

# 주택유형과 소유형태에 따른 주거이동행태 분석[제목 스타일 : 휴먼명조 16pt]

- 부제가 있는 경우 -[소제목 스타일 : 휴먼명조 13pt]

## An Analysis of the Housing Mobility Behavior with the Use of Housing and Tenure Type

[영문제목 스타일 : Times New Roman 13pt]

- In Case of Subtitle -[소영문제목 스타일 : Times New Roman 11pt]

김 대 한\* 이 건 축\*\*[이름 스타일 : 맑은고딕 10pt] 투고시 저자명 삭제  
Kim, Dae-Han Lee, Keon-Chuk[영문이름 스타일 : Times New Roman 10pt] 투고시 저자명 삭제

\* 한국대 건축공학과 박사과정, Ph.D. Candidate, Dept. of Architectural Engineering, Hankook University, Korea

\*\* 한국대 건축공학과 교수, Associate Professor, Dept. of Architectural Engineering, Hankook University, Korea

(Corresponding author : lkc@hku.ac.kr) [저자소속 스타일 : 한글은 휴먼명조 8pt, 영어는 Times New Roman 8pt]

투고시 저자소속 삭제

\* 삭제 요청사항은 흰색으로 글씨체 변경이 아닌 완전한 삭제 부탁드립니다.

### Abstract[영문초록 제목 스타일 : 맑은고딕 9pt]

The purpose of this study was to analyze the housing mobility behavior according to the income change and to predict the probability of upward and downward movements. A binary logit model was used with the data which were obtained by the Korea Research Institute for Human Settlements in 1989. The sample size was 1620 households in Seoul. The results of this study were as follows; the upward movement probability in rental housing or in single housing was higher than that in owned housing or in apartment housing as household income increased.[영문초록 본문 스타일 : Times New Roman 8pt] - 최소150단어, 최대350단어로 1문단으로 작성

키워드[맑은고딕 8pt] : 주택유형, 소유형태, 주거, 이동행태[휴먼명조 8pt] - 최소 3개, 최대 8개

Keywords[맑은고딕 8pt] : Housing Type, Tenure Type, Mobility Behavior[Times New Roman 8pt]

### 1. 서 론[장타이틀 스타일 : 맑은고딕 9pt]

#### 1.1 연구의 목적[각절 제목 스타일 : 휴먼명조 9pt]

주택은 ..... [본문 내용 스타일 : 한글은 휴먼명조 9pt, 영어는 Times New Roman 9pt].

형태와 주택의 유형별로 정확한 주택수요를 예측할 수 있으며, 효과적인 주택공급정책을 수립할 수 있다.

#### 1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서 주택의 이동방향을 예측하기 위해서 다음과 같이 가구를 분류하여 분석에 사용한다. 첫째, 주택소

유형태별로 자가주택에서 자가주택로 이동한 가구와 임대주택에서 임대주택로 이동한 가구를 분류한다. 주택유형별로는 단독주택에서 단독주택으로 이동한 가구와 아파트에서 아파트로 이동한 가구를 분류한다. 둘째, 로짓모형을 이용하여 주택소유형태와 주택유형별로 주거이동방향 선택확률모형을 추정한다. 셋째, 추정된 모형에서 소득이 증가하거나 감소함에 따라 주거이동 방향의 선택확률 그래프를 작성한다. 그래프를 통해 각각의 주택소유형태와 주택유형에서 소득의 증감에 따라 주거이동 방향의 변화를 분석한다.

### 2. 문헌고찰

#### 2.1 주거이동 이론

Kim(1987)에서 주택에 거주하는 가구는 그들의 사회·경

(논문출처, 사사문구 등을 표기할 경우 기재)

이 논문은 2000년도 0000 학술발표대회 논문집에 게재된 내용을 수정보완하여 작성한 것임.(투고시 00부분만 삭제)

이 연구는 2000년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:000-00000-1 (투고시 전체문구 삭제)

[사사문구 스타일 : 휴먼명조 8pt]

1) 로짓모형을 이용하여 주택소유형태와 주택유형별로 주거이동방향 선택확률모형을 추정[각주 스타일 : 휴먼명조 8pt]

## 템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

제적 환경이나 선호가 변화하기 때문에 동일한 주택에서 완전한 만족을 유지하기 힘들다. 가구가 희망하는 주택과 실제 거주하는 주택간에 차이가 심화되면, 가구는 주거이동을 고려한다. 주거이동은 가구의 상황변화 및 인접한 물리적 환경의 변화에 의해 발생하는 욕구를 만족시키는 수단이라고 할 수 있다 (Lee, 2007).

### 3.1 초기 위치 설정

건축 평면을 생성하기 위한 설계 공간  $G_{footprint}$ 는  $m \times n$  크기의 격자로 구성된 2차원 공간으로, 내부 공간을 정의하는 배열로 표현된다.

$$G_{footprint} = \{(i, j) | g_{ij} = 1\} \quad (1)$$

건축 평면 생성은 설계 공간 내 모든 셀을 방에 할당하는 것을 목표로 한다. 각 셀은 설계 공간의 최소 단위로, 사용자 정의 크기를 갖는다(이 연구에서는 셀의 크기를 1m로 설정하였다). 각 방은 특정 시드 셀에서 시작해 인접 셀로 확장된다. 시드 셀의 위치를 설정하는 방식은 다음과 같다. 각 방의 시드 셀 결정: 설계 공간  $G_{footprint}$ 에서  $k$ 개의 시드 셀  $s_i$ 를 무작위로 선택한다.

$$s_i = (x, y) \text{ where } G_{x,y} = 1 \text{ and } i = 1, 2, \dots, k$$

1. 시드 셀 집합  $S$ 는 각 방의 시작 위치를 나타내며, 초기에는 방 번호가 할당되지 않은 상태로 특정 값(255)으로 표시된다.
2. 방 번호 할당: 시드 셀  $s_i$ 에 고유한 방 번호  $i$ 를 할당하여 초기 설계 공간  $G_{init}$ 을 구성한다.

$$G_{init}(x, y) = \begin{cases} i, & \text{if } (x, y) = s_i \text{ for } s_i \in S \\ 0, & \text{if } (x, y) \in G_{footprint} \end{cases}$$

여기서:

- $G_{footprint}$ 는 내부 공간을 나타내는 영역이며, 시드 셀  $s_i$ 는 방 번호  $i$ 를 할당받는다.
- 값이 0인 셀은 아직 방 번호가 할당되지 않은 셀을 의미하며, 내부 공간이 아닌 셀은 -1로 마스킹된다.

방 번호가 할당된 시드 셀은 이후 방 배치의 출발점이 되며, 시드 셀의 위치는 최종 방 배치를 좌우한다. 본 연구에서는 초기 시드 셀을 할당하는 세 가지 방식을 제안한다: 방향 우선 할당, 인접성 우선 할당, 무작위 할당

#### 3.1.1 방향 우선 시드 셀 할당

방향 우선 할당은 방의 방향을 지정하는 요구를 반영하여 시드 셀을 할당하는 방법이다. 방향 요구사항은 방  $r_i$ 와 요구되는 방향  $o_i$ 의 쌍으로 구성된 목록으로 다음과 같이 표현된다.

$$O = \{(r_i, o_i) | r_i \in R, o_i \in \{East, West, South, North\}\}$$

방  $r_i$ 의 시드 셀  $s_i$ 는 방  $r_i$ 가 요구된 방향  $o_i$ 에 배치되기에 가장 유리한 위치에 할당된다. 이때 유리한 위치란, 시드 셀이 설계 공간의 경계면에서 요구된 방향  $o_i$ 에 가장 가까운 위치를 의미한다. 각 시드 셀의 좌표  $x, y$ 를 기준으로 정렬되어 동서남북 네 방향의 방향 스코어 리스트  $Sc_o$ 가 생성된다. 방  $i$ 의 시드 셀  $s_i$ 는 방  $r_i$ 가 요구되는 방향  $o_i$ 의 스코어 리스트에서 가장 높은 값을 갖는 셀로 선택된다. 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$s_i = \underset{s_j}{\operatorname{argmax}} Sc_o(Q_i)$$

이 때 스코어  $Sc_o$ 는 시드 셀이 설계 공간에서 해당 방향( $o_i$ )의 경계면으로부터 얼마나 가까운지를 나타낸다.

#### 3.1.2 인접성 우선 시드 셀 할당

인접성 우선 시드 셀 할당은 인접해야 하는 두 방의 시드 셀을 가능한 한 가까이 배치함으로써 방들 간의 인접성을 향상시키는 전략이다. 인접성은 방들 간의 관계를 나타내는 이항 관계로 정의되며, 인접성 요구사항은 방  $r_i$ 와 인접해야 하는 방  $r_j$ 의 인덱스 쌍  $(r_i, r_j)$ 의 집합으로 표현된다.

$$Adj = \{(r_i, r_j) | r_i, r_j \in R, r_i \text{ and } r_j \text{ must be adjacent}\}$$

인접성 우선 할당 방식의 목표는 시드 셀  $s_i$ 가 미할당 시드 셀 중에서 방  $r_j$ 의 시드 셀  $s_j$ 와 가장 가까운 위치를 선택하는 것이다. 이를 통해 방  $r_i$ 와 방  $r_j$ 가 인접하게 배치될 가능성을 극대화한다.

$$s_i = \underset{s_j \in \text{unassigned}}{\operatorname{argmin}} d_{i,j} \text{ where } (r_i, r_j) \in Adj$$

여기서  $d_{i,j}$ 는 방  $r_i$ 와 방  $r_j$  사이의 맨해튼 거리를 나타내며, 이는 두 시드 셀 간의 직교 좌표계에서의 이동 거리로 정의된다.

#### 3.1.3 무작위 배치

인접 및 방향 요구가 없거나 적용하지 않는 경우, 시드 셀은 무작위로 방 번호가 할당된다. 인접 우선 및 방향 우선 방 할당 완료 후 방이 할당되지 않은 잔류 시드 셀도 임의의 방 번호로 설정되며, 이를 통해 초기 배치가 완료된다.

### 3.2 평면도 생성 과정

#### 3.2.1 평면도 생성 알고리즘 개요

건축 평면의 배치 알고리즘은 시드 셀에 방이 할당된 초기 상태의 그리드  $G_{init}$ 을 입력받아, 이를 확장하여 각 방의 형태를 형성하고 최종 평면도를 완성한다. 이 단계에서의 알고리즘의 목표는 다음과 같이 평면 배치의 기하학적 조건을 충족시키는 것이다.

1. **모든 방에 최소 공간 할당:** 각 방은 최소한 하나의 셀을 할당받는다.
2. **방 분할 방지:** 방이 하나의 연속적인 공간으로 유지되어야 하며, 겹치거나 분리되지 않는다.
3. **빈 공간 제거:** 모든 유효 셀은 방에 할당되며, 빈 공간을 남기지 않는다.
4. **설계 공간 내에 배치:** 방이 설계 공간을 넘지 않는다.
5. **최대 면적 제한 준수:** 평면도 생성 과정 중 방의 크기 제약 조건을 반영하여 최대 면적 요구 사항을 초과하지 않는다.

이 과정에서 평면도가 생성되면, 초기 설계 공간  $G_{init}$ 의 모든 유효 셀(즉, 내부 공간을 나타내는 셀)에 방 번호가 할당된 상태로 최종적으로 결정된다. 이를 새로운 평면도 그리드  $F$ 로 정의한다.

#### 3.2.2 경계 셀 확장 방식

방 배치는 경계 셀 중 하나를 선택하고, 그에 인접한 셀을 확장하는 방식으로 이루어진다. 선택된 셀의 방향에 따라 평행한 인접 셀들도 함께 확장된다. 이러한 방식은 방의 형태가 불규칙하게 형성되는 것을 방지하고, 방의 외곽이 일관된 형태를 유지하도록 한다.

## 템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

$$b_i = \text{Random}(B(r_i))$$

여기서 방  $r_i$ 의 경계 셀 목록  $B(r_i)$ 는 하나 이상의 미할당 셀을 인접 셀로 가진 셀이다.  $b_i$ 는 방  $r_i$ 의 경계 셀 중에서 무작위로 선택된다. 선택된 경계 셀  $b_i$ 에 인접한 미할당 셀들의 집합  $\text{adj}(b_i)$ 에서 무작위로 선택한 셀  $s_{\text{new}}$ 에 방  $r_i$ 에 새로 할당한다.

$$s_{\text{new}} = \text{Random}(\text{adj}(b_i))$$

병렬 확장은  $b_i$ 와 그와 인접한 셀  $s_{\text{new}}$ 의 위치 관계에 따라, 해당 방향으로 평행하게 확장가능한 셀들을 동시에 확장하는 방식이다. 만약 평행 확장 중간에 다른 방이 배치되어 있지 않다면, 확장은 직각 사각형 형태로 유지되며, 이를 통해 불규칙한 형태의 발생을 방지할 수 있다. 이러한 평행 셀들의 집합  $P_{pl}$ 을 다음과 같이 정의한다.

$$P_{pl} = \{s' | s' = (x' + dx, y' + dy), s' \in B(r_i), \text{unassigned cell}\}$$

$B(r_i)$ 은 확장이 반복될 때마다 갱신된다. 새로 확장된 셀  $s_{\text{new}}$ 와 병렬 확장된 셀들  $P_{pl}$  및 이 셀들과 인접한 셀들에 대해 경계 셀 여부를 확인하여,  $B(r_i)$ 에 추가된다. 기존 경계 셀 목록 중 더 이상 경계 셀이 아닌 셀은 목록에서 제거된다. 이 병렬 확장 과정은 한 번의 반복 동안 모든 방에 대해 수행되며,  $B(r_i)$ 는 각 반복을 통해 지속적으로 갱신된다. 경계 셀 목록이 비게 되면 방배치가 완료되고 방 번호로 이루어진 2차원 설계공간  $F$ 가 생성된다.

### 3.2.3 최대 면적 우선 확장

최대 면적 우선 확장 방식은 각 방이 사용자가 명시한 최대 면적을 초과하지 않도록 확장 범위를 제한하는 방법이다. 방의 크기 제약 요구는 각 방에 대해 최소 및 최대 허용 면적을 정의한 두 값의 쌍으로 구성된다.

$$A_i^{\min} \leq A_i \leq A_i^{\max}$$

최대 면적 우선 확장에서는 각 방이 확장될 때마다 자신의 면적을 추적하며, 방의 면적이 최대 허용 면적인  $A_i^{\max}$ 에 도달하면 더 이상 확장하지 않는다. 이에 따라 확장이 완료된 방 주변에 방이 할당되지 않은 공간이 생성될 수 있다. 이 경우, 방을 할당받지 못한 셀들은 인접한 방들 중 하나의 방으로 할당된다. 인접 방의 선택은 임의로 이루어지며, 이를 통해 설계 공간 내의 모든 셀이 방에 할당될 수 있도록 한다.

### 3.3 돌출 셀 제거 알고리즘

돌출 셀 제거 알고리즘은 시드 셀 확장으로 생성한 평면 배치  $F$ 에서 발생한 돌출 셀을 식별하고, 인접 방과 교환하는 방식이다. 그리드 기반의 방 배치 방식에서, 방 배치는 경계면을 따라 임의로 확장하는 방식으로 이루어지므로 병렬 확장 방식을 적용하더라도, 확장 셀 상호 간 충돌이 발생하면 돌출 셀이 생길 수 있다. 고립된 위치에 있는 이 작은 셀들은 방의 형태를 불규칙하게 만들며, 공간적 비효율성과 함께 평면도의 미적 일관성을 저해한다. 돌출 셀로 인해 생기는 설계의 미적 일관성과 효율성 저해를 개선하기 위해 돌출 셀을 제거하는 추가적인 절차

를 도입하였다.

#### 3.3.1 돌출 셀 식별

설계 공간  $F$ 의 모든 셀  $c$ 에 대해, 그 셀이 3개 이상의 유효하지 않은 셀 또는 다른 방에 인접한 경우 돌출 셀로 간주한다.

$$P(c) = \begin{cases} 1, & \text{if } V(c) \text{ and } N_{\text{diff}}(c) \geq 3 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서:

- $P(c)$ 는 셀  $c$ 가 돌출 셀인지 여부를 나타내는 함수.
- $V(c)$ 는 셀  $c$ 가 유효 여부를 나타내는 함수로, 셀이 설계 공간의 내에 있고 방 번호가 할당된 경우,  $V(c) = 1$ 이다.
- $N_{\text{diff}}(c)$ 는 셀  $c$ 의 인접한 셀 중 유효하지 않거나 다른 방에 속한 셀의 개수를 의미한다.

#### 3.3.2 교환 방 선택

돌출 셀 교환은 돌출 셀을 인접한 다른 방으로 바꾸어 형태를 단순화하는 과정이다. 방 교환이 가능하려면 다음 조건을 만족해야 한다.

- **유효성 유지:** 교환 후에 변형된 방 배치는 개별 공간의 연결을 유지해야 하며, 빈 공간이 없어야 한다.
- **교환 기록 추적:** 같은 위치의 교환이 반복해서 일어나지 않도록 교환 기록을 추적하여 교착 상태를 피해야 한다.

#### 3.3.3 돌출 셀 교환 알고리즘

돌출 셀 교환 알고리즘은 돌출 셀  $p_i$ 를 인접한 다른 방  $R_j$ 로 교환하여 방의 형태를 개선하는 과정으로 다음 단계를 따른다.

1. **돌출 셀 선택:** 돌출 셀 집합  $P$ 에서 무작위로 하나의 셀을 선택한다.

$$p_i = \text{Random}(P)$$

2. **인접 방 후보 선택:** 선택된 돌출 셀  $p_i$ 에 인접한 셀들의 방 번호 집합  $R(p_i)$ 를 찾는다. 이는  $p_i$ 와 이웃한 방의 셀들을 의미하며, 교환 가능한 후보 방을 추출하는 과정이다.

$$R(p_i) = \{R_j | R_j \in R(\text{Adj}(p_i)), R_j \neq R(p_i)\}$$

여기서:

- $R(p_i)$ 는 돌출 셀  $p_i$ 의 방 번호,
  - $\text{Adj}(p_i)$ 는 돌출 셀  $p_i$ 에 인접한 셀의 좌표 집합,
  - $R(\text{Adj}(p_i))$ 는 인접한 셀 방 번호 집합,
  - $R_j \neq R(p_i)$ 는  $p_i$ 와 인접한 방 중에서 다른 방을 선택하는 조건이다.
3. **최적 후보 방 선택:** 각 후보 방과의 교환 후 돌출 셀의 수를 평가하여, 돌출 셀 감소 효과가 가장 큰 방  $R_j$ 를 선택한다. 돌출 셀 변화는 다음과 같이 계산된다:

$$\Delta P(p_i, R_j) = P_{\text{old}}(p_i, R_j) - P_{\text{new}}(p_i, R_j)$$

여기서:

- $P_{\text{old}}(p_i, R_j)$ 는 교환 이전에 돌출 셀  $p_i$ 와 이웃한 돌출 셀의 수,
  - $P_{\text{new}}(p_i, R_j)$ 는 방  $R_j$ 로 교환한 후 발생한 돌출 셀  $p_i$ 의 수,
  - $\Delta P(p_i, R_j)$ 는 교환 전후의 돌출 셀 수 차이로, 이 값이 클수록 돌출 셀이 크게 감소하는 교환임을 나타낸다.
- $\Delta P(p_i, R_j)$ 를 계산 후, 이 값이 가장 큰 방을 선택하여 해당 셀의 방을 이 방으로 변경한다.

$$R_{best}(p_i) = \arg \max_{R_j \in R(p_i)} \Delta F(p_i, R_j)$$

4. 교환 기록 추적 및 반복: 교환이 성공하면 교환된 셀과 방의 정보를 기록하여 교환 히스토리 목록 업데이트하고, 교환이 가능한 새 후보 방을 탐색한다. 교환이 완료되면 해당 돌출 셀  $p_i$ 는 목록에서 제거된다. 이 과정을 반복하여 모든 돌출 셀이 제거될 때까지 알고리즘이 진행된다.

돌출 셀 제거 결과, 계단 현상이 감소시키고, 보다 단순화된 평면도를 생성이 가능하다.

#### 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. 사용자의 설계 목표에 맞춘 최적화된 공간 배치를 찾기 위해, 세 가지 적합성에 대한 가중치를 적용 가능하다.

##### 4.1 세 가지 주요 요구사항의 적합도 계산

인접성, 면적, 방향성 요구 사항의 적합도는 각기 독립적으로 평가되며, 세부 계산 방법은 다음과 같다.

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

인접성 만족도는 요구된 방들 간의 인접 관계가 얼마나 충족되는지를 평가하는 척도로 정의된다. 각 방 쌍  $i$ 와  $j$ 에 대해, 인접 요구사항  $REQ_{ij} \in \{0, 1\}$  및 실제 인접 관계  $AC_{ij} \in \{0, 1\}$ 를 사용하여 만족도를 계산한다. 여기서  $REQ_{ij}=1$ 은 두 방  $i$ 와  $j$  사이에 인접 요구가 존재함을 의미하며,  $AC_{ij}=1$ 은 두 방이 실제로 인접함을 의미한다. 인접성 만족도는 요구된 인접성을 가진 방 쌍에 대해서만 평가되며, 모든 방 쌍을 고려하지 않는다. 평가 과정은 다음과 같은 단계로 이루어진다.

##### 1. 인접성 평가 방법

공간 배치의 각 방에 대한 인접성은 너비 우선 탐색(BFS) 방식을 사용하여 계산된다. 구체적으로, 주어진 평면도  $F$ 의 모든 셀을 순회하며 해당 방의 인접 셀을 기반으로 방들 간의 인접 리스트를 생성한다. BFS 알고리즘은 셀  $c_i$ 를 기준으로 상, 하, 좌, 우의 이웃 셀  $adj(c_i)$ 의 방 번호  $R(adj(c_i))$ 를 확인하여, 방  $R(c_i)$ 와 이웃 방  $R(adj(c_i))$ 의 인접 관계를 기록한다. 이미 탐색된 셀들은 중복 처리를 방지하기 위해 기록되며, 각 방의 인접 관계는 BFS 탐색이 완료된 후 인접된 두 방 번호 쌍으로 구성된 인접 리스트 집합  $AL$ 에 저장된다.

##### 2. 인접성 평가

요구된 방 쌍 ( $REQ_{ij}=1$ )  $i, j$ 에 대해 실제 인접 여부  $AC_{ij}=1$ 을 확인한다. 만족된 요구사항의 개수  $SAT_{adj}$ 는 요구된 방 쌍  $REQ_{ij}=1$ 의 개수 중 실제 인접 리스트에 존재하는  $AC_{ij}=1$ 인 수이다. 인접성 만족도는 요구된 인접 요구사항 대비 실제 충족된 비율로 정의되며, 다음 수식으로 표현된다:

$$Adjacent\ Satisfaction = \frac{S_{adj}}{T_{adj}}$$

여기서  $SAT_{adj}$ 는 만족된 인접 요구사항의 총 개수,  $T_{adj}$ 는 요구된 인접 요구사항의 총 개수이다.

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

면적 만족도는 각 방의 실제 면적이 사용자가 요구한 최소 및 최대 면적 범위 내에 있는지 여부에 따라 결정된다. 각 방의 면적 만족도  $ScoreSz_i$ 는 다음과 같은 세 가지 조건에 의해 계산된다:

1. **면적이 요구 범위 내에 있을 때:** 방  $i$ 의 실제 면적  $A_{actual}$ 이 최소 면적  $A_{min}$ 과 최대 면적  $A_{max}$  사이에 있을 경우, 이 방은 요구를 충족한 것으로 간주되어 만족도 점수  $ScoreSz_i=1$ 로 부여된다.
2. **면적이 최소 요구 면적보다 작을 때:** 실제 면적이 최소 요구 면적보다 작다면, 만족도 점수는 실제 면적과 최소 면적의 비율로 계산된다. 이때 점수는  $\frac{A_{actual}}{A_{min}}$ 로 감소하게 된다.
3. **면적이 최대 요구 면적보다 클 때:** 실제 면적이 최대 요구 면적을 초과할 경우, 만족도 점수는 최대 면적과 실제 면적의 비율로 계산되며,  $\frac{A_{max}}{A_{actual}}$ 로 감소하게 된다.

이 세 조건을 종합하여 각 방의 면적 만족도를 다음 식으로 계산한다.

$$ScoreSz_i = \begin{cases} 1, & \text{if } A_{min} \leq A_{actual} \leq A_{max} \\ \frac{A_{actual}}{A_{min}}, & \text{if } A_{actual} < A_{min} \\ \frac{A_{max}}{A_{actual}}, & \text{if } A_{actual} > A_{max} \end{cases} \quad (1) \quad (2) \quad (3)$$

전체 면적 만족도는 각 방의 면적 만족도  $ScoreSz_i$  평균으로 계산된다.

$$Size\ Satisfaction = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ScoreSz_i$$

여기서  $n$ 은 평가된 방의 총 개수를 의미한다.

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

방향성 만족도는 각 방이 요구된 방향성(Orientation Requirements)을 충족하는지 평가한다. 방향 요구사항이 있는 경우, 요구된 방향과 일치하는 경계 면이 존재할 경우 점수가 1로 부여된다.

$$ScoreOr_i = \begin{cases} 1, & \text{if } D_{req_i} \in D_{actual_i} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

즉, 요구된 방향  $D_i$ 가 방  $i$ 의 실제 경계 방향  $D_i$ 에 포함되어 있으면  $ScoreOr_i = 1$ , 그렇지 않으면  $ScoreOr_i = 0$ 이다. 전체 방향성 만족도는 각 방의 적합도 점수  $ScoreOr_i$ 의 평균으로 계산된다.

$$Orientation\ Satisfaction = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ScoreOr_i$$

여기서  $n$ 은 방향 요구가 있는 방의 개수이다.

##### 4.2 적합도의 가중 평균

생성된 공간 배치의 전체 평가는 사용자지정 가중 조



## 템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

화 평균을 사용하여 계산한다. 가장 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.

$$Total\ Fitness = \frac{w_{adj} + w_{ori} + w_{size}}{\frac{w_{adj}}{adj} + \frac{w_{ori}}{ori} + \frac{w_{size}}{size}}$$

여기서:

- adj는 인접성 만족도, size는 면적 만족도, ori는 방향성 만족도,
- wadj, wori, wsize는 각 요구사항에 대해 설정된 가중치이다.

가중치에 따라 특정 요구사항을 전체 적합도 점수에 미치는 영향을 조정함으로써 설계 목표에 맞춰 다양한 공간 배치 문제에 최적화된 평가를 수행할 수 있다.

### 4.3 공간의 형태에 따른 평가 방법

공간의 기하학적 형상 평가를 위해 네 가지 주요 적합도 측정치를 사용하였다. 이를 위해 격자 기반의 방 배치를 다각형(Polygon) 구조로 변환한다.

#### 4.3.1 격자 공간을 다각형으로 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 이용하면 보다 정교한 기하학적 평가가 가능하기 때문이다. 또한, 다각형 구조는 건축 모델로 변환을 용이하게 하여 배치도를 시각적으로 표현하거나, 세밀한 조정을 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  $C$ 를 정의할 수 있다. 각 셀  $r_i$ 의 네 꼭지점 좌표는 다음과 같이 추출한다.

$$corners(r_i) = (x_i, x_i), (x_i, y_i + 1), (x_i + 1, y_i + 1), (x_i + 1, y_i) \mid \forall (x_i, y_i) \in r_i$$

따라서 전체 꼭지점 집합  $C$ 는 모든 셀  $r_i$ 의 꼭지점 좌표들의 합집합으로 표현된다.

$$C = \bigcup_{i=1}^k Corners(r_i)$$

2. **중복 횟수 카운팅 및 경계 결정:** 각 좌표의 중복 횟수를 세어, 좌표와 중복 횟수의 쌍으로 구성된 집합  $Q$ 를 생성한다.

$$Q = \{(c, count(c, C)) \mid c \in C\}$$

여기서  $(c, C)$ 는 좌표  $c$ 가 집합  $C$ 에서 등장하는 횟수이다. 중복 횟수가 한 번 또는 세 번 발생한 좌표들이 방의 경계를 결정하는 꼭지점이 된다. 꼭지점 중복 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

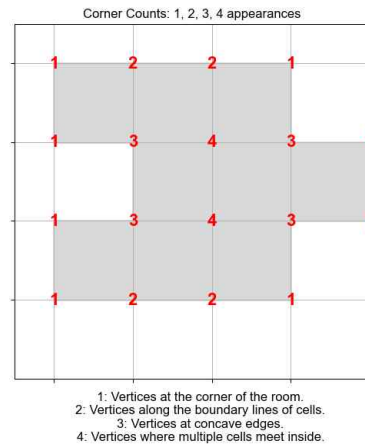
3. **중복 제거 및 다각형 꼭지점 집합 구성:** 한 번 또는 세 번 등장한 좌표만 남기고, 중복을 제거하여 꼭지점 집합  $B$ 를 생성한다. 이 집합은 다음과 같이 정의된다.

$$B = \{c \mid count(c, C) = 1 \text{ or } 3\}$$

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

4. **다각형 형성 순서 결정:** 다각형을 형성하기 위한 꼭지점 연결 순서를 결정한다. 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 꼭지점을 선택한 후 수직 방향으로 같은  $y$  좌표에 있는 가장 가까운 좌표를 선택하여 다각형의 경계를 형성한다. 이를 반복하여 방의 외곽을 따라 다각형을 완성한다.

Figure 1. Corner Counts: 1,2,3,4 appearances



#### 4.3.4 직사각형성(Rectangularity)

사각형성은 다각형의 면적과 바운딩 박스(Bounding Box, 이하 BB)의 면적 사이 비율로 정의한다. BB는 다각형을 둘러싸는 가장 작은 직사각형으로 가로 세로의 범위가 각각  $x_{min} \leq x \leq x_{max}$ ,  $y_{min} \leq y \leq y_{max}$ 로 구성된 사각형이다. 다각형이 직사각형에 가까운 정도를 측정하기 위해 직사각형성  $R$ 은 다각형의 면적과 BB의 면적 비로 정의한다.

$$R = \frac{A_{polygon}}{A_{BB}}$$

여기서,  $A_{polygon}$ 은 다각형의 면적을,  $A_{BB}$ 는 해당 다각형의 바운딩 박스의 면적을 나타낸다.

#### 4.3.5 정규성(Regularity)

다각형의 정규성을 평가하기 위해 직사각형성과 바운딩 박스의 종횡비(Aspect Ratio)를 결합하여 다각형의 규칙성을 평가한다.

$$Reg = R \times AR_{BB}$$

여기서,  $R$ 은 직사각형성,  $AR_{BB}$ 는 바운딩 박스의 가로 길이와 세로 길이의 비율이다.

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

다각형의 압축성(compactness)를 평가하기 위해 정사각형일 때 최대값 1로 수렴하는 면적과 둘레의 비율을 다음 식으로 측정한다.

$$PA_{ratio} = \frac{16 \times A_{polygon}}{P_{polygon}^2}$$

여기서  $P_{polygon}$ 은 다각형의 둘레 길이를 나타낸다. 이 식은 가로세로의 차이가 클수록, 형태가 불규칙할수록 값이 작아진다.

#### 4.3.7 Simplicity (단순성)

형태의 단순성(Simplicity)을 평가하기 위해 사각형일 때 최댓값을 갖도록 다음 식을 사용한다.

$$S = \frac{4}{V} \text{ if } V \geq 4 \text{ else } 1.0$$

여기서  $V$ 는 꼭짓점의 개수이다.

### 5. 최적화 전략에 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 각각도로 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. The Room Orientation Requirement Setting

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

Table 3. Room Size Specifications

ID	Room	Min Size m2	Max Size m2
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, 적용/비적용 두 가지 상태로 평균은 각각 약 0.5와 0.46, 0.46으로 최적화 적용이 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	2 5 %	5 0 %	7 5 %	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, 최댓값은 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 단계

템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

를 거치면서 들쭉날쭉한 형태가 전체적으로 완화된 것을 말해준다.

- Rectangularity (직사각형 비율): 평균 0.861로, 방 형태가 규칙적인 직사각형에 가까움을 보여준다. 분포의 편차

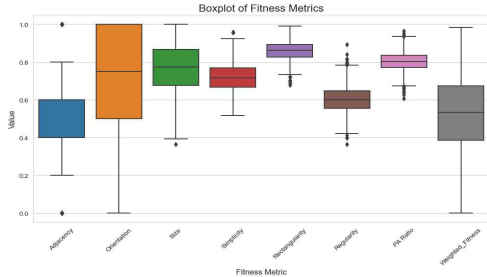


Figure 2 Box Plots Visualizing Median, Quartiles, and Outliers for Each Metric

가 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 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-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 배치 과정에 적용된 경우(Size\_Opt = 1)와 적용되지 않은 경우(Size\_Opt= 0 )에 각각 측정된 값이다. 향상률은 최적화가 적용된 경우와 그렇지 않은 경우의 평균 만족도 차이를 백분율로 나타낸 것이며, p-value는 해당 차이가 통계적으로 유의미함을 나타낸다(p < 0.001이 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% 향상되었



템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

으며( $p < 0.001$ ), 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

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

Table 8. Correlation Matrix Between Optimization Variables and Fitness Metrics

Optimization Strategy	Adjacency	Orientation	Size	Simplicity	Rectangularity	Regularity	PA Ratio	Weighted Fitness
Size_Opt	0.094	-0.056*	0.696***	-0.382***	-0.469***	0.031	-0.408***	0.109***
Adj_Opt	0.107***	0.017	0.104***	-0.024	-0.051*	-0.040	-0.062**	0.101***
Ori_Opt	-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 ( $p > 0.05$ )

위해 최적화 여부를 나타내는 \_Opt 변수들과 각 적합성 지표 간의 상관관계를 도출하고, 통계적 검정을 통해 유의미함을 평가하였다. 결과는 Table 8에 요약되어 있다.

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)

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.

Table 9. Performance of Optimization Strategies Based on Group Interaction Analysis

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

지표와 0.107의 양의 상관관계를 보이며( $p < 0.001$ ), 방

특히 모든 최적화 전략이 적용된 경우, 세 가지 만족도

## 템플릿(한글프로그램) - 논문전체 행간격 150% (투고시 삭제)

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

### 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)을 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.

#### 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.

Table 10. Impact of Optimization Strategies on Design Performance Metrics (Simplicity, Rectangularity, Regularity, PA Ratio)

optimization Strategy			Simplicity				Rectangularity				Regularity				PA_Ratio			
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	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

## 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 최적화와의 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.

### 3. 입력자료 분석

#### 3.1 입력자료의 특성

본 연구에서 사용된 자료는 Korea Research Institute For Human Settlements(1988)에서 거주이동에 관한 연구를 위해 실시한 설문자료이다. 조사대상자는 00에 거주하는 가구로 설문자가 조사대상 가구를 직접 방문하여 설문을 작성하였다. 전체 조사대상 가구 중 이사하기 전과 이사한 후의 소유형태별 표본수는 Table 1과 같다.

Table 1. Classification of housing ownership

[표 캡션 스타일 : 맑은고딕 8pt, 가운데정렬]

present	past	lent	self-owned	total
lent	frequency(%)	668 (41.2)	245 (15.1)	913 (56.4)
self-own ed	frequency(%)	202 (12.5)	505(31.2)	707 (43.6)
total	frequency(%)	870 (53.7)	750 (46.3)	1,620 (100.0)

[표 내용 스타일 : Times New Roman 8pt]

Figure 1. Movement curve for household from single housing to single housing and from apartment to apartment

[그림 캡션 스타일 : 맑은고딕 8pt, 가운데정렬]

#### REFERENCES[REFERENCES 제목 스타일 : 맑은고딕 9pt]

1. Amemiya, T. (1985). *Advanced Econometrics*, Cambridge, Harvard University Press, 135.[참고문헌 내용 스타일 : Times New Roman 9pt]
2. Boehm, T. (1982). A hierarchical model of housing choice, *Urban Studies*, 19, 22-23.
3. Chung, M. H., Lee, S. J., & Park, J. C. (2021). Zero-Energy planning with modular system in residential buildings, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(10), 159-164, doi:10.5659/JAIK.2021.37.10.159
4. Clark, W., & Onaka, J. (1983). Life cycle and housing adjustment as explanations of residential mobility, *Urban Studies*, 20, 35-38.
5. Kim, D. (1987). *Comparison of Individual Selection*

*Model*, Thesis, Yonsei University, 88.

6. Kim, B.J., Kim, H.J., & Ha, Y.C. (2014). A study on the net pressure coefficient distributions of ginseng facilities for wind resistant design - Focus on partially opened and closed wall type, *Journal of the Wind Engineering Institute of Korea*, 18(3), 163~172.
7. Korea Research Institute For Human Settlements (1988). A Case Study on Seoul Housing Market, 34.
8. Lee, C. S. (2007). Differences in housing tenureship by the characteristics of household heads, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Planning and Design Section*, 23(2), 119-127.
9. Lerman, S. (1975). *A Disaggregate Behavioral Model of Urban Mobility Decisions*, Ph.D. Dissertation, M.I.T.
10. Luce, R. (1959). *Individual Choice Behavior*, New York, John Wiley & Sons, 138-140.

#### 논문작성을 위한 추가 안내사항

1. Table, Figure, REFERENCES 등에서 영어(로마자)로 표기하되 국어를 병기할 수 있으며, 한자표기가 불가피한 성명, 건물명, 지명, 문헌명 등이 있는 경우에도 한자표기를 병기할 수 있다. (예) Injeonjeon(仁政殿)
2. 참고문헌의 기재순서는 제1저자명의 알파벳순으로 한다.
3. 참고문헌에서의 저자는 전원 표기하며, 저자가 다수일 경우, 마지막 저자명 앞에 &를 표기한다.  
(예) 6. Kim, B. J., Kim, H. J., & Ha, Y. C. (2014).
4. 논문작성 후 전체적으로 Table, Figure, REFERENCES 일련번호 순서를 확인한다.
5. 저자는, 처음 논문투고시 투고시스템에서 저자명을 입력한대로 게재까지 진행된다(미납시 회비납부, 비회원은 회원가입후 가능).  
- 저자는 연구를 계획하며 데이터 수집 및 분석에 실질적 기여를 하거나 논문에서 중요한 내용을 작성 및 수정, 최종 검토 및 승인 또는 연구의 모든 측면에 대해 책임을 지는 자로 구성한다.(연구윤리규정 제2장제6조①항 발체)