해상도(Resolution)와 실험설계

# 1. 해상도의 정의와 의미

해상도(Resolution)는 실험설계(Design of Experiments, DOE)에서 중요한 개념으로, 각 요인들 간의 교호작용(interaction)을 구분할 수 있는 능력을 나타냅니다. 해상도는 실험설계의 품질을 평가하는 지표 중 하나이며, 특정 설계에서 어떤 교호작용이 서로 얽혀서(confounding) 있는지를 이해하는 데 사용됩니다.

해상도는 일반적으로 로마 숫자로 표현되며, 숫자가 높을수록 더 많은 정보를 구분할 수 있는 설계임을 의미합니다:

해상도 III(Resolution III): 주효과(main effect)가 다른 주효과와 2차 교호작용(two-factor interaction)에 얽혀 있습니다. 즉, 주효과와 2차 교호작용을 명확히 구분할 수 없습니다.  
해상도 IV(Resolution IV): 주효과가 다른 주효과와는 구분되지만, 2차 교호작용이 다른 2차 교호작용과 얽혀 있습니다. 주효과와 2차 교호작용 간에는 구분이 가능합니다.  
해상도 V(Resolution V): 주효과와 2차 교호작용이 모두 구분될 수 있지만, 2차 교호작용과 3차 교호작용(three-factor interaction)이 얽혀 있습니다.

# 2. 해상도와 부분요인 실험

부분요인 실험(fractional factorial experiment)에서 해상도는 특히 중요한 역할을 합니다. 예를 들어, 1/4 부분요인 설계는 전체 요인 설계의 일부만 사용하여 실험을 수행하지만, 해상도를 고려하여 설계함으로써 가능한 많은 정보를 유지합니다.

예시:  
1/4 부분요인 설계에서 해상도 IV: 이 설계는 2차 교호작용이 다른 2차 교호작용과 얽혀 있지만, 주효과와 2차 교호작용 간에는 구분이 가능합니다. 이를 통해 연구자는 주효과를 명확히 평가할 수 있으며, 2차 교호작용에 대한 정보를 얻을 수 있습니다.

# 3. 해상도의 수식적 표현

해상도는 일반적으로 다음과 같이 정의됩니다:  
R = min(term length)  
여기서 R은 해상도, term length는 각 항(요인 또는 교호작용)의 길이입니다. 길이는 요인의 개수를 의미합니다. 예를 들어, 주효과 A는 길이 1, 2차 교호작용 AB는 길이 2로 표현됩니다.

해상도 IV 설계 예시:  
- 주효과: A, B, C  
- 교호작용: AB, AC, BC  
해상도 IV에서는 주효과와 2차 교호작용은 얽히지 않지만, 2차 교호작용들끼리는 얽힐 수 있습니다. 예를 들어, AB가 BC와 얽힐 수 있는 것이 해상도 IV 설계의 특징입니다.

# 4. 실제 사례

사례: 한 제조 공정에서 온도(A), 압력(B), 시간(C)의 세 가지 요인이 제품 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해 1/4 부분요인 설계를 사용한다고 가정합니다.

1/4 부분요인 설계에서 해상도 IV를 가지려면 다음과 같은 설정을 할 수 있습니다:  
- 요인 A, B, C는 각각 주효과를 가집니다.  
- 2차 교호작용 AB, AC, BC는 해상도 IV 설계에서 서로 얽힐 수 있습니다.  
- 하지만, A, B, C의 주효과는 명확히 구분할 수 있습니다.

이 설계는 비용과 시간을 절약하면서도, 주효과를 명확히 평가할 수 있는 이점을 제공합니다.

# 5. 결론

해상도(Resolution)는 실험설계에서 각 요인 및 교호작용 간의 얽힘(confounding)을 이해하는 데 중요한 개념입니다. 해상도가 높을수록 실험 결과를 명확하게 해석할 수 있습니다. 특히 부분요인 실험에서 해상도는 설계의 품질을 결정짓는 중요한 요소로 작용합니다. 해상도 IV 설계는 주효과를 명확히 평가하면서, 일부 교호작용은 얽힐 수 있지만, 이는 주효과를 분석하는 데 큰 영향을 미치지 않는다는 점에서 실험 효율성과 효과성 간의 균형을 제공하는 설계입니다.