



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0096067  
(43) 공개일자 2025년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/06 (2024.01) F03D 13/25 (2016.01)

G06Q 10/06 (2012.01) G06Q 50/26 (2024.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/06 (2024.01)

F03D 13/25 (2023.08)

(21) 출원번호 10-2023-0186931

(22) 출원일자 2023년12월20일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

유연태

경기도 용인시 처인구 명지로 116

장길수

서울특별시 중랑구 신내로21길 16, 513동 503호  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김등용

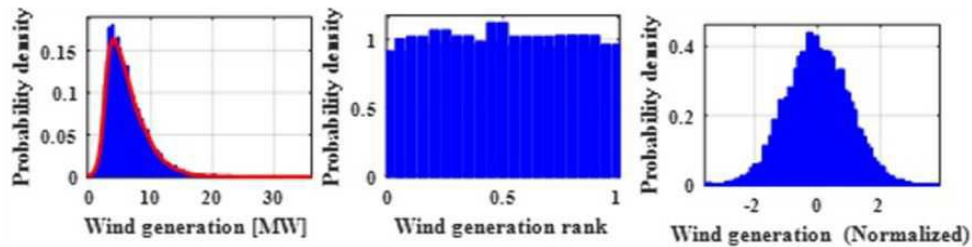
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 발전소 연계 지점 영향 평가를 위한 재생에너지 데이터 기반 확률적 상관관계를 가진 모의 시나리오 생성 방법

(57) 요약

발전소 연계 지점 영향 평가를 위한 재생에너지 데이터 기반 확률적 상관관계를 가진 모의 시나리오 생성 방법이 개시된다. 상기 방법은 표준 정규분포를 사용해 송전 설비 예측 시나리오를 생성하는 방법, 재생 에너지 발전원의 불확실성을 표준 정규 분포를 사용해 단순화 하여 확률 벡터들간의 상관 관계를 간단한 행렬 형태로 나타내는 기법, 및 제시된 방법을 사용하여 재생에너지 발전원이 포함된 전력계통의 설비 이용률 및 안정도를 확률적으로 계산하는 방법을 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**F03D 17/026** (2023.08)

**G06Q 10/0637** (2023.01)

**G06Q 50/26** (2024.01)

**H02J 2203/20** (2023.08)

**Y02E 10/727** (2020.08)

**Y04S 10/123** (2020.08)

**Y04S 40/20** (2020.08)

(72) 발명자

**정승민**

대전광역시 유성구 노은동로 111

**이동원**

서울특별시 광진구 광나루로56길 29, 2동 1703호

**차준상**

서울특별시 동대문구 고산자로 534, 101동 806호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1075001699

과제번호 2204009-0223-SB110

부처명 원자력안전위원회

과제관리(전문)기관명 (재단)한국원자력안전재단

연구사업명 원자력안전규제검증기술고도화

연구과제명 원전 소내전력계통 전력품질 평가 규제방법론 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 고려대학교 산학협력단

연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

표준 정규분포를 사용해 송전 설비 예측 시나리오를 생성하는 방법;

재생 에너지 발전원의 불확실성을 표준 정규 분포를 사용해 단순화 하여 확률 벡터들간의 상관 관계를 간단한 행렬 형태로 나타내는 기법; 및

제시된 방법을 사용하여 재생에너지 발전원이 포함된 전력계통의 설비 이용률 및 안정도를 확률적으로 계산하는 방법을 포함하는 발전소 연계 지점 영향 평가를 위한 재생에너지 데이터 기반 확률적 상관관계를 가진 모의 시나리오 생성 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 대형 발전소 연계를 위한 특정 지점의 전력 계통 안정도를 분석 하기 위해 주변 지역의 재생에너지 발전원에 대한 확률적인 시나리오를 생성하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

- [0002] 대형 발전설비의 연계를 위해서는 연계 지점에서 발생하는 영향을 정확하게 평가하는 과정이 필요하다. 이를 위해 연계지점의 계통 데이터를 활용하여 연계하려고 하는 발전설비의 영향을 사전에 모의해야 한다. 이때 전력계통 모의를 위한 계통 데이터는 현재 계통 상황 뿐만 아니라 발전설비가 설치되는 시점 및 운영 기대 수명까지의 상황을 반영하여야 한다.

- [0003] 신재생 발전원의 투입 용량이 늘어나는 계통에서는 미래 전력계통의 시나리오의 불확실성이 기하급수적으로 증가기 때문에 정확한 설비 영향성 평가가 어렵다는 문제가 있다.

### 선행기술문헌

#### 비특허문헌

- [0004] (비특허문헌 0001) Yoo, Y., Jang, G., & Jung, S. (2022). Stochastic assessment of frequency support from wind power plants for power system with high wind penetration using correlation between wind farms. IET Renewable Power Generation, 16(11), 2372-2383.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 발전소 연계 지점 영향 평가를 위한 재생에너지 데이터 기반 확률적 상관관계를 가진 모의 시나리오 생성 방법을 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 모의 시나리오 생성 방법은 표준 정규분포를 사용해 송전 설비 예측 시나리오를 생성하는 방법, 재생 에너지 발전원의 불확실성을 표준 정규 분포를 사용해 단순화 하여 확률 벡터들간의 상관 관계를 간단한 행렬 형태로 나타내는 기법, 및 제시된 방법을 사용하여 재생에너지 발전원이 포함된 전력계통의 설비 이용률 및 안정도를 확률적으로 계산하는 방법을 포함한다.

### 발명의 효과

- [0007] 기상 정보를 이용해 전력계통에서 발생가능한 시나리오를 확률적으로 모델링 하는 방안을 제시하였다.
- [0008] 기존의 확률론적 모델링 방법은 불확실성을 내포한 재생에너지원의 과거 기상 데이터를 바탕으로 시나리오를 수립하였으며 이 과정에서 여러 재생에너지원들간의 상호 관계를 정확히 정의하기 어려웠다.
- [0009] 상관관계를 고려한 불확실성 모델의 경우 요소들간의 상관관계가 여러개의 다변수 함수로 구성되었기 때문에 복잡성이 증가하였다.
- [0010] 본 발명에서 제시하는 방안을 활용해 여러 요소들간의 상관관계를 단일 파라미터로 정의하면서도 정확도가 높은 확률 모델을 구축할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0011] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.  
 도 1은 데이터 확률 밀도 함수 생성 및 가우시안 함수로 변환 과정을 도시한다.  
 도 2는 제주 지역 풍속 데이터 계측 지역을 도시한다.  
 도 3은 표준 정규 분포들로 이루어진 다변수 확률분포를 도시한다.  
 도 4는 제주지역내 특정 송전선로 송전 용량 분포 비교를 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0013] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0014] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.
- [0015] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0016] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0018] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위

가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

- [0019] 본 발명은 신재생 발전원이 포함된 전력계통의 발전설비 연계 영향 평가를 위한 모의 시나리오 구축을 위해서 연계지점과 연결된 모든 계통의 신재생 발전원 출력 데이터를 활용하여야 한다.
- [0020] 최소 1년 이상의 기상 실제 측정 데이터를 확보하여야 하며, 풍속 정보 및 태양광 일사량 등 주요 재생에너지원의 출력과 관련된 모든 데이터가 확보되어야 한다. 이때 데이터의 측정 주기는 최대 한시간 평균값이어야 한다.
- [0021] 풍속 및 일사량데이터를 활용해 도 1의 첫 번째 그래프와 같이 데이터의 확률 밀도 함수를 생성 할 수 있다. 이때 확률 밀도 함수는 측정된 데이터를 일정 단위구간내에 수집한 히스토그램을 기반으로 Kernel Density Estimation(KDE)을 사용해 비모수 추정을 한다. 데이터의 개수가 많을수록 더 정확한 확률 밀도 함수 추정이 가능하므로 최대한 많은 데이터를 활용해야 한다.
- [0022] 도 1에서와 같이 생성된 확률 밀도 함수를 기반으로 모든 데이터를 각 데이터의 확률밀도 함수 기반 누적 확률 분포 함수에 대입해 도 1의 두 번째 그림과 같은 연속 균등 분포 함수로 만든다. 표준 정규분포 함수와 이 함수의 누적 확률 분포 함수, 및 역함수를 활용하여 이와 같은 과정을 반대로 반복하여 도 1의 세 번째 그림과 같은 표준 정규분포 함수를 얻을 수 있다.
- [0023] 표준 정규분포 함수는 평균이 0, 표준편차가 1인 함수이므로 다양한 형태의 분포 함수(풍속, 일사량 등)를 모두 동일한 분포로 결합 할 수 있게 된다. 이때 원본 데이터 형태로 역 변환하기 위해서는 그림 1에서와 같이 원본 데이터의 확률 밀도 함수를 이용한 변환과정을 역으로 수행하면 된다.
- [0024] 표준 정규 분포로 변환된 데이터들간의 상관관계는 공분산 행렬로 표현이 가능하기 때문에 여러개의 확률 벡터들로 구성된 확률분포를 표현하기 매우 유용하다. 본 발명은 재생에너지원들간의 불확실성으로 인해 조합 가능한 모든 시나리오를 표준 정규 분포들로 이루어진 다변수 표준 정규분포로 생성하는 방법을 제안하였다.
- [0025] 계통 내 존재하는 확률 벡터들의 개수를 N 개라고 하였을 때, 다변수 표준 확률 분포를 (N by N) 의 공분산 행렬 한 개로 표현하는 것이 가능하다. 다변수 정규 분포에서의 공분산 확률은 다음과 같이 구할 수 있다.
- [0026] 
$$\Sigma = E[(X - E[X])(X - E[X])^T]$$
- [0027] 표준 정규 분포들로 이루어진 공분산 행렬이기 때문에 위 수식에서  $E[x] = 0$  으로 간단하게 축약이 가능하게 된다. 따라서 다음과 같은 수식으로 간단하게 공분산 행렬을 정의 할 수 있게 된다.
- [0028] 
$$\Sigma = E[X \cdot X^T]$$
- [0029] [실시예]
- [0030] 국내 제주도 전력계통을 대상으로 신규 송전선로 건설의 위해 풍력 발전설비의 2030년 출력 발생 가능 시나리오 생성을 가정, 도 2와 같이 제주 지역에서 실제로 측정된 풍속 데이터를 기반으로 풍력 발전설비 출력 시나리오를 각 설비들간의 확률적 상관관계를 고려한 형태로 생성한다.
- [0031] 각 위치에서 측정된 풍속을 KDE를 통해 확률 밀도 함수 형태로 나타낸뒤 누적 확률 밀도 함수에 대입하여 균등 분포 함수로 변환한다. 이후 표준 정규 분포 형태로 역변환을 수행한다.
- [0032] 표준 정규 분포 형태로 주어진 8개 지역의 풍속 데이터간의 8 by 8 공분산 행렬을 생성 할 수 있으며 각 지역별 발전설비들간의 상관관계를 도 3과 같은 형태의 행렬로 표현할 수 있다. 도 3은 각 지역별 상관관계를 2 변수(bi-variate) 표준 정규분포로 표현한다.
- [0033] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 집합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPA(Field Programmable array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(Operation System, OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처

리 요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing Configuration)도 가능하다.

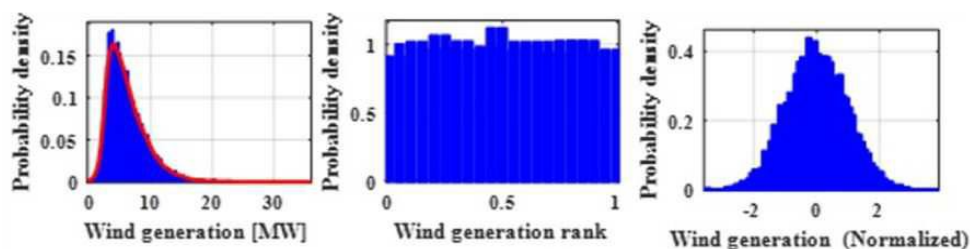
[0034] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(Code), 명령(Instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(Collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성 요소(Component), 물리적 장치, 가상 장치(Virtual Equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(Signal Wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(Embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0035] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-optical Media), 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

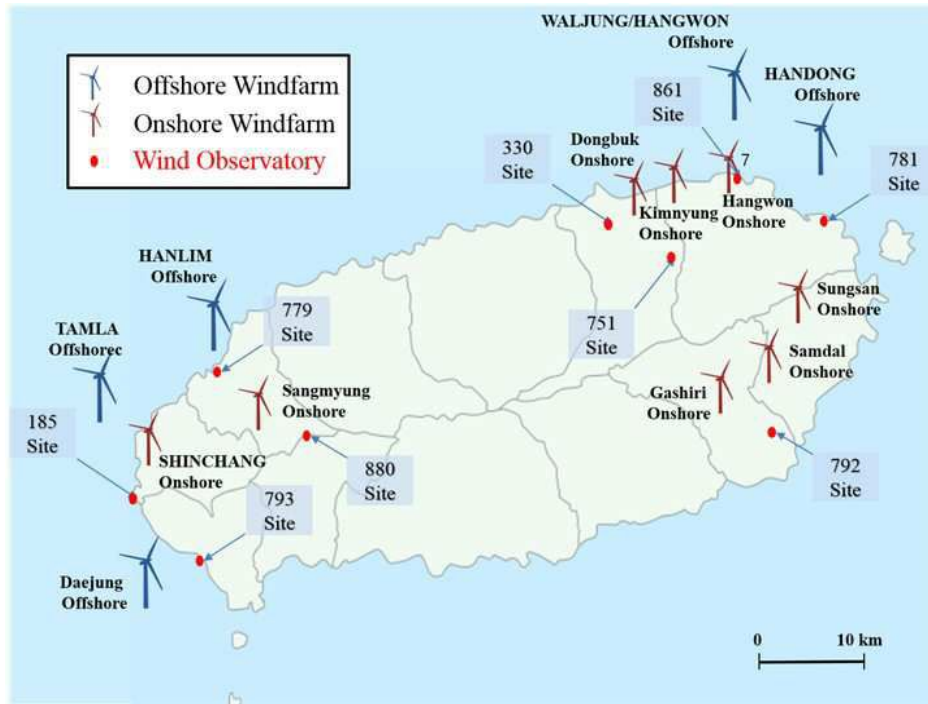
[0036] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 도면

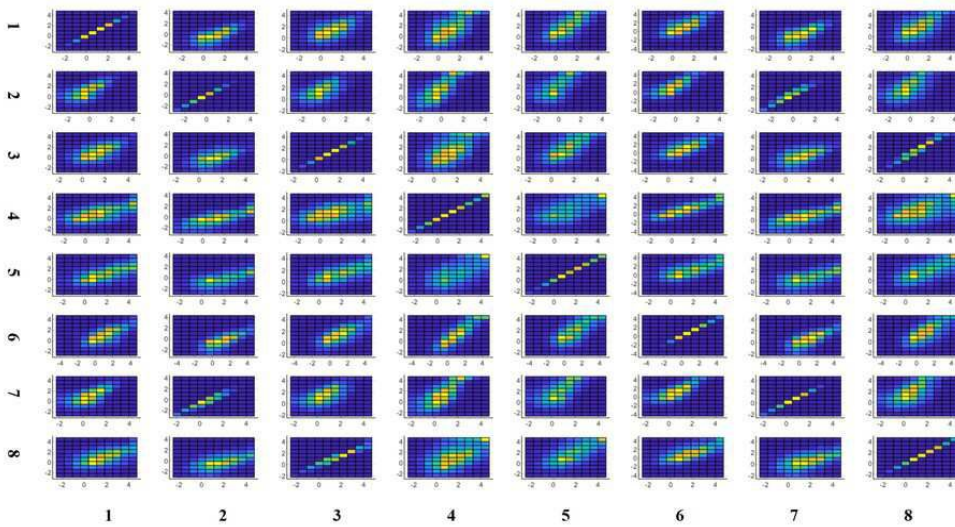
### 도면1



도면2



도면3



도면4

