

5. 최적화에 따른 설계 성능 분석

본 장에서는 3장에서 제시한 평면도 구성 알고리즘이 다양한 생성 전략을 통해 평면도 성능에 미치는 영향을 분석한다. 이를 위해 파이썬으로 구현한 애플리케이션(planGen)을 활용하여, 설정된 요구사항에 맞춰 무작위 평면도를 대량 생성한 후, 4장에서 제시한 평가 지표들을 활용하여 각 최적화 전략의 설계 적합도에 대한 영향을 평가하였다.

분석은 시드 셀의 위치가 각 적합성 지표에 미치는 영향을 평가한 후, 크기 최적화, 인접성 우선 시드셀 할당, 방향 우선 시드셀 할당의 세 가지 주요 최적화 전략을 적용한 평면도 생성 결과를 기반으로 한다. 최종적으로 각 최적화 전략이 설계 성능에 미치는 영향을 다각도로 분석하였다.

5.1 요구사항 설정

본 실험에 사용된 입력 데이터는 planGen 앱을 통해 생성된 방들의 요구사항을 바탕으로 한다. 각 방의 크기, 방향성, 인접성 요구사항은 앱의 설정 화면을 통해 정의되었으며, 설정된 요구사항의 세부사항은 Table 1에서 Table 4에 요약되어 있다. 이러한 요구사항은 다양한 최적화 전략을 평가하기 위한 실험 데이터로 사용되었다.

구체적인 설정 방식 및 요구사항의 상세한 내용은 3장에서 이미 설명되었으므로, 여기서는 실험에 사용된 입력 데이터를 간단히 요약한다.

Table 1. Room Names and Specifications

id	abbreviation	functional name
1	LV	living room
2	DN	dining room
3	BED1	bed-room 1
4	BED2	bed-room 2
5	BT1	bathroom 1
6	KT	kitchen
7	GR	guest room
8	BT2	bathroom 2

Table 2. Room Orientation Settings

ID	Room	Orientation
1	LV	South
2	DN	North
3	BED1	East
8	BT1	North

Table 3. Room Size Specifications

ID	Room	Min Size m ²	Max Size m ²
1	LV	30	40
2	DN	15	25
3	BED1	8	12
5	BT1	2	6
7	BT2	2	6
6	GR	10	20

Table 4. Adjacency Requirements

Room1	Room2
LV	DN
LV	BED1
LV	BT1
DN	KT
BED2	BT2

5.2 기초 통계

무작위 조합으로 최적화 전략을 적용시킨 2000개의 평면을 발생시켰다. Size_Opt는 크기 최적화 작업을, Adj_Opt와 Ori_Opt는 각각 인접 우선 할당 및 방향 우선 할당 방식이 시드셀 할당에 사용된 경우를 나타낸다. 세 가지 최적화 전략 모두 분산은 0.5로, 적응/비적응 두 가지 상태로 평균은 각각 약 0.5와 0.46, 0.46으로 최적화 적응이 비교적 고르게 적용되었음을 보인다. 각 요구사항 적합성 및 형태 관련 지표의 기본 통계 값을 분석하여, 설계 적합도에 대한 전반적인 평가를 진행하였다.

Table 5 Summary of Key Fitness Metrics and Optimization Variables (Size_Opt, Adj_Opt, Ori_Opt) Including Mean, Standard Deviation, and Percentiles (0-1 Range)

Metric	mean	std	min	25 %	50 %	75 %	max
Adjacency	0.46	0.20	0.00	0.40	0.40	0.60	1.00
Orientation	0.73	0.30	0.00	0.50	0.75	1.00	1.00
Size	0.77	0.12	0.36	0.68	0.78	0.87	1.00
Simplicity	0.72	0.08	0.52	0.67	0.72	0.77	0.96
Rectangularity	0.86	0.05	0.68	0.83	0.86	0.90	0.99
Regularity	0.60	0.07	0.37	0.56	0.60	0.65	0.89
PA Ratio	0.80	0.05	0.61	0.77	0.80	0.84	0.97
Weighted Fitness	0.51	0.20	0.00	0.39	0.53	0.67	0.99

Rounded to two decimal places for convenience.

각 최적화 전략은 적용 여부에 따라 이분화된 값(0, 1)을 가지므로 std는 0.5이다. 각 최적화의 적용 여부는 무작위로 적용 여부가 결정되었다.

- Adjacency (인접성 만족도): 평균 0.459로, 인접성 요구 사항이 다소 충족되지 않았음을 보여준다. 분포는 넓게 퍼져 있으며 일부 설계는 0에 가까운 값을 보였으며, 최대값은 1로 상충된 결과를 나타냈다.

- Orientation (방향성 만족도): 평균 0.732로, 대부분의 설계에서 높은 방향성 요구 사항을 충족했다. 특히 상위 25%는 100% 만족도를 보였다.

- Size (사이즈 만족도): 평균 0.770, 75% 분위수가 0.869로 대부분의 설계에서 상대적으로 높은 만족도를 기록했는데, 유력한 이유는 크기 요구 사항이 단일 값이 아닌, 최소 최대의 범위로 설정했기 때문이다.

- Simplicity (단순성): 평균 0.721로 전체적으로 비슷한 수준의 단순성을 유지하고 있는데, 이는 무작위 확장 과정에서 블럭 수준의 확장 및 돌출 셀 등의 단순화 단계를 거치면서 들쭉날쭉한 형태가 전체적으로 완화된 것을 말해준다.

- Rectangularity (직사각형 비율): 평균 0.861로, 방 형태가 규칙적인 직사각형에 가까움을 보여준다. 분포의 편차가 작아, 안정적인 설계 형태가 나타났다.

- Regularity (규칙성): 평균 0.604로, 방의 패턴이 일정한 규칙성을 보이고 있다.

- PA Ratio (PA 비율): 평균 0.804로, 면적 대비 외형적인 효율성을 잘 유지하고 있다.

- Weighted Fitness (가중치된 피트니스): 평균 0.511로, 적합도는 중간 이상의 수준을 기록했으나, 일부 설계에서는 매우 낮은 값이 나타났다.

Figure 2는 각 지표의 박스 플롯을 시각화한 것으로, 각 지표의 중앙값, 사분위수, 이상값을 보여준다. 중앙값, 사분위수, 그리고 이상값(outliers)을 통해 지표의 분포와 변동성을 시각적으로 확인할 수 있다. Size와 Orientation 지표는 중앙값이 높고, 특히 Orientation은 상위 25%에서 매우 높은 만족도를 기록했다. Adjacency는 변동 범위가

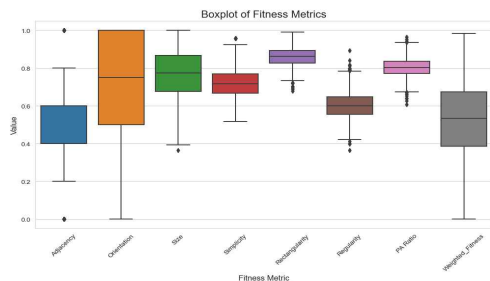


Figure 2 Box Plots Visualizing Median, Quartiles, and Outliers for Each Metric
크며, 중앙값이 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 또한 이상값(outlier)도 이론적 최소값과 최대값 (0과 1) 모두에 분포하는데, 양 끝단으로 존재하는 0과 1의 이상치가 평균값에 영향을 주고 있음을 시사한다.

5.3 시드 셀의 영향 분석

설계 과정에서 초기 방 배치가 시작되는 시드 셀의 위치가 최종 설계의 적합성 지표에 미치는 영향을 평가하였다. 이를 위해 4장에서 기술한 방법을 기반으로 서로 다른 100개의 시드 배치를 생성하였으며, 각 시드 배치마다 100개의 평면도를 생성하였다. 이렇게 생성된 평면도를 대상으로, Levene Test로 각 지표의 분산 동질성을 검증하고, ANOVA(Analysis of Variance)를 통해 시드 셀이 각 지표 값에 미치는 영향을 분석하였다.

Table 6. ANOVA and Levene Test Results for Fitness Metrics to Assess Significance of Differences Between Seed-cell Groups.

Fitness	Levene Test p-value	F-Value	df	p-value (ANOVA)
Adjacency	0.000	104.53	(99, 9800)	0.000
Size	0.000	28.33	(99, 9800)	0.000
Orientation	0.000	513.57	(99, 9800)	0.000
Simplicity	0.000	513.57	(99, 9800)	0.000
Regularity	0.000	513.57	(99, 9800)	0.000
PA Ratio	0.000	13.31	(99, 9800)	0.000

Levene Test 결과, 모든 적합성 지표에서 시드 그룹 간의 분산이 통계적으로 유의미한 차이를 보였으며(모든 $p\text{-value} < 0.001$), 이는 시드 셀의 위치에 따라 각 지표의 분산이 다르다는 것을 의미한다. ANOVA 분석 결과에서도 시드가 각 지표에 미치는 영향이 매우 유의미한 것으로 나타났다.

특히 Adjacency와 Orientation, Simplicity, Regularity 지표에서 F 값이 100 이상으로 매우 높게 나타나 시드 그룹 간의 변동에 그룹 내 변동보다 훨씬 크다는 것을 보여준다. 이는 각 방의 시드 셀의 위치가 이 네 가지 지표에 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다.

반면, Size와 PA Ratio 지표의 F 값은 각각 28.33과 13.31로 상대적으로 낮았으나, 여전히 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 시드 셀이 방의 크기와 공간 효율성에 영향을 미치지만, 앞서 언급한 네 개의 지표만큼 크지 않음을 시사한다.

결론적으로, 시드 셀의 배치는 적합성 지표에 중요한 역할을 미치며, 특히 Adjacency와 Orientation 지표에서 큰 차이를 만든다. 따라서 특정 시드 셀 조합을 선택함으로써 더 높은 적합성을 가진 평면도를 생성할 수 있음을 시사한다.

5.4 최적화 설계 전략이 평면 배치 성능에 미치는 영향

방 설계 과정에서 각 최적화 전략이 설계 적합성에 미치는 영향을 분석하였다. Table 6는 표는 다양한 최적화 전략에 따른 설계 만족도 지표를 보여준다. 방향 만족도는 시드 셀 배치시 방향 우선 할당이 적용된 경우(Ori_Opt = 1)와 비적용된 경우(Ori_Opt = 0)에 측정된 값을 비교하였다. 인접 만족도는 인접 우선 할당이 적용된 경우(Adj_Opt = 1)와 비적용된 경우(Adj_Opt = 0)에 각각 측정된 값을 비교하였다. 크기 만족도는 크기 최적화가 배

치 과정에 적용된 경우(Size_Opt = 1)와 적용되지 않은 경우(Size_Opt= 0)에 각각 측정한 값이다. 향상률은 최적화가 적용된 경우와 그렇지 않은 경우의 평균 만족도 차이를 백분율로 나타낸 것이며, p-value는 해당 차이가 통계적으로 유의미함을 나타낸다($p < 0.001$ 이 유의미한 차이로 간주됨).

Table 7. Performance Impact of Optimization Strategies on Design Satisfaction Metrics (Orientation, Adjacency, and Size).

Optimization Strategy	Satisfaction Metric	Applied	Not Applied	Improvement (%)	p-value	Sample Size (n)
Ori_Opt	Orientation	0.944	0.468	50.4	< 0.001	1110 / 890
Adj_Opt	Adjacency	0.481	0.439	8.7	< 0.01	920 / 1080
Size_Opt	Size	0.855	0.684	19.9	< 0.001	1000 / 1000

방향 우선 시드셀 할당을 적용한 경우, 방향성 만족도는 평균 0.944로, 비적용 시의 0.468보다 50.4% 향상되었으며($p < 0.001$), 방향성 요구를 충족시키는 데 매우 효과적임을 보여준다. 인접성 우선 시드셀 할당을 적용한 경우, 인접성 만족도는 평균 0.481로, 비적용 시의 0.439보다 약 8.7% 향상되었다($p < 0.01$). 이는 인접성에 유의미한 영향을 미쳤지만, 상대적으로 작은 향상률을 보였다. 크기 최적화를 적용한 경우 크기 만족도는 평균 0.855로, 비적용 시의 0.684보다 약 19.9% 향상되었다($p < 0.001$). 이는 최대 크기 제한이 방의 크기를 적절히 제어하여 설계 적합성을 개선하는 데 중요한 역할을 했음을 시사한다.

5.5 최적화 변수와 피트니스 지표 간의 상관관계 분석

세 가지 최적화 변수인 크기 최적화(Size_Opt), 인접성 우선 할당(Adj_Opt), 방향성 우선 할당(Ori_Opt) 방법이 모든 최적화 지표에 미치는 영향을 각각 분석하였다. 이를 위해 최적화 여부를 나타내는 _Opt 변수들과 각 적합성 지표 간의 상관관계를 도출하고, 통계적 검정을 통해 유의미함을 평가하였다. 그 결과는 아래 표 3에 요약되어 있다.

Table 8. Correlation Matrix Between Optimization Variables and Fitness Metrics

Optimization Strategy	Adjacency	Orientation	Size	Simplicity	Rectangularity	Regularity	PA Ratio	Weighted Fitness
Size Optimization	0.094	-0.056*	0.696***	-0.382***	-0.469***	0.031	-0.408***	0.109***
Adjacency First	0.107***	0.017	0.104***	-0.024	-0.051*	-0.040	-0.062**	0.101***
Orientation Frst	-0.001	0.792***	-0.024	0.002	0.008	0.030	0.020	0.306***

p-value Legend: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, No asterisk: Not significant ($p > 0.05$)

크기 최적화는 크기 적합성(Size) 지표와 매우 높은 상관관계(0.696, $p < 0.001$)를 보였다. 이는 크기 최적화를 통해 방의 크기를 적절히 제어할 수 있음을 의미한다. 반면, 단순성(Simplicity), 직사각형 비율(Rectangularity), PA Ratio에서는 각각 -0.382, -0.469, -0.408의 음의 상관관계를 보여, 크기 제약이 공간의 복잡성을 증가시키고, 정형화된 방 형태를 유지하기 어렵게 할 수 있음을 시사한다. 인접 우선 할당 방식의 적용 유무는 인접성 적합성(Adjacency) 지표와 0.107의 양의 상관관계를 보이며($p < 0.001$), 방 간 인접성을 개선하는 데 기여함을 보여준다. 그러나 이 방식은 단순성(-0.024), 직사각형 비율(-0.051)과의 상관관계가 낮거나 유의미하지 않음을 보여, 인접 우선 할당이 공간의 형태에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 방향 우선 할당 방식은 방향성 적합성(Orientation) 지표와 매우 강한 양의 상관관계(0.792, $p < 0.001$)를 나타냈다. 이는 방향성을 고려한 배치가 방향 요구를 매우 효과적으로 충족할 수 있음을 보여준다. 그러나 크기 적합성(-0.024)이나 단순성(0.002)과는 상관관계가 거의 나타나지 않았으며, 이는 방향성 최적화가 다른 요소에는 영향을 크게 미치지 않음을 의미한다. 결과적으로 세 가지 최적화 방식은 각각의 적합성 지표에서 유의미한 성능 향상을 보였으나, 다른 지표에는 영향이 없거나 미세하게 부정적 영향을 미칠 수 있다. 최적화 전략 간의 상호작용을 고려한 보다 정교한 설계 전략이 필요하다.

5.6 최적화 전략 간의 상호작용 분석

본 절에서는 세 가지 주요 최적화 전략인 크기 최적화(Size_Opt), 인접성 우선 할당(Adj_Opt), 방향성 우선 할당(Ori_Opt) 전략이 상호작용하여 설계 성능에 미치는 영향을 분석한다. 초기 가설은 각 최적화 전략이 하나의 성능 지표를 달성하는 과정에서 다른 성능 지표에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상하였다. 그러나 실제 결과는 예상과 달리 이러한 부정적인 상호작용이 크지 않았으며, 오히려 미미하지만 긍정적인 상호작용이 나타났다. 특히 모든 최적화 전략이 적용된 경우, 세 가지 만족도 지표의 가중 평균이 가장 높은 값을 기록하였다. 이를 검증하기 위해 각 최적화 전략의 적용 여부에 따라 Adjacency(인접성 적합성), Orientation(방향성 적합성), PA Ratio(공간 효율성), 그리고 Weighted Fitness(가중 적합도) 지표의 평균 성능과 표준 편차를 그룹별로 비교하였다.

세 가지 최적화 전략의 조합에 따른 세 가지 만족도 지표 및 가중 적합도의 평균 설계 성능은 Table 9에 제시되어 있다.

Table 9

optimization Strategy			frequency	Size				Adjacency				Orientation				Weighted_Fitness			
size opt	adj opt	ori opt		mean	std	min	max	mean	std	min	max	mean	std	min	max	mean	std	min	max
0	0	0	240	0.69	0.088	0.445	0.894	0.428	0.181	0	0.8	0.45	0.236	0	1	0.399	0.19	0	0.718
0	0	1	370	0.693	0.094	0.418	0.928	0.438	0.195	0	1	0.958	0.093	0.75	1	0.538	0.185	0	0.924
0	1	0	190	0.675	0.106	0.394	0.917	0.44	0.19	0	0.8	0.501	0.254	0	1	0.434	0.198	0	0.833
0	1	1	200	0.672	0.083	0.365	0.928	0.461	0.182	0	1	0.958	0.097	0.5	1	0.559	0.147	0	0.947
1	0	0	230	0.852	0.079	0.563	1	0.447	0.203	0	1	0.437	0.238	0	1	0.438	0.222	0	0.985
1	0	1	240	0.836	0.089	0.546	1	0.447	0.191	0	1	0.929	0.126	0.5	1	0.568	0.185	0	0.978
1	1	0	230	0.861	0.075	0.595	1	0.519	0.203	0	1	0.491	0.24	0	1	0.495	0.205	0	0.847
1	1	1	300	0.867	0.083	0.607	1	0.492	0.201	0	0.8	0.93	0.131	0.5	1	0.609	0.196	0	0.889

5.6.2 상호작용 효과 분석

최적화 전략 간의 상호작용을 분석하기 위해, 각 전략이 독립적으로 적용된 경우와 복수로 적용된 경우의 성능을 비교하였다. 이를 통해 전략들이 서로 상호작용하여 성능을 어떻게 변화시키는지 평가할 수 있다.

1. 크기 최적화(Size_Opt)의 상호 작용:

크기 최적화(Size_Opt)가 적용된 경우, 최대 면적을 초과하지 않도록 공간을 구성함으로써 다른 만족도 지표에 영향을 미칠 것으로 예상되었으나, 실제로는 크기 최적화 적용 여부에 따른 차이는 미미하였다. 모든 최적화 전략이 함께 적용된 경우(1,1,1), 평균 크기 만족도가 0.867로 가장 높게 나타났고, 크기 최적화가 적용되지 않고 다른 두 전략만 적용된 경우에는 최저 만족도인 0.672를 기록하였다. 이러한 결과는 크기 최적화가 다른 최적화 단계와 비교적 독립적으로 작동하고 있음을 시사한다.

2. 인접 우선 할당(Adj_Opt)의 상호 작용

성능 테스트에서 인접 우선 할당(Adj_Opt) 전략을 사용한 시드 할당은 최종 평면도의 인접성 만족도를 8.7%로 소폭만 향상시키는 효과를 보였는데(Table 7 참조), 이러한 영향은 본 그룹별 분석에서도 크게 다르지 않았다. 다른 최적화 전략의 영향력을 보면, 크기 최적화와 함께 사용된 경우, 0.519로 가장 높은 인접성 만족도를 기록하였으며, 모든 최적화 전략이 함께 사용된 경우(1,1,1)에는 0.492로 두 번째로 높은 값을 보였다. 반면, 모든 전략이 사용되지 않은 경우(0,0,0)에는 0.428로 가장 낮은 인접성 만족도가 나타났다.

특이한 점은 Adj_Opt가 단독으로 적용된 경우, 적용되지 않고 Size_Opt가 적용된 경우보다 인접성 만족도가 아주 미미하게 더 낮았다는 사실이다. 이러한 결과는 Adj_Opt 전략이 예상만큼 효과적이지 않을 가능성을 다시

한 번 시사한다. 모든 경우에서 인접성 만족도의 최소값이 0인 경우가 관찰되었으며, Adj_Opt를 적용하지 않는 경우에도 최대값의 출현은 Adj_Opt의 적용 유무와 관계없이 나타났다. 이는 인접 우선 할당 전략의 효율성이 제한적일 수 있으며, 일부 이상치로 인해 표준편차가 높게 나타났을 가능성이 있다. 이로 인해 평균값이 왜곡되었으나, Adj_Opt 전략은 전체적인 설계 목표를 약간 향상시키는 정도에 그쳤다.

3. 방향 우선 할당(Ori_Opt)의 상호 작용

방향 우선 할당(Ori_Opt) 전략은 시드 할당시 랜덤 위치의 시드 중 요구되는 방향이 가장 가까운 쪽에 배치하는 전략으로, Table 7의 성능 영향 분석에서 방향 우선 전략이 방향 만족도에 50%의 큰 향상을 보임으로써, 최적화 전략을 성공적으로 수행함을 보여주었다. 본 그룹 분석에서도 크게 다르지 않아, Ori_Opt가 적용된 경우 평균 방향성 만족도는 다른 최적화 전략의 조합에 따라 0.93~0.96 사이로 만족된 수준을 나타내었다. 그러나 방향 우선 할당이 적용되지 않은 경우에서도 표준편차가 상대적으로 높고(0.238), 다른 최적화 전략의 사용 여부에 상관없이 모든 경우에서 최대값 1에 도달할 수 있음을 나타냈다. 또한 방향 우선 할당이 적용된 상태에서는 크기 최적화의 적용에 일관되게 약간의 긍정적인 영향을 받은 것을 관찰할 수 있다. 이러한 결과는 방향성 최적화가 다른 최적화 전략에 비해 방향성 만족도를 크게 향상시킬 수 있음을 보여주며, 특히 다른 최적화 전략들과 함께 적용되었을 때도 독립적인 효과를 발휘함을 시사한다.

4.가중평균의 영향

가중 평균 항목 결과는 가중치의 설정은 전체적으로 인접성 만족도의 평균이 낮게 나타나는 현상이 있어, 인접 만족도 가중치를 2배로 설정한 결과이다. 세 가지 전략 모두를 사용하였을 때 평균은 가장 높은 값(0.609)을 나타내었으며 세 가지 전략 모두를 사용하지 않았을 때 평균은 가장 낮은 값(0.399)를 보였다. 그 다음은 다른 전략을 함께 사용한 경우, 대체적으로 0.5대의 평균값을 보였으나, Ori_Opt가 단독으로 적용된 경우에도 그만한 성능 향상이 있었다. 결과적으로 세 가지 전략이 더 많이 함께 사용되었을수록 때 전체적으로 가중 평균의 값이 높아지는 영향을 관찰할 수 있었다.

5.6.3 그룹별 최적화 전략의 형태 영향력 분석

본 절에서는 각 최적화 전략(Size_Opt, Adj_Opt, Ori_Opt)의 적용 여부가 Simplicity(단순성), Rectangularity(직사각형 비율), Regularity(규칙성), 그리고 PA Ratio(공간 효율성) 지표에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 최적화 전략의 조합에 따라 설계 성능에 뚜렷한 차이를 확인할 수 있었다.

Table 10

optimization Strategy			Simplicity				Rectangularity				Regularity				PA_Ratio			
Size_Op	Adj_Opt	Ori_Opt	mean	std	min	max	mean	std	min	max	mean	std	min	max	mean	std	min	max
0	0	0	0.741	0.081	0.542	0.958	0.88	0.044	0.736	0.979	0.588	0.069	0.423	0.799	0.816	0.044	0.686	0.937
0	0	1	0.753	0.077	0.517	0.958	0.887	0.04	0.773	0.979	0.614	0.07	0.365	0.893	0.831	0.043	0.641	0.953
0	1	0	0.76	0.071	0.546	0.925	0.887	0.041	0.78	0.959	0.6	0.067	0.4	0.841	0.824	0.042	0.705	0.927
0	1	1	0.747	0.078	0.573	0.958	0.88	0.045	0.722	0.992	0.598	0.071	0.455	0.796	0.821	0.046	0.672	0.966
1	0	0	0.692	0.061	0.538	0.883	0.838	0.042	0.679	0.935	0.612	0.06	0.456	0.766	0.787	0.046	0.64	0.904
1	0	1	0.689	0.061	0.544	0.854	0.835	0.044	0.696	0.981	0.608	0.069	0.444	0.784	0.78	0.047	0.626	0.916
1	1	0	0.698	0.063	0.523	0.869	0.843	0.043	0.689	0.944	0.607	0.071	0.398	0.798	0.789	0.046	0.609	0.901
1	1	1	0.692	0.059	0.525	0.875	0.838	0.044	0.703	0.969	0.599	0.067	0.413	0.814	0.782	0.044	0.654	0.89

1. Simplicity(단순성)에 미치는 영향

Simplicity 지표는 전체적으로 모든 전략 조합에서 유사한 경향을 보였으나, Adj_Opt의 영향을 받았을 때 소폭 상승하는 경향을 나타냈다. Adj_Opt가 적용된 경우(0,1,0)와 (0,1,1)의 Simplicity 평균은 각각 0.760과 0.747로, Adj_Opt가 적용되지 않은 그룹보다 높은 수치를 기록하였다. 이는 인접성 최적화가 단순성 측면에서 일정한

긍정적 효과를 나타냄을 의미한다. 반면, Size_Opt가 적용된 경우에는 Simplicity 값이 상대적으로 낮아져(0.692) 크기 최적화가 단순성에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

2. Rectangularity(직사각형 비율)에 미치는 영향

Rectangularity 지표는 Size_Opt가 적용된 경우 전반적으로 더 낮은 값을 보였으며, 크기 최적화가 직사각형 비율에 부정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 예를 들어, (1,0,0) 그룹의 Rectangularity 평균은 0.838로 다른 그룹에 비해 낮았다. 반면, Ori_Opt가 적용된 경우(0,0,1)와 (0,1,1)에서는 각각 0.887과 0.880로 가장 높은 직사각형 비율을 기록하였으며, 이는 방향성 최적화가 설계의 직사각형 비율을 개선하는 데 기여함을 보여준다.

3. Regularity(규칙성)에 미치는 영향

Regularity 지표에서 Ori_Opt는 가장 큰 영향을 미쳤다. Ori_Opt가 적용된 경우(0,0,1)와 (0,1,1)의 Regularity 평균은 각각 0.614과 0.598로, Ori_Opt가 적용되지 않은 그룹보다 높은 값을 나타냈다. 이는 방향성 최적화가 배치의 규칙성을 향상시키는 역할을 하고 있음을 시사한다. 반면, 크기 최적화 전략은 규칙성에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 모든 그룹에서 유사한 경향을 보였다.

4. PA Ratio(공간 효율성)에 미치는 영향

PA Ratio는 공간 효율성을 나타내는 지표로, 크기 최적화가 적용된 경우(1,0,0)와 (1,1,0)의 값이 각각 0.787과 0.789로 나타나 크기 최적화가 공간 효율성을 높이는 경향을 보였다. 이는 Size_Opt가 적용되지 않은 그룹보다 높은 수치로, 크기 최적화 전략이 공간의 효율적인 사용을 촉진하는 데 기여했음을 보여준다. 반면, Adj_Opt는 PA Ratio에 상대적으로 적은 영향을 미쳤으며, Ori_Opt는 일부 긍정적인 영향을 미쳤다.

5.6.4. 시사점

이 분석을 통해 각 최적화 전략이 독립적으로도 성능 향상에 기여하지만, 일부 전략은 상호작용을 통해 더 큰 성능 향상을 이끌어낼 수 있음을 확인할 수 있다. 특히 크기 최적화와 인접성 우선 할당 전략은 상호작용 효과를 통해 Adjacency 및 Weighted Fitness 성능을 크게 개선할 수 있었다. 반면 방향성 우선 할당은 다른 최적화와 의 상호작용보다는 독립적인 성능 향상에 더 강력한 영향을 미치는 것으로 보인다.

본 분석을 통해 각 최적화 전략의 적용 여부에 따라 설계 성능 지표들이 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 특히 Ori_Opt는 Regularity와 Rectangularity 측면에서 중요한 긍정적인 영향을 미쳤으며, Size_Opt는 PA Ratio를 개선하는 데 기여하였다. 반면 Adj_Opt는 Simplicity와 PA Ratio에 미치는 영향이 상대적으로 적었다. 이와 같은 결과는 설계의 목표에 따라 최적화 전략을 선택적으로 사용하는 것이 성능 향상에 유리하다는 점을 시사한다. 결론적으로, 설계 최적화를 위해서는 각 전략이 개별적으로 어떤 영향을 미치는지뿐만 아니라, 이들이 결합되었을 때의 상호작용을 고려해야 한다. 특정 성능 지표를 최적화하는 데 적합한 전략들의 조합을 찾는 것이 중요하며, 이는 향후 보다 정교한 설계 전략 수립에 기여할 수 있다.