### 4. 공간 배치 평가 방법

이 섹션은 생성된 공간 배치를 평가하기 위한 평가 방법을 제시한다. 평가 방법은 사용자가 요구한 세 가지 주요 요구사항(인접성, 면적, 방향성)에 대한 만족도 평가와 각 방의 기하학적 형태에 대한 정량적으로 평가 방법으로 크게 나누어진다. 이를 이용하여 각 요구사항에 대한 가중치를 반영한 통합 적합성을 평가 방법을 제공함으로써, 사용자의 설계 목표에 맞춘 최적화된 공간 배치를 찾을 수 있도록 해준다.

#### 4.1 세 가지 주요 요구사항의 적합도 계산

설계 평가의 핵심 요소는 인접성, 면적, 방향성의 적합도를 기반으로 이루어진다. 각 요구사항의 적합도는 독립적으로 평가되며, 세부 계산 방법은 다음과 같다.

##### 4.1.1 인접성 만족도 (Adjacency Satisfaction)

인접성 만족도는 요구된 방들 간의 인접 관계가 얼마나 충족되는지를 평가하는 지표이다. 이를 구하기 위해 두 방 i와 j에 대한 인접 요구사항 R\_{ij} {0, 1} (인접요구가 있는 경우 R\_{ij} = 1,)과 실제 인접 관계 A\_{ij} {0, 1}(실제로 인접한 경우 A\_{ij} = 1로 )로 표현한다. 이를 이용하여 만족된 인접 요구사항의 개수 S\_{}​와 총 요구된 인접 요구사항의 개수 T\_{}​는 다음과 같이 표현할 수 있다.

이 수식은 **모든 방 쌍 i,j** 에 대해 다음을 계산한다:

1. 두 방 i와 j 사이에 **인접 요구사항**이 있는지 확인한다 R\_{ij} = 1
2. 두 방 i와 j가 실제로 **인접해 있는지** 확인한다 A\_{ij} = 1
3. 두 값 R\_{ij}​과 A\_{ij}​를 곱한다. 이때:
   * R\_{ij} A\_{ij} = 1이면 요구된 인접성이 실제로 만족된 것이므로 **만족된 요구사항**으로 간주한다.
   * R\_{ij} A\_{ij} = 0$이면 요구된 인접성이 만족되지 않았거나, 요구 자체가 없음을 의미한다.
4. 이 계산을 모든 방 쌍 i,j에 대해 수행한 후, 이를 모두 더하여 **만족된 인접 요구사항의 총 개수**를 계산한다.

따라서, 인접성 만족도 ASAS는 다음 수식으로 정의된다:

##### 4.1.2 면적 만족도 (Size Satisfaction)

면적 만족도는 각 방의 면적이 주어진 최소 및 최대 요구 사항을 얼마나 충족하는지 평가한다. 실제 면적이 요구 범위 내에 있을 때 적합도 점수는 1로 부여되며, , 범위를 벗어날 경우 최솟값보다 작으면 **실제 면적이 최솟값에 얼마나 가까운 지를 반영**하고, 최댓값보다 클 때는 **최댓값에 비해 얼마나 초과했는지를** 반영해 점수를 계산한다.

* 면적이 요구 범위 내에 있을 때:
* 면적이 최솟값보다 작을 때:
* 면적이 최댓값보다 클 때:

최종 면적 만족도는 각 방의 적합도 점수의 단순 평균으로 산출된다.

여기서 n은 평가된 방의 총 개수를 의미한다.

##### 4.1.3 방향성 만족도 (Orientation Satisfaction)

방향성 만족도는 각 방이 요구된 방향성(Orientation Requirements)을 충족하는지 평가한다. 방의 실제 경계에 요구된 방향과 일치하는 경계 면이 존재할 경우 점수가 1로 부여되며, 이를 모든 방에 대해 계산한 후 평균을 구하여 최종 만족도를 산출한다。

즉, 요구된 방향 D\_{*i}가 방 i의 실제 경계 방향 D*{\_i}에 포함되어 있으면 \_i = 1, 그렇지 않으면 \_i = 0 이다. , 전체 방향성 만족도는 각 방의 적합도 점수 \_i의 평균으로 계산된다.

여기서 n은 방향 요구가 있는 방의 개수이다.

#### 4.2 적합도의 가중 평균

프로젝트 특성 별 요구사항의 중요도를 반영하기 위해 생성된 공간 배치 결과의 전체 평가는 사용자지정 가중 조화 평균을 사용하여 계산한다. 가중 조화 평균은 각 요소의 중요도에 따라 가중치를 부여하고, 값이 낮은 요소가 전체 평균에 더 큰 영향을 미치도록 계산하는 방식이다. 이 방식은 특정 요구사항의 만족도가 낮을 경우, 그 요구사항이 전체 평가에 더 큰 영향을 주도록 하여 균형 잡힌 설계를 유도한다. 다음과 같은 수식으로 정의된다:

여기서: - adj는 인접성 만족도, - size는 면적 만족도, - ori는 방향성 만족도, - adj\_w, size\_w, ori\_w는 각 요구사항에 대해 설정된 가중치이다.

사용자가 설정한 가중치에 따라 특정 요구사항이 전체 피트니스 점수에 미치는 영향을 조정할 수 있다. 이를 통해 설계 목표에 맞춰 다양한 공간 배치 문제에 최적화된 평가를 수행할 수 있다.

### 4.3 공간의 형태에 따른 평가 방법

개별 공간의 기하학적 형상 평가를 위해 네 가지 주요 적합도 메트릭을 사용하였다. 이를 위해 격자 기반의 방 배치를 다각형(Polygon) 구조로 변환하는 과정을 설명한다.

### 4.3.1 격자 공간을 다각형 으로 변환

각 방의 형상 평가를 위해서는 2D 격자 기반 공간 배치 평면보다는 다각형 구조가 유리하다. 격자 셀의 집합 구조 보다는 방의 다각형을 형성하는 꼭지점 좌표를 보다 정교한 기하학적 평가가 가능하기 때문이다. 다각형의 형상 정보를 이용하면 직사각형성, 정규성, 단순성 등의 정량적 측정을 정의하기에 유용하다. 또한, 다각형 구조는 건축 모델로 변환을 용이하게 하여 배치도를 시각적으로 표현하거나, 세밀한 조정이 가능하게 한다. 다음은 격자 기반 공간을 다각형 구조로 변환하는 과정을 설명한다.

**1. 셀 꼭지점 좌표 집합 생성** 각 방을 구성하는 모든 격자 셀에 대해 네 개의 꼭지점 좌표 집합을 생성한다. 이를 통해 방을 구성하는 전체 좌표 집합 C를 정의할 수 있다. 각 셀 r\_i의 네 꼭지점 좌표는 다음과 같다:$ 따라서 전체 꼭지점 집합 C는 모든 셀 r\_i의 꼭지점 좌표들의 합집합으로 표현된다.

**2. 중복 횟수 카운팅 및 경계 결정** 각 좌표의 중복 횟수를 카운팅하여 좌표와 중복 횟수의 쌍으로 구성된 집합 Q를 생성한다.

여기서 (c, C)는 좌표 c가 집합 C에서 등장하는 횟수를 의미한다. 중복 횟수가 한 번 또는 세 번 발생한 좌표들은 방의 경계를 결정하는 꼭지점이 된다. 발생 횟수에 따른 해석은 다음과 같다(그림 1 참조) . - 1: 격자 끝에서 만나는 꼭지점.  
- 3: 오목한 모양에서 발생하는 꼭지점. - 2, 4: 직선 경계에 위치한 비경계점 및 내부

**3. 중복 제거 및 다각형 꼭지점 집합 구성** 한 번 또는 세 번 등장한 좌표만 남기고, 중복을 제거하여 다각형을 형성할 수 있는 꼭지점 집합 B를 생성한다. 이 집합은 다음과 같이 정의된다.

이 단계에서는 아직 꼭지점을 연결하는 순서가 정해지지 않았기 때문에, 실제로 다각형을 형성하지는 않는다.

**4. 다각형 형성 순서 결정**

다각형을 형성하려면 꼭지점을 연결하는 순서를 결정해야 한다. 좌측 최상단에 위치한 꼭지점을 시작 점으로 선택한 뒤 수평과 수직 방향을 번갈아 가며 인접 좌표를 따라 확장해 나가며 경계선을 구성한다. 먼저 수평 방향으로 같은 x 좌표에 있는 가장 가까운 꼭지점을 선택한 후 수직 방향으로 같은 y 좌표에 있는 가장 가까운 좌표를 선택하여 다각형의 경계를 형성한다. 이를 반복하여 방의 외곽을 따라 다각형을 완성한다.

]]![[Pasted image 20240913175923.png]]

### 4.3.4 Rectangularity (직사각형성)

직사각형성(Rectangularity)은 다각형의 면적(Area)과 바운딩 박스(Bounding Box, 이하 BB)의 면적 사이 비율로 정의된다. 직사각형성은 다각형이 얼마나 직사각형에 가까운지를 평가하기 위한 지표로 사용되며, 다음 식으로 표현된다:

여기서 A\_{}은 다각형의 면적을, A\_{}는 해당 다각형을 포함하는 최소 바운딩 박스의 면적을 나타낸다.

#### 4.3.5 Regularity (정규성)

정규성(Regularity)은 다각형의 직사각형성과 바운딩 박스의 종횡비(Aspect Ratio)를 결합하여 다각형의 규칙성을 평가한다.

여기서 R은 직사각형성, AR\_{}는 바운딩 박스의 가로 길이와 세로 길이의 비율로 정의된다. ### 4.3.6 Perimeter-Area Ratio (둘레-면적 비율)

둘레-면적 비율은 다각형의 압축성을 평가하는 지표로, 면적과 둘레의 비율을 다음 식으로 계산한다.

여기서 A\_{}은 다각형의 면적을, P\_{}은 다각형의 둘레 길이를 나타낸다.

### 4.3.7 Simplicity (단순성)

단순성(Simplicity)은 다각형의 꼭짓점 개수를 기반으로 계산되며, 다각형이 얼마나 단순한지를 평가하는 지표이다.

여기서 V는 꼭짓점의 개수이다.

### **4.3 공간의 형태에 따른 평가 방법**

개별 공간의 기하학적 형상 평가를 위해 네 가지 주요 적합도 메트릭을 사용하였다. 이를 위해 격자 기반의 방 배치를 다각형(Polygon) 구조로 변환하는 과정을 설명한다.

### **4.3.1 격자 공간을 다각형으로 변환**

각 방의 형상 평가를 위해서는 2D 격자 기반 평면보다는 다각형 구조가 유리하다. 격자 셀의 집합 구조보다는 방의 외곽선을 정의하는 꼭지점 좌표를 이용하여 기하학적 특성을 정밀하게 평가할 수 있기 때문이다. 다각형 기반의 형상 정보는 직사각형성, 정규성, 단순성 등을 측정하는 데 유용하며, 이를 통해 정량적 평가가 가능해진다. 또한, 다각형 구조는 건축 모델로 변환되어 배치도를 시각적으로 표현하거나, 세밀한 조정이 가능하게 한다.

다음은 격자 기반 공간을 다각형 구조로 변환하는 과정을 설명한다.

#### **1. 셀 꼭지점 좌표 집합 생성**

각 방을 구성하는 모든 격자 셀에 대해 네 개의 꼭지점 좌표 집합을 생성한다. 이를 통해 방을 구성하는 전체 좌표 집합 C를 정의할 수 있다. 각 셀 r\_i의 네 꼭지점 좌표는 다음과 같다:

따라서 전체 좌표 집합 C는 각 셀 r\_i의 꼭지점 좌표들의 합집합으로 정의된다:

#### **2. 중복 횟수 카운팅 및 경계 결정**

각 좌표의 중복 횟수를 카운팅하여 좌표와 그 중복 횟수의 쌍으로 이루어진 집합 Q를 생성한다:

여기서 (c, C)는 좌표 c가 집합 C 내에서 등장한 횟수를 나타낸다. 중복 횟수가 한 번 또는 세 번 발생한 좌표는 경계를 나타내는 꼭지점으로 판단된다. 발생 횟수에 따른 해석은 다음과 같다: - 1: 외부 경계에 해당하는 꼭지점 - 3: 오목한 부분에 위치한 꼭지점 - 2, 4: 내부 또는 직선 경계에 위치한 비경계점

#### **3. 중복 제거 및 다각형 꼭지점 집합 구성**

한 번 또는 세 번 등장한 좌표만을 남기고, 중복을 제거하여 다각형을 형성할 수 있는 꼭지점 집합 B를 구성한다:

이 단계에서는 아직 좌표들을 연결하는 순서가 정해지지 않았기 때문에, 실제로 다각형을 형성하지는 않는다.

#### **4. 다각형 형성 순서 결정**

다각형을 형성하려면 좌표를 연결하는 순서를 결정해야 한다. 좌측 최상단에 위치한 꼭지점을 시작점으로 선택한 뒤, 수평과 수직 방향을 번갈아 가며 인접 좌표를 따라 확장해 나가며 경계선을 구성한다. 먼저 수평 방향으로 같은 x 좌표에 있는 가장 가까운 좌표를 선택한 후, 수직 방향으로 같은 y 좌표에 있는 좌표를 선택하는 방식으로 경계를 형성한다. 이를 반복하여 방의 외곽선을 따라 다각형을 완성한다.

### **4.3.4 직사각형성(Rectangularity)**

직사각형성(Rectangularity)은 다각형의 면적(Area)과 최소 바운딩 박스(Bounding Box, 이하 BB)의 면적 비율로 정의된다. 직사각형성은 다각형이 직사각형에 얼마나 가까운지를 평가하는 지표로 사용되며, 다음과 같이 표현된다:

여기서 A\_{}은 다각형의 면적을, A\_{}는 해당 다각형을 포함하는 최소 바운딩 박스의 면적을 나타낸다.

#### **4.3.5 정규성(Regularity)**

정규성(Regularity)은 다각형의 직사각형성과 바운딩 박스의 종횡비(Aspect Ratio)를 결합하여 규칙성을 평가하는 지표이다:

여기서 R은 직사각형성, AR\_{}는 바운딩 박스의 가로 길이와 세로 길이의 비율로 정의된다.

#### **4.3.6 둘레-면적 비율(Perimeter-Area Ratio)**

둘레-면적 비율은 다각형의 압축성을 평가하는 지표로, 면적과 둘레의 비율을 통해 계산된다:

여기서 A\_{}은 다각형의 면적, P\_{}은 둘레 길이를 나타낸다.

#### **4.3.7 단순성(Simplicity)**

단순성(Simplicity)은 다각형의 꼭짓점 수를 기반으로, 다각형이 얼마나 단순한지를 평가한다:

여기서 V는 꼭짓점의 개수이다.