

수학기반 데이터 분석 사례

글로벌 수입 공급망 위험 품목 식별 방법 연구

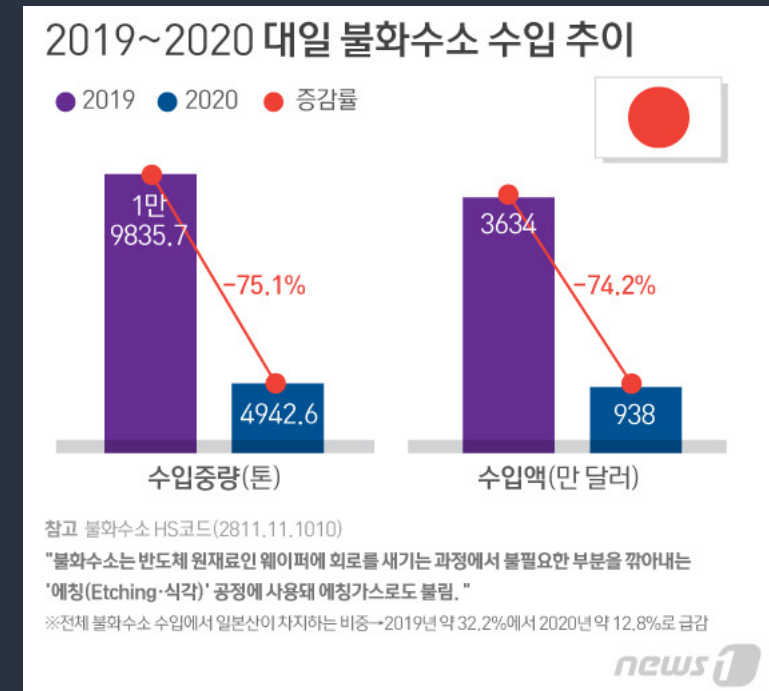
- 국가수리과학연구소 김민중(Ph.D.)
- 2023년

- 기업 소개: 한국기계산업진흥회

- 산업통상자원부 산하기관으로 기계산업 육성 발전을 위한 목적으로 1969년 설립된 비영리 기관
- GVC 센터: 소재, 부품, 장비 산업에 대한 현황 및 동향 분석, 관련 산업 지원

- **배경: 글로벌 공급망 문제 및 무역 이슈**

- MERS, COVID19 등 전염병 확산으로 인한 생산 감소
- '19 불화수소 수입 중단
- '21 요소수 사태
- '22 러시아 우크라이나 전쟁



- 산업 문제: 글로벌 공급망 위험 품목 식별 방법 개선
 - 기존 방법 검증
 - 수학기반의 새로운 방법 제시 및 적용 테스트
- 활용 데이터
 - '12년 이후 수출입 무역 관련 데이터
 - 수출입 품목, 교역국 수입 비중, 수입량, 수출/입 금액

- 데이터 샘플

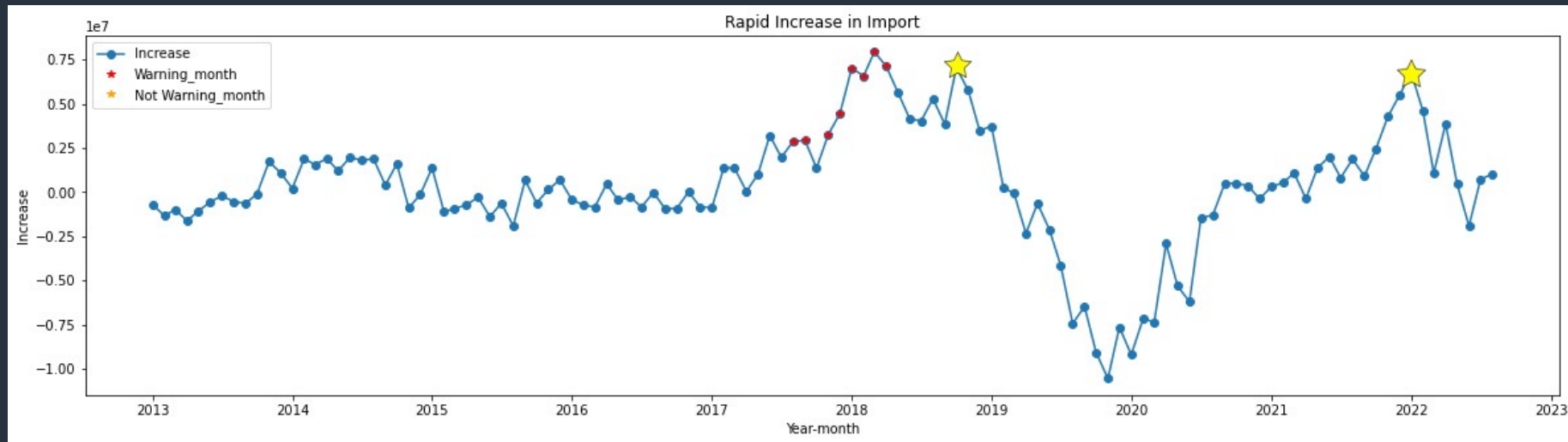
– 수출입 품목, 교역국 수입 비중, 수출/수입 금액

1	flow	no	name	rank	c2012_1	q2012_1	v2012_1	p2012_1	c2012_2	q2012_2	v2012_2	p2012_2
2	I	1	블랭크 마	0	대세계	6573	6195406	100	대세계	4149	6491780	100
3	I	1	블랭크 마	1	일본	2544	6053648	98	일본	3460	6281650	97
4	I	1	블랭크 마	2	대만	3882	104381	2	미국	247	93680	1
5	I	1	블랭크 마	3	중국	137	30160	0	대만	152	57325	1
6	I	1	블랭크 마	4	미국	10	7217	0	싱가포르	145	44505	1

- 산업 문제: 글로벌 공급망 위험 품목 식별 방법 개선
 - 수출입 규모가 크고 수입 의존도가 높은 품목에 대한 수출입 시계열 데이터 이상 감지

- 기존 방법의 한계점

- 지표 기준 선정 시 주관적, 경험적 판단 개입
- 수출입 자료 및 수입 의존도 시계열 트렌드 미반영
- Masking Problem



- 위험 품목 식별 방법 개선(안)

1. 수입 규모

- 12개월 평균 수입 금액이 일정 수준 이상인 품목

2. 수입 의존도

- 특정 국가로부터의 수입 비중이 일정 기준 이상 또는 최근 6개월간 특정 국가로의 수입 의존도가 높아지는 품목

3. 시계열 트렌드 이상 분석

- 최근 평년 자료와 비교해서 벗어난 정도를 측정(이상 스코어)

- 위험 품목 식별 방법 개선(안)

1. 수입 규모

- 연평균 1M\$ 이상인 품목

2. 수입 의존도

- 최대 수입국 비율 90% 이상 또는 최근 6개월 특정 국가 수입 비중이 증가 하는 품목

3. 시계열 트렌드 이상 분석

- 품목별 시계열 트렌드 이상 스코어 계산 후 정렬

- 수입 의존도 및 엔트로피

- 각 품목별로 매월 나라별 수입 비율이 주어짐

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

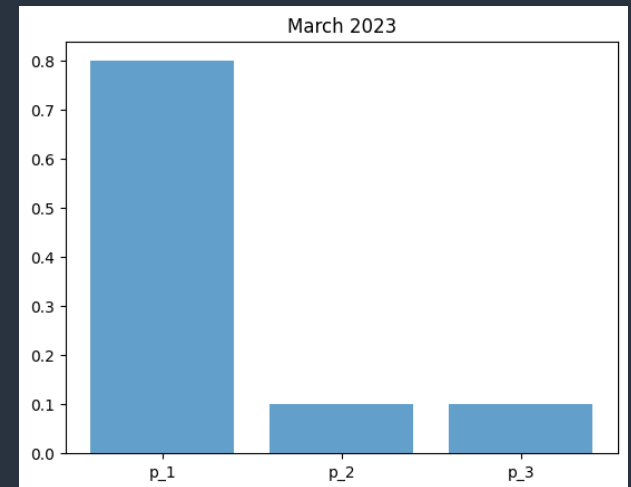
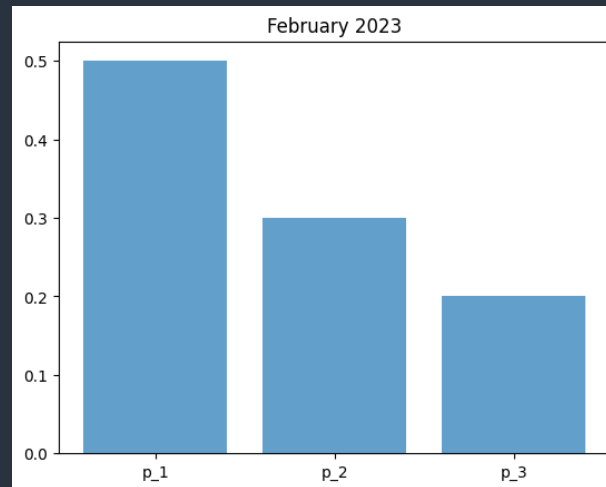
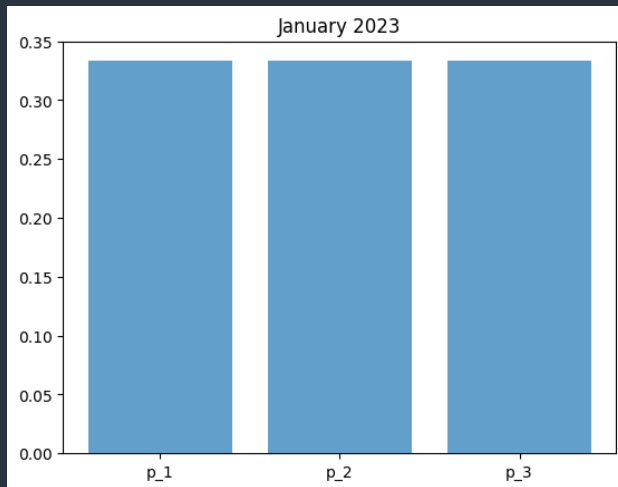
- WLOG, $p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_n$, $\sum p_i = 1$

- 최대 수입국 수입 비율 p_1 이 0.9 초과하는 품목

- 수입 의존도 및 엔트로피

- $0.75 < p_1 \leq 0.9$ 품목의 경우

- 최근 6개월간 특정 국가로 수입 비중이 증가하는 품목



- 수입 의존도 및 엔트로피

- 수입 비율을 확률 분포로 고려해서 엔트로피를 계산

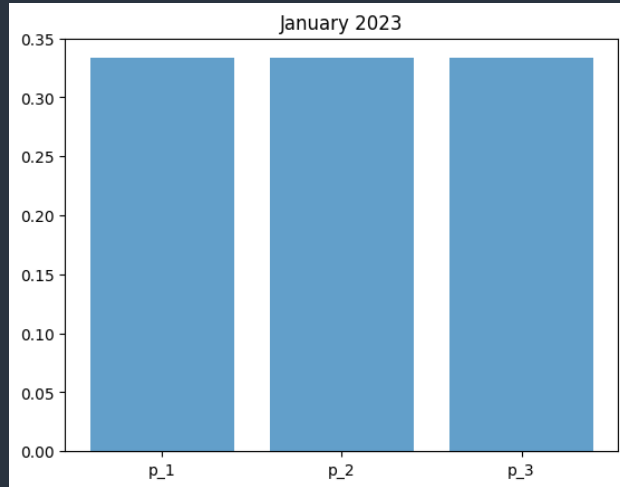
$$P \text{의 엔트로피} = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

- 균일 분포일 경우 엔트로피는 최댓값을 가짐

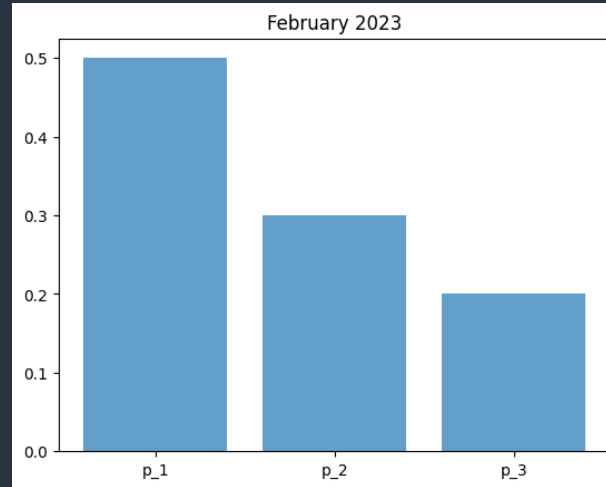
- 특정 국가에 수입 의존도가 높은 경우 엔트로피는 작은 값을 가짐

- Spurling[1]은 엔트로피를 이용해서 시장 집중도를 측정했으며
Ginevičius et. al.[2]는 다양한 시장집중도 관련 지표와 비교함

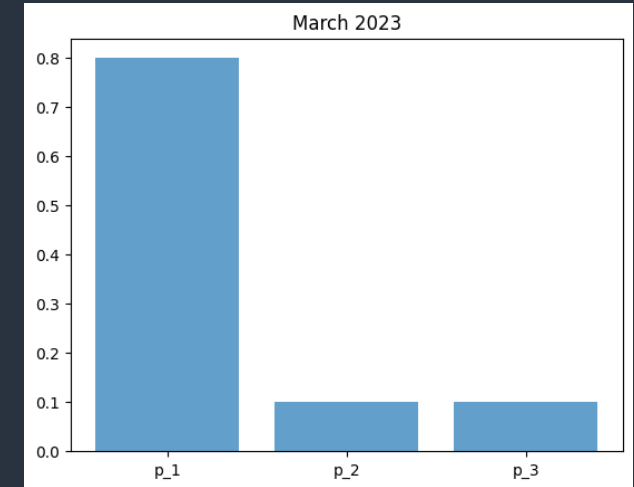
- 엔트로피 예시



1.0986



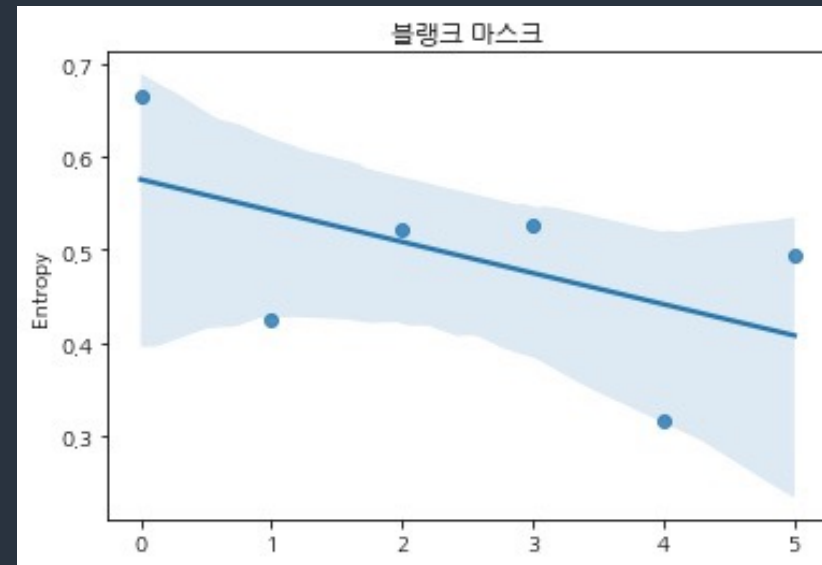
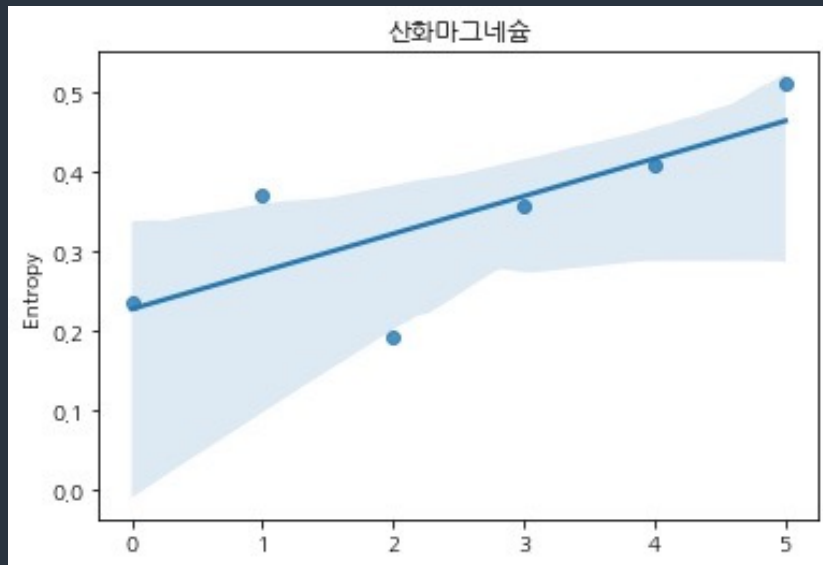
1.0297



0.6390

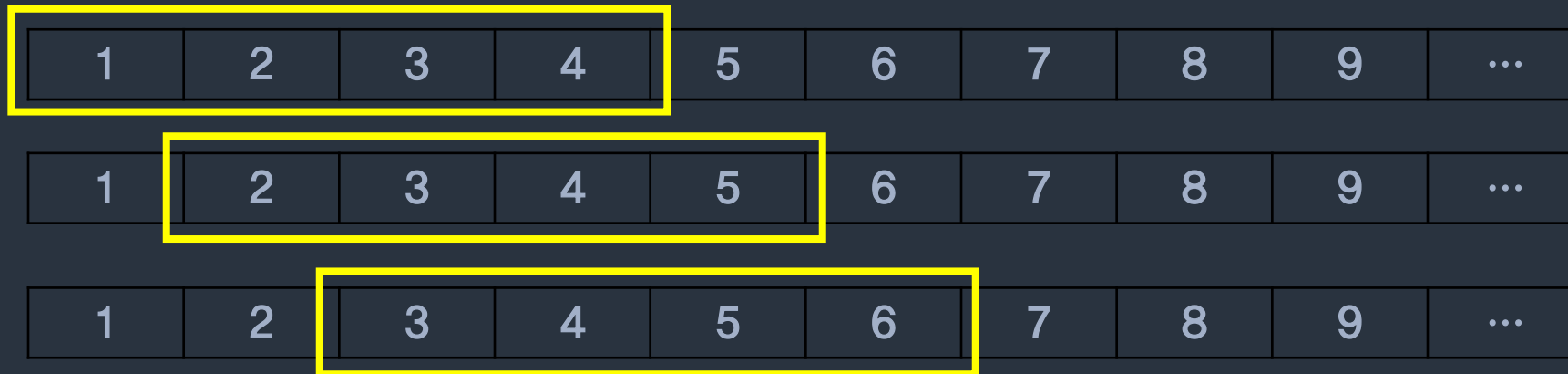
- 수입 의존도 및 엔트로피

- 최근 6개월 엔트로피 값의 1차 선형 회귀선 기울기가 일정 수준 이하인 품목을 선정



- 수출입 데이터 트렌드 이상 분석

- 활용: 품목별 수입 금액(v), 수입 중량(w), TSI 월 단위 시계열 데이터
- 수입 금액(v), 수입 중량(w), TSI 이상 스코어를 측정
- 슬라이딩 윈도우 방법으로 값을 4개월 단위로 그룹화



$$v_{202210} := [v_{202207}, v_{202208}, v_{202209}, v_{202210}]^T$$

- 수출입 데이터 트렌드 이상 분석

- 과거 시계열 데이터에서 트렌드를 벗어나는 튀는 값이 존재
- Masking Problem을 피하기 위해서 비교 대상을 평년 데이터로 구성
- One class classification 문제로 접근
- 12개의 과거 평년 데이터에서 벗어난 정도를 측정
- Transductive Inference 기반의 RCF의 CoDISP로 이상 스코어 측정

$$\mathbf{v}_{202210} := [v_{202207}, v_{202208}, v_{202209}, v_{202210}]^T$$

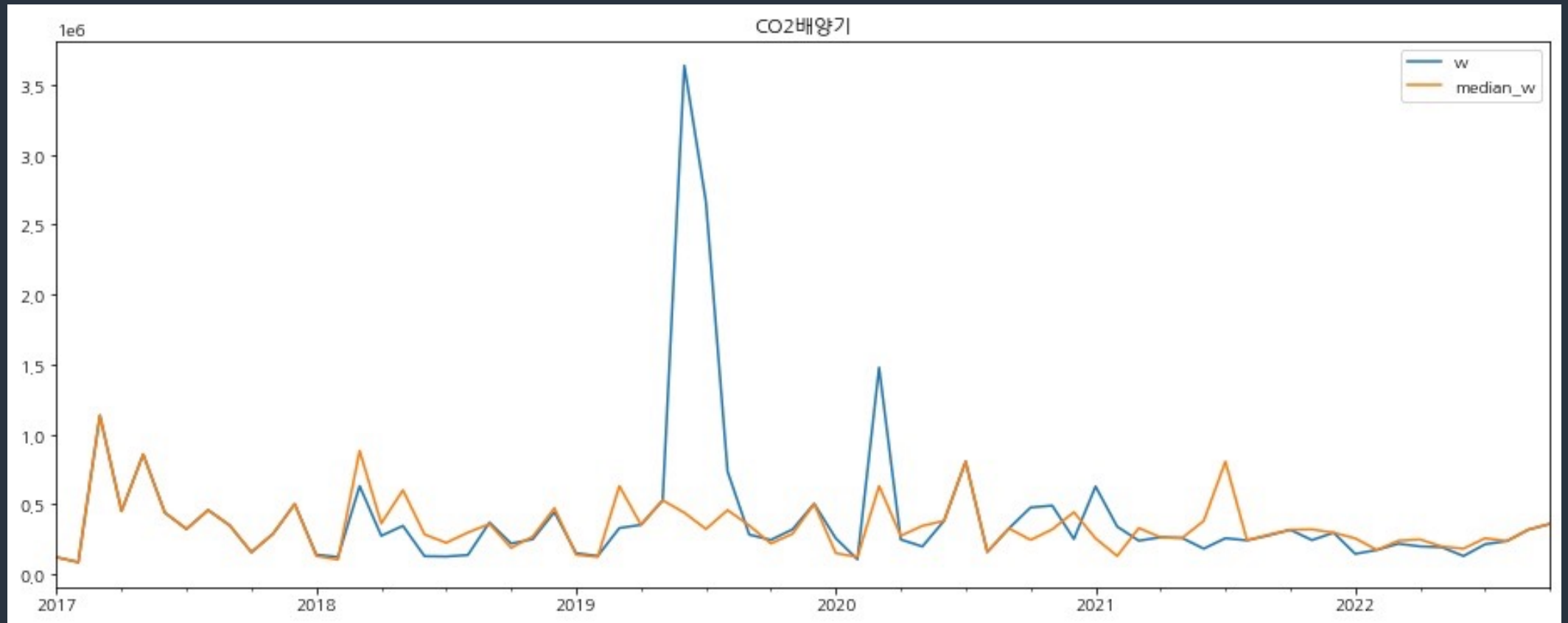
타겟

$$\bar{\mathbf{V}}_{202210} = \begin{bmatrix} \bar{v}_{202107} & \bar{v}_{202108} & \bar{v}_{202109} & \bar{v}_{202110} \\ \bar{v}_{202108} & \bar{v}_{202109} & \bar{v}_{202110} & \bar{v}_{202111} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{v}_{202206} & \bar{v}_{202207} & \bar{v}_{202208} & \bar{v}_{202209} \end{bmatrix}$$

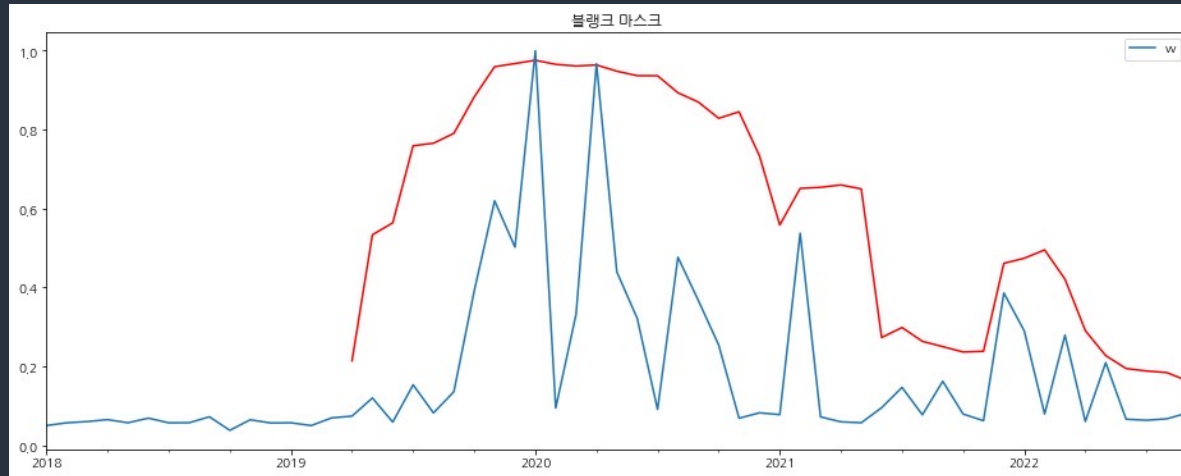
비교 대상

- 수출입 데이터 트렌드 이상 분석

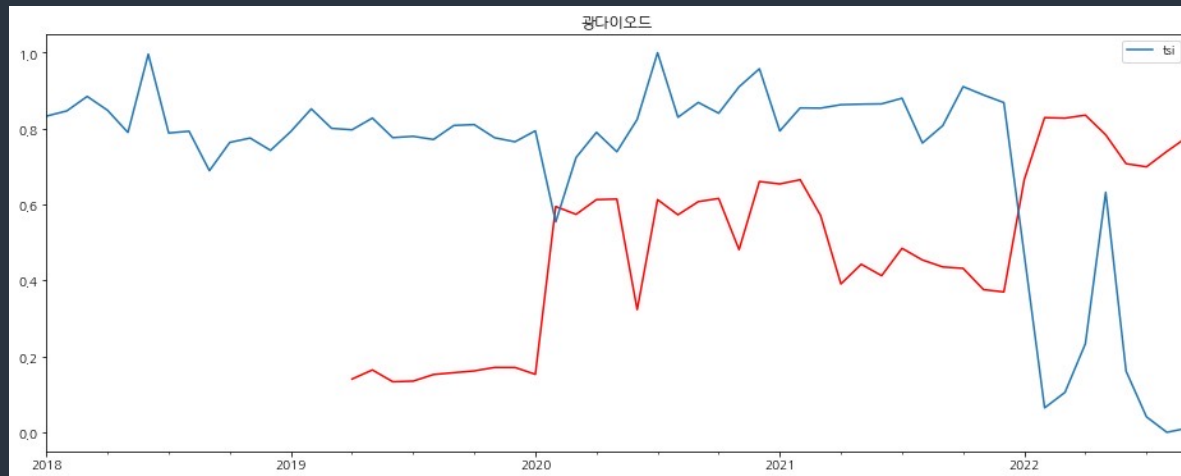
- CO2 배양기 수입 중량 참값 vs 평년값



- 수출입 데이터 트렌드 이상 분석



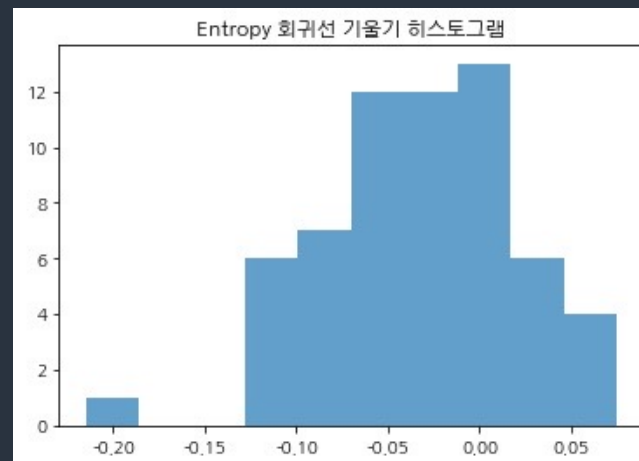
수입 중량 시계열 이상 스코어



TSI 시계열 이상 스코어

• 적용 결과

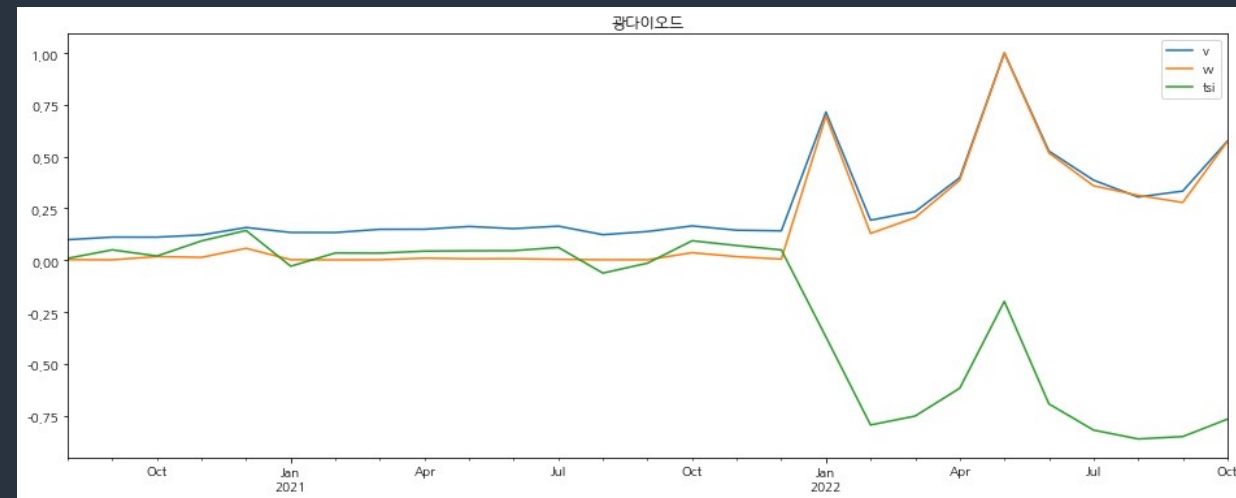
- (수입 규모)연평균 수입 금액이 백만 달러 이상인 품목
- (수입 의존도-1)최대 수입국 수입 비율 90% 초과 품목 선정
- (수입 의존도-2)최대 수입국 수입 비율 75% 초과 90% 이하인 품목 중 최근 6개월 엔트로피 추세선의 기울기가 -0.05 이하인 품목 선정
- 총 888개 품목 중 위 기준을 만족하는 품목은 67개 존재



- 적용 결과(시계열 트렌드 이상 분석)

- 67개 품목에 대해서 앞에서 설명한 트렌드 이상 분석 방법을 적용
- 수입 금액, 수입 중량, TSI의 CoDISP의 평균으로 트렌드 이상 측정

순위	품목명	Mean of CoDISP
1	광다이오드	0.881667
2	포토다이오드	0.870241
3	건식박리기	0.761190
4	대형 진공증착장비	0.751125
5	4G영상송수신기	0.740375
6	TOE 습식박리기	0.733162
7	주석화합물	0.729222



광다이오드

- 결론

- 글로벌 공급망 위험 품목 선정에 필요한 지표 논의
- 수출입 데이터를 활용 시계열 트렌드에 기반한 직관적인 위험 품목 식별 방법 제안
- 비교적 적은 수의 데이터를 활용하여 트렌드 이상 측정이 가능
- 추후 국가간 무역 의존도 및 국가 관계를 고려한 후속 연구 진행 가능

감사합니다.