
Global Report

도시의 건축환경 계획 및 설계를 위한 대중교통 지향적 개발에 포함된 녹색 도시화

1. 서론
2. 문헌 고찰
3. 연구 설계
4. 경험적 분석
5. 결론

1. 서론

미국에서 시작된 도시교통 계획과 그 체계적 기능들에 포함된 대중교통 지향 개발(transit-oriented development, 이하 TOD) 개념들은 교통 혼잡, 자동차 배기가스로 인한 환경오염, 에너지 과용 등과 같은 도시의 고질병과 교통 딜레마를 완화시키고 지속가능성의 이상적 비전을 달성시켜 초기의 자동차 지향 개발(car-oriented development) 모드를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

현재(2019년 기준) 샌프란시스코와 애틀랜타와 같은 많은 미국의 도시들은 TOD 모드로 개발되고 있다. 아시아 도시들의 도시 교통 계획도 오랫동안 미국을 따라했고, 아시아의 일부 지방 정부 부서도 타이페이시, 뉴 타이페이시, 반차오시, 가오슝 시와 같은 주요 대도시에서 TOD 모드를 도입하여 전술한 도시의 질병이나 딜레마에 적극적으로 대처하려고 노력하고 있다. TOD 개념은 차세대 대도시에서 큰 혁신에 가져다주지만, 그 구현 방식은 주로 자전거 및 보행자 친화형 도로망 설계와 함께 고밀도 토지 이용, 다양한 복합 용도로 토지 이용, 대중교통 지원을 위한 토지 이용과 같이 지속 가능한 운송 차원에 초점을 두었다. 하지만 TOD가 옹호하는 개발 모드는 생태적 차원과 환경적 차원에 대한 고려가 상대적으로 부족한 것으로 보인다. 우리는 도시 계획과 이에 상응하는 인공물 건설을 위한 TOD 개념의 순수한 구현이 우리의 도시 생활을 위한 지속 가능하고 살기 좋으며 자연스럽고 건강한 건조환경을 촉진하는 데 부적절하다는 것으로 합리적으로 추론할 수 있었다.

결과적으로 더 나은 도시 생활을 성취하기 위해 우리의 도시 계획 및 설계는 기존 TOD의 지속 가능한 운송 차원에만 초점을 맞추지 않고 생태적 다양성, 자연 에너지 재활용, 살기 좋은 정주지와 같은, 과거에는 가치가 없었던 분야들을 고려해야 한다. 한편, 이 연구의 중요한 개념인 녹색 TOD는 주로 기존의 TOD와 녹색 도시화를 통합하여 환경 설계를 통한 자원과 에너지의 이용 효율을 극대화하는 선진 개발 모드를 창출하고 자연 생태학과 살기 좋은 정주지와 관련된 녹색 빌딩 기법들을 채택한다.

그런 도시 건설 아이디어들과 개발 모드들은 지속 가능하고 균형 잡힌 생태적이며 에너지 절약적인 세부 특징들을 갖춘 교통 시스템을 강조할 뿐만 아니라 교통 노선 주변의 전체 건조환경과 추가적으로 연결된다. 따라서 생태학적이고 환경적 차원이 기존 TOD에 점진적으로 통합될 수 있는, 이른바 녹색 TOD가 구현될 수 있다면 이러한 고급 개발 모드와 선구적인 시도는 도시의 지속 가능성과 거주성을 궁극적으로 달성하는데 도움이 될 것으로 확신한다.

2. 문헌 고찰

도시 건조환경(urban built environmen)의 정의는 아주 광범위해서 인간 활동, 물리적 설계 및 자연 환경 등이 결합된 전체 도시 환경을 포괄한다. 도시 개발 활동은 도시 건조환경과 밀접한 관계가 있다. 건조환경의 건설은 도시 설계를 통해 수행될 수 있다. Gallion과 Eisner는 미래 도시 건설은 토지 이용, 주택, 상업 및 산업 개발, 교통 경로, 보호, 환경 오염, 도시 재해 예방 등을 고려해야 하고 도시 환경과 다양한 시설들이 도시 건설 환경을 형성하고, 교통 통로(corridor) 주변의 고밀도 활용과 보행자 친화적 설계는 주민 건강에 긍정적인 영향을 줄 것이라고 강조했다. Sehatzadeh 등은 건조환경이 자동차의 소유와 사용빈도에 영향을 미친다는 점을 지적했다. 그들의 연구에서, Handy 등은 적절한 개발 시설물들이 도시 건조환경과 도시의 이용 행태에 중요하고, 도시 설계, 토지 이용 패턴, 그리고 교통 체계의 결합은 보다 적극적이고, 건강하고, 활력 있는 공동체를 만들어내기 위해, 사람들이 더 많이 걷고 자전거를 타도록 만들 수 있다.

많은 경험적 연구들이 건조환경이 보행 행태와 주민 건강에 효과적이라는 것을 입증해왔다. Handy 등은 구성요소들과 차원 간에 상호 의존적인 관계를 가진 최소 6개의 구성요소들을 포함하는 다중 구성 개념으로 도시 건조환경을 이해했다.: (1) 밀도와 강도(intensity) (2) 토지의 복합적 이용 (3) 거리의 연결성 (4) 거리 규모 (5) 미적 특성 (6) 지역 구조

또한 Brownson 등은 도시 건조환경은 신체의 움직임에 영향을 미치고 도시 건조환경 구성요소들은 물리적 측면과 내부 인식 영역을 포함하며, 건조환경의 물리적 부분은 내부 인식에 영향을 미치고 신체의

움직임으로 나타난다고 진술했다. Brownson 등의 연구에서 건조환경의 물리적 부분은 주로 보행면, 교통, 거리 풍경, 경관, 시설물들로 분류될 수 있다. 이러한 다섯 가지 하위 부분은 기능, 안전, 미학 및 목적과 같은 서로 다른 내적 인식을 통해 개별적으로 나타난다. 이 연구는 주로 녹색 TOD(Green TOD) 하에서 도시 건조환경을 탐구하고, 이러한 상황 속에서 건조환경은 TOD 역들과 밀접한 관계가 있어야 한다. 따라서 Rodriguez 등은 건조환경과 거리 설계의 항목들을 이용해서 기차역 주변 지역과 보행자 활동 사이의 관계를 평가하고 연구했다. 항목들은 다음과 같다.: (1) 보행자 친화적 토지 이용과 토지의 복합적 이용, (2) 보도와 일반 도로 사이에 완충 구역 설정, (3) 횡단보도의 폭과 품질, (4) 명확한 위치 및 방향 표지판 설치.

그 결과는 토지의 복합적 이용이 많을수록 보행자 활동이 더 많다는 것을 증명하였다. 보행자 친화적 건조환경은 횡단보도를 이용하는 보행자 수를 반영합니다. 횡단보도의 폭과 품질(예: 긴 벤치와 쓰레기통 설치) 및 명확한 표지판 디자인 등은 보행자의 활동량을 늘리고 기차역과 보행자 활동 간의 긴밀한 관계를 구축하는 데 도움이 된다. 또한 Bahareh는 건조환경과 보행 비율을 분석하고 건조환경을 도로 안전, 지방 도로 밀도, 교차로 밀도, 토지 복합적 이용, 보행자 친화적이고 편안한 거리 설계로 분류했다. 건조환경과 보행자 및 자전거 탑승자의 안전과의 관계에 대한 연구에서 조(Cho) 등은 건조환경의 설계가 보행자와 자전거 탑승자의 안전에 영향을 미치는 것을 입증하였고 보행자 친화적인 건조환경으로 설계되지 않은 고도의 토지 복합적 이용 지역에서는 교통 사고율이 높은 것으로 나타났다. 그들의 연구에서 물리적 건조환경은 밀도, 토지의 복합적 이용, 거리 연결성, 도로 재료(path material) 및 버스 환승을 포함한다. Ewing과 Cervero [23]는 건조환경의 분류가 도시 여행 행태에 영향을 미친다고 지적했다.

위의 내용을 통해 건조환경은 아주 광범위한 구조물들을 포함하고 실제로 사람들의 일상 생활에 영향을 주어 결과적으로 도시 전체의 환경 품질이 향상된다는 것을 알 수 있다. 토지 이용 유형, 밀도, 건축 재료, 플랜트 높이, 교통 시스템, 공공 시설물들을 포함하는, 주변의 건조환경 설계물을 구축하고 높은 밀도를 가진 건조환경과 더욱 강하게 복합된 토지 이용, 더욱 개방된 공간, 보행자 공간, 자전거 친화적 체계를 실현하기 위해 녹색 TOD 개념을 활용할 수 있다. 에너지 소비를 줄이기 위한 대중교통체계의 형성으로 우리는 보다 친근한 공동체들과 보다 지속 가능한 도시 환경들을 제공할 수 있어야 한다.

건조환경 관련 문헌들로부터 건조환경은 매우 광범위하고 생활의 질, 환경, 일상 행동 패턴, 자동차 사용, 건강에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 또한 문헌은 건조환경의 계획과 설계가 도시 지역과 공동체에 사는 사람들에게 눈에 띄지 않게 영향을 미치며 도시 지역이나 공동체에 사는 사람들이 좋은 생활양식을 갖고 우수한 주거의 질을 즐기길 원한다면 건조환경은 신중하게 설계되고 계획되어야 한다.

녹색 TOD 개념은 환경 디자인을 촉진하고 자원과 에너지 이용 효율성을 극대화하며, 녹색 빌딩 시공 기술을 사용하고 보호 지역, 생태, 공동체를 연결하는 도시를 개발하기 위해 주로 TOD와 녹색 도시화를 결합시킨다. 보다 구체적인 개발 방법으로 도시의 지속 가능한 개발에 도달하기를 바라는 녹색 TOD의 개념은 기존의 TOD 개념과 유사하다. 녹색 TOD는 기존의 TOD 개념에서 파생된, 더욱 환경 친화적인 TOD 계획 방법으로 일부 유럽 도시의 개발 패턴에서 얻어진 것이다 (Cervero & Sullivan, 2010). 녹색 TOD는 지속 가능한 교통 체계를 채택해서 주변 지역의 설계에 적응시킨다. 그 최종 목표는 자급 자족적이고 지속 가능한 도시 개발을 구축하는 것이다. 녹색 TOD의 개념은 주로 TOD와 녹색도시화의 중요한 요소들을 결합한다. 이 둘의 조합은 다음과 같은 몇 가지 방식으로 녹색 TOD의 가능성을 실현시킨다.: (1) TOD 역을 만들기 위한, 높은 인구 밀도와 고밀 주거를 포함하는 더 높은 고밀화는 재생가능한 에너지 소비를 줄이고 사용량과 승객 적재율을 높이기 위해 역들의 원래의 효율성을 회복한다.; (2) 역세권에서 개발되고 주거용, 상업용, 작업, 쇼핑, 도서관 서비스, 그리고 기타 일상적 행위들을 위해 지어지고 보행 및 자전거 이용을 늘리기 위해 보다 정교한 교차로와 자전거 도로를 사용하며 교통 통로 주변 지역에 녹색 공동체들을 구축하는 영역들을 포함하는 복합적인 토지 이용; (3) 축소된 주차면과 불투수 표면: Diasa는 지상 주차공간은 많은 교외지역 택지 자원의 절반을 소비하고 주차 공간 감소로 더 많은 녹색 도시의 오픈 스페이스가 확보될 수 있고 도시의 투수 표면의 증가는 도시화 과잉에 따른 열섬 효과를 줄일 수 있다고 지적했다.

TOD의 축진은 주로 공급 중심의 도시 개발이자 과거에 자동차 중심 개발(Automobile-Oriented Development) 지향적 도시 개발로 인한 교통 문제를 줄이기 위한, 편리하고 상호 연결된 도시 교통체계를 제공하는 도시의 지속 가능한 개발의 개념에 의해 유도된다. TOD의 주된 기본 개념은 Calthorpe가 도입한 3D 건조환경이고 토지의 복합적 이용, 밀집형 도시 개발, 보행자/ 자전거를 지향하는 도시 설계이다. 나중에 많은 연구자들이 TOD 설계에 목적지 접근성과 환승 거리를 포함하는 2D 개념들을 도입하여 5D 건조환경 개발 패턴이 개발되었다.

전술한 문헌 검토로부터 이 연구에서 도입한 TOD의 주요 건조환경 특성은 밀도, 다양성, 디자인, 목적지 접근성, 환승 거리, 구별이라는 6D 개념을 채택했다. 녹색 도시화는 지속적으로 다르고 모호하게 정의되었다. 2000년에 Beatley가 “녹색 도시화”라는 제목의 책을 소개하기 전까지 녹색 도시화의 의미에 관한 합의가 없었다. 지속 가능성의 개념은 지난 20년 동안 도시 디자인의 초점이 되었다. 따라서 Beatley는 녹색 도시화의 개념을 도입하여 지속 가능한 개발의 결과를 얻고 미국 도시의 디자인을 유럽 도시의 디자인과 비교하였다. Beatley는 “새로운 도시화(new urbanism)”가 기존 환경 문제를 해결하기에 부적절하다고 생각했다. 그는 녹색 도시화를 뉴 도시화의 다음 단계로 다루면서 전체적인 도시 개발을 이끌고 보다 지속 가능한 도시 환경과 생활 양식을 스타일을 형성하고 구축하기 위해 생태학적 개념이 설계에 포함되어야 한다고 주장했다. 녹색 도시화 개념의 주요 목표는 도시 생태 발자국을 줄이고 도시와 자연의 극단적인 관계를 바꾸는 것이었다. 도시의 신진 대사주기는 자연 생태계와 유사한 자동 순환과 신진 대사 기능을 가져야한다는 점을 강조했다. Beatley가 소개한 녹색 도시화의 개념은 유럽의 도시 개발 패턴에서 파생되었다.: 관련된 많은 디자인 개념이 유럽 도시 개발의 개념과 유사하며, 주요 목적은 지속 가능한 개발을 달성하기 위해 자연 생태계와 상호 의존하는 사람 중심의 도시 환경을 만드는 것이다.

Beatley의 녹색 도시화의 비전은 6가지 범주로 분류된다. 레만(Lehmann)은 다음과 같은 세 가지 비전을 제안했다.: (1) 에너지와 재료의 재사용, (2) 수자원 보호 및 생물 다양성, (3) 도시 계획 및 교통 계획의 초점. 이러한 세 가지 비전들은 모든 도시 개발과 관련된 에너지, 자원, 그리고 디자인 간의 상호 관계를 포함하는 제안된 15가지 녹색 도시화의 원리들에 영향을 미친다. 하지만 레만이 제안한 15가지 녹색 어버니즘의 원리들은 세 가지 제로의 틀을 갖는다.: (1) 화석 연료 에너지 사용 제로, (2) 모든 건물을 철거하고 미래의 사용을 위해 완전히 재활용할 수 있다는 점을 포함하는 폐기물 제로 (3) 배출 제로 (저탄소 배출과 제로 탄소 배출을 위한 목표) 이러한 3가지 틀은 완전하고 실행 가능한 녹색 도시화 원리들을 개발할 수 있다. 또한 레만의 15가지 녹색 도시화 원리들이 이 연구에서 전부 사용될 수 없었다. 이 연구는 녹색 TOD하에서 도시 건조환경의 설계 및 기획 기준을 개발하는 것을 목적으로 한다. 따라서 강조되는 구성물은 물리적인 건조환경 구조물이다. 비물리적이거나 식량 공급망, 교육 연구 및 지식, 도시 관리와 같은 대규모 실행 영역들이 필요한 구성요소들은 이 연구의 범위에 속하지 않는다. 후반의 경험적 연구 단락에서는 기준을 구성하고 비물리적 구성요소들을 삭제하며 경험적 모델 구축의 기초로 TOD 및 건조환경의 기준을 탐색할 것이다.

3. 연구 설계

이 연구는 몇 가지 방법론으로 녹색 TOD 하에서의 도시 건조환경 계획 및 설계 기준을 선정하였다. 이 연구 설계 모델은 그림 1과 같다.

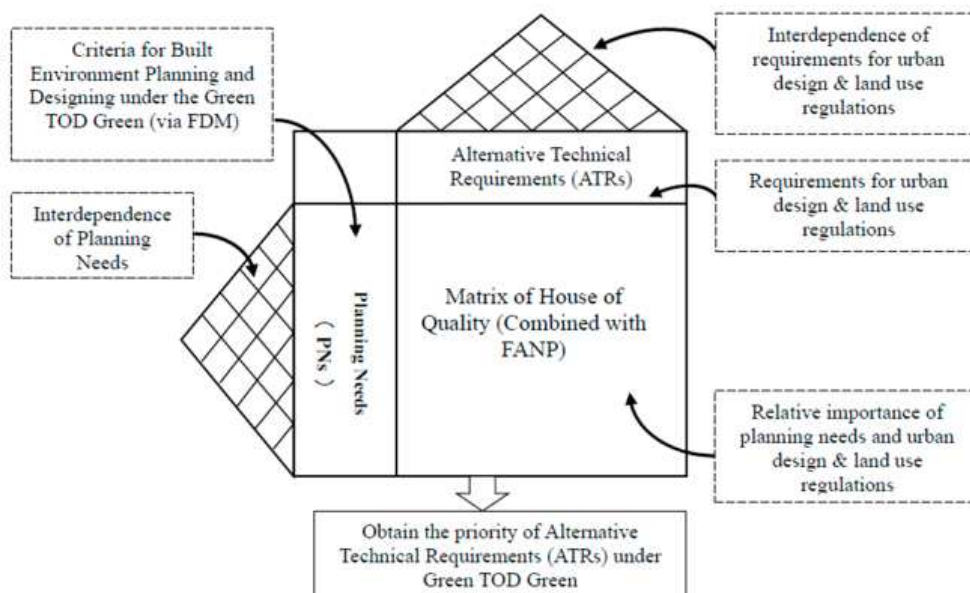


그림 1. 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계를 위한 FANP 알고리즘과 결합된 품질의 집(House of Quality, 이하 HQQ) 매트릭스.

4. 경험적 연구

4.1. 경험적 연구범위

이 연구는 연구 대상지로 뉴 타이페이시 신주앙(Xinzhuang) 지구 내에 위치한 타이페이 고속 전철역(Y18)의 건조환경과 그 주변 지역을 선택했다. 많은 인구가 밀집된 Y18 역 통로 주변은 전철의 적절한 운영을 지원할 수 있고, 신주앙 지구는 뉴 타이페이시의 주요 지구로 여겨지는데 많은 사전 계획된 프로젝트들이 이미 착수되었고 재개발 지역은 새로운 건설이 필요하다. 이러한 2가지 관점에 기초하여 연구자들은 신주앙 지구가 녹색 TOD 개념으로 개발될 수 있다고 생각하고 Y18역과 그 주변 지역의 건조환경을 선택했다. 문헌 고찰로부터 TOD의 적절 범위는 보행자들이 받아들일 수 있는 보행거리인 500m 이내이고 타이페이의 각 전철역의 계획된 서비스 범위도 500m 이내 라는 것을 알아냈다. 이 연구는 계획 개념은 녹색 TOD지만 이 개념은 녹색 도시화와 TOD의 결합체이고 TOD와 서로 연계된다. 따라서 이 연구는 TOD의 적절한 범위인 “Y18역 반경 500m 이내 주변지역의 건조환경”을 이 연구의 범위로 정하였다.

4.2. 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획과 설계 기준 선별

녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계 기준을 구축하기 위해 이 연구는 먼저 문헌 고찰을 통해 TOD와 녹색 도시화를 위한 기준을 확인하고 전문가 조사를 수행하였다. 이는 FDT 기법을 이용해서 설계되었다. “도시 토지의 고밀도 활용” 기준은 복합적 토지 이용 프로젝트와 도시를 개발하기 위한 유동적인 특별 지구 계획과 결합된 고밀도와 고강도 토지 이용 패턴을 이용하고 주요 도시 교통 수단으로 대중교통을 활용하는 것으로 정의되었다. 토지 이용 밀도, 토지의 복합적 이용 그리고 저탄소 교통계획으로부터의 정의를 포함할 수 있으므로 이 연구는 FDT 방법을 이용하여 적절한 기준을 선별하기 전에 “도시 토지의 고밀도 활용” 기준을 삭제했다. FDT는 초기 기준에서 선별하고 기준 추세선의 가파른 기울기를 기반으로 하는 대표 기준을 선택하기 위해 합의 임계값(consensus threshold)을 6.36으로 사전 정의한다. 합의 임계값(6.36)보다 높은 10개의 기준 요인들이 있었다, 임계값 6.36 미만의 기준은 수자원 재사용, 환승역 식별, 폐기물 제로 공동체였는데 이 세 가지 기준은 삭제되었다.

4.3. 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계 HQQ 구축

이 연구에서는 녹색 TOD에 따라 건조환경 계획 및 설계 QFD를 구축하기 위해 조사대상 지역의 건조환경 계획 및 설계와 관련된 건조환경 계획 및 설계 요인들과 관련 법규를 결합하였다. QFD는 그림 2와 같다. HQQ 모델을 구성하고 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계 기준의 우선순위를 정하기 위해 QFD와 FANP 기법을 사용하여 설계된 전문가 설문조사가 통합되었다.

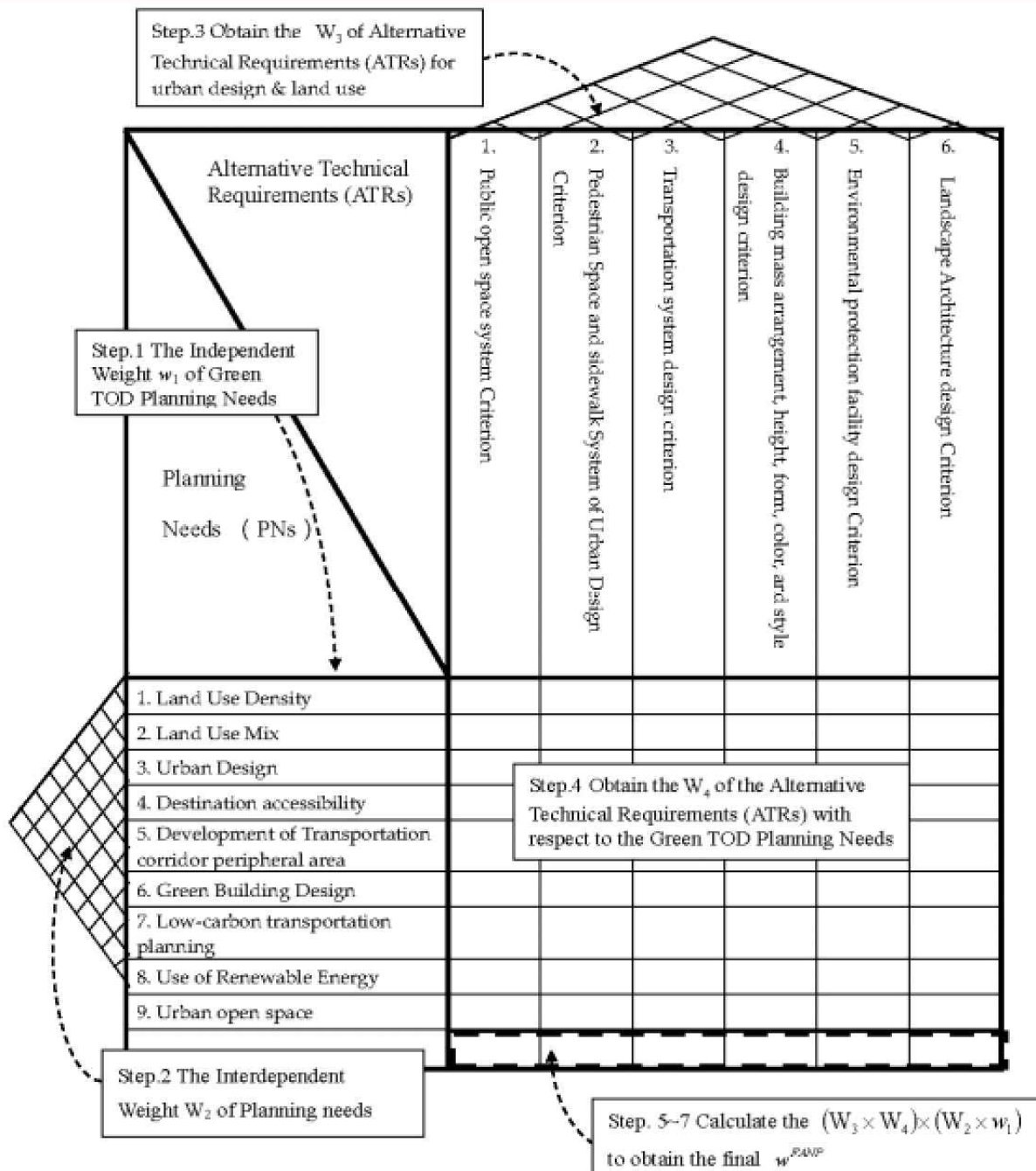


그림 2. 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계에 대한 HQQ 매트릭스

4.4. 녹색 TOD 하에서 건조환경 계획 및 설계 기준의 우선순위 지정

HQQ 매트릭스 계산 과정에서 설문 조사 결과들이 이 절에서 설명된다, 전문가 설문조사를 통해 얻어진 가중치 계산으로 최상의 프로젝트를 식별하고 녹색 TOD의 개념 하에 건조환경 계획 및 설계를 수행하는 데 필요한 기술 조합의 우선순위를 이해하기 위해 각 단계별 매트릭스와 상호 관련된 우선순위 가중치를 얻을 수 있었다.

설문조사의 통합은 Satty가 제시한 제안에 따라 진행되며 일관성 비율(consistency ratio, 이하 CR)을 사용하여 전문가가 답변들 중에서 합의에 도달했는지의 여부를 결정한다, CR 값이 0.1 미만인 경우에 매트릭스의 쌍대 비교값들은 일관성을 보였으며 전문가 설문조사 결과는 다음과 같이 설명되었다.

(1) 녹색 TOD 계획 요구들의 독립 가중치 매트릭스(w_1)

이 연구에서 녹색 TOD 계획 요구들의 독립 가중치는 녹색 TOD 계획 기준 요인들의 상대적 가중치이며 이는 퍼지 논리를 사용하여 수행되었다. 녹색 TOD에 따른 건조환경 계획 및 설계 기준 요소에 대해서는 전문가들에게 쌍대 비교를 수행하고 영향을 받지 않는 기준 요인들의 중요성에 대한 우선순위를 지정하도록 요청했다. 설문지는 전문가들에게 Satty가 제안한 비율 척도를 사용하여 비교하도록 요청했다, 주요 계획 원칙들을 중요한 지표들로 식별하기 위해 첫 번째 단계는 도시 설계, 도시 계획 및 엔지니어링, 마을 조직, 공동체, 재산 관리 분야의 전문가 그룹을 선택하고 지역 개발 집단들과 거주지 사용자들의 특성들을 결합하여 지표를 결정하는 것이다. 6명의 전문가의 프로파일은 표 1과 같다. 모든 전문가들은 최소 10년 동안 도시 설계 및 계획 분야에 재직한 경험이 있고 도시 연구 분야의 고위직에 있다. 이 연구에서는 10개의 설문지를 타이완의 전문가들에게 발송하였고 충분한 답변을 얻었다. 설문지 질의 항목들은 전술한 잠재적인 성장 관리 계획 원칙들에 초점을 두었다.

< 표 1. 6인의 전문가들의 프로파일 >

Items	Division	Title	Seniority
1	New Taipei City	Director	42
2	New Taipei City	Senior Specialist	32
3	Urban Planning Consultant Company	Vice President	20
4	Urban Planning Consultant Company	Manager	15
5	University Department of Urban Planning and Design	Professor	22
6	University Department of Urban Land Administration	Professor	19

$$w_1 = \begin{bmatrix} 1. \text{ Land Use Density} \\ 2. \text{ Land Use Mix} \\ 3. \text{ Urban Design} \\ 4. \text{ Destination Accessibility} \\ 5. \text{ Development of Transportation Corridor Peripheral Area} \\ 6. \text{ Green Building Design} \\ 7. \text{ Low Carbon Transportation Planning} \\ 8. \text{ Use of Renewable Energy} \\ 9. \text{ Urban Open Space} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.104741 \\ 0.193402 \\ 0.084714 \\ 0.301438 \\ 0.153866 \\ 0.035949 \\ 0.045452 \\ 0.023819 \\ 0.056620 \end{bmatrix}$$

(2) 계획 요구의 상호의존 가중치 매트릭스(w_2)

기준 요인들 간의 상호 의존도를 비교하고 기준이 목표에 미치는 영향에 따른 실제 가중치를 구한 결과 가중치가 w_2 에 표시된다. 매트릭스 내 각각의 대각선 요소는 열의 최대값으로 기준이 목표에 미치는 영향이 최대 수준에 도달함을 보여준다.

$$w_2 = \begin{bmatrix} 0.374183 & 0.295603 & 0.078308 & 0 & 0.178736 & 0 & 0 & 0 & 0.169036 \\ 0.277583 & 0.372436 & 0.113877 & 0.190878 & 0 & 0 & 0.110648 & 0 & 0.263657 \\ 0.162116 & 0.048017 & 0.321460 & 0.077801 & 0 & 0 & 0.061550 & 0 & 0.112924 \\ 0 & 0.150815 & 0.227307 & 0.423872 & 0.295785 & 0 & 0.248396 & 0 & 0 \\ 0.050306 & 0.099880 & 0.166615 & 0.261219 & 0.462929 & 0 & 0.167420 & 0 & 0.072548 \\ 0 & 0 & 0.021153 & 0 & 0 & 0.666667 & 0 & 0.093616 & 0 \\ 0.030534 & 0.033248 & 0.029419 & 0.04623 & 0.062551 & 0 & 0.364596 & 0.279688 & 0.037063 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.333333 & 0.047390 & 0.626696 & 0 \\ 0.105278 & 0 & 0.04186 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.344773 \end{bmatrix}$$

(3) 기술 요구사항 기준의 상호의존 가중치 매트릭스(W_3)

이 연구는 기술 요구사항 기준 요인들 간의 상호의존성을 구축하고 FANP 설문지에 5개의 상호의존성의 항목을 설정했다. 기술 요구사항 사양들 간의 상호의존성에 대한 쌍대 비교를 수행하고 기준 요인들 간의 상호의존도를 비교하여 기준이 대상에 미치는 영향에 대한 실제 가중치(W_3)를 얻는다.

기술 요구사항 기준의 상호의존 가중치 매트릭스 내의 대각선 방향에 놓인 요소는 열의 최대값으로 기준이 대상이 미치는 최대 수준의 영향력을 나타낸다.

$$W_3 = \begin{bmatrix} 0.404337 & 0.299334 & 0.163424 & 0 & 0 & 0.281778 \\ 0.306430 & 0.523198 & 0.296961 & 0.352189 & 0 & 0.195374 \\ 0.056976 & 0.056506 & 0.539615 & 0 & 0 & 0.055042 \\ 0.089142 & 0 & 0 & 0.559065 & 0 & 0.080791 \\ 0 & 0 & 0 & 0.088746 & 1 & 0.031996 \\ 0.143116 & 0.120962 & 0 & 0 & 0 & 0.355019 \end{bmatrix}$$

(4) 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계 기술 기준의 중요도 매트릭스(W_4)

이 부분에서는 전문가들에게 각 녹색 TOD 계획 요구 기준 요소에 대해 도시 설계 및 토지 이용 규제 기술 기준의 중요도 가중치 매트릭스(W_4)를 얻기 위해 현재 도시 설계 및 토지 이용 규제 기준과 관련된 각 기술 요구사항 사양의 중요도를 평가하도록 요청했다.

$$W_4 = \begin{bmatrix} 0.177778 & 0.181818 & 0.209302 & 0.166667 & 0.189189 & 0.136364 & 0.2 & 0.1 & 0.259259 \\ 0.177778 & 0.181818 & 0.186047 & 0.266667 & 0.216216 & 0.045455 & 0.24 & 0.2 & 0.222222 \\ 0.155556 & 0.136364 & 0.139535 & 0.233333 & 0.216216 & 0.045455 & 0.28 & 0.2 & 0.148148 \\ 0.2 & 0.159091 & 0.209302 & 0.1 & 0.135135 & 0.227273 & 0.12 & 0.1 & 0.111111 \\ 0.133333 & 0.204545 & 0.069767 & 0.066667 & 0.081081 & 0.318182 & 0.04 & 0.3 & 0.074074 \\ 0.155556 & 0.136364 & 0.186047 & 0.166667 & 0.162162 & 0.227273 & 0.12 & 0.1 & 0.185185 \end{bmatrix}$$

(5) 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계 요구 기준의 상호의존 절대 가중치 매트릭스(w_c) 설문조사 결과에서 얻은 w_1 은 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계를 위한 요구 기준의 독립 가중치 매트릭스(w_1)이다. 절대 가중치 행렬이라기보다는 상대적 중요도이고 이 부분은 아직 기준 요인들 간의 상호의존 관계를 고려하지 않았기 때문에 상호의존도 가중치(W_2)와 독립 가중치(w_1)를 곱하여 녹색 TOD 개념하에서 건조환경 계획 및 설계의 요구 기준에 대한 상호의존 절대 가중치 (w_c)를 다음과 같이 구했다.

$$W_2 \times w_1 = w_c = \begin{bmatrix} 0.1400682 \\ 0.1882463 \\ 0.0861426 \\ 0.2329965 \\ 0.2003882 \\ 0.0279878 \\ 0.0610123 \\ 0.0290643 \\ 0.0340939 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Land Use Density} \\ \text{Land Use Mix} \\ \text{Urban Design} \\ \text{Destination accessibility} \\ \text{Development of Transportation corridor peripheral area} \\ \text{Green Building Design} \\ \text{Low - carbon transportation planning} \\ \text{Use of Renewable Energy} \\ \text{Urban open space} \end{bmatrix}$$

< 표 2. 녹색 TOD 건조환경 계획 및 설계 기준에 대한 상호의존 가중치 순위 >

Ranking	Planning Need Criteria	Weightings
1	Destination accessibility	0.2329965
2	Development of Transportation corridor peripheral area	0.2003882
3	Development of Transportation corridor peripheral area	0.1882463
4	Land Use Density	0.1400682
5	Urban Design	0.0861426
6	Low-carbon transportation planning	0.0610123
7	Urban open space	0.0340939
8	Use of Renewable Energy	0.0290643
9	Green Building Design	0.0279878

(6) 뉴 타이베이시 도시 설계 검토 원칙과 신주양 지구 토지이용 규제법의 상호의존 절대 가중치(W_A) 기술 요구 사항 사양 기준(W_3)의 상호 의존성 가중치에 건조환경 계획의 기술 요구 사항 기준 중요도 매트릭스(W_4)를 곱하여 녹색 TOD 개념 하에서 설계, 도시 설계 및 토지이용 규제의 기술 요구사항 기준의 상호 의존 절대 가중치(W_A)를 얻었다.

$$W_3 \times W_4 = W_A = \begin{bmatrix} 0.194351 & 0.188650 & 0.215546 & 0.232307 & 0.222246 & 0.140212 & 0.232280 & 0.161163 & 0.247739 \\ 0.294513 & 0.274008 & 0.312975 & 0.327663 & 0.314580 & 0.203512 & 0.335710 & 0.249431 & 0.315018 \\ 0.112677 & 0.101723 & 0.107973 & 0.159648 & 0.148596 & 0.047375 & 0.182654 & 0.130426 & 0.117464 \\ 0.140228 & 0.116167 & 0.150702 & 0.084229 & 0.105515 & 0.157578 & 0.094611 & 0.072900 & 0.100191 \\ 0.156060 & 0.223027 & 0.094295 & 0.080874 & 0.098262 & 0.345623 & 0.054489 & 0.312074 & 0.089860 \\ 0.102172 & 0.096426 & 0.118509 & 0.115279 & 0.110801 & 0.105700 & 0.100256 & 0.074006 & 0.129729 \end{bmatrix}$$

(7) 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계의 설계 기술 요구사항 기준의 가중치(W_{FANP}) HOQ 매트릭스의 단계별 계산을 통해 녹색 TOD에 따른 건조환경 계획 및 설계의 요구 기준은 건조환경 계획 및 설계 프로젝트의 설계 기술 요구사항 기준의 가중치(W_{FANP})를 반영한다. 이는 현재 도시 설계 및 토지이용 규제의 기술적 요구사항 기준의 상호의존 절대 가중치(W_A)와 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계의 필요 기준 요소의 상호의존 가중치(w_c)를 곱하여 계산할 수 있다.

$$W_A \times w_c = w^{FANP} = \begin{bmatrix} 0.2111915 \\ 0.3033439 \\ 0.1314723 \\ 0.1109777 \\ 0.1356313 \\ 0.1073834 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Public open space system Criterion} \\ \text{Pedestrian Space and sidewalk System of Urban Design Criterion} \\ \text{Transportation system design criterion} \\ \text{Building mass arrangement, height, form, color, and style design criterion} \\ \text{Environmental protection facility design Criterion} \\ \text{Landscape Architecture design Criterion} \end{bmatrix}$$

현재의 도시 설계와 토지 이용 규제의 기술 요구 기준과 TOD 계획 요구들을 결합하기 위한 HOQ 매트릭스들의 계산을 통해 결과물들은 녹색 TOD에 따른 건조환경 계획과 설계의 기술 요구조건 가중치(설

계 요구사항들의 중요도)에 대한 계획 요구 선호도와 전문가 인식의 영향을 보여준다.

5. 결론

(1) 녹색 TOD에 따른 건조환경 계획과 설계를 위한 기준의 제안

녹색 TOD는 최근에 등장한 신개념으로 중국에서 이 주제에 초점을 맞춘 연구는 거의 없었고, 아시아 지역에서 실증 연구를 수행하기 위해 이 개념을 적용한 연구자도 거의 없었다, 이에 이 연구는 문헌 검토를 통해 다음과 같은 기본 이론을 제시한다. 녹색 TOD를 TOD 구축과 녹색 도시화 구축으로 분리하여 기준 요인들을 탐색하였다. 문헌 검토를 통해 TOD 구축에 대해 토지 사용 밀도, 토지의 복합적 활용, 도시 설계, 목적지로의 접근성, 교통 통로 주변 지역 개발 및 환승역 정체성의 6개 기준과 녹색 도시화 구축에 대해서는 7개 기준 (녹색 빌딩 설계, 제로 폐기물 공동체, 수자원 재생, 저탄소 교통 계획, 재생 에너지 이용, 도시의 오픈 스페이스)을 확인했다.

(2) 사례 조사 부지에 대한 녹색 TOD에 따른 건조환경 계획과 설계를 위한 적절한 요구 요인 선별

건조환경 계획은 부지 위치에 따라 다르며 녹색 TOD의 개념은 TOD에서 파생되었으므로 기존 대중교통 체계의 주변 지역 또는 이미 계획되었거나 진행중인 공사지역 주변에서 건조환경 계획을 수행하는 것이 더 적합하다. 그러나 모든 건조환경 계획에 모든 녹색 TOD 계획 요구 요인들이 적용되는 것은 아니므로 이 연구에서 제안한 연구 대상지 (Y18 역에서 반경 500m 이내 주변지역의 건조환경)에 대한 실제 적절한 녹색 TO 계획 요구 요인들을 조사했다. 이 연구에서는 FDT 방법을 사용하여 녹색 TOD 계획 요구에 대한 초기 요구 요인들을 선별하였다. FDT 전문가 설문조사의 결과를 통해 임계값 6.36 미만의 값을 갖는 기준 요인들인 환승역 정체성, 폐기물 제로 공동체, 수자원 재활용을 삭제했다. 따라서 “Y18 역 반경 500m 이내 주변 지역의 건조환경”사례 조사지에 적용할 수 있는 기준 요인들인 토지 이용 밀도, 토지의 복합적 이용, 도시 설계, 목적지 접근성, 교통 통로 주변 지역 개발, 녹색 빌딩 설계, 저탄소 교통 계획, 재생 에너지 사용 및 도시의 오픈 스페이스를 이해할 수 있었다.

(3) Y18 역과 그 주변 지역의 500 이내의 건조환경 설계를 위한 기술 요구사항 확인

도시 지역의 건조환경을 계획할 때 그 계획은 그 도시의 조례와 지역적 상황에 적합해야 한다. 따라서 계획은 선택 부지에 적용되는 법률과 규정을 충족해야 한다. 따라서 이 연구는 뉴 타이페이시 도시 설계 검토 원칙(New Taipei City Urban Design Review Principle)과 신주앙 지구의 토지 이용 규제법(Xinzhuang District Land-use Control Zoning Regulation)을 녹색 TOD 건조환경 계획 요구 기준과 결합하려고 했다. QFD 방법(HOQ 매트릭스)과 ANP 기법의 통합으로 계획 요구사항과 기술 요구사항을 함께 계산하고 녹색 TOD 계획 요구사항에 적용할 수 있는 기술 요구사항의 우선순위를 정하고 개선할 수 있는 계획을 도출했다. 이 연구는 뉴 타이페이시 도시 설계 검토 원칙을 기반으로 기술 요구사항 기준을 하고 신주앙 지구 토지 이용 규제법을 통합했다. 따라서 기술 요구사항 기준은 공공 오픈 스페이스 시스템; 도시 설계의 보행자 공간 및 보도 시스템; 운송 시스템 설계; 건물 매스 배치, 높이, 형태, 색상 및 스타일 설계; 환경 보호 시설 설계; 조경 설계의 6개 기준으로 분류할 수 있었다.

최종 HOQ 매트릭스 계산 결과는 계획 요구 기준과 기술 요구사항 기준을 결합한 가중치 순위를 보여주었다. 따라서 최종 계산 결과는 요구 구축(need construct)에 수반되는 실행 가능한 기준을 식별하지 못했지만 계산시 그것들을 고려하여 기술 요구사항 기준의 우선순위를 지정했다.

(4) HOQ 매트릭스들과 ANP를 결합한 분석

FANP 기법을 이용한 HOQ 매트릭스 계산을 통해 먼저 녹색 TOD 개념 하에서 건조환경 계획 및 설계의 요구 기준 요인들의 절대 가중치를 먼저 계산하고 우선순위를 정했다. 그 결과는 다음과 같다.:

(1) 토지 이용 밀도(0.2009533), (2) 토지의 복합적 이용(0.2221168), (3) 도시 설계(0.1289448), (4)

목적지 접근성(0.1389202), (5) 교통 통로 주변 지역 개발(0.1467417), (6) 녹색 빌딩 설계(0.024178), (7) 저탄소 교통 계획(0.0820076), (8) 재생 에너지 사용(0.0230199), (9) 도시의 오픈 스페이스(0.0331177); 사례 연구 부지에 더 많이 적용 가능한 것으로 인식된 계획 요구 기준은 토지의 복합적 이용, 토지 이용 밀도, 교통 통로 주변 지역 개발, 목적지 접근성이었다. 이 네 가지 기준 요인들은 TOD 구성에 포함된 반면에 녹색 도시화 구성에 포함된 기준 요인들은 사례 연구 부지에 덜 적용되었다.

HOQ 매트릭스의 계산을 통해 계획 요구 기준 요인과 기술 요구 사항 기준 요인의 조합은 HOQ 매트릭스가 녹색 TOD 개념 하에서 계획 요구 선호도 및 건조환경 설계의 기술적 요구사항 기준의 중요성 정도에 대한 전문가 인식에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 기술 요구사항 기준의 가중치는 다음과 같다.: (1) 공공 오픈 스페이스 시스템(0.1843312); (2) 도시 설계의 보행자 공간과 보도 시스템(0.3051524); (3) 교통 시스템 설계(0.172987); (4) 건물 매스 배치, 높이, 형태, 색상, 스타일(0.0920303); (5) 환경 보호 시설 설계(0.1546468); (6) 조경 설계(0.0908523).

이러한 기준 중에서 도시 설계 기준의 보행자 공간과 보도 시스템은 전문가들에 의해 가장 중요한 기준으로 인식되었다. 두 번째로 중요한 기준은 공공 개방 공간 시스템과 교통 시스템 설계였다. 그 다음 순위는 환경 보호 시설 설계; 건물 매스 배치, 높이, 형태, 색상 및 스타일 설계 기준; 조경 설계 기준이었다.

이러한 상대적 중요도를 고려할 때 미래 전략 어플리케이션은 환경 및 지속 가능한 계획 요구사항들을 고려하기 위해 사용되었다. 이러한 기술적 요구사항들은 미래 도시 건조환경 계획 및 설계 전략을 고안하기 위한 실행 가능하고 중요한 기준으로 간주된다. 제안된 접근 방식은 TOD에 포함된 녹색 도시화를 식별할 뿐만 아니라 물리적 구성요소와 사용자의 요구사항 사이에 숨겨진 인과 관계도 찾아낸다.

이 논문은 뉴 타이페이의 신주앙 지구의 실증적 연구에서 제안된 방법을 설명하며, 제안된 접근방법이 기획자에게 귀한 도구임을 보여준다. 이 접근방법은 도시 계획자가 지속 가능한 도시 건조환경 계획에서 도시 계획 및 설계 평가의 현재 구조를 시험할 때 중요한 환경 구조물들의 특징을 식별하고 몇 가지 중요 정보를 출력할 수 있게 해준다. 이로써 계획가는 효과적인 결정을 내릴 수 있는 최상의 전략 옵션을 선택할 수 있다.

<원문제목> Green Urbanism Embedded in TOD for Urban Built Environment Planning and Design

<원문출처> Sustainability