



# EFFICIENT FX MANAGEMENT WITH DEEP LEARNING

딥러닝 솔루션을 통한 효율적인 외환 관리

조 주현

QRAFT TECHNOLOGIES, INC.

AUG 21 2019

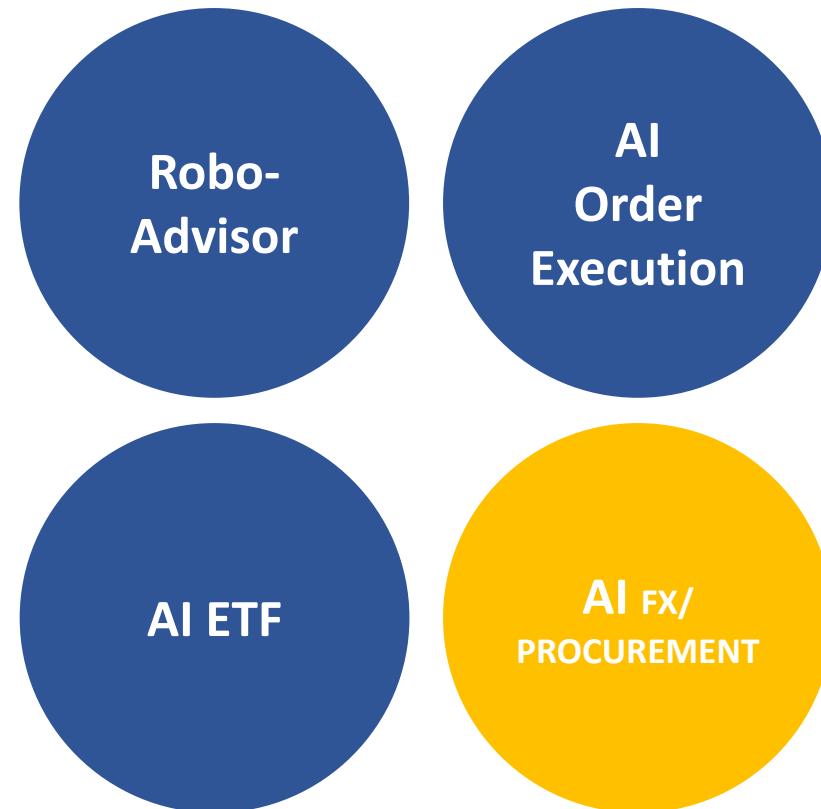
## 목차

1. 발표자 및 크래프트테크놀로지스 소개
2. 문제 정의 - 기업의 환전 및 외환 리스크 관리 니즈
3. Naïve Solution - 딥러닝 기반 외환(금융)예측모델링과 그 문제점
4. 문제 해결 - 모델링 관점에서
  - Task-Specific Solution(Uncertainty prediction)
  - Objective Control(Multi-Task Learning)
  - 기타 실험 결과
5. 모델링 응용 가능 분야
6. 질의 응답

크래프트테크놀로지스 AI Research 팀

- 원자재 및 반제품 가격 예측 및 구매 최적화
- 환율 변동성 동적 해지 / 환전 타이밍 예측 태스크

머신 러닝(딥러닝)을 금융 도메인에 적용하는 회사

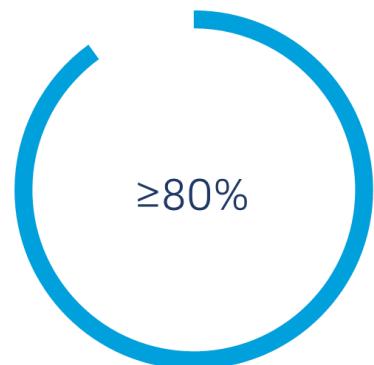


## Robo-Advisor

- 크래프트는 국내 최대의 로보어드바이저 서비스 공급사입니다.
- 고객사별 투자전략을 AI 기술로 최적화시킨 AI FUND 7종 현재 운용 중
- 투자전략, 리스크/컴플라이언스 등 까다로운 제한조건도 AI가 자동적으로 충족



로보어드바이저 인더스트리 총 자산



크래프트 엔진 적용

## AI Order Execution

### Trading Execution

- ✓ 자산운용사 | 연금의 총 트레이딩 비용 = 트레이딩 수수료 + 주문가격효율
- ✓ 트레이딩은 AI가 유리한 영역
- ✓ 인간 트레이더 = 고비용 저효율

### Ai eXecution Engine

- ✓ AXE는 JP Morgan Chase의 LOXM 시스템에 이어 세계에서 두번째로 개발된 딥러닝 기반 인공지능 주문집행 시스템
- ✓ 사전에 입력된 룰 -> 시장데이터를 지속적으로 학습하여 적절한 분할전략을 발견하고 끊임없이 진화
- ✓ AXE는 실거래 테스트에서 VWAP 대비 평균 7.5bp 낮은 체결가를 기록
- ✓ AXE Challenge 2018 : AI vs. 기관딜러 트레이딩 대회

## AI Order Execution



### Competition Rules

- 참여 : 증권사 현역딜러 3인팀 vs. AXE
- 상금 : 인간팀이 승리할 시, 상금 1억원 (최소/향후 스폰서십에 따라 상향예정) 수여
- 주문대상 : 국내주식 50종목 (하루 10종목\*5일 / 종목풀 50종목 사전공지 / 하루 10종목 랜덤선택)
- 계좌 : 개인별 주식계좌 10억원 (AXE 포함 총 40억원)
- 대회기간 : 총 5일

## AI Order Execution



- ✓ 실거래 성과 측정 기간:
- ✓ 대회기간 평균 절감 비율:

2018.11.14 ~ 22 ( 총 7거래일 )

**VWAP 대비 5bps**

AI ETF

세계 최초 딥러닝 기반 AI ETF 2종 뉴욕증권거래소(NYSE) 상장 완료



## FX Management

국내 수출입 기업은 주요 업무에 필연적으로 환전이 수반됨

대부분의 기업, 특히 비금융 기업들은 이런 외환 관련 의사결정에 있어  
전문적으로 대처하지 못하는 경우가 많음

= 환율을 주어진 숫자(given number, random number)로 인식함

기업들이 마주하는 주요 외환 업무

- 환전
- 환 헤지
- 외환 보유 재고 관리

## FX Management

### 환전

| 월            | 화            | 수            | 목          | 금            |
|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| 1\$ = 1,200₩ | 1\$ = 1,100₩ | 1\$ = 1,000₩ | 1\$ = 900₩ | 1\$ = 1,000₩ |

### 100\$ 구매

월요일에 전부 구매: 120,000₩ - 일반 개인 / 기업

5등분하여 구매 : 104,000₩

목요일에 전부 구매: 90,000₩

## FX Management

### 리스크(risk, 위험)

예상하지 못한 변동에 의해 수익 혹은 지출에 변화가 생길 가능성이 있는 경우

= UNCERTAINTY(불확실성)

### 외환 리스크

예상치 못한 환율 변동에 의한 불확실성

### 해외 영업/ 수출입 기업의 환 리스크

주요 영업 행위와 직접적인 관련이 없는 환율 변동으로 인해, 매출/비용에 변화가 생기는 경우

### 외환 헤지

외환 리스크를 상쇄하는 행위

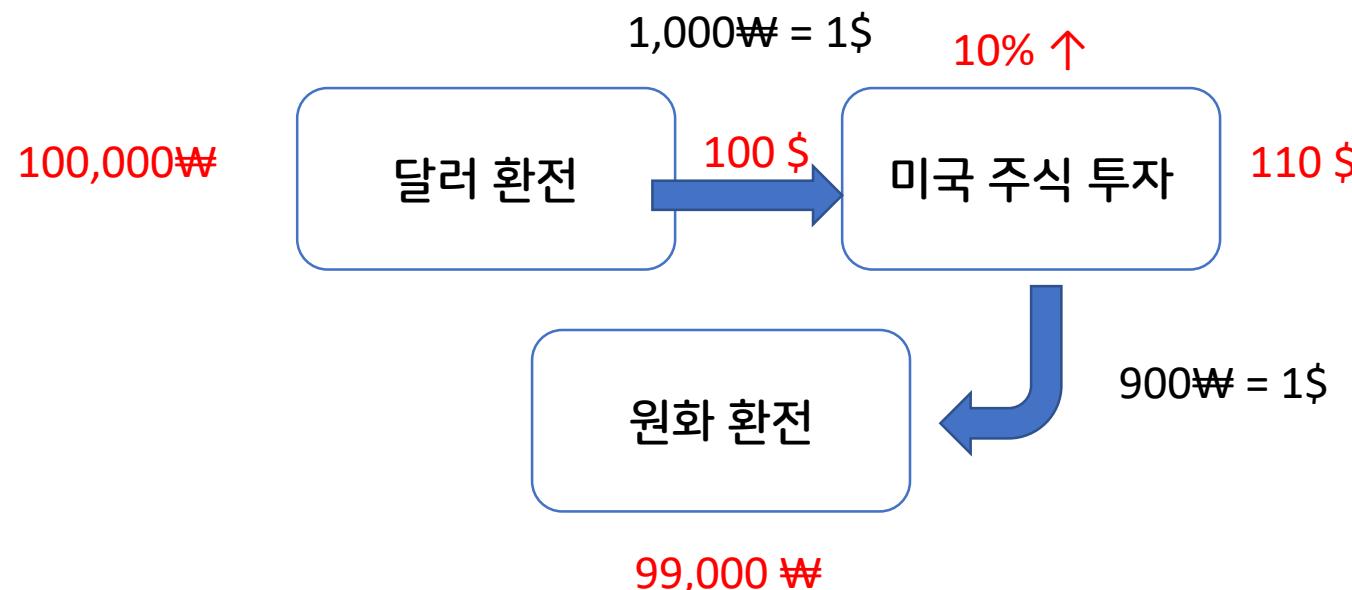
## FX Management

예시 1) 해외 영업 기업

국내 기업인 A사는 미국주식시장을 무대로 투자하는 기업이다.

A사는 안정적인 수익을 추구하며, 매 달 10%의 수익을 보장할 수 있다고 생각한다.

현재 환율은 1달러 당 1,000원이다.



## FX Management

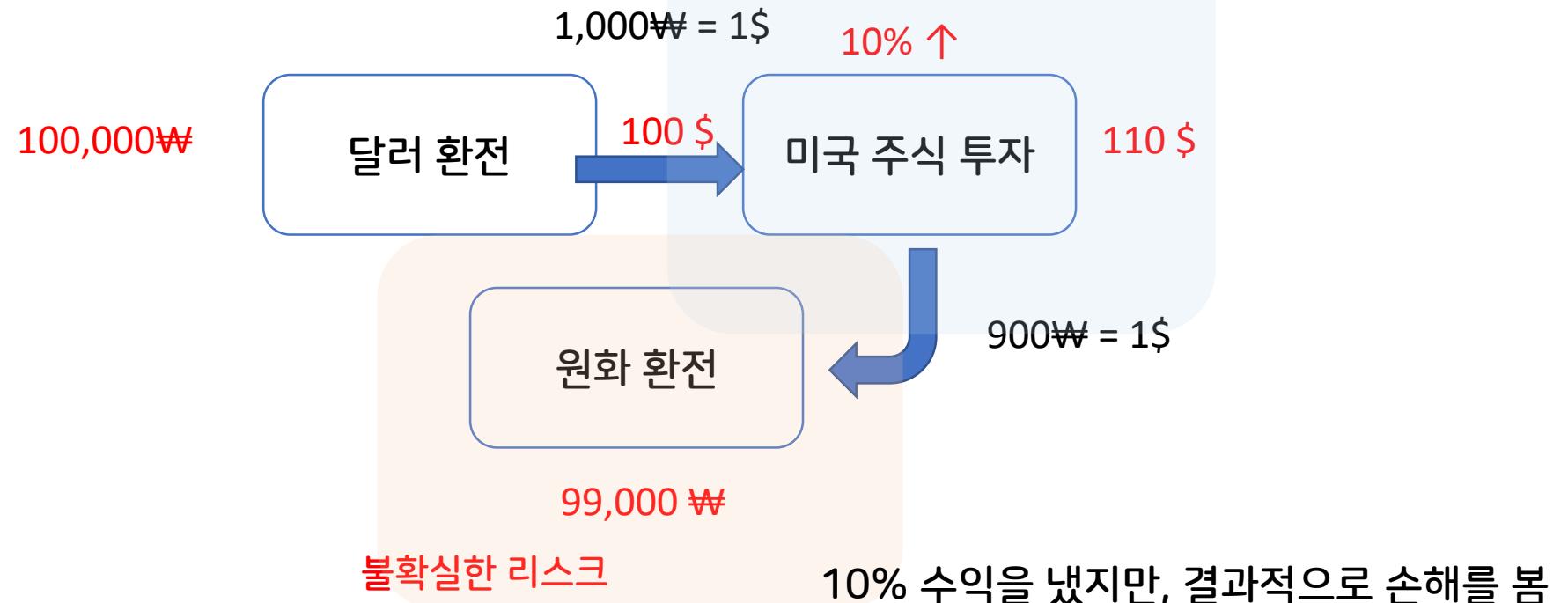
환 리스크와 환 헤지

예상치 못한 환 변동에 의한 위험(환 리스크)을 상쇄하는 행위(환 헤지)

예시 1) 해외 투자

가정: 미국 주식 시장에서 확실한 10%의 수익 보장

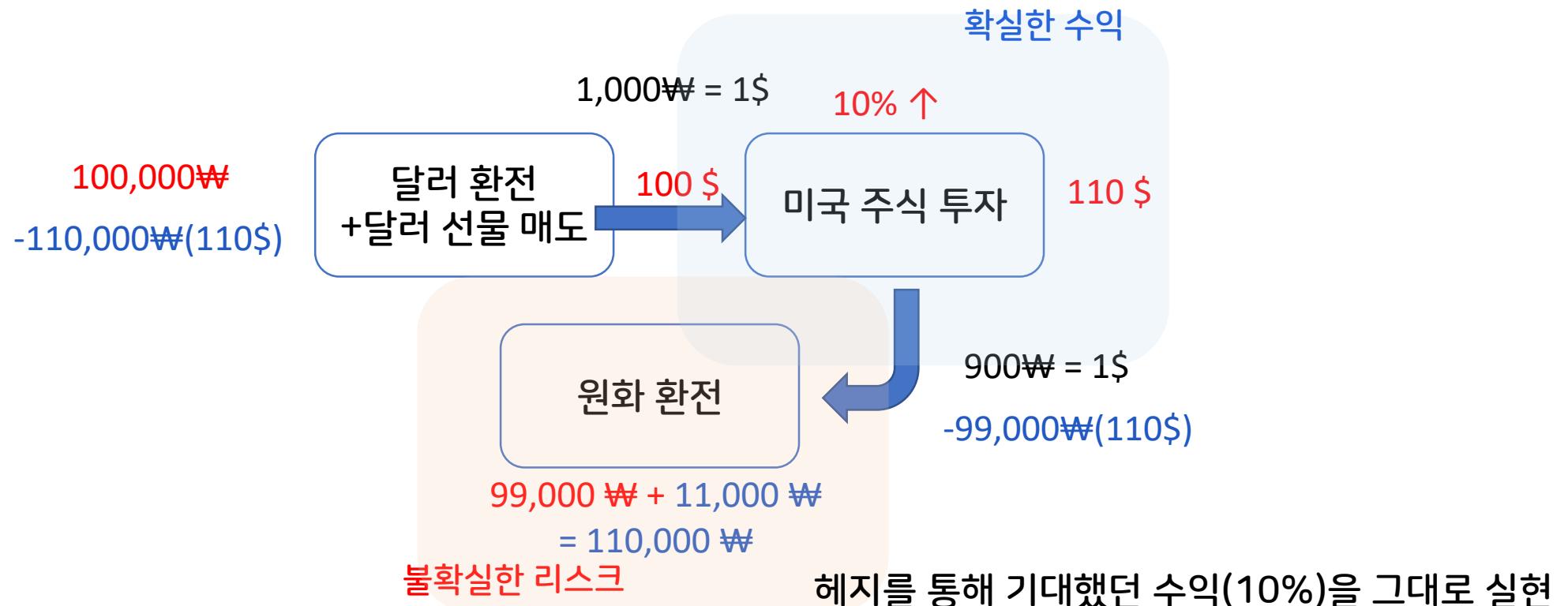
확실한 수익



## FX Management

### 예시 2) 해외 투자 풀 헷지

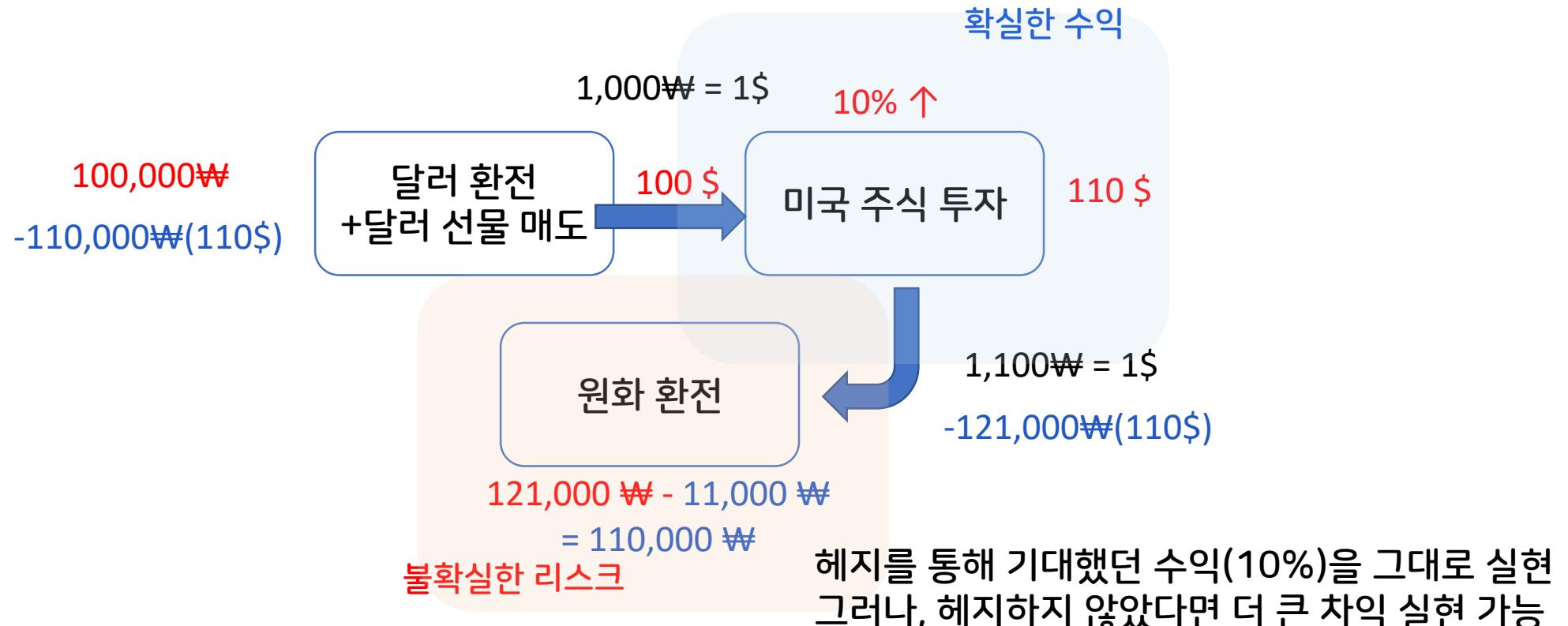
환율 변동으로 인해, 영업이익에도 불구하고 전체적으로는 손해를 본 A사는 110\$ 만큼의 달러 선물을 매도함으로써 원화로 표시된 환 리스크를 제거할 수 있다.(Full Hedge)



## FX Management

### 예시 3) 해외 투자 풀 헛지 2

환율 변동으로 인해, 영업이익에도 불구하고 전체적으로는 손해를 본 A사는 110\$ 만큼의 달러 선물을 매도함으로써 원화로 표시된 환 리스크를 제거할 수 있다.(Full Hedge)  
하지만 환율이 오히려 상승한다면?



## FX Management

환 리스크와 환 헤지

예상치 못한 환 변동에 의한 위험(환 리스크)을 상쇄하는 행위(환 헤지)

Risky

Hedged

|    | 예시 1(No Hedge) | 예시 1.5(No Hedge) | 예시 2(Full Hedge) | 예시 3(Full Hedge) |
|----|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 환율 | 1\$ = 900₩     | 1\$ = 1,100₩     | 1\$ = 900₩       | 1\$ = 1,100₩     |
| 원화 | 99,000₩        | 121,000₩         | 110,000₩         | 110,000₩         |
| 달러 | 110\$          | 110\$            | 122\$            | 100\$            |

No Hedge(0%) : 달러 헷지 / 원화 위험

이익

손해

Full Hedge(100%) : 원화 헷지 / 달러 위험

## FX Management

### 환 리스크와 환 헤지

예상치 못한 환 변동에 의한 위험(환 리스크)을 상쇄하는 행위(환 헤지)

Risky

Hedged

같은 표시 금액,  
But 다른 가치

|    | 예시 1(No Hedge) | 예시 1.5(No Hedge) | 예시 2(Full Hedge) | 예시 3(Full Hedge) |
|----|----------------|------------------|------------------|------------------|
| 환율 | 1\$ = 900₩     | 1\$ = 1,100₩     | 1\$ = 900₩       | 1\$ = 1,100₩     |
| 원화 | 99,000₩        | 121,000₩         | 110,000₩         | 110,000₩         |
| 달러 | 110\$          | 110\$            | 122\$            | 100\$            |

No Hedge(0%) : 달러 헷지 / 원화 위험

이익

손해

Full Hedge(100%) : 원화 헷지 / 달러 위험

Value Based Hedge(0~100%) 가치 기반 헷지

## FX Prediction Model by Deep Learning



딥러닝으로 환율에 대한 완벽한 예측 모델을 만들 수 있다면?

- 최적 시점에 환전 가능
- 환 헤지/노출 포지션 동적 배분 가능
- 환 시세 차익을 바탕으로 트레이딩 가능

## 머신 러닝(딥 러닝)

(많은)데이터 내부의 비선형 관계(분포)를 스스로 학습하여 주어진 목표를 수행하는 모델



## FX Prediction Model by Deep Learning

딥러닝으로 환율에 대한 완벽한 예측 모델을 만들 수 있다면?

어떻게?

간단한 지도학습 모델링

〈Image Classification〉



→

|      |      |
|------|------|
| Dog  | Cat  |
| 0.05 | 0.95 |

〈Language Translation〉

<BOS> I love you <EOS>



너를 사랑해 <EOS>

〈Financial Time Series Forecast〉

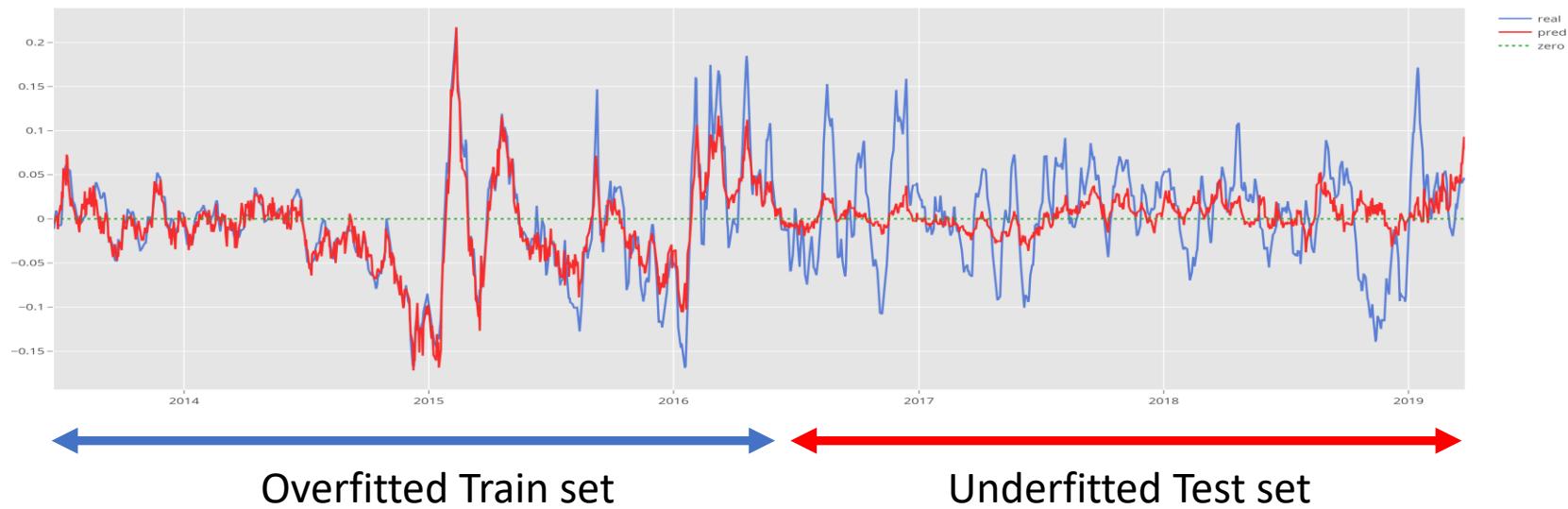
| 월     | 화     | 수     | 목   | 금     |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| 1,200 | 1,100 | 1,000 | 900 | 1,000 |

## 딥러닝을 적용하는 데 있어서 금융 시계열이 가지는 문제점

1. Small
2. Unreliable
3. Inconsistency
4. Incompleteness
5. Not Permanent
6. Dependent

## 딥러닝을 적용하는 데 있어서 금융 모델링의 문제점

### 1. Overfitting / Underfitting



2. Time series not only in data point, but also between data points (데이터 간 시계열 특성)  
- Carefully Train / Validation / Test Split

## No Pain, No Gain

### 금융데이터의 장점

#### 1. High frequency & Repetitive - Low expectation on Accuracy

```
In [1]: import random
def simulate(p=0.5, d=365):
    balance = 1
    a = 0
    b = 0
    for _ in range(d):
        u = random.random()
        if u < p:
            balance *= 1.005
            a += 1
        else:
            balance *= 1/1.005
            b += 1
    return balance
```

```
In [2]: def simulate_n(p=0.5, d=365, n=10):
    earnings = [simulate(p, d) for _ in range(n)]
    return sum(earnings)/n

simulate_n(p=0.52, d=250, n=10000), simulate_n(p=0.55, d=250, n=10000)

Out[2]: (1.0540546737564491, 1.1370850894383013)
```

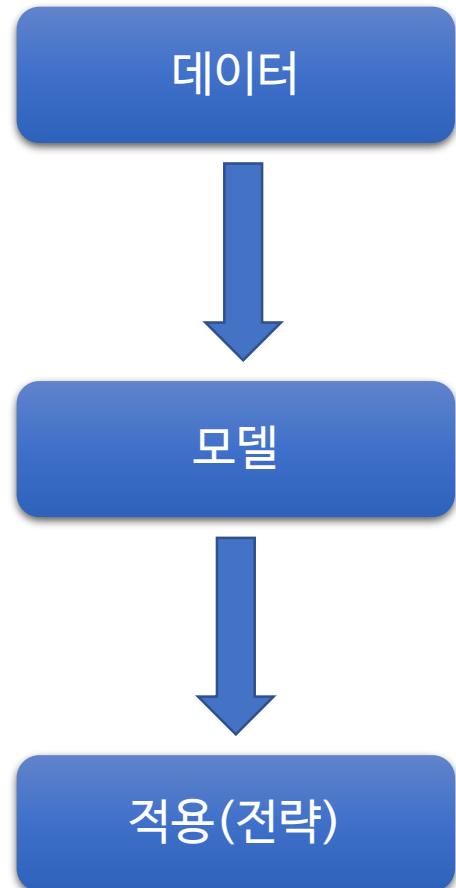
## No Pain, No Gain

### 금융데이터의 장점

#### 2. Efficient role of Domain Knowledge – Explicit Feature Selection

- 완벽하진 않지만, 목적에 맞는 모델링
- 다양한 데이터 소스를 통해 목적에 맞는 모델 설계 가능
- 예) 두바이 유 구매 리스크 요인 => 1) 달러 가치 리스크 2) 중동 경제 리스크 등
- 달러 가치 리스크는 달러 선물헷지로 방어하고,  
중동 거시경제 변수만으로 학습시켜 대응하는 방식으로 구성 가능

## Solutions

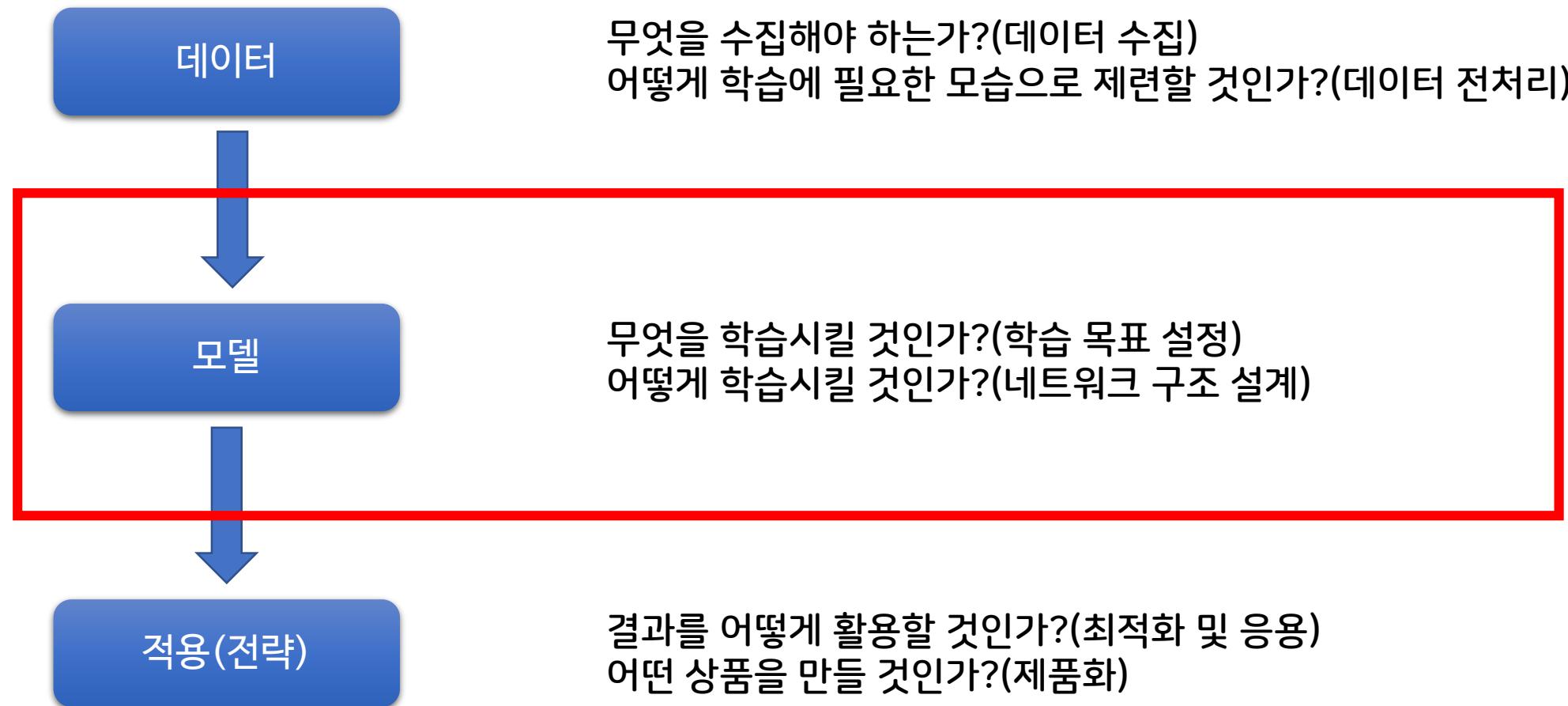


무엇을 수집해야 하는가?(데이터 수집)  
어떻게 학습에 필요한 모습으로 제련할 것인가?(데이터 전처리)

무엇을 학습시킬 것인가?(학습 목표 설정)  
어떻게 학습시킬 것인가?(네트워크 구조 설계)

결과를 어떻게 활용할 것인가?(최적화 및 응용)  
어떤 상품을 만들 것인가?(제품화)

## Solutions



## Solutions

### 1. Task-Specific Modeling

- 완벽한 모델이 아닌, 필요한 모델을 만들자.

### 2. Objective Control using Domain Knowledge

- 모델이 푸는 문제를 효율적으로 변경하자.

금융데이터를 이용한,  
단순 값을 예측하는 지도학습 모델링은  
사실상 불가능



## 1. 데이터 엔지니어링

- Noise Cancelling
- Feature Extraction
- Factor Analysis

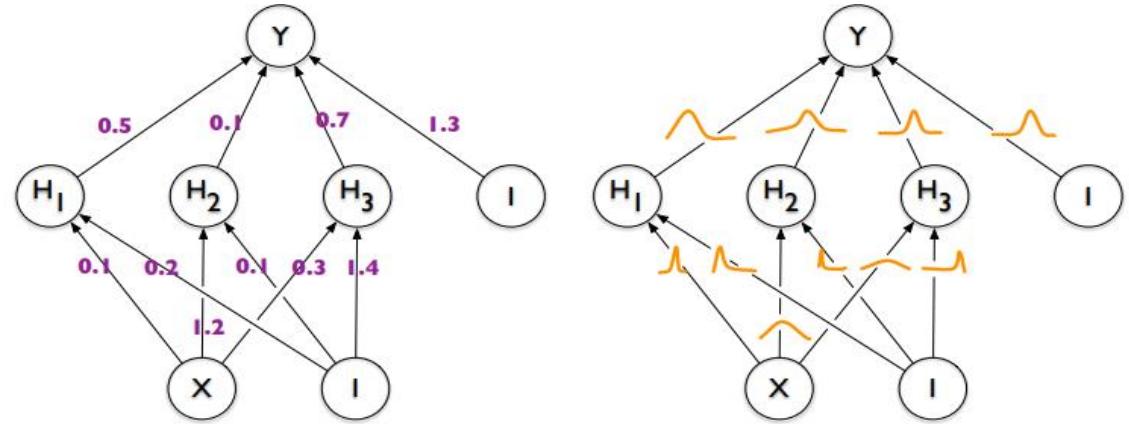
## 2. 모델의 목표 조정

- Reinforcement Learning(AXE)
  - ◉ High Frequency Trading / 호가창 데이터
- Portfolio Making Model(AI ETF)
  - ◉ Concept Base, Stock Selection
- Bayesian Uncertainty Prediction(QRAFT FX)
  - ◉ Risk Aversion, Confidence interval

## Bayesian Uncertainty Prediction

도입 이유:

1. Hedge Task - Specialized Model
2. Risk First, Profit Second
3. Overfitting Control



출처 : <https://taeoh-kim.github.io/blog/bayesian-deep-learning-introduction/>

Various Solutions for Neural Network:

- GP(Gaussian Process)DNN - Homoscedastic / Heteroscedastic Noise Modelling
- Deep Ensemble(Gaussian Mixture, Reparameterization)
- MC Dropout(or Flipout)

Implementation

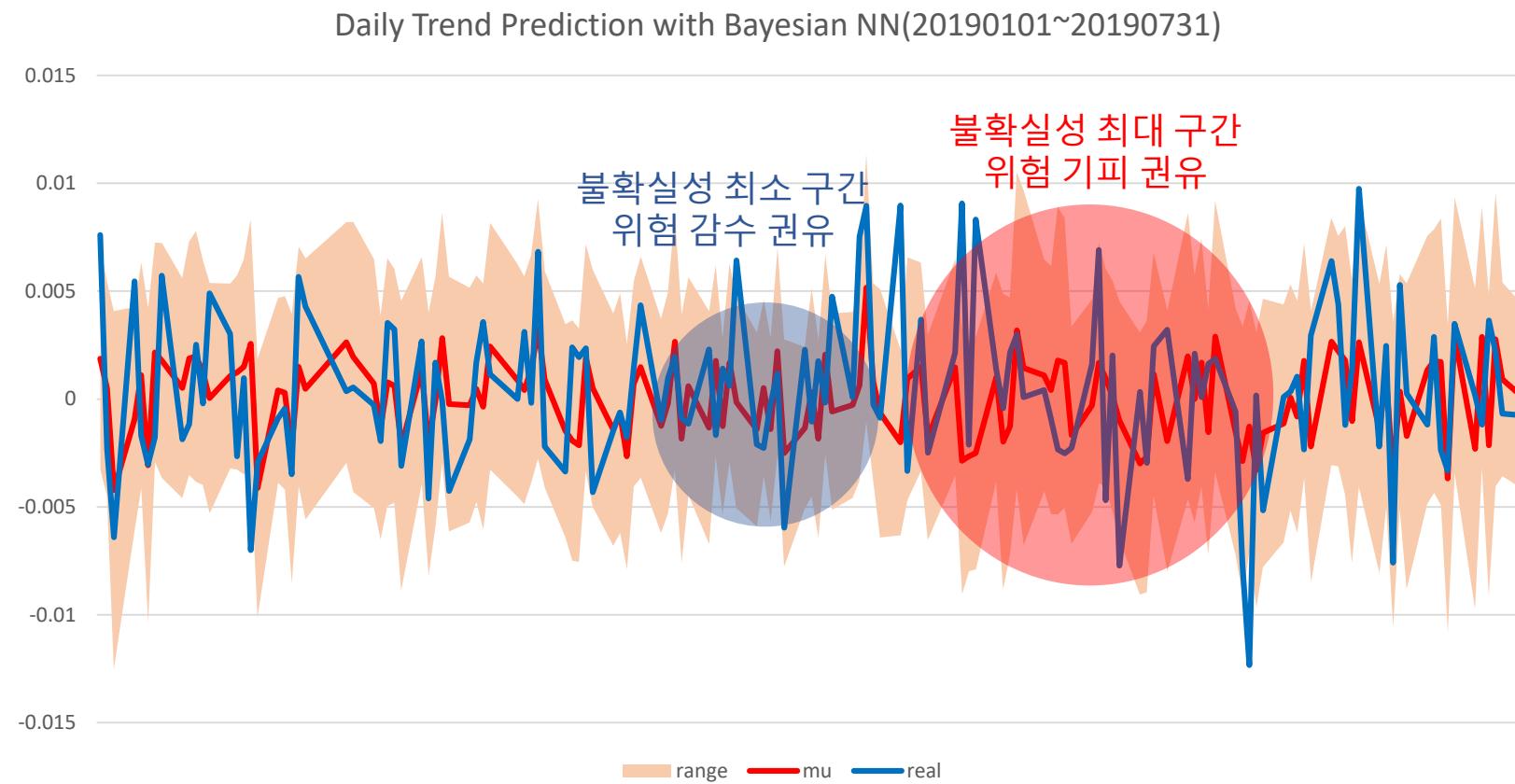
- Tensorflow-Probability(tfp)

---

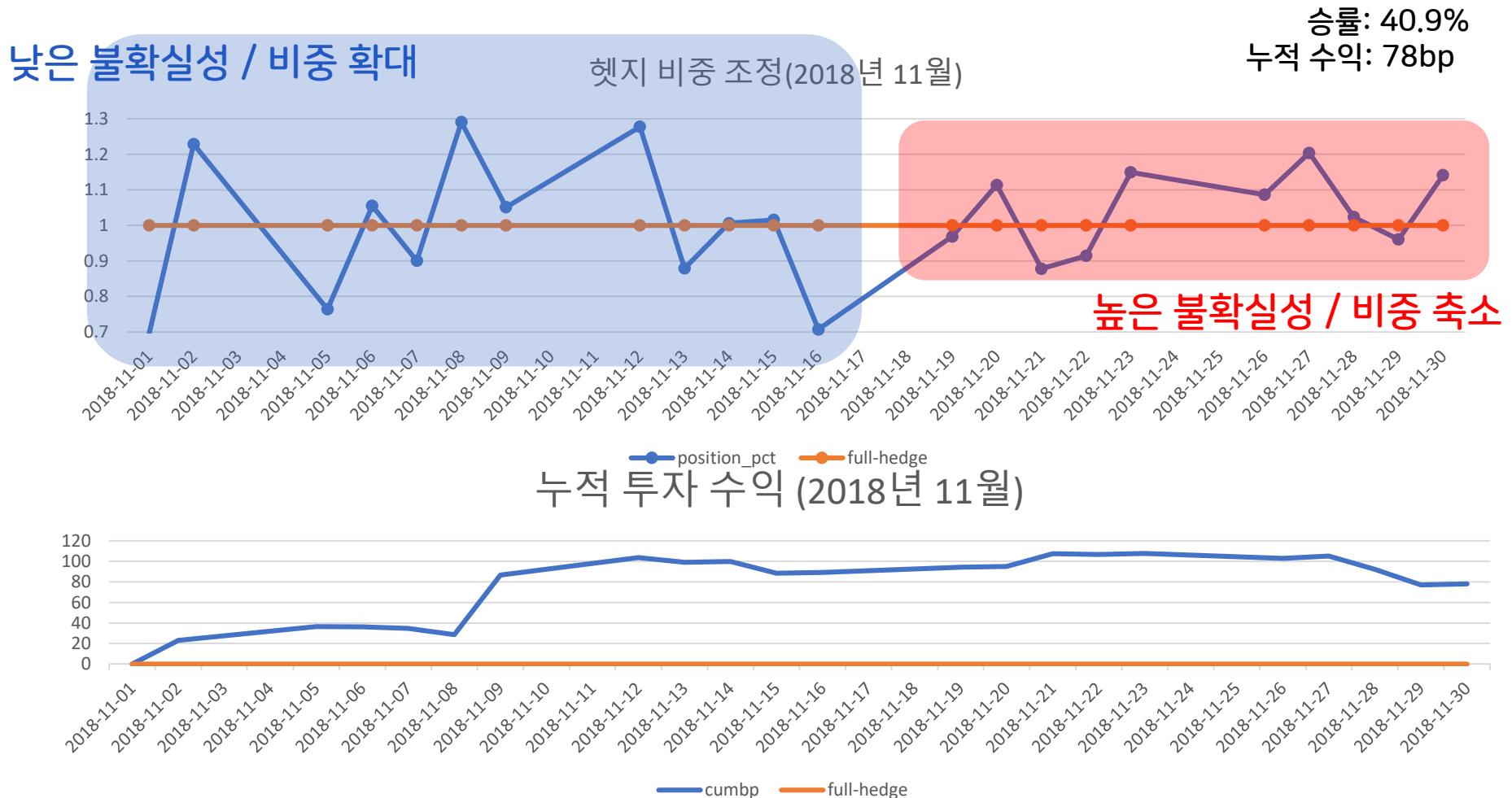
## 참고 자료

- *Wilson, Andrew Gordon, et al. "Deep kernel learning." Artificial Intelligence and Statistics. 2016.*
- *Wilson, Andrew G., et al. "Stochastic variational deep kernel learning." Advances in Neural Information Processing Systems. 2016.*
- *Lakshminarayanan, Balaji, Alexander Pritzel, and Charles Blundell. "Simple and scalable predictive uncertainty estimation using deep ensembles." Advances in Neural Information Processing Systems. 2017.*
- *Gal, Yarin, and Zoubin Ghahramani. "Dropout as a bayesian approximation: Representing model uncertainty in deep learning." international conference on machine learning. 2016.*
- *Wen, Yeming, et al. "Flipout: Efficient pseudo-independent weight perturbations on mini-batches." arXiv preprint arXiv:1803.04386 (2018).*

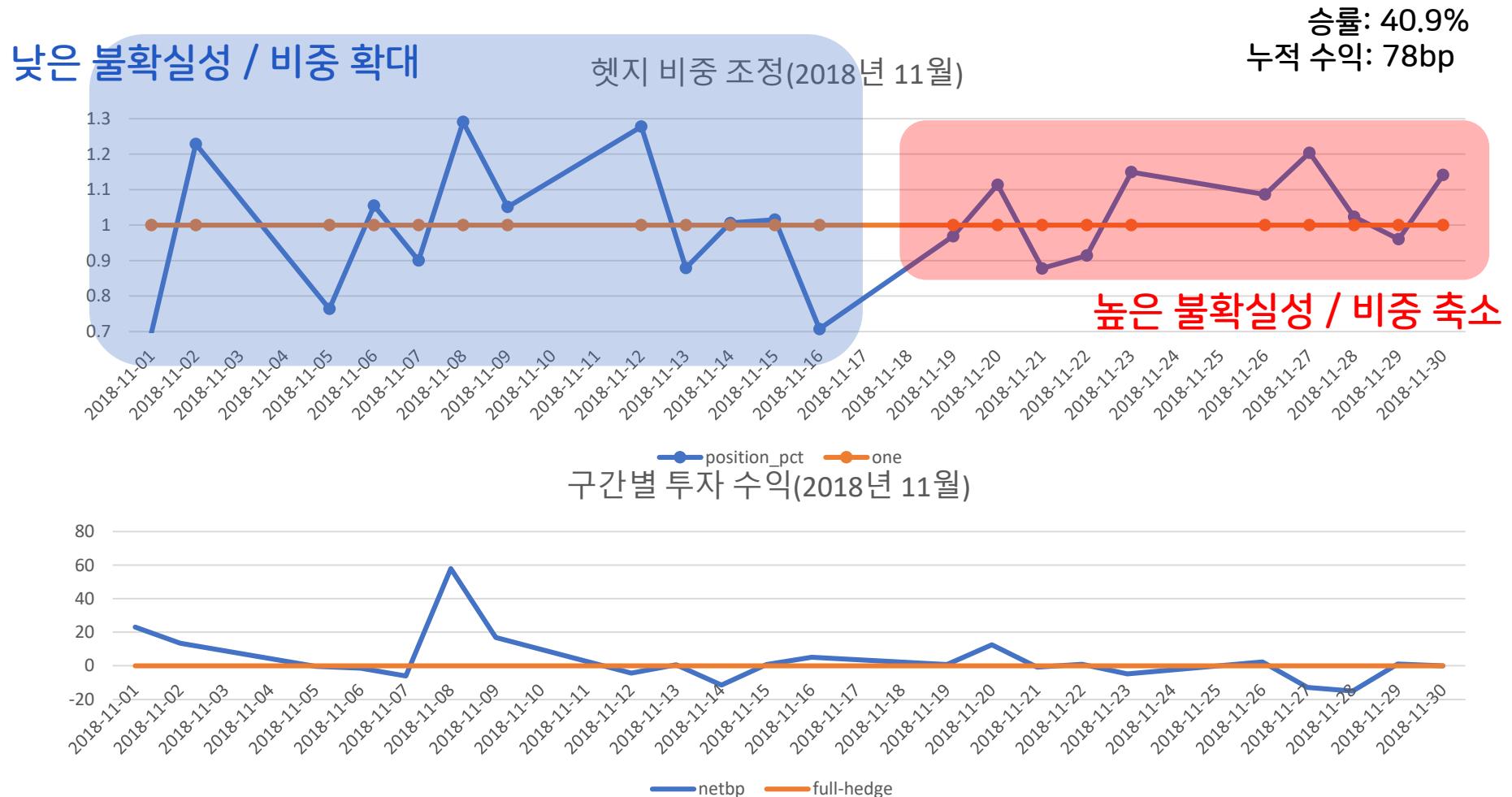
## Bayesian Uncertainty Prediction Based FX Hedge



## Bayesian Uncertainty Prediction Based FX Hedge



## Bayesian Uncertainty Prediction Based FX Hedge



## Bayesian Uncertainty Prediction Based FX Hedge

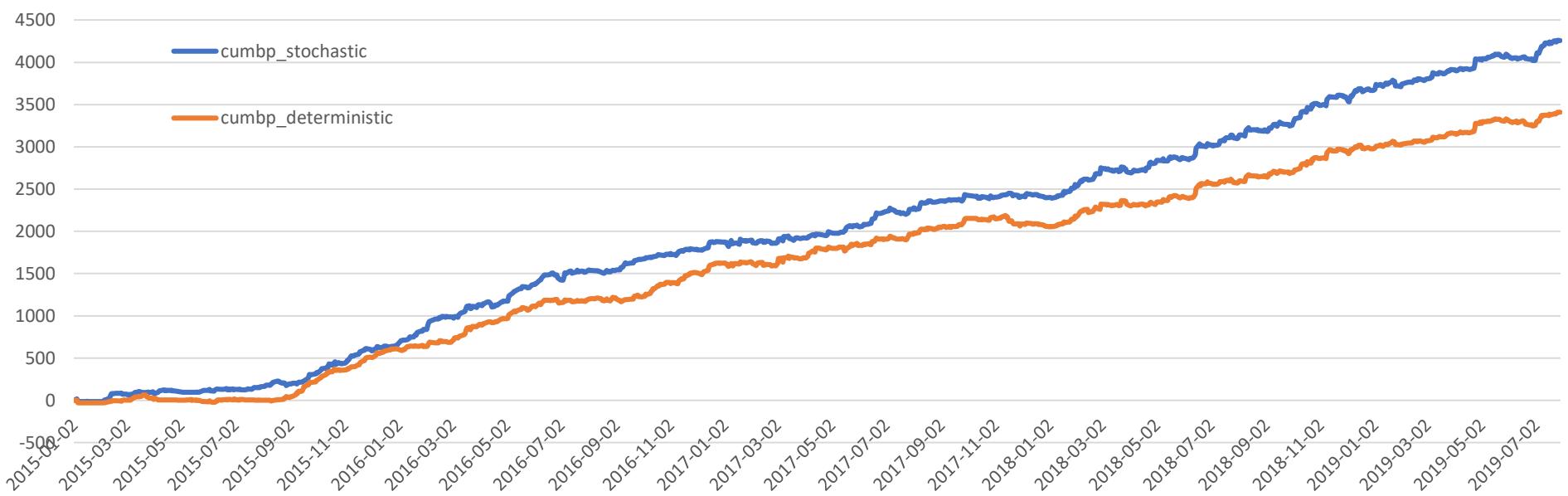
목표: 1 영업일 후 수익률 예측

벤치마크: Full-hedge(매수) Strategy

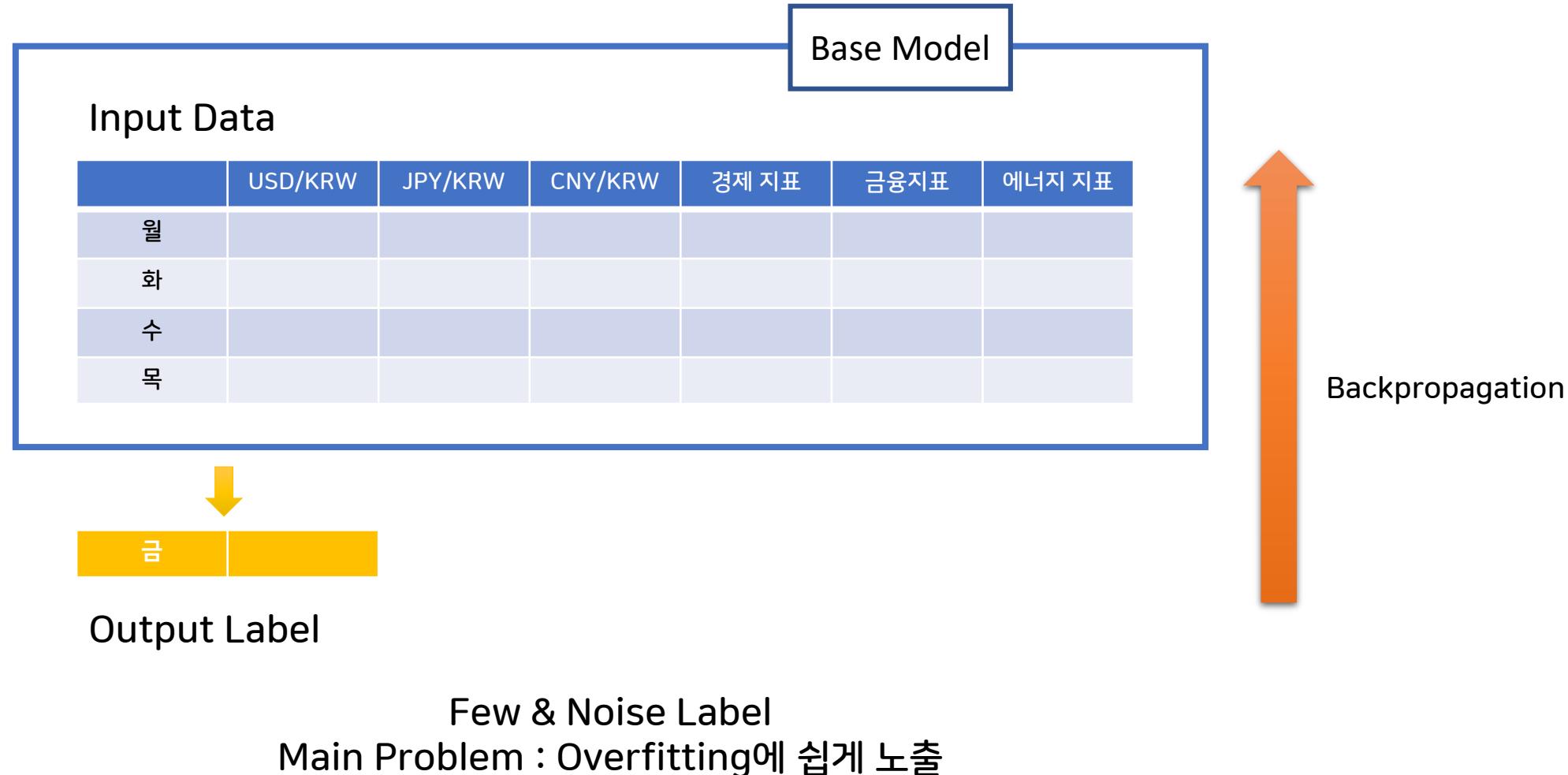
레버리지: 30% (헷지비율 70%~130% 내 조정)

|           | Stochastic   | Deterministic |
|-----------|--------------|---------------|
| 승률        | 0.602313167  | 0.610320285   |
| 누적수익률(달러) | 0.397568552  | 0.318321103   |
| MDD(달러)   | -0.006832283 | -0.008580432  |
| 누적수익률(원화) | 0.425743883  | 0.340870541   |
| MDD(원화)   | -0.067737794 | -0.075241892  |

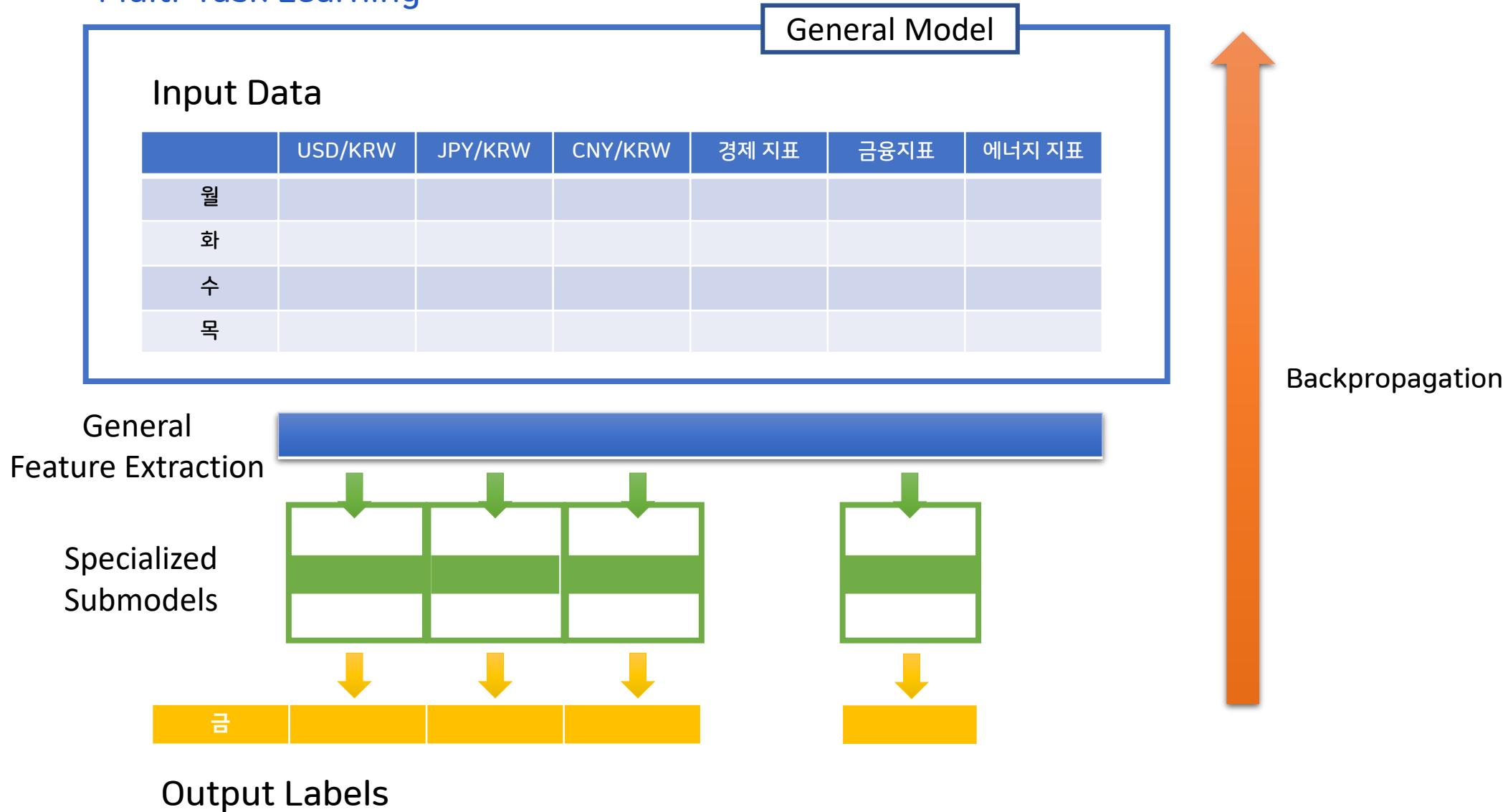
누적 수익률(BP)



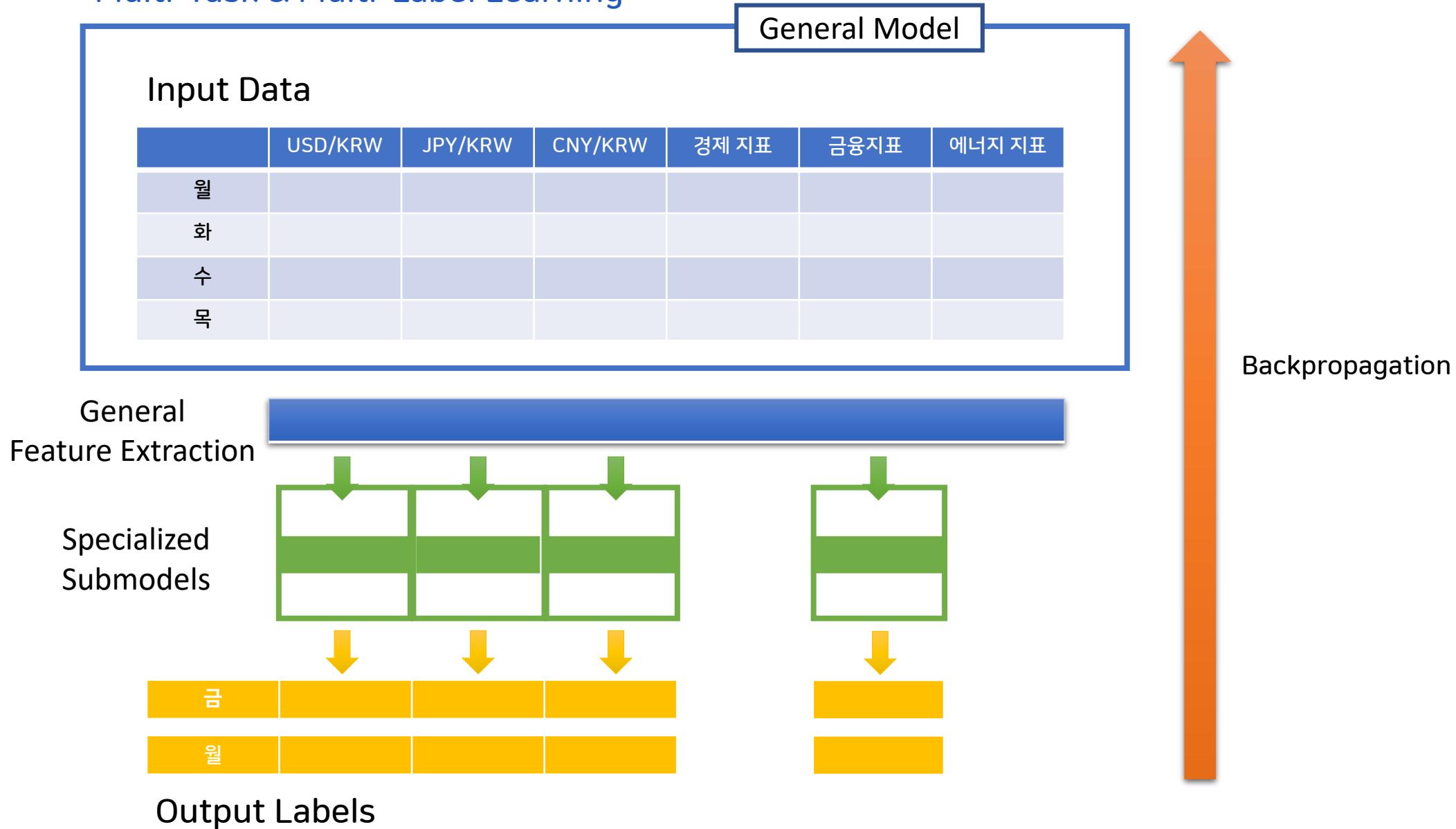
## Single-Task Learning(Basic Model)



## Multi-Task Learning



## Multi-Task &amp; Multi-Label Learning



## Multi-Task & Multi-Label Learning

Benefit:

1. 일반화 성능 향상(Data Augmentation 효과)
2. 실제 Multi-Task 문제에 사용 가능 -> 금융상품 합성
3. 레이블 간 상관성(공분산, 상관계수) 계산 -> 구매 스케줄링

## 그 외 시도해본 것들

- Attention
- Pretrainable Network
- Factor Analysis
- Ensemble Modelling
- Gaussian Mixture Approximate

## 그 외 시도할 / 시도해보고 싶은 것들

- Anomaly detection(or Event-driven)
- Unstructured Data(News, Twitter...)
- More General Financial Time Series Encoding

## 금융 데이터 + 딥러닝

- 금융 시계열을 활용해서 가치를 창출할 수 있는 분야가 많다.
- 하지만 금융 시계열 자체적 결함 때문에 일반적인 방법으로 완벽한 예측 모델링을 하는 것은 불가능하다.
- 금융 시계열에 딥러닝을 적용함에 있어서, 각 목표에 맞는 특화된 모델링을 지향한다면 고무적인 성과를 얻을 수 있다.
- 여기에 딥러닝에서 쓰이는 여러 노하우들을 필요에 맞게 조합한다면, 금융 데이터 분야에서의 딥러닝은 더 이상 불가능한 꿈이 아니다.

## 외환 모델 활용 예시

- 동적 헛지 금융상품 출시
- 외환 ETF 상장
- B2C 환전 서비스 클라우드 배포

THANK YOU

QRAFT

감사합니다.