경로의 실증적 증거다.

4.5 Robustness Checks

4.5.1 Time-Split Stability

80/20 시간 분할 검증 결과, 모형은 시간적으로 안정적이었다.

장기 Horizon:

- Train $R^2 = 0.605$, Test $R^2 = 0.516$
- R^2 drop = 0.089 (< 0.15 기준 충족)
- 선택된 변수 그룹(credit/dollar/inflation) 일관

Train-Test 간 R^2 격차가 작고, 핵심 변수 그룹이 일관되게 선택된다는 점은 결과가 특정 표본에 과적합된 것이 아님을 보여준다.

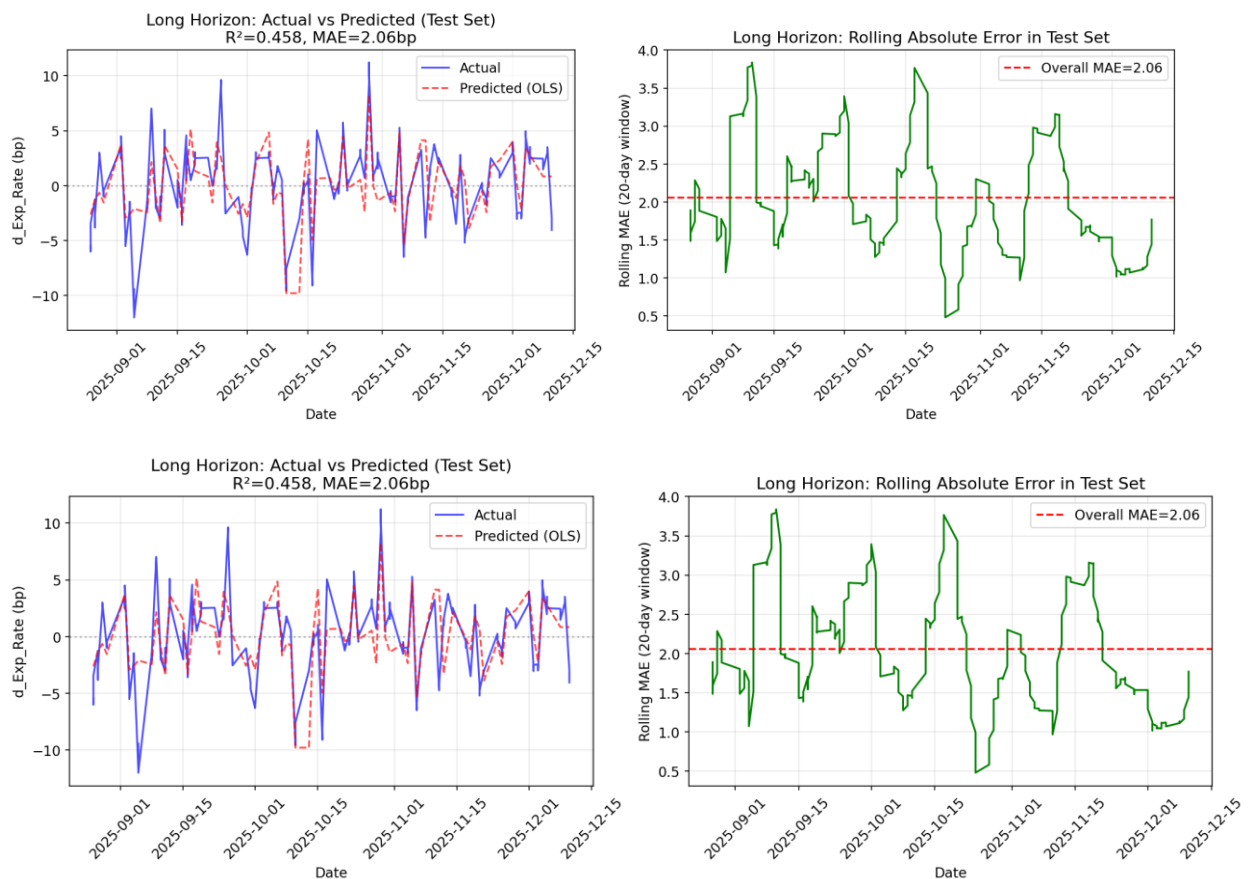


Figure 10. Time-Split Diagnostic Plot

Table 7. Time-Split Stability (see Appendix G, Table G1).

4.5.2 Horizon Cutoff Sensitivity

Horizon 경계값 변경에 따른 민감도 분석 결과:

- 30/90/180 (기준): Long $R^2 = 0.64$
- 30/60/120: Long $R^2 = 0.65$
- 45/120/240: Long $R^2 = 0.65$

Horizon 정의를 변경해도 장기 R^2 와 핵심 변수(d_Baa_Yield, d_Spread_Baa, Ret_Dollar_Idx)는 일관되게 나타나, 결과가 특정 cutoff에 의존하지 않음을 확인했다.

Table 8. Robustness Horizon

| Cutoff | VShort_n | VShort_R2 | VShort_vars | Short_n | Short_R2 | Short_vars | Long_n | Long_R2 | Long_vars |
|------------|----------|-----------|-------------|---------|----------|------------|--------|---------|-----------|
| 30/90/180 | 133 | 2.22e-16 | 1 | 272 | 0.3741 | 7 | 1448 | 0.642 | 28 |
| 30/60/120 | 133 | 2.22e-16 | 1 | 126 | 0.2066 | 5 | 1795 | 0.6458 | 41 |
| 45/120/240 | 192 | 0.2314 | 14 | 377 | 0.4748 | 10 | 1027 | 0.6543 | 22 |

4.5.3 Lagged vs Contemporaneous Variables

동시적(contemporaneous) 변수와 1일 지연(lagged) 변수의 설명력 비교:

- 장기: Contemporaneous $R^2 = 0.69$, Lag-1 $R^2 = 0.17$
- 단기: Contemporaneous $R^2 = 0.39$, Lag-1 $R^2 = 0.11$

동시적 변수의 설명력이 지연 변수보다 현저히 높다는 점은 시장이 정보를 즉각적으로 반영함(효율적 정보 처리)을 시사한다. 지연 변수의 미약한 설명력은 잔여적 예측력이 존재하지만 제한적임을 보여준다.

Table 9. Lagged vs Contemporaneous

| Horizon | R2_Contemporaneous | R2_Lag1 | N_Contemp | N_Lag | Vars_Contemp | Vars_Lag | R2_Diff |
|-----------|--------------------|---------|-----------|-------|--------------|----------|---------|
| VeryShort | 0 | 0 | 133 | 127 | 1 | 0 | 0 |
| Short | 0.389 | 0.1062 | 272 | 265 | 12 | 8 | 0.2827 |
| Long | 0.6934 | 0.1651 | 1448 | 1436 | 49 | 48 | 0.5282 |

4.5.4 VIX Regime Analysis

VIX 20을 기준으로 레짐을 분리한 결과:

Low VIX (≤ 20 , N=1,762):

- $R^2 = 0.59$

- 신용 스프레드 중심(d_Baa_Yield, d_Spread_Baa)
- VIX 자체 변수의 영향 미미

High VIX (>20, N=594):

- $R^2 = 0.66$
- VIX 변수의 영향 급증(d_VIX -1.44, Ret_VIX +2.40)
- 고변동성 국면에서 위험 프리미엄 채널 활성화

이 결과는 시장 환경(레짐)에 따라 정책 기대 형성 메커니즘이 달라질 수 있음을 시사한다.

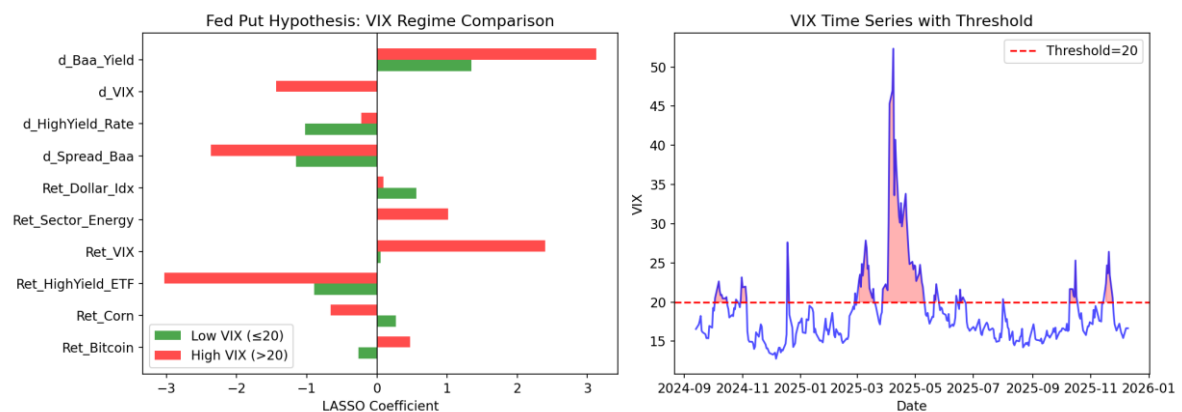


Figure 11. VIX Threshold Analysis

4.6 Summary: Key Findings

분석 결과를 종합하면 다음과 같다.

Fed Rate Expectations Analysis: Summary Dashboard

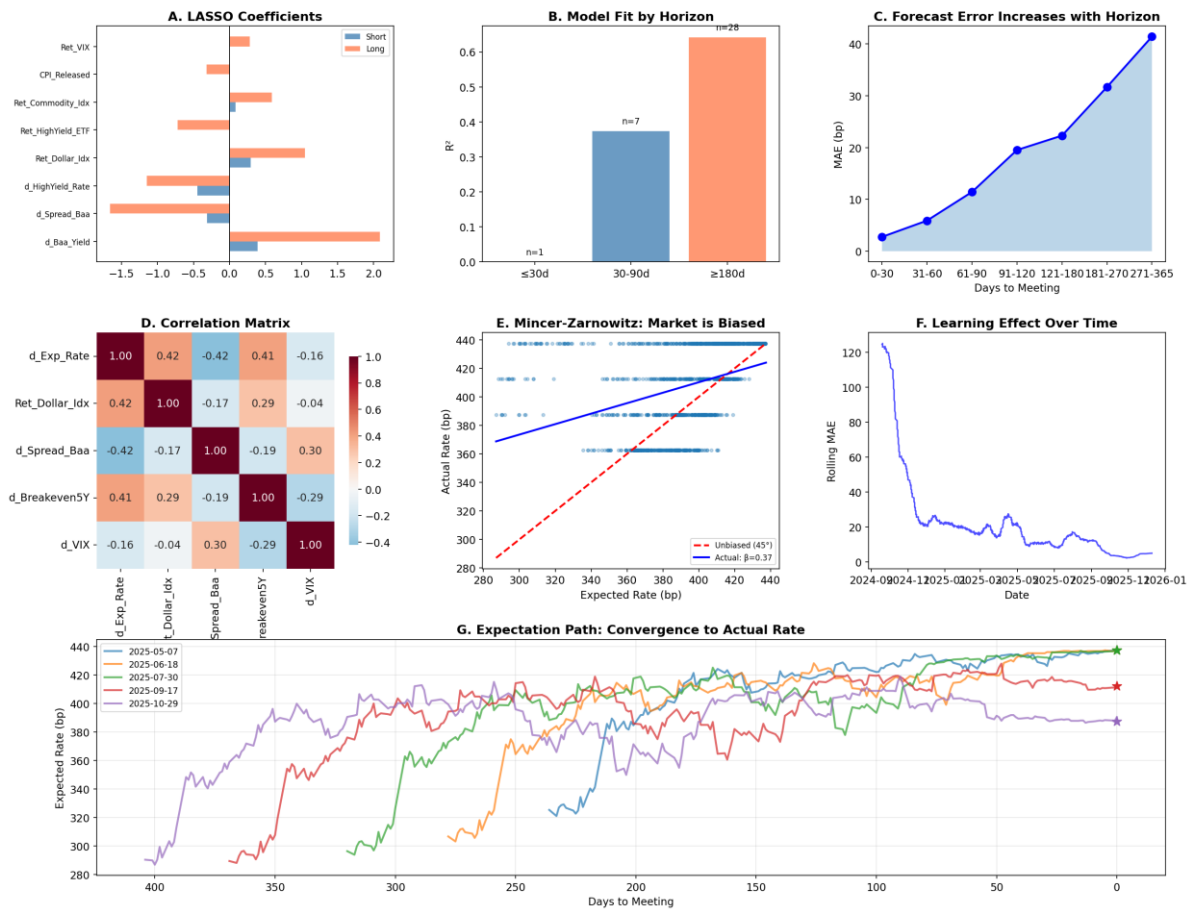


Figure 12. Summary Dashboard

5. Conclusion

5.1 Summary of Findings

본 연구는 2024년 9월부터 2025년 12월까지의 CME FedWatch 데이터를 이용하여, 통화정책 전환기 동안 시장의 금리 기대 형성 메커니즘을 분석했다. 주요 발견은 다음과 같다.

첫째, Horizon별 정보 처리의 이질성

초단기(≤30일)에서는 어떤 금융 변수도 기대 변화를 설명하지 못하는 $R^2 \approx 0$ 의 결과가 나타났다. 초단기에서는 d_Exp_Rate의 분산 자체가 매우 작고 기대가 거의 고정되어 있어, 회귀가 설명할 변동이 제한적이라는 기술적 요인도 함께 고려해야 한다. 이는 회의 임박 시점에서 정보가 이미 가격에 완전히 반영된 "효율적

영역"임을 의미한다. 반면 장기(≥ 180 일)에서는 $R^2 \approx 0.64$ 로 설명력이 높고, 신용 스프레드($d_Baa_Yield, d_Spread_Baa$)와 달러 인덱스가 핵심 변수로 등장했다.

이러한 horizon 구조는 ECB Working Paper 977과 Gürkaynak et al.(2005)의 발견과 정합적이며, 시장이 단기와 장기에서 질적으로 다른 정보 집합을 활용함을 보여준다.

둘째, 체계적 예측 편향과 학습

Mincer-Zarnowitz $\beta = 0.367$ (≈ 0.37)은 시장이 기대한 금리 변화의 약 1/3만 실현되었음을 의미하며, 이는 Schmeling et al.(2022)이 보고한 체계적 바이어스 패턴의 재현이다. 초기 MAE ≈ 125 bp는 시간에 따라 감소하여 2025년 하반기에는 ≈ 5 bp로 수렴했다.

이 학습 곡선은 시장이 과거 easing 사이클(2008년, 2020년)의 공격적 인하를 단순 외삽하다가, 연준의 "인플레이션 우선·신중한 접근" 반응함수를 점차 학습해 갔음을 보여준다.

셋째, Dot Plot의 구조적 효과

2024년 12월 점도표는 다음 세 가지 측면에서 구조적 단절점이었다.

- (1) 설명력 향상: 장기 R^2 가 0.67에서 0.76으로 상승하여, Campbell et al.(2012)의 forward guidance 이론을 지지
- (2) 변수 중요도 재편: 핵심 변수가 신용 리스크에서 달러 인덱스로 전환되어, 시장 해석 프레임의 변화를 반영
- (3) 예측 오차 축소: Hansen et al.(2023)의 "투명성 \rightarrow expectation errors 축소" 가설과 정합적

5.2 Economic Implications

본 연구의 결과는 통화정책과 금융시장에 대해 다음과 같은 함의를 제공한다.

신용 채널의 재해석: 본 연구의 d_Spread_Baa 음(-)의 계수는 레짐 의존적 Fed 반응함수(regime-dependent reaction function)로 해석할 수 있다. 표준적인 'Fed Put' 가설은 금융 스트레스 시 연준이 완화로 대응한다고 예측하지만, 이는 인플레이

션이 안정된 레짐을 전제로 한다. 2024-2025년 표본은 인플레이션이 목표치(2%)를 상회하는 시기로, 연준이 금융안정보다 물가안정을 명시적으로 우선시하는 레짐에 해당한다. 이 레짐에서 신용 스프레드 확대는 '완화 촉발 조건'이 아닌 '긴축 유지 또는 신중한 완화의 필요성'으로 시장에 해석되었을 가능성이 있다. VIX 레짐 분석(Section 4.5.4)에서 High VIX 국면의 R^2 상승은 극단적 스트레스 상황에서만 Fed Put이 조건부로 작동할 수 있음을 시사한다.

미국 예외주의와 달러: 달러 인덱스의 양(+)의 계수는 BIS·ECB 문헌에서 자주 보고되는 발견(달러↑ → 글로벌 리스크오프/금융여건 긴축 → 향후 인하 기대↑ → d_Exp_Rate ↓)과 반대 방향이다. 본 연구 표본(2024-2025)에서는 달러 강세가 '미국 성장·높은 실질금리 레짐 지속'의 신호로 작동하며, 시장이 인하 기대를 되돌리는 방향으로 해석되었을 가능성이 크다. 또한 단기(31-90일) post-LASSO OLS에서 인플레이션 기대($d_Breakeven5Y$)를 통제하더라도 달러 변수(Ret_Dollar_Idx)의 양(+) 부호와 유의성이 유지되어, 단순한 수입물가 경로(달러↑ → 인플레이↓ → 인하 여지↑)만으로 설명하기 어렵다는 점을 뒷받침한다. 표본과 레짐에 따라 변수의 영향이 부호까지 달라질 수 있음을 보여주는 사례다.

포워드 가이드언스의 효과: Dot Plot 이후 R^2 상승과 예측 오차 축소는 명시적 포워드 가이드언스의 정보 효과를 실증한다. 중앙은행 커뮤니케이션이 시장 불확실성을 줄이고 기대 형성을 개선할 수 있음을 확인했다.

5.3 Limitations

본 연구는 다음과 같은 한계를 갖는다.

첫째, 단일 사이클에 국한된 분석. 2024-2025년은 인플레이션 정상화와 정책 전환이 교차하는 특수한 시기였다. 다른 easing 사이클(2001년, 2008년, 2020년)에서 유사한 패턴이 나타나는지는 별도의 연구가 필요하다.

둘째, 내생성 문제. 비록 Treasury 변수를 제외했으나, 신용 스프레드나 달러 인덱스 역시 정책 기대에 영향을 받을 수 있다. 보다 엄밀한 인과 추론을 위해서는 도구변수 접근이나 이벤트 스터디가 필요하다.

셋째, FedWatch 데이터의 측정 오차. FedWatch는 Fed funds futures에서 파생되므로,

유동성 프리미엄이나 리스크 프리미엄이 순수한 기대를 오염시킬 수 있다.

넷째, Post-LASSO OLS 추정에서 일부 변수 간 다중공선성이 존재. 특히 Dot Plot 이후 하위 표본에서 달러 변수(Ret_Dollar_Idx, d_Dollar_Idx)의 VIF가 886을 초과하고, 주가지수 변수(Ret_SP500, Ret_Nasdaq)도 VIF 100 이상을 보였다. 이는 LASSO가 상관된 변수들을 동시에 선택할 때 발생하는 구조적 한계로, 개별 계수의 크기보다 변수 그룹의 결합 효과(joint effect)로 해석해야 한다. 본 연구의 핵심 결론—Dot Plot 이후 달러 및 위험자산 변수의 중요성 증가—은 이러한 한계에도 불구하고 robustness check에서 일관되게 지지되었다. LASSO는 L1 정규화를 통해 상관된 변수 중 일부를 제거하여 다중공선성을 완화하지만, 정규화 파라미터(λ)가 작거나 표본이 제한적일 때 상관된 변수들이 동시에 선택될 수 있다. 본 연구의 Dot Plot 이후 하위 표본에서 이러한 현상이 관찰되었으며, Post-LASSO OLS 단계에서 다중공선성이 표면화되었다. 이는 LASSO 기반 변수 선택의 구조적 한계로, Elastic Net 등 대안적 방법론을 통한 후속 연구가 필요하다.

5.4 Future Research Directions

향후 연구는 다음 방향으로 확장될 수 있다.

다른 중앙은행으로의 확장: ECB, BOE, BOJ 등 다른 중앙은행의 정책 기대에 대해 유사한 분석을 수행하여, 본 연구 결과의 일반성을 검증할 수 있다.

텍스트 분석과의 결합: Hansen et al.(2023)의 FedSpeak 분석과 FedWatch 기반 분석을 결합하여, 커뮤니케이션의 정보 내용과 시장 반응 사이의 관계를 더 정밀하게 분석할 수 있다.

Bitcoin, Gold 등 대안 자산의 구조적 변화가 관찰: 달러 기축통화 지위에 대한 시장 인식 변화와 연관될 수 있으며, Stablecoin 담보 구성 변화, 중앙은행 금 보유량 등의 데이터를 활용한 후속 연구가 가능하다.

실시간 예측 모형: 본 연구의 회고적(retrospective) 접근을 넘어, 실시간으로 정책 기대를 예측하고 그 성과를 평가하는 연구로 확장할 수 있다.

5.5 Concluding Remarks

2024-2025년 통화정책 전환기에서 시장은 FedWatch를 통해 연준의 피벗을 예측했

지만, 초기에는 과거 aggressive easing 경험을 과도하게 외삽하여 금리 인하를 구조적으로 과대평가했다. 점도표와 반복된 동결·완만한 인하를 통해 연준의 인플레이션 우선·신중한 반응함수가 점차 학습되었고, 그 과정에서 기대의 편향과 오차가 빠르게 축소되었다.

이는 통화정책 전환기에서 명시적 포워드 가이드가 시장의 정보 처리와 학습을 어떻게 재구성하는지 보여주는 사례이며, 중앙은행 커뮤니케이션의 중요성을 재확인하는 증거다.

References

- Bang, J., Ryu, D., & Webb, R. (2024). Term spread prediction using LASSO in machine learning frameworks. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 4, 31-45.
- Campbell, J., Evans, C., Fisher, J., & Justiniano, A. (2012). Macroeconomic effects of Federal Reserve forward guidance. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2012(1), 1-80.
- Cieslak, A. (2018). Short-rate expectations and unexpected returns in Treasury bonds. *Review of Financial Studies*, 31(9), 3265-3306.
- ECB Working Paper 977. Predictions of short-term rates and the expectations hypothesis of the term structure. European Central Bank.
- Gilchrist, S., & Zakrajsek, E. (2012). Credit spreads and business cycle fluctuations. *American Economic Review*, 102(4), 1692-1720.
- Gürkaynak, R., Sack, B., & Swanson, E. (2005). The sensitivity of long-term interest rates to economic news: Evidence and implications for macroeconomic models. *American Economic Review*, 95(1), 425-436.
- Hansen, S., McMahon, M., & Prat, A. (2023). Transparency and deliberation within the FOMC: A computational linguistics approach. *Quarterly Journal of Economics*, 133(2), 801-870.
- Kuttner, K. (2001). Monetary policy surprises and interest rates: Evidence from the Fed funds futures market. *Journal of Monetary Economics*, 47(3), 523-544.
- Mincer, J., & Zarnowitz, V. (1969). The evaluation of economic forecasts. In *Economic Forecasts and Expectations: Analysis of Forecasting Behavior and Performance* (pp. 3-46). NBER.
- Sack, B. (2005). Using Federal Funds Futures Contracts for Monetary Policy Analysis. FEDS Working Paper No. 2005-29.
- Schmeling, M., Schrimpf, A., & Steffensen, S. (2022). Monetary policy expectation errors. *Journal of Financial Economics*, 146(3), 841-858.

Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 58(1), 267-288.

Watching the FedWatch (2025). SSRN Working Paper No. 5093703.

Appendix

Appendix A: Variable Definition Table

Table A1. Variable Definition Table

| variable | source | transform | unit | note |
|------------------------|---------------|------------------|------|---|
| d_Exp_Rate | CME FedWatch | daily difference | bp | Daily change in implied expected Fed Funds rate |
| exp_rate_bp | CME FedWatch | level | bp | Implied expected Fed Funds rate from futures |
| Ret_Bitcoin | Yahoo Finance | log return | % | Bitcoin return |
| Ret_Oil_WTI | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Commodity_Idx | Yahoo Finance | log return | % | Commodity index return |
| Ret_Dollar_Idx | FRED/Yahoo | log return | % | DXY dollar index return |
| Ret_Ethereum | Yahoo Finance | log return | % | Ethereum return |
| Ret_EURUSD | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_GBPUSD | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Gold | Yahoo Finance | log return | % | Gold futures return |
| Ret_Copper | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_HighYield ETF | Yahoo Finance | log return | % | HYG ETF return (high yield proxy) |
| Ret_Corp_InvGrade | Yahoo Finance | log return | % | LQD ETF return (investment grade) |
| Ret_NatGas | Yahoo Finance | log return | % | Natural gas return |
| Ret_Silver | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Solana | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_USDCNY | Yahoo Finance | log return | % | USD/CNY exchange rate return |
| Ret_USDJPY | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_USDKRW | Yahoo Finance | log return | % | USD/KRW exchange rate return |
| Ret_Sector_Materials | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Comm | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Energy | Yahoo Finance | log return | % | Energy sector ETF return |
| Ret_Sector_Financials | Yahoo Finance | log return | % | Financial sector ETF return |
| Ret_Sector_Industrials | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Tech | Yahoo Finance | log return | % | Technology sector ETF return |
| Ret_Sector_Staples | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_RealEstate | Yahoo Finance | log return | % | Real estate sector ETF return |

| | | | | |
|--------------------------|---------------|------------------|--------|--|
| Ret_Sector_Utilities | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Health | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Discretionary | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Corn | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Soybean | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Wheat | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Dow | Yahoo Finance | log return | % | Dow Jones Industrial return |
| Ret_SP500 | Yahoo Finance | log return | % | S&P 500 index return |
| Ret_Nasdaq | Yahoo Finance | log return | % | NASDAQ composite return |
| Ret_Russell2000 | Yahoo Finance | log return | % | Russell 2000 small cap return |
| Ret_VIX | CBOE | log return | % | VIX volatility index return |
| Ret_Copper_Gold | Yahoo Finance | log return | % | |
| d_Baa_Yield | FRED | daily difference | pp | Moody's Baa corporate bond yield change |
| d_HighYield_Rate | FRED | daily difference | pp | High yield bond rate change |
| d_Breakeven5Y | FRED | daily difference | pp | 5Y breakeven inflation change |
| d_SOFR | FRED | daily difference | varies | |
| d_Dollar_Idx | FRED | daily difference | index | Dollar index level change |
| d_VIX | CBOE | daily difference | index | VIX level change |
| d_Spread_Baa | FRED | daily difference | pp | Baa-Treasury spread change (credit risk) |
| d_EPU | FRED | daily difference | varies | |
| CPI_Released | BLS | dummy | 0/1 | CPI release day indicator |
| PCE_Released | Various | dummy | 0/1 | |
| NonFarmPay_Released | BLS | dummy | 0/1 | Non-farm payroll release day |
| RetailSales_Released | Census | dummy | 0/1 | Retail sales release day |
| Unemployment_Released | Various | dummy | 0/1 | |

Variable Definitions (Part 1/2)

| variable | source | transform | unit | note |
|------------------------|---------------|------------------|------|---|
| d_Exp_Rate | CME FedWatch | daily difference | bp | Daily change in implied expected Fed Funds rate |
| exp_rate_bp | CME FedWatch | level | bp | Implied expected Fed Funds rate from futures |
| Ret_Bitcoin | Yahoo Finance | log return | % | Bitcoin return |
| Ret_Oil_WTI | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Commodity_Idx | Yahoo Finance | log return | % | Commodity index return |
| Ret_Dollar_Idx | FRED/Yahoo | log return | % | DXY dollar index return |
| Ret_Ethereum | Yahoo Finance | log return | % | Ethereum return |
| Ret_EURUSD | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_GBPUSD | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Gold | Yahoo Finance | log return | % | Gold futures return |
| Ret_Copper | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_HighYield ETF | Yahoo Finance | log return | % | HYG ETF return (high yield proxy) |
| Ret_Corp_InvGrade | Yahoo Finance | log return | % | LQD ETF return (investment grade) |
| Ret_NatGas | Yahoo Finance | log return | % | Natural gas return |
| Ret_Silver | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Solana | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_USDCNY | Yahoo Finance | log return | % | USD/CNY exchange rate return |
| Ret_USDJPY | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_USDKRW | Yahoo Finance | log return | % | USD/KRW exchange rate return |
| Ret_Sector_Materials | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Comm | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Energy | Yahoo Finance | log return | % | Energy sector ETF return |
| Ret_Sector_Financials | Yahoo Finance | log return | % | Financial sector ETF return |
| Ret_Sector_Industrials | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Tech | Yahoo Finance | log return | % | Technology sector ETF return |
| Ret_Sector_Staples | Yahoo Finance | log return | % | |

Variable Definitions (Part 2/2)

| variable | source | transform | unit | note |
|--------------------------|---------------|------------------|--------|--|
| Ret_Sector_RealEstate | Yahoo Finance | log return | % | Real estate sector ETF return |
| Ret_Sector_Utillities | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Health | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Sector_Discretionary | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Corn | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Soybean | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Wheat | Yahoo Finance | log return | % | |
| Ret_Dow | Yahoo Finance | log return | % | Dow Jones Industrial return |
| Ret_SP500 | Yahoo Finance | log return | % | S&P 500 index return |
| Ret_Nasdaq | Yahoo Finance | log return | % | NASDAQ composite return |
| Ret_Russell2000 | Yahoo Finance | log return | % | Russell 2000 small cap return |
| Ret_VIX | CBOE | log return | % | VIX volatility index return |
| Ret_Copper_Gold | Yahoo Finance | log return | % | |
| d_Baa_Yield | FRED | daily difference | pp | Moody's Baa corporate bond yield change |
| d_HighYield_Rate | FRED | daily difference | pp | High yield bond rate change |
| d_Breakeven5Y | FRED | daily difference | pp | 5Y breakeven inflation change |
| d_SOFR | FRED | daily difference | varies | |
| d_Dollar_Idx | FRED | daily difference | index | Dollar index level change |
| d_VIX | CBOE | daily difference | index | VIX level change |
| d_Spread_Baa | FRED | daily difference | pp | Baa-Treasury spread change (credit risk) |
| d_EPU | FRED | daily difference | varies | |
| CPI_Released | BLS | dummy | 0/1 | CPI release day indicator |
| PCE_Released | Various | dummy | 0/1 | |
| NonFarmPay_Released | BLS | dummy | 0/1 | Non-farm payroll release day |
| RetailSales_Released | Census | dummy | 0/1 | Retail sales release day |
| Unemployment_Released | Various | dummy | 0/1 | |

Appendix B: Full LASSO Coefficients by Horizon

Table B1. Full LASSO Coefficients by Horizon

Unnamed: 0 VeryShort Short Long Total

| | | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Ret_Bitcoin | 0.0 | -0.0 | -0.0469687214409757 | 0.0469687214409757 |
| Ret_Oil_WTI | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Commodity_Idx | 0.0 | 0.082703865810288 | 0.5885741814315282 | 0.6712780472418163 |
| Ret_Dollar_Idx | 0.0 | 0.2920025015915123 | 1.044178227142104 | 1.3361807287336165 |
| Ret_Ethereum | 0.0 | -0.0 | -0.2151245008808495 | 0.2151245008808495 |
| Ret_EURUSD | 0.0 | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_GBPUSD | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Gold | -0.0 | -0.0 | -0.1280258778196817 | 0.1280258778196817 |
| Ret_Copper | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_HighYield ETF | 0.0 | 0.0 | -0.7209963812237451 | 0.7209963812237451 |
| Ret_Corp_InvGrade | 0.0 | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_NatGas | 0.0 | 0.0872821520210466 | 0.005539283930075 | 0.0928214359511217 |
| Ret_Silver | 0.0 | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Solana | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_USDCNY | 0.0 | -0.0 | -0.21245260396464 | 0.21245260396464 |
| Ret_USDJPY | -0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_USDKRW | 0.0 | 0.0 | 0.162963748569665 | 0.162963748569665 |
| Ret_Sector_Materials | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Comm | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Energy | 0.0 | 0.0 | 0.0099686873436965 | 0.0099686873436965 |
| Ret_Sector_Financials | 0.0 | 0.0 | 0.1146319239691174 | 0.1146319239691174 |
| Ret_Sector_Industrials | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Tech | 0.0 | 0.0 | 0.2118384851968353 | 0.2118384851968353 |
| Ret_Sector_Staples | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_RealEstate | 0.0 | 0.0 | 0.1747038965322283 | 0.1747038965322283 |
| Ret_Sector_Uilities | 0.0 | 0.0 | 0.1097497953176427 | 0.1097497953176427 |
| Ret_Sector_Health | 0.0 | 0.0 | 0.0776973627486801 | 0.0776973627486801 |
| Ret_Sector_Discretionary | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Corn | 0.0 | 0.0 | -0.0387501866951645 | 0.0387501866951645 |
| Ret_Soybean | 0.0 | -0.0 | -0.0294404574003431 | 0.0294404574003431 |
| Ret_Wheat | 0.0 | 0.0 | 0.0590437146914493 | 0.0590437146914493 |
| Ret_Dow | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_SP500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Nasdaq | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Russell2000 | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_VIX | -0.0 | -0.0 | 0.2807342681146677 | 0.2807342681146677 |
| Ret_Copper_Gold | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| d_Baa_Yield | 0.0 | 0.3909264039103766 | 2.088644724218175 | 2.479571128128552 |
| d_HighYield_Rate | -0.0 | -0.4483225932236513 | -1.1482289400826031 | 1.5965515333062548 |
| d_Breakeven5Y | 1.0684853169324812e-16 | 0.3063840620464002 | 0.1239523255824177 | 0.4303363876288181 |

| | | | | |
|-----------------------|------|---------------------|---------------------|--------------------|
| d_SOFR | -0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_Dollar_Idx | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_VIX | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| d_Spread_Baa | -0.0 | -0.3146206499372213 | -1.6574204653305449 | 1.9720411152677664 |
| d_EPU | -0.0 | -0.0 | 0.0750951626965362 | 0.0750951626965362 |
| CPI_Released | 0.0 | -0.0 | -0.3159636856899018 | 0.3159636856899018 |
| PCE_Released | 0.0 | -0.0 | -0.0 | 0.0 |
| NonFarmPay_Released | -0.0 | 0.0 | 0.1779470506424846 | 0.1779470506424846 |
| RetailSales_Released | 0.0 | 0.0 | 0.1413089808979084 | 0.1413089808979084 |
| Unemployment_Released | -0.0 | 0.0 | 0.006068248888599 | 0.006068248888599 |

Full LASSO Coefficients by Horizon (Part 1/2)

| variable | VeryShort | Short | Long |
|------------------------|-----------|-------|--------|
| Ret_Bitcoin | 0.0 | -0.0 | -0.047 |
| Ret_Oil_WTI | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Commodity_Idx | 0.0 | 0.083 | 0.589 |
| Ret_Dollar_Idx | 0.0 | 0.292 | 1.044 |
| Ret_Ethereum | 0.0 | -0.0 | -0.215 |
| Ret_EURUSD | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_GBPUSD | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_Gold | -0.0 | -0.0 | -0.128 |
| Ret_Copper | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_HighYield ETF | 0.0 | 0.0 | -0.721 |
| Ret_Corp_InvGrade | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_NatGas | 0.0 | 0.087 | 0.006 |
| Ret_Silver | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Solana | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_USDCNY | 0.0 | -0.0 | -0.212 |
| Ret_USDJPY | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_USDKRW | 0.0 | 0.0 | 0.163 |
| Ret_Sector_Materials | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Comm | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Energy | 0.0 | 0.0 | 0.01 |
| Ret_Sector_Financials | 0.0 | 0.0 | 0.115 |
| Ret_Sector_Industrials | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Sector_Tech | 0.0 | 0.0 | 0.212 |
| Ret_Sector_Staples | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Sector_RealEstate | 0.0 | 0.0 | 0.175 |

Full LASSO Coefficients by Horizon (Part 2/2)

| variable | VeryShort | Short | Long |
|--------------------------|-----------|--------|--------|
| Ret_Sector_Utillities | 0.0 | 0.0 | 0.11 |
| Ret_Sector_Health | 0.0 | 0.0 | 0.078 |
| Ret_Sector_Discretionary | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Corn | 0.0 | 0.0 | -0.039 |
| Ret_Soybean | 0.0 | -0.0 | -0.029 |
| Ret_Wheat | 0.0 | 0.0 | 0.059 |
| Ret_Dow | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_SP500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Nasdaq | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Russell2000 | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_VIX | -0.0 | -0.0 | 0.281 |
| Ret_Copper_Gold | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| d_Baa_Yield | 0.0 | 0.391 | 2.089 |
| d_HighYield_Rate | -0.0 | -0.448 | -1.148 |
| d_Breakeven5Y | 0.0 | 0.306 | 0.124 |
| d_SOFR | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_Dollar_Idx | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_VIX | -0.0 | -0.0 | -0.0 |
| d_Spread_Baa | -0.0 | -0.315 | -1.657 |
| d_EPU | -0.0 | -0.0 | 0.075 |
| CPI_Released | 0.0 | -0.0 | -0.316 |
| PCE_Released | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| NonFarmPay_Released | -0.0 | 0.0 | 0.178 |
| RetailSales_Released | 0.0 | 0.0 | 0.141 |
| Unemployment_Released | -0.0 | 0.0 | 0.006 |

Appendix C: Post-LASSO OLS Detailed Results

Table C1. Post-LASSO OLS Detailed Results

| Unnamed: 0 | VeryShort | Short | Long |
|----------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Ret_Bitcoin | 0.0 | -0.0 | -0.0469687214409757 |
| Ret_Oil_WTI | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Commodity_Idx | 0.0 | 0.082703865810288 | 0.5885741814315282 |
| Ret_Dollar_Idx | 0.0 | 0.2920025015915123 | 1.044178227142104 |
| Ret_Ethereum | 0.0 | -0.0 | -0.2151245008808495 |
| Ret_EURUSD | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_GBPUSD | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_Gold | -0.0 | -0.0 | -0.1280258778196817 |
| Ret_Copper | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_HighYield ETF | 0.0 | 0.0 | -0.7209963812237451 |
| Ret_Corp_InvGrade | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_NatGas | 0.0 | 0.0872821520210466 | 0.005539283930075 |
| Ret_Silver | 0.0 | -0.0 | 0.0 |
| Ret_Solana | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| Ret_USDCNY | 0.0 | -0.0 | -0.21245260396464 |
| Ret_USDJPY | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_USDKRW | 0.0 | 0.0 | 0.162963748569665 |
| Ret_Sector_Materials | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Sector_Comm | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | |
|--------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| Ret_Sector_Energy | 0.0 | 0.0 | 0.0099686873436965 |
| Ret_Sector_Financials | 0.0 | 0.0 | 0.1146319239691174 |
| Ret_Sector_Industrials | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Sector_Tech | 0.0 | 0.0 | 0.2118384851968353 |
| Ret_Sector_Staples | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Sector_RealEstate | 0.0 | 0.0 | 0.1747038965322283 |
| Ret_Sector_Utillities | 0.0 | 0.0 | 0.1097497953176427 |
| Ret_Sector_Health | 0.0 | 0.0 | 0.0776973627486801 |
| Ret_Sector_Discretionary | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_Corn | 0.0 | 0.0 | -0.0387501866951645 |
| Ret_Soybean | 0.0 | -0.0 | -0.0294404574003431 |
| Ret_Wheat | 0.0 | 0.0 | 0.0590437146914493 |
| Ret_Dow | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_SP500 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Nasdaq | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ret_Russell2000 | 0.0 | 0.0 | -0.0 |
| Ret_VIX | -0.0 | -0.0 | 0.2807342681146677 |
| Ret_Copper_Gold | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| d_Baa_Yield | 0.0 | 0.3909264039103766 | 2.088644724218175 |
| d_HighYield_Rate | -0.0 | -0.4483225932236513 | -1.1482289400826031 |
| d_Breakeven5Y | 1.0684853169324812e-16 | 0.3063840620464002 | 0.1239523255824177 |
| d_SOFR | -0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_Dollar_Idx | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| d_VIX | -0.0 | -0.0 | -0.0 |
| d_Spread_Baa | -0.0 | -0.3146206499372213 | -1.6574204653305449 |
| d_EPU | -0.0 | -0.0 | 0.0750951626965362 |
| CPI_Released | 0.0 | -0.0 | -0.3159636856899018 |
| PCE_Released | 0.0 | -0.0 | -0.0 |
| NonFarmPay_Released | -0.0 | 0.0 | 0.1779470506424846 |
| RetailSales_Released | 0.0 | 0.0 | 0.1413089808979084 |
| Unemployment_Released | -0.0 | 0.0 | 0.006068248888599 |

Post-LASSO OLS Results (VeryShort)

| Variable | Coef | Std Err | t-stat | p-value | Significant | R2 | N | CI_lower | CI_upper |
|---------------|-------|---------|--------|---------|-------------|-------|-----|----------|----------|
| const | 0.024 | 0.112 | 0.216 | 0.829 | | 0.111 | 133 | -0.195 | 0.243 |
| d_Breakeven5Y | 0.471 | 0.137 | 3.442 | 0.001 | *** | 0.111 | 133 | 0.203 | 0.74 |

Post-LASSO OLS Results (Short)

| Variable | Coef | Std Err | t-stat | p-value | Significant | R2 | N | CI_lower | CI_upper |
|-------------------|--------|---------|--------|---------|-------------|-------|-----|----------|----------|
| const | 0.118 | 0.111 | 1.058 | 0.29 | | 0.406 | 272 | -0.1 | 0.336 |
| Ret_Commodity_idx | 0.128 | 0.17 | 0.751 | 0.453 | | 0.406 | 272 | -0.205 | 0.46 |
| Ret_Dollar_idx | 0.405 | 0.111 | 3.657 | 0.0 | *** | 0.406 | 272 | 0.188 | 0.623 |
| Ret_NatGas | 0.293 | 0.121 | 2.415 | 0.016 | ** | 0.406 | 272 | 0.055 | 0.531 |
| d_Baa_Yield | 0.6 | 0.184 | 3.259 | 0.001 | *** | 0.406 | 272 | 0.239 | 0.96 |
| d_HighYield_Rate | -0.461 | 0.219 | -2.102 | 0.036 | ** | 0.406 | 272 | -0.89 | -0.031 |
| d_Breakeven5Y | 0.35 | 0.113 | 3.095 | 0.002 | *** | 0.406 | 272 | 0.128 | 0.572 |
| d_Spread_Baa | -0.514 | 0.196 | -2.629 | 0.009 | *** | 0.406 | 272 | -0.898 | -0.131 |

Post-LASSO OLS Results (Long)

| Variable | Coef | Std Err | t-stat | p-value | Significant | R2 | N | CI_lower | CI_upper |
|-----------------------|--------|---------|---------|---------|-------------|-------|------|----------|----------|
| const | 0.189 | 0.069 | 2.749 | 0.006 | *** | 0.652 | 1448 | 0.054 | 0.324 |
| Ret_Bitcoin | -0.097 | 0.131 | -0.744 | 0.457 | | 0.652 | 1448 | -0.354 | 0.159 |
| Ret_Commodity_idx | 0.784 | 0.131 | 6.004 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 0.528 | 1.04 |
| Ret_Dollar_idx | 0.987 | 0.108 | 9.171 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 0.776 | 1.198 |
| Ret_Ethereum | -0.255 | 0.133 | -1.925 | 0.054 | * | 0.652 | 1448 | -0.516 | 0.005 |
| Ret_Gold | -0.27 | 0.097 | -2.781 | 0.005 | *** | 0.652 | 1448 | -0.46 | -0.08 |
| Ret_HighYield ETF | -1.153 | 0.224 | -5.146 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | -1.592 | -0.714 |
| Ret_NatGas | 0.078 | 0.086 | 0.906 | 0.365 | | 0.652 | 1448 | -0.091 | 0.247 |
| Ret_USDCNY | -0.319 | 0.087 | -3.662 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | -0.49 | -0.148 |
| Ret_USDKRW | 0.27 | 0.094 | 2.877 | 0.004 | *** | 0.652 | 1448 | 0.086 | 0.454 |
| Ret_Sector_Energy | -0.043 | 0.158 | -0.269 | 0.788 | | 0.652 | 1448 | -0.352 | 0.267 |
| Ret_Sector_Financials | 0.372 | 0.184 | 2.024 | 0.043 | ** | 0.652 | 1448 | 0.012 | 0.732 |
| Ret_Sector_Tech | 0.601 | 0.152 | 3.965 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 0.304 | 0.899 |
| Ret_Sector_RealEstate | 0.371 | 0.139 | 2.672 | 0.008 | *** | 0.652 | 1448 | 0.099 | 0.643 |
| Ret_Sector_Utillities | 0.191 | 0.112 | 1.697 | 0.09 | * | 0.652 | 1448 | -0.03 | 0.411 |
| Ret_Sector_Health | 0.152 | 0.121 | 1.259 | 0.208 | | 0.652 | 1448 | -0.085 | 0.389 |
| Ret_Com | -0.195 | 0.112 | -1.742 | 0.081 | * | 0.652 | 1448 | -0.414 | 0.024 |
| Ret_Soybean | -0.126 | 0.119 | -1.053 | 0.292 | | 0.652 | 1448 | -0.359 | 0.108 |
| Ret_Wheat | 0.191 | 0.103 | 1.851 | 0.064 | * | 0.652 | 1448 | -0.011 | 0.393 |
| Ret_VIX | 0.662 | 0.151 | 4.376 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 0.365 | 0.958 |
| d_Baa_Yield | 2.095 | 0.127 | 16.44 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 1.845 | 2.345 |
| d_HighYield_Rate | -1.222 | 0.204 | -5.978 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | -1.622 | -0.821 |
| d_Breakeven5Y | 0.093 | 0.095 | 0.972 | 0.331 | | 0.652 | 1448 | -0.094 | 0.279 |
| d_Spread_Baa | -1.642 | 0.129 | -12.744 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | -1.895 | -1.39 |
| d_EPU | 0.154 | 0.077 | 1.998 | 0.046 | ** | 0.652 | 1448 | 0.003 | 0.305 |
| CPI_Released | -0.391 | 0.106 | -3.694 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | -0.599 | -0.184 |
| NonFarmPay_Released | 0.153 | 0.056 | 2.749 | 0.006 | *** | 0.652 | 1448 | 0.044 | 0.263 |
| RetailSales_Released | 0.23 | 0.066 | 3.513 | 0.0 | *** | 0.652 | 1448 | 0.102 | 0.359 |
| Unemployment_Released | 0.153 | 0.056 | 2.749 | 0.006 | *** | 0.652 | 1448 | 0.044 | 0.263 |

Appendix D: Dot Plot Structural Change Details

Table D1. Dot Plot Coefficient Stability

| Variable | Before_Coeff | Before_SE | After_Coeff | After_SE | Difference | p_value_diff |
|-----------------------|--------------|-----------|-------------|----------|------------|--------------|
| Ret_Sector_Comm | -0.8087 | 0.2418 | 0.01963 | 0.1559 | 0.8283 | 0.004888 |
| Unemployment_Release | -0.01172 | 0.05577 | 0.007153 | 0.05666 | 0.01888 | 0.8128 |
| Ret_Wheat | 0.3085 | 0.1821 | 0.0911 | 0.08864 | -0.2174 | 0.2857 |
| Ret_EURUSD | -0.3907 | 0.3624 | 0.2256 | 0.154 | 0.6163 | 0.1207 |
| Ret_Sector_Financials | 0.09665 | 0.2753 | 1.548 | 0.3697 | 1.451 | 0.002166 |

| | | | | | | |
|----------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-----------|
| d_Breakeven5Y | -0.1348 | 0.1672 | 0.1811 | 0.09506 | 0.3159 | 0.1037 |
| d_EPU | 0.1771 | 0.1292 | 0.05597 | 0.08358 | -0.1211 | 0.4329 |
| Ret_Sector_Health | 0.2905 | 0.1888 | 0.52 | 0.1621 | 0.2294 | 0.3589 |
| NonFarmPay_Released | -0.2342 | 0.05577 | 0.5755 | 0.05666 | 0.8097 | 0 |
| Ret_USDJPY | 0.2193 | 0.2249 | -0.09916 | 0.1111 | -0.3185 | 0.2072 |
| Ret_HighYield ETF | -1.621 | 0.2993 | -1.744 | 0.2268 | -0.1225 | 0.7449 |
| Ret_Sector_Materials | -0.2514 | 0.2115 | 0.3161 | 0.1786 | 0.5674 | 0.04298 |
| Ret_Silver | -0.4344 | 0.1652 | 0.2209 | 0.09685 | 0.6553 | 0.0009017 |
| RetailSales_Released | 0.3345 | 0.1143 | 0.1689 | 0.09266 | -0.1656 | 0.2631 |
| Ret_Oil_WTI | 0.2206 | 0.1642 | -0.1173 | 0.1613 | -0.3378 | 0.1453 |

Appendix E: Correlation Matrix

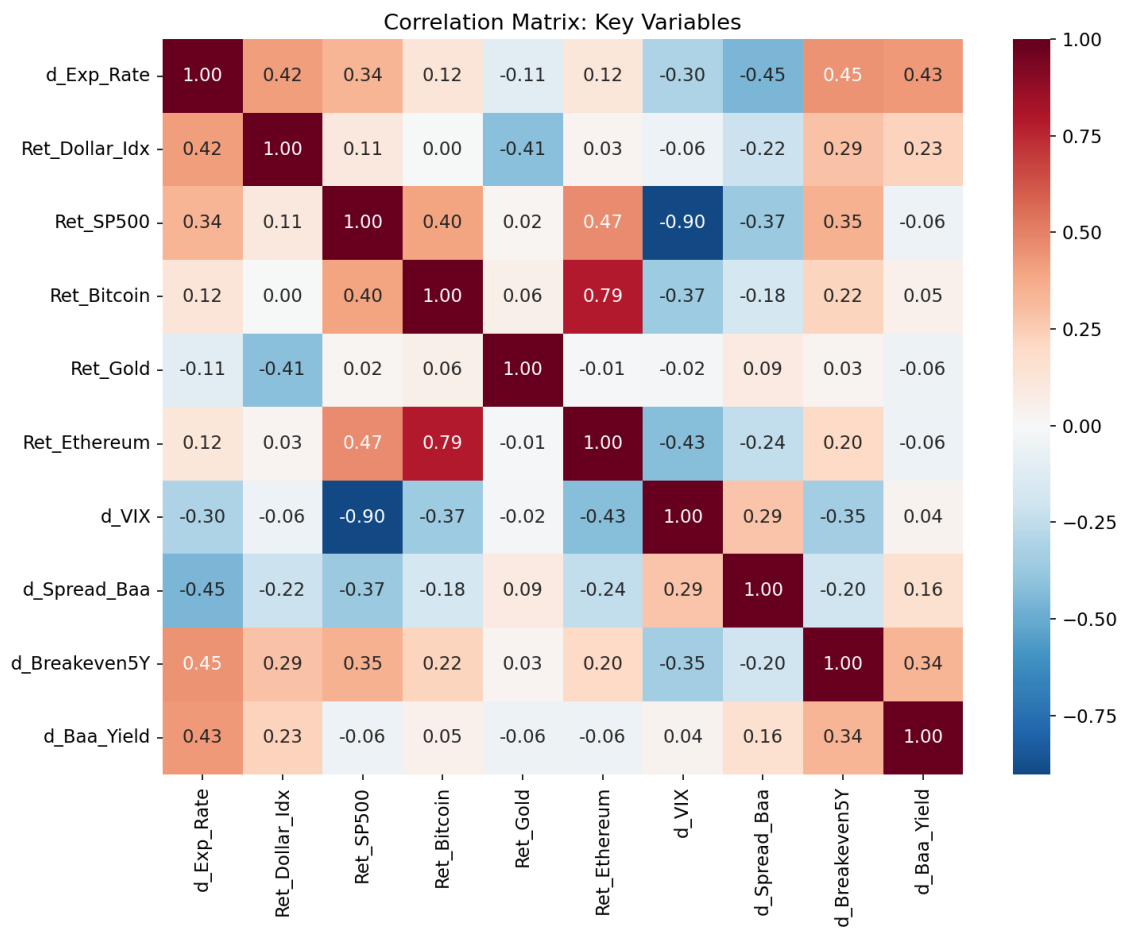


Figure A1. Correlation Matrix

Appendix F: Time-Split Stability (Full Table)

Table F1. Time-Split Stability

| hori zon _bu cket | split _rul e | mod el_n ame | selecte d_vars | key_group_s ummary | sign _sta bilit y_fla g | R 2_ tr ain | R 2_ t est | M A E_ tes t | R M SE_ te st | tra in_ st art | tra in_ en d | te st_ s ta rt | te st_ e n d | N _t ra in | N _t e st |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|---|--|-------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|
| Very Shor t | Chr ono _80 _19 | LAS SO | Ret_Se ctor_E nergy, Ret_Se ctor_Fi nancial s, d_VIX | risk | stabl e | 0. 26 54 | - 0. 06 12 | 1. 47 9 | 2.3 37 | 20 25 - 04 - 07 | 20 25 - 10 - 22 | 20 25 - 10 - 23 | 20 25 - 12 - 10 | 1 0 6 | 2 7 |
| Very Shor t | Chr ono _80 _19 | Post LAS SO_ OLS | Ret_Se ctor_E nergy, Ret_Se ctor_Fi nancial s, d_VIX | risk | stabl e | 0. 35 8 | - 0. 12 1 | 1. 51 2 | 2.4 02 | 20 25 - 04 - 07 | 20 25 - 10 - 22 | 20 25 - 10 - 23 | 20 25 - 12 - 10 | 1 0 6 | 2 7 |
| Very Shor t | Last _60 _d_as _test | LAS SO | | none | stabl e | 0 | - 0. 00 8 | 1. 21 8 | 2.0 26 | 20 25 - 04 - 07 | 20 25 - 10 - 10 | 20 25 - 10 - 13 | 20 25 - 12 - 10 | 9 8 | 3 5 |
| Shor t | Chr ono _80 _19 | LAS SO | Ret_C ommo dity_Id x, Ret_D ollar_I dx, Ret_C opper, Ret_N atGas, Ret_S olana, Ret_Se ctor_Fi nancial s, d_Baa _Yield , d_Hig hYield _Rate, d_Brea ken5 | commodity/cr edit/dollar/inf lation/other/ri sk | stabl e | 0. 44 38 | 0. 20 81 | 1. 34 6 | 1.7 44 | 20 25 - 02 - 06 | 20 25 - 10 - 02 | 20 25 - 10 - 03 | 20 25 - 12 - 10 | 2 1 7 | 5 5 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------|-----------------|---|--|------------|----------------|------------------------|---------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|--------|
| | | | Y, d_VIX ... | | | | | | | | | | | | |
| Short | Chrono_80_19 | Post LAS SO_OLS | Ret_C ommo dity_Id x, Ret_D ollar_I dx, Ret_C opper, Ret_N atGas, Ret_S olana, Ret_Se ctor_Fi nancial s, d_Baa _Yield , d_Hig hYield _Rate, d_Brea keven5 Y, d_VIX ... | commodity/cr edit/dollar/inf lation/other/ri sk | stabl e | 0. 49 31 | 0. 0 4 4 7 | 1. 52 | 1.9 15 | 20 25 - 02 - 06 | 20 25 - 10 - 02 | 20 25 - 10 - 03 | 20 25 - 12 - 10 | 2 1 7 | 5 5 |
| Short | Last_60_d_as_test | LAS SO | Ret_C ommo dity_Id x, Ret_D ollar_I dx, Ret_C opper, Ret_N atGas, Ret_S olana, Ret_Se ctor_Fi nancial s, d_Baa _Yield , d_Hig hYield _Rate, d_Brea keven5 Y, d_VIX | commodity/cr edit/dollar/inf lation/other/ri sk | stabl e | 0. 44 3 | 0. 1 8 2 7 | 1. 43 2 | 1.8 29 | 20 25 - 02 - 06 | 20 25 - 10 - 10 | 20 25 - 10 - 13 | 20 25 - 12 - 10 | 2 2 3 | 4 9 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------|-----------------|--|---|--------|-------|--------|-------|-------|------------|------------|------------|------------|------|-----|
| | | | sed... | | | | | | | | | | | | |
| Long | Chrono_80_19 | Post LAS SO_OLS | Ret_Oil_WTI, Ret_Commodity_Idx, Ret_Dollar_Idx, Ret_VIX, d_Baa_Yield, d_HighYield_Rate, d_Breakeven5Y, d_Spread_Baa, CPI_Release, NonFarmPay_Released... | commodity/currency/dollar/inflation/other/risk | stable | 0.636 | 0.4581 | 2.062 | 2.836 | 2024-09-13 | 2025-08-26 | 2025-08-26 | 2025-12-10 | 1158 | 290 |
| Long | Last_60_days_test | LAS SO | Ret_Commodity_Idx, Ret_Dollar_Idx, Ret_Ethereum, Ret_HighYield ETF, Ret_USDCNY, Ret_USDKRW, Ret_VIX, d_Baa_Yield, d_HighYield | commodity/currency/crypto/dollar/inflation/other/risk | stable | 0.624 | 0.491 | 1.777 | 2.514 | 2024-09-13 | 2025-10-10 | 2025-10-13 | 2025-12-10 | 1307 | 141 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------------------------|---------------------------|---|---|------------|----------------|------------------------|---------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------|
| | | | _Rate, d_Brea keven5 Y... | | | | | | | | | | | | |
| Long | Last _60 d_as _test | Post LAS SO_ OLS | Ret_C ommo dity_Id x, Ret_D ollar_I dx, Ret_Et hereu m, Ret_Hi ghYiel d ETF , Ret_U SDCN Y, Ret_U SDKR W, Ret_V IX, d_Baa _Yield , d_Hig hYield _Rate, d_Brea keven5 Y... | commodity/cr edit/crypto/do llar/inflation/ other/risk | stabl e | 0. 64 49 | 0. 4 1 4 5 | 1. 90 2 | 2.6 97 | 20 24 - 09 - 13 | 20 25 - 10 - 10 | 20 25 - 10 - 13 | 20 25 - 12 - 10 | 1 3 0 7 | 1 4 1 |