

도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델 수립에 관한 연구

A Study on Establishing the Development Density Control Model for Urban Growth Management

전유신(중앙대학교 도시 및 지역계획학과 박사과정)

문태훈(중앙대학교 도시 및 지역계획학과 교수)

목 차

I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 선행연구검토

II. 도시성장관리와 개발밀도

1. 도시성장관리의 개념과 기법
2. 도시성장관리를 위한 개발밀도관리

III. 시스템다이내믹스를 활용한 개발밀도관리모델

1. 시스템다이내믹스 개요
2. 도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델

IV. 개발밀도관리모델의 적용사례 분석

1. 사례대상도시의 일반현황
2. 개발밀도관리모델의 Base Run
3. 정책적 함의

V. 결론

주요단어 : 개발밀도, 기반시설, 도시동태모델, 도시성장관리, 시스템 다이내믹스, 한계용량

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

우리나라는 60~70년대의 급속도로 발전한 경제성장에 힘입어 도시공간의 외연적 확산과 도시 내 물리적 환경의 확충으로 도시가 급속하게 성장하였다. 도시가 성장한다는 것은 해당 도시로 인구와 인문·사회·경제 등 도시 내 인구활동이 이동하여 집중되는 것을 의미한다. 도시가 성장하게 되면, 인구활동을 지원하고 이의 기반이 되는 주택, 도로, 상·하수도 등 도시기반시설과 편익시설에 대한 수요가 증가하게 된다. 증가되는 수요를 수용하기 위해 가용토지의 확보가 가능한 도시에서는 도시공간을 외연적으로 확장하기도 하고, 도시의 한정된 토지공간 내에서 이를 수용하기 위해 보다 높은 밀도로 개발을 추진하기도 한다. 그러나 과도한 도시성장은 도시공간 내에서 인간활동의 과밀과 혼잡을 야기하고 있으며, 이러한 과밀과 혼잡은 심각한 사회문제로 인식되고 있다.

이에 정부는 과도한 개발로 인한 주거환경저해, 교통체증 등을 방지하기 위해 주거·상업·공업지역 같이 이미 개발이 완료되어 기반시설의 추가설치가 곤란한 지역은 기반시설의 수용능력 범위 내에서 개발이 이루어지도록 건폐율과 용적률의 허용한도를 규제할 수 있는 개발밀도관리제도(국토의이용및관리에관한법률 제66조)를 도입하였다¹⁾. 도시성장관리를 위한 개발밀도의 조절은 과밀로 인한 도시활동의 혼잡을 제거함으로써 쾌적하고 살기 좋은 도시환경 조성과 도시개발을 도모하여 궁극적으로는 지속가능한 개발을 이루고자 함이다. 그러나, 현재의 개발밀도관리제도는 도시성장관리 측면보다는 특정지역의 과밀문제 해소를 위한 접근방법으로 도시성장관리 수단으로 활용되기에는 한계가 있다.

따라서, 본 연구는 도시의 인구, 주택, 산업, 토지, 기반시설 각 부문별 요소의 상관관계가 도시성장에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하여 도시의 한계용량 범위 내에서 수용가능한 도시의 적정규모를 산정하고, 개발밀도의 조절과 통제를 통해 적정도시규모의 유지와 관리를 위한 정책적 함의를 도출하고자 한다.

이를 위한 연구방법으로는 시스템다이내믹스 방법을 적용한 도시동태모델(Urban Dynamics Model)을 기반으로 도시기반시설(도로, 상수도, 하수도)과 개발밀도 부문을 추가하여 도시의 한계용량범위 내에서 수용가능한 도시규모를 산정할 수 있는 모델을 구축한 후 이 모델을 기반으로 다양한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하는 모의실험 방식을 활용하였다. 모델은 해당 도시의 도시성장 패턴과 현황을 보여줌으로써 과연

1) 건설교통부. 2001. 국토이용및계획에관한법률안(Ⅰ) 입법참고자료집(과천:건설교통부). pp. 552-553.

지속가능한 발전을 위하여 연구대상의 도시가 현재 어느 정도의 위치에 와 있는지를 모니터링하고 평가할 수 있는 기반을 제공하도록 구축하였다. 구축된 모델은 현재의 개발정도와 여건에 따라 도시 내 개발활동의 속도와 용량 등의 조절을 통해 지속가능한 도시환경을 조성하고 관리하기 위한 성장관리계획이나 도시관리정책의 방향설정을 위한 토대를 제공할 수 있을 것이다. 구축된 모델의 타당성과 적용가능성을 검토하기 위해 안양시를 대상으로 실증분석을 수행하였다.

2. 선행연구검토

도시성장관리를 위한 개발밀도관리방안에 관한 연구는 크게 도시성장관리를 위한 개발밀도관리기법의 활용성에 관한 연구와 제한된 도시환경 속에서 도시성장관리를 위한 다양한 방안 마련을 위한 연구로 구분할 수 있다.

전자의 연구는 박재길²⁾과 최막중³⁾을 들 수 있다. 박재길은 수립된 각종 계획의 사례를 통해 현행의 개발밀도 통제수단인 용적률이 과도하게 책정되어 있다는 문제점을 제기하고, 이를 해결하기 위한 개발밀도 규제수단의 개선방안을 광역적, 도시적 차원에서 제시하였다. 최막중은 기반시설수용용량 등의 제약조건에 따른 개발밀도와 토지이용밀도 산정을 통해 기성시가지 내 각종 도시기반시설용량의 제약 하에서 허용 가능한 도시개발규모를 포괄적으로 산출해 낼 수 있는 운용모형(operational model)을 체계화하였다.

도시의 한계용량 범위 내에서 지속가능한 도시개발방안을 마련하기 위한 연구는 이창우⁴⁾와 문태훈⁵⁾의 연구가 있다. 이창우는 서울시 환경용량을 평가하고, 한계수용능력을 초과하는 개발에 대한 규제방안과 토지이용규제제도의 정비방안을 제시하였다. 문태훈은 기존의 도시동태모델과 Box Model을 기반으로 환경모델을 결합하여 정책시나리오에 따라 서울시의 환경용량의 변화량을 측정함으로써 지속가능한 발전을 위한 정책적 함의를 도출하고 정책수행을 위한 다양한 방안을 제시하였다.

그러나, 개발밀도관리기법을 활용하여 도시성장관리를 도모하고자 하였던 선행연구는 과도하게 개발되어 있는 밀도를 조정하기 위한 제도적 개선방안을 제시하는데 그치고 있어, 개발밀도 통제가 도시성장관리에 어느 정도의 효과가 있는지 계측할 수 없는 한계가 있다. 기반시설의 한계용량 범위 내에서 개발범위를 산정하고자 하였던

2) 박재길·김의식 외. 2001. 도시성장관리를 위한 개발밀도에 관한 연구(안양 : 국토연구원)

3) 최막중. 1999. "기반시설 제약조건하에서의 도시개발용량과 토지이용밀도", 국토계획 제 34권 제3호 : pp61-72.

4) 이창우. 1999. 서울시 환경용량평가에 관한 연구(서울 : 서울시정개발연구원)

5) 문태훈·홍민선. 2001. "지탱가능한 발전을 위한 서울시 환경용량의 산정과 정책적 함의". 국토계획 제36권 제4호 : pp263-264.

연구 또한 도시 내 단위지역을 대상으로 한 개발밀도관리방안을 제시하고 있어 도시의 성장과 보전을 목적으로 하는 도시성장관리의 궁극적인 목표를 달성하기에는 한계가 있다.

이에 본 연구는 도시성장관리를 위한 개발밀도관리방안이 해당 도시의 지속가능한 도시개발을 도모할 수 있도록 도시의 한계용량 범위 내에서 수용 가능한 적정도시규모를 산정하고 이를 토대로 도시성장관리의 기본방향을 제시하였다. 현행의 개발밀도를 적정개발수준으로 유도하기 위해 용도지역별 용적률의 규제비율을 도출해 봄으로써 도시성장관리를 위한 개발밀도관리의 구체성을 확보하고자 하였다.

II. 도시성장관리와 개발밀도

1. 도시성장관리의 개념과 기법

통상적이고 일반적인 성장관리는 ‘성장의 정도와 시기를 조절하는 것 (growth management regulates the rate and timing of growth)’으로 도시기반시설의 재정에 영향을 끼치는 개발자들의 의지가 중요한 변수가 될 수 있으며, 정적인 용도지역 운영방안과는 대조적인 활동적이고 동태적인 활동을 의미한다⁶⁾. 용도지역의 관리는 도시의 전반적인 개발을 유도하는 것으로 정의될 수 있는 반면에 성장관리는 개발과 보전의 조화를 도모하는 것으로 개발의 다양한 형태에 의한 도시기반시설의 변동을 예측하고 개발로 야기되는 공공서비스의 수요와 이의 재정조달을 위한 세금 지원 등 개발과정과 형평성의 균형점을 찾고자 노력하는 것이라 할 수 있다.

토지이용의 체계적인 성장관리를 구체화하기 위한 도시성장관리기법은 크게 시가지의 외연적 확산을 억제하기 위한 기법과 기존 도시의 토지이용 입체화를 위한 기법으로 구분할 수 있는데, 성장관리기법을 효율적으로 운영하기 위해서는⁷⁾ 첫째, 성장관리를 위한 명확한 시행기준을 설정해야 하고 둘째, 기반시설의 설치계획을 반드시 수립해야 하며 셋째, 도시 내 개발밀도를 주요 통제기법으로 활용해야 한다.

무엇보다도 성공적인 도시성장관리를 위해서는 개발현황과 개발프로그램을 지속적으로 모니터링하여 장래의 개발로 인해 야기되는 도시기반시설의 수요가 기존 시설의 한계용량 내에서 충족될 수 있도록 해야 한다⁸⁾.

6) Chinitz, Benjamin. 1990. "Growth Management". *Journal of American Planning Association*. 56(1).

7) Daniel Clark. 1995. "Growth Management Techniques In City Of Carlsbad". *Journal of Urban Planning and Development*. 121(1) : p12.

2. 도시성장관리를 위한 개발밀도관리

우리나라 도시들이 안고 있는 대부분의 도시문제는 과도한 인구집중으로 인한 과밀개발과 혼잡에서 비롯된다. 이는 도시의 외연적 확산방지를 위해 도시성장관리 개념이 대두되기 시작한 미국과는 다른 측면에서의 접근이 요구되는 이유이기도 하다. 우리나라의 경우 도시공간의 외연적 확산방지효과는 개발제한구역의 지정과 관리를 통해 일정부분 그 효과가 인정되고 있으므로 도시공간의 외연적 확산 방지보다는 도시내부공간에 대한 개발과 성장의 양과 속도의 조절을 통해 도시성장관리를 도모하는 것이 효율적이라고 판단된다.

도시내부공간의 성장관리를 위한 다양한 프로그램과 기법들 가운데 본 연구에서는 개발밀도의 통제와 관리를 통한 도시성장관리방안을 마련하고자 한다. 이는 개발밀도가 도시성장 과정과 현황을 모니터링하고 현재의 개발 정도와 양, 수준 등을 측정할 수 있는 지표로 활용될 수 있는 동시에 도시개발의 통제기능으로서도 활용할 수 있기 때문이다.

일반적으로 개발밀도는 해당면적에 대한 개발규모를 나타내는 것으로 이해할 수 있으며, 우리는 흔히 건폐율과 용적률을 사용하여 해당지역 또는 공간에 대한 개발밀도를 설명한다. 건폐율과 용적률은 개발의 정도를 설명하는 요소로 사용될 수 있으나 도시성장관리의 수단으로 개발밀도를 활용하고자 할 때에는 보다 세부적이고 확대된 개념의 정립이 필요하다.

이때의 ‘개발밀도’는 도시 또는 시가지로 개발하는 토지에 대한 ‘물량 또는 활동량의 분포정도’를 비교하는 수치로 정의될 수 있으며, 물량의 분포정도를 파악하기 위해서는 인구, 세대수, 녹지면적, 건축면적 등 다양한 요소가 고려될 수 있고, 활동량의 분포정도를 측정하기 위해서는 고용자수, 통행량 등이 포함될 수 있다⁹⁾. 본 연구에서는 개발의 양과 속도의 조절을 활용한 도시성장관리방안을 마련하기 위해 인구, 주택, 산업체의 규모와 자동차 수를 개발밀도 지표로 사용하였다.

Ⅲ. 시스템다이내믹스를 활용한 개발밀도관리모델

1. 시스템다이내믹스 개요

8) Daniel Clark. 1995. ed tl. : p17.

9) 박재길·김의식 외. 2001. 전개서 : pp10-11.

1) 시스템다이내믹스 특징

시스템다이내믹스는 동태적이고 순환적 인과관계의 시각으로(dynamic feedback perspective) 현상을 이해하고 설명하거나 이러한 이해에 기초한 컴퓨터 모델을 구축하여 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변해 나가는지를 컴퓨터 상에서 실험해 보는 방법론이자 현상을 바라보는 시각이며 준거틀이다¹⁰⁾.

시스템다이내믹스 접근방법의 특징¹¹⁾은 모든 현상을 원형의 환류체계(Circular Feedback System) 관점에서 이해한다는 것과 파라미터의 정확한 측정보다는 연구하고자 하는 특정변수가 시간의 변화에 따라 어떻게 동태적으로 변화해 나가는가에 기본적인 관심을 둔다. 이러한 접근방법들은 사실적 사고에 초점을 두는 것인데, 사실적 사고란 변화가 실제로 어떻게 해서 일어나고 있는지 변화의 과정에 연구의 초점을 맞추는 사고를 말한다. 시스템다이내믹스의 이러한 특징은 방법론이 단선적인 인과관계가 아닌 순환적인 인과관계에 기초하고 있다는 점과 정태적인 분석이 아닌 동태적인 분석을 수행할 수 있다는 점에서 기존의 단선적이고 정태적인 연구방법과 차별된다.

2) 도시동태모델의 개요

일반적으로 도시가 성장(growth), 전이(transition), 쇠퇴(decay)라는 주기성을 보이는 것은 도시체제의 피드백 구조 때문인데 이는 도시성장을 인구, 자연환경, 기술발전, 사회조직의 확대 등 상호연관된 요소들간의 상호작용의 결과라 볼 수 있다. 도시동태모델은 도시를 산업, 주택, 인구, 토지 등의 하위시스템으로 구분¹²⁾하고 이들 시스템간의 동태적인 역학관계에 의해 도시의 성장과 전이, 쇠퇴를 분석하는 시스템다이내믹스 접근방법을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 모델이다¹³⁾.

도시동태모델은 도시활동의 부문별 요소들이 상호 연관되고 상호간의 작용에 의해 도시의 성장과 쇠퇴를 설명해 주는 것으로 도시성장의 변화추이를 좀 더 바람직한 방향으로 유도하기 위해 도시체제에 대한 정책의 효과성을 평가할 수 있는 틀을 제공한다. 또한 도시가 지닌 모든 문제를 동시에 충족시켜 줄 수 있는 정책은 없기 때문에 각 부문들간의 상쇄효과에 의한 효과를 측정할 수 있어야 하는데 이를 올바르게 측정하려면 도시문제와 현상에 대해 장기적이고 종합적인 총체적 시각을 갖고 접근해야

10) 문태훈, 2002. "시스템다이내믹스의 발전과 방법론적 위상". 한국시스템다이내믹스 연구 제3권 제1호 : pp63-65.

11) 김도훈 외. 1999. 시스템다이내믹스(서울 : 대영문화사) : pp103-105.

12) Alfeld, L. E. & A. K. Graham. 1976. Introduction to Urban Dynamics. Cambridge Massachusetts. Wright-Allen Press.

13) 문태훈. 2001. 전게서 : p9.

하는데, 시스템다이내믹스를 이용한 도시동태모델은 다양한 정책들의 효과를 다양하게 시뮬레이션 할 수 있기 때문에 이를 가능하게 한다.

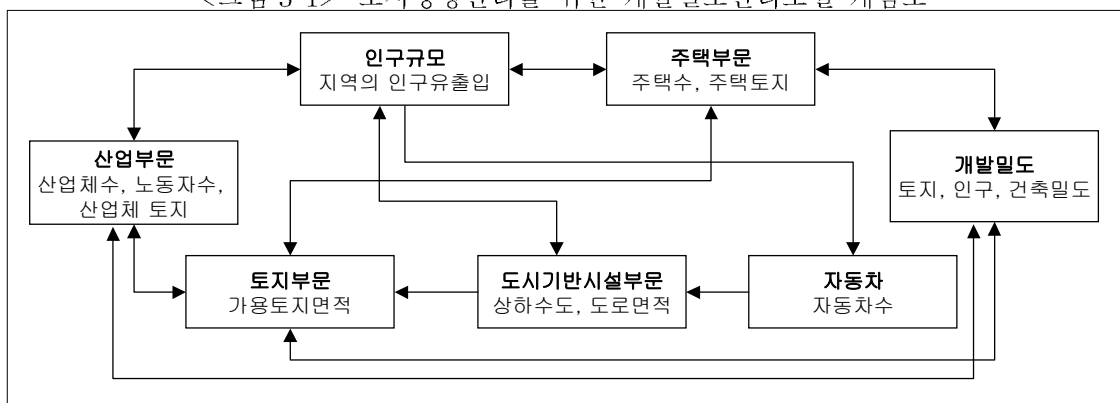
2. 도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델

1) 모델개요

시스템다이내믹스를 활용하여 도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델을 구축하는 목적은 한정된 토지공간이 주어졌다고 가정했을 때 일정한 삶의 질을 유지하면서 지속가능한 개발을 유도하기 위한 도시개발 방향을 설정하기 위해서이다. 이는 산업활동, 주택 및 기반시설 등 주어진 도시의 한계용량 범위 내에서 수용가능한 인구, 주택, 산업체의 규모와 자동차 수 등의 적정규모를 동태적으로 파악하여 산정할 수 있도록 도와줄 것이다.

본 연구에서 구축한 개발밀도관리모델의 개념도는 크게 인구, 주택, 산업, 토지, 기반시설 및 개발밀도의 하위시스템으로 구성되어 있으며 각 부문은 상호영향을 주고받는 역동적인 관계를 갖는다. 여기서 인구, 주택, 산업, 토지는 기존의 도시동태모델을 활용하였으며, 기반시설(도로, 상수도, 하수도)과 개발밀도부문은 선행연구들의 이론적 내용을 기반으로 하여 새로이 추가하였다. 모델개념도는 <그림 3-1>과 같다.

<그림 3-1> 도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델 개념도



2) 도시성장관리와 개발밀도간의 인과지도

도시의 인구증가는 도시 내 주택과 건물의 건설을 촉진하고, 주택과 산업체 등 각종 건물의 증가는 생활환경에 필요한 다양한 도시기반시설에 대한 수요를 증가시킨

과 소득수준의 영향을 일단 제외하면 인구의 자연증가율은 원래 그 도시 내의 인구의 크기에 비례한다고 볼 수 있다.

전출·입에 의한 인구의 유출입은 도시활동의 여러 요인에 의해 영향을 받는다. 고용기회가 풍부하여 구직 가능성이 높은 경우, 양호한 주거환경과 주택구입이 용이한 경우 등은 도시매력도를 높여 인구를 유입시키는 요인으로 작용하게 된다. 반면에 일자리가 부족하여 취업이 어렵거나 주택부족으로 인해 상대적으로 주택가격이 상승하여 양호한 주거환경을 얻을 기회가 적어지고 도시기반시설 공급이 원활하지 못해 발생하는 혼잡 또는 과밀로 인한 생활환경의 악화는 도시매력도를 감소시켜 인구유입을 억제하는 요인이 된다.

(2) 산업체

인구가 증가하게 되면 노동력은 풍부해진다. <그림 3-2> 인과지도에서 도시에서 직업사정의 매력도를 나타내는 변수는 노동-직업비율(labor force to job ratio)이다¹⁴⁾. 이 값이 1보다 작은 경우는 직업의 수가 노동인구보다 많아 고용의 기회가 많다는 것을 의미하는 것으로 이는 구직 측면에서의 도시매력도를 높여 인구유입을 촉진시키는 요인으로 작용한다. 그러나 인구의 급속한 증가는 노동-직업 비율을 높이게 되면서 이 값이 1보다 커지게 되면 직업의 수보다 노동인구의 수가 크므로 직장이 모자라는 사태가 발생하게 되고 이는 구직측면에서의 도시매력도를 저하시켜 인구유입을 억제하는 요인으로 작용하게 된다.

산업체 입장에서 보면, 노동-직업비율이 1보다 큰 경우는 직업의 수보다 노동인구가 더 많아, 노동력이 풍부하고 임금도 저렴하게 되는 상황이므로 산업체 증설의 호기가 된다. 산업체의 수가 증가되면 더 많은 일자리가 창출되어 이제는 인구유입이 촉진되는 상황으로 변하게 된다. 산업체의 성장은 노동-직업비율이 클수록 가속화되지만 이 경우 도시 직장사정의 악화는 도시로의 인구유입을 억제하므로 인구유입과 산업체의 성장은 상호상쇄(trade-off) 관계에 놓여 있는 것으로 볼 수 있다.

(3) 주택

도시의 거주인구가 증가할수록 주택수요를 증가시켜 도시의 가용토지 내 주택이 차지하는 면적비율을 높이게 된다. 주택공급의 원활성은 <그림 3-2> 인과지도에서 세대-주택비율(household to house ratio)로 표시되고 있는데, 세대수보다 주택수가 많을 경우에는 주택이 풍부하므로 주택사정이 좋아 주택 매력도가 높아지고 이는 도시매력도를 증가시켜 인구유입을 촉진시키는 요인으로 작용한다. 그러나, 한정된 도

14) 노동인구/직장의 수

시토지로 인해 증가하는 세대수의 주택수요를 충족시키는 지속적인 주택공급이 사실상 불가능해지면서 세대-주택비율은 점차 높아진다. 주택수보다 이를 필요로 하는 세대수가 많아진다는 것은 주택부족의 상황과 집 값의 상승을 의미하는 것이고 이는 주택 측면에서의 도시매력도를 저감시켜 도시로의 인구유입을 억제하는 요인으로 작용한다.

(4) 토지

도시의 한정된 토지용량내에서 지속적인 산업체와 주택 건설은 도시 내 토지에서 산업체와 주택의 토지점유율을 증가시키고, 가용토지의 면적을 점차 줄이게 된다. 가용토지면적의 감소는 기존의 산업체와 주택을 철거하지 않는 한, 결국 주택과 산업체의 추가적인 건설을 제약하는 요인으로 작용하게 된다. 산업체의 토지점유율이 낮을 때에는 지역의 기반시설이 약하거나 입지비용이 많이 들어 산업체들의 입지가 억제된다. 반대로 산업체의 토지점유율이 아주 높아 가용토지가 부족하게 될 때 역시 산업체의 증가가 억제 된다. 주택의 경우도 이와 마찬가지로 이기는 하나, 토지이용 형태에 있어 가용토지가 부족한 경우, 주택건설이 산업체 건설보다 우선되도록 모델링 되었다. 이는 가용토지면적이 작아질수록 적은 규모의 짜투리 땅들이 많이 발생할 것이고 적은 규모의 토지에는 산업체보다 주택의 입지가 상대적으로 더 용이할 것이기 때문이다. 그리고 주택과 비교하여 큰 토지를 필요로 하는 산업체는 주택보다 신규건설이 더 억제될 것이기 때문이다.

(5) 도시기반시설¹⁵⁾

본 연구의 모델에서는 도시매력도를 구성하는 요인으로 직업사정, 주택사정 이외에 도시기반시설의 여건을 환경적 요인으로 도시매력도에 영향을 미치는 중요한 요인으로 포함하였다. 도시기반시설이 도시매력도에 영향을 미치게 되고 도시매력도의 증감이 주변지역으로부터의 인구유입에 영향을 미치게 되는 것이다.

교통기반시설의 경우, 인구가 증가하면 세대수가 증가하고, 이에 따라 자동차 수도 증가하게 된다. 자동차 수의 증가는 도로수요를 증가시킨다. 교통여건이 좋은 도시는 도시매력도가 높아지게 되고, 반대로 과도하게 집중된 인구와 부족한 도로로 인하여 도시교통이 혼잡하고, 교통서비스 수준이 열악한 경우, 도시매력도를 저하시키게 된

15) 본 연구에서는 도로, 상수도 및 하수도시설을 도시기반시설의 대상시설물로 한정하였다. 이는 현행 개발밀도관리구역을 지정할 수 있는 대상시설물을 과밀유발이 높을 것으로 판단되는 도로, 상수도, 하수도 및 학교로 규정하고 있는 근거에 따라 선정된 것(국토의 계획및이용에관한법률시행령 제63조)이지만, 학교시설의 경우에는 여타의 시설과는 달리 기반시설에 대한 수요의 범위가 비교적 한정되어 있는 특징이 있다고 판단되어 제외하였다.

다.

상하수도 기반시설도 마찬가지로 논리로 도시매력도에 영향을 미친다. 인구증가는 상·하수도 시설에 대한 수요를 증가시키고 상·하수도 시설용량과 시설가동률에 의해 상수도과 하수처리의 서비스 수준이 결정될 것이다. 인구규모에 적절한 상수공급과 하수처리 서비스가 이루어지는 경우 이것은 도시기반시설의 매력도를 증가시켜 전체적인 도시매력도를 증가시키도록 할 것이지만 적절한 서비스 수준에 미달할 경우 도시기반시설의 매력도를 저하시키고 이것은 결국 도시매력도를 저하시키는 요인으로 작용하게 된다.

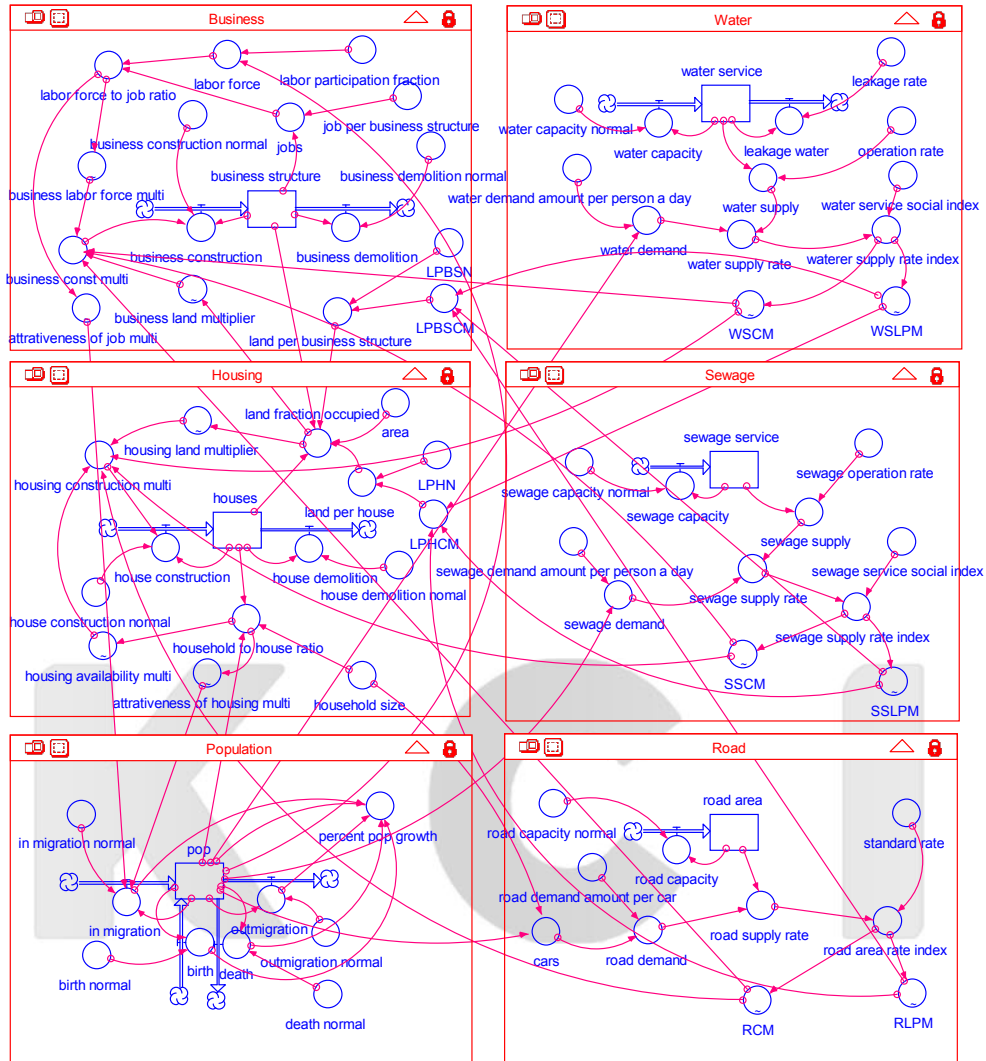
3) 흐름도(Stock-Flow Diagram)

(1) 흐름도와 변수

개발밀도모델 구축과정은 각 부문별 인과지도를 작성한 후 작성된 인과지도를 컴퓨터 상에서 시뮬레이션 할 수 있도록 구체화된 모델로 전환시켜야 한다. 이는 보통 흐름도(Stock-Flow Diagram)를 작성하면서 이루어지는데 본 연구에서는 스텔라(STELLA)¹⁶⁾를 활용하여 Flow Diagram을 작성하였다. <그림 3-3>은 개발밀도관리 모델의 Flow Diagram이다.

16) 'System Thinking Environment Laboratory for Loop Analysis'의 축약어로서 그래픽한 모델링을 강조하여 초보자들로 쉽게 수행할 수 있는 시스템 다이내믹스 패키지 중의 하나이다.

<그림 3-3> 개발밀도관리모델의 흐름도



흐름도는 저장변수(stock), 유량변수(flow), 보조변수, 상수, 그래프함수 등으로 구성된다. 저장변수는 행위의 결과로 저장되는 변수를 의미하는 것으로 특정시점에서의 시스템 상태(system state)를 표현하고, 유량변수는 수준변수의 값을 변화시키는 역할을 하며 시스템의 상태가 어떻게 변화되는가를 표현한다.

(2) 산업체 건설¹⁷⁾

도시 내 산업체 수는 저장변수인 산업체 수(business structure)에 의하여 표시되며, 산업체 수의 증가는 유량변수인 산업체 건설률(business construction)과 퇴출을

17) 도시성장과 개발밀도간의 상관관계를 설명하기 위해 구축된 본 모델을 설명하는 주요 변수는 도시성장의 정도를 설명하는 산업체부문과 주택부문에 구분하여 설명하였으며, 이외 변수들의 수식은 부록을 참고하기 바란다.

(business demolition)에 의하여 결정된다. 산업체 건설률은 두 개의 보조변수에 의하여 결정되는데, 정상산업체건설률(business construction normal)과 산업체건설승수(business construction multiplier)이다.

산업체건설승수(business construction multiplier)는 노동력이 산업체 건설에 미치는 영향(business labor force multiplier)과 가용토지면적이 산업체 건설에 미치는 영향(business land multiplier), 도시기반시설인 상수도(water supply construction multiplier : WSCM)와 하수도(sewage supply construction multiplier : SSCM) 및 도로(road construction multiplier : RCM)가 산업체 건설에 미치는 영향의 정도에 의해 결정된다. 산업체건설승수값이 1보다 높은 값을 나타낼 때에는 산업체의 건설은 증가하지만 값이 1보다 낮으면 산업체의 건설은 둔화되기 시작한다. 산업체수의 증감은 스텔라에서 아래 식으로 계산되었다.

$$L \text{ business_structure}(t) = \text{business_structure}(t - dt) + (\text{business_construction} - \text{business_demolition}) \times dt$$

$$R \text{ business_construction} = \text{business_structure} \times \text{business_const_normal} \times \text{business_const_multi}$$

$$A \text{ business_const_multi} = \text{business_labor_force_multi} \times \text{business_land_multi} \times \text{RCM} \times \text{SSCM} \times \text{WSCM}$$

(참조. R: Stock equation, R: Rate equation, A: Auxiliary equation)

(3) 주택건설

도시 내 주택 수는 저량변수인 주택수(houses)에 의하여 표시되며 주택 수의 증가는 유량변수인 주택의 건설률(house construction)과 철거율(house demolition)에 의하여 결정된다. 주택건설률 역시 산업체 건설률과 마찬가지로 두 개의 보조변수에 의하여 결정되는데, 정상주택건설률(house construction normal)과 주택건설승수(house construction multiplier)이다.

주택건설승수(housing construction multiplier)는 주택구입의 용이성(housing availability multiplier)과 토지가 주택건설에 미치는 영향(housing land multiplier) 및 도로, 상·하수도 등의 도시기반시설이 주택건설에 미치는 영향의 정도에 의해 결정된다. 산업체 건설승수와 마찬가지로 주택건설승수 역시 1보다 높은 값을 나타낼 때에는 주택건설이 증가하게 되고 값이 1보다 낮으면 주택건설은 둔화되기 시작한다. 주택수의 증감은 아래 식으로 표현되었다.

$$L \text{ houses}(t) = \text{houses}(t - dt) + (\text{house_construction} - \text{house_demolition}) \times dt$$

$$R \text{ house_construction} = \text{houses} \times \text{house_const_normal} \times \text{housing_const_multi}$$

$$A \text{ housing_const_multi} = \text{housing_availability_multi} \times \text{housing_land_multi} \times \text{RCM} \\ \times \text{SSCM} \times \text{WSHCM}$$

IV. 개발밀도관리모델의 적용사례분석

1. 사례대상도시의 일반현황

수도권지역은 전국토의 효율적인 관리 측면에서 볼 때, 여타 지역에 비해 과밀로 개발되고 있는 지역으로 도시성장이 일정수준 이상인 특징을 갖는다. 이 글에서는 이상 구축된 개발밀도모델의 적용 대상을 안양시로 하였는데 수도권 내 도시 중 안양시를 본 연구의 사례대상도시로 선정한 배경은 다음과 같다.

안양시는 안양역사를 중심으로 일찍이 발달된 구시가지와 신도시(평촌) 개발로 신구도시가 공존하는 도시공간구조를 갖고 있다. 구시가지는 도시계획적 개발이 아닌 국도를 따라 자연적으로 발생한 도심지역으로 기반시설들의 확충이 사실상 거의 불가능한 상황이다. 반면 신도시지역은 도시계획에 따라 개발된 지역으로 현재에도 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 안양시의 이러한 특성은 도시공간구조의 적절한 조화와 균형을 유도하기 위한 도시성장관리방안을 마련하고자 하는 본 연구의 사례대상도시로 적절하다고 판단되었다.

수도권에 위치한 다른 도시들에 비해 안양시는 상·하수도 보급률은 수도권 도시의 평균값보다 높게 나타나는 반면, 도로포장률과 주택보급률, 인구 100인당 차량대수는 평균값보다 낮다. 서울과의 인접거리가 여타의 도시들보다 상대적으로 가까운 안양시의 지리적 여건이 서울로의 출퇴근시 대중교통의 이용을 유도하는 요인으로 작용하여 인구 100인당 자동차대수가 다른 도시들보다 낮게 나타났을 것으로 판단된다.

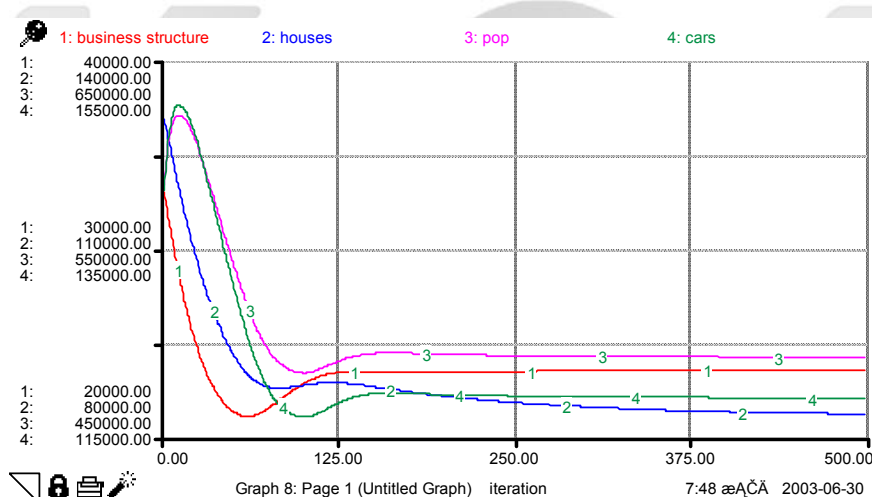
주택보급률은 농촌형 도시인 평택, 남양주, 시흥, 용인 등 100%를 넘는 도시들과 비교를 하면 다소 낮은 편이라 할 수 있으나, 도시화가 일찍이 진행된 수원, 성남, 부천 등의 도시와 비교하면 상대적으로 높은 편이다.

2. 개발밀도관리모델의 Base Run

Base Run은 안양시의 2000년 12월 현재 도시기반시설이 제공할 수 있는 최대 서

비스 규모내에서 수용 가능한 인구, 주택, 산업체 및 자동차 수를 찾기 위한 것이다. 이는 안양시가 적정수준의 기반시설서비스 수준을 유지하기 위한 개발밀도를 산정하는 과정으로 기반시설의 한계용량범위 내에서 수용 가능한 도시규모를 말한다. “적정수준 이상”이라 함은 쾌적한 삶을 위해 기반시설이 제공해야 하는 서비스 수준을 의미한다. 본 연구에서는 도로의 서비스기준은 주거지역 최소한의 도로률인 20%와 자동차 1대당 최소면적(600 m²)¹⁸⁾을, 상·하수도 시설은 보급률 100% 유지를 적용하였다. <그림 4-1>은 이상의 기준을 만족시키기 위해 안양시가 수용할 수 있는 사업체의 수, 주택의 수, 인구의 규모, 그리고 자동차의 양을 시뮬레이션 말기의 균형상태에서 보여주고 있다. 그림에서 시뮬레이션 250시점에서 각 변수값들은 대체로 균형을 이루기 시작하나 주택수는 계속해서 조금씩 감소하고 있다. 그러나, 시뮬레이션 500시점에서의 값들은 비교적 안정적인 추세를 나타내고 있어 이 시점의 값을 Base Run의 균형값으로 보았다.

<그림 4-1> 안양시 동태모델의 Base Run 그래프



현재 안양시의 도시기반시설 규모는 도로면적이 약 4.896km², 상수도 시설의 1일 공급가능용량 267,000km³, 하수도의 1일 처리가능용량은 300,000t으로 상·하수도 시설가

18) 대상지역 안의 도로율((도로면적/대상지역면적)×100)이 ‘도시계획시설의결정·구조및설치기준에관한규칙 제11조’의 규정에 의한 용도지역별 도로율에 20% 이상 미달하는 지역은 개발밀도관리구역으로 지정할 수 있다(국토의계획및이용에관한법률시행령 제63조). 차량 1대당 최소면적은 주차장법시행규칙 제3조(주차장의 주차구획)에 의하면 노상주차장일 경우, 승용차 차량 1대당 최대주차면적이 30m²로 되어져 있는데, 이를 차량 1대당 차지하는 면적으로 볼 경우 도심 내에서 시속 40km를 유지하기 위해서는 차량 1대당 차지하는 면적의 최소 20배 이상은 확보되어야 한다고 생각되어 다음과 같이 산출하였다 (30×20=600).

동물은 약 70% 정도이며, 인구 583,240인, 산업체 32,976개, 주택 130,560채, 차량 141,106대의 실측값을 가지며, 이는 Base Run의 초기값¹⁹⁾에 해당한다. <표 4-1>의 초기값은 현재 안양시 각 부문별 변수의 실측값을, 균형값은 안양시의 도로, 상수도, 하수도 시설용량의 범위 내에서 수용 가능한 도시규모를 의미한다.

<표 4-1> Base Run의 초기값과 균형값

구 분	인 구	산업체	주 택	차 량
초기값(안양시 현재규모)	583,240	32,976	130,560	141,106
균형값(안양시 적정규모)	491,580	23,467	83,344	118,930

<표 4-1>을 통해 우리는 안양시가 기반시설용량 범위 내에서 수용 가능한 최대 도시개발밀도는 인구 약 491,580명, 산업체 23,467개, 주택 83,344채, 차량 118,930대임을 알 수 있다. 초기값과 균형값 간의 차이는 현재 해당 도시의 개발상태를 설명할 수 있는 값으로 활용될 수 있다. 인구의 경우 초기값이 균형값보다 약 9만 여명이 높게 나타나는데 이것은 안양시가 현재 기반시설의 용량 보다 약 9만 여명의 인구가 초과되어 거주하고 있음을 의미하는 것으로 도시기반시설의 용량을 초과하여 개발되어 있다고 설명할 수 있다.

3. 정책적 함의

1) 모델의 활용방안

개발밀도관리모델을 활용하여 도출할 수 있는 정책적 함의는 여러 가지가 있을 수 있으나, 본 연구에서는 이를 두 가지 측면에서 활용하였다. 첫째는 현재의 도시규모를 충족시키기 위한 도시기반시설의 증설량의 산정에 관한 것이며, 둘째는 현재의 개발규모를 적정규모로 유도하기 위해 현재 제정되어 있는 용도지역별 용적률의 상한선 조정에 관한 것이다.

2) 시나리오별 정책적 함의

(1) 시나리오 1 : 현재의 인구 수용방안(도시기반시설 증설)

19) 안양시의 2000년 12월 현재의 실측값을 의미하는 것으로 통계연보(안양시, 2001)와 홈페이지(<http://www.anyang.go.kr>)를 활용하여 추출한 값들이다.

<시나리오 1>은 도시기반시설의 증설을 통해 현재의 도시규모를 수용하는 방안이다. <표 4-2>는 구축된 개발밀도관리모델에 상하수도 시설용량과 도로용량을 다양하게 변화시킬 때 수용가능 인구규모의 변화를 보고 현재 안양시에 가장 근접하는 용량의 증가가 어느 부분에서 얼마나 이루어져야 할 것인지를 찾기 위한 다양한 시뮬레이션 결과를 정리한 것이다. <표 4-2>를 보면, 도시기반시설의 용량을 개별적으로 어느 한 부분만을 증가시켜서 현재의 도시규모를 충족시킬 수 있는 최적의 시나리오는 없다. 다만, 인구와 차량부문에 있어 가장 근사치에 근접한 시나리오는 상수도과 도로의 용량을 현재보다 약 20% 증가시켰을 경우이다. 또는 상하수도과 도로의 용량을 현재보다 20% 증가시키는 경우 최대수용인구가 약 60만으로 현재의 도시규모를 비교적 여유 있게 수용할 수 있음을 보여주고 있다.

주택과 산업체의 경우 제시되어 있는 시나리오에 의해서는 균형값에 도달할 수 없는 것으로 나타나고 있어 이의 과밀정도가 기반시설의 확충으로는 해결하기 어려운 상황임을 알 수 있다. 이러한 결과들은 현재 상·하수도 및 도로의 용량으로는 안양시의 도시규모를 수용하기에는 한계가 있음을 의미하며, 보다 쾌적하고 지속가능한 개발을 영위하기 위해서는 도로, 상수도, 하수도를 모두 포함하는 도시기반시설의 확대와 용량의 증가가 수반되어야 함을 의미한다.

<표 4-2> 도시기반시설용량 증설 시나리오별 수용가능한 규모

구 분	인 구	산업체	주 택	차 량
초기값(안양시 현재규모)	583,240	32,976	130,560	141,106
균형값(안양시 적정규모)	491,580	23,467	83,344	118,930
상수도시설용량 10% 증가	503,859	24,053	85,417	121,901
상수도시설용량 20% 증가	510,801	24,385	86,578	123,580
하수도시설용량 10% 증가	495,914	23,675	84,055	119,979
하수도시설용량 20% 증가	497,802	23,766	84,352	120,436
도로면적 10% 증가	523,017	24,967	88,689	126,536
도로면적 20% 증가	551,345	26,318	93,507	133,389
상·하수도시설용량 10% 증가	508,321	24,268	86,151	122,980
상·하수도시설용량 20% 증가	519,010	24,780	87,927	125,566
상수도시설용량, 도로면적 10% 증가	540,759	25,814	91,658	130,829
상수도시설용량, 도로면적 20% 증가	584,500	27,902	99,104	141,411
하수도시설용량, 도로면적 10% 증가	527,436	25,179	89,410	127,605
하수도시설용량, 도로면적 20% 증가	560,920	26,778	95,068	135,706
상·하수도시설용량, 도로면적 10%증가	546,128	26,071	92,571	132,127
상·하수도시설용량, 도로면적 20%증가	600,351	28,661	101,743	145,246

기반시설은 자연재해에 대비하기 위해 항상 일정수준 이상의 잠재가동률을 보유하

고 있어야 하므로 시설가동률의 지속적인 증가를 통해 도시의 개발량을 수용하는 것은 한계가 있다. 따라서 기반시설의 증설을 통한 도시성장관리를 유도하는 것이 또 하나의 대안이 될 수 있다. 그러나, 도시기반시설의 증설을 통해 현재의 도시규모를 유지하고자 하는 대안은 기반시설의 증설이 곤란한 지역을 대상으로 개발밀도관리구역을 지정하여 운영하고자 하는 현행 개발밀도관리구역제도의 목적과는 다소 상충되고 있어 보다 다각적인 정책적 대안이 마련되어야 한다.

(2) 시나리오 2 : 적정개발밀도 수용방안(용적률의 강화)

<시나리오 2>는 앞의 시나리오와 대별되는 것으로 현재의 도시규모를 적정도시규모로 유도하기 위해 현재의 용적률을 어느 정도 규제해야 하는지에 관한 것이다.

적정개발밀도를 유지하기 위한 개발밀도 규제시나리오별 수용가능인구 도출과정은 다음과 같다. 안양시 주거지역면적을 대상²⁰⁾으로 공공용지(40% 적용)를 제외한 대지면적²¹⁾에 안양시 조례에서 규제하고 있는 세분화된 주거지역별 건폐율과 용적률의 상한선을 적용하여 실질적으로 건축이 가능한 건축연상면적(용적률 적용)을 산출하고 이를 대상으로 인구 1인당 적정거주면적(25m²)을 적용²²⁾하여 수용 가능한 인구를 도출하였다. 개발밀도 규제시나리오별 수용가능인구는 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 개발밀도 규제시나리오별 수용가능 인구

구 분	면적 (km ²)	안양시 조례		개발밀도 규제시나리오별 수용가능인구 (인)					
		건폐율 (%)	용적률 (%)	규제 없음	10%강화	20%강화	30%강화	35%강화	40%강화
전용주거	0.02	50 이하	100 이하	400	360	320	280	260	240
일반주거	14.68	60 이하	200 이하	704,640	634,176	563,712	493,248	458,016	422,784
준주거	0.52	60 이하	400 이하	49,920	44,928	39,936	34,944	32,448	29,952
합 계	15.22	-	-	754,960	679,464	603,968	528,472	490,724	452,976
90%거주				679,463	611,518	543,571	475,625	441,652	407,678
80%거주				603,968	543,571	483,174	422,778	392,579	362,381

20) 현재 관련법에서는 개발밀도관리구역의 지정대상은 주거지역, 상업지역, 공업지역을 대상으로 하고 있으나, 본 연구에서는 인구감소의 실질적인 효과를 가져올 수 있는 주거지역만을 대상으로 하였다. 이는 상업지역과 공업지역의 경우 실질적인 거주인구를 추출하는데 용이하지 않기 때문이기도 하다.

21) 건축가능면적은 주거지역별 대지면적에 도로, 학교 등의 공공용지면적과 근린생활시설, 근린공공시설 등의 비주거용 면적을 고려하여 40% 비율을 적용하여 이를 제외한 면적을 대상으로 하였다. 공공용지비율은 도시계획 수립시 30%를 적용하는 것이 일반적이며, 본 연구에서는 이외에 비주거용 면적을 전체 주거지역 대지면적의 10%로 산정하여 총 대지면적의 40%를 공공용지와 비주거용면적으로 환산하여 적용하였다.

22) 1인당 적정거주면적은 수도권 중부지역의 밀도관리를 위해 제시한 값을 활용하였으며 이에 관한 사항은 박재길(2001 : p63) 참조

“규제 없음” 시나리오는 안양시의 조례에서 규정하고 있는 용적률의 상한선을 준용하여 주택을 건축한다고 가정할 경우²³⁾ 최대한 수용 가능한 인구(754,960명)를 의미하는 것으로 현재 안양시의 인구(583,240명)와 비교해 볼 때, 조례에서 규정하고 있는 용적률이 현실보다 과도하게 책정되어 있음을 알 수 있다.

개발밀도 규제시나리오별 수용 가능한 인구를 살펴보면, 안양시의 거주인구가 모두 주거지역에 거주한다고 가정할 경우 현재의 용적률보다 약 35%이상 강화되어야 적정인구에 도달할 수 있다. 90%이상 거주할 경우에는 약 30%, 80% 이상이 거주할 경우에는 약 20% 정도의 용적률 강화를 통해 적정인구에 도달할 수 있다. 이러한 결과는 개발밀도관리모델이 제시하고 있는 적정인구규모를 달성하기 위해서는 현재의 용적률에 대한 규제가 최소 20%에서 최대 35%가 강화되어야 함을 의미한다. 그러나, 현재 안양시의 경우에는 도시기반시설의 한계용량에 비해 약 9만 명 이상의 인구가 과도하게 집중되어 있는 상황이지만 이러한 현상이 안양시의 전반적인 도시공간구조상에서 발생하는 것인지, 특정지역에 과도하게 집중되어 나타나는 현상인지는 보다 세밀한 공간구조분석을 통해 진단해야 한다. 적정개발밀도 관리를 위해서는 개발의 정도와 기반시설의 증설계획 수립여부를 분석하여 현재 해당지역의 개발정도가 과밀하게 개발되었는지 또는 향후 개발의 여지가 있는지를 판단하여 지역별 여건과 특성에 적합한 개발밀도관리방안이 다양하게 제시되어야 한다.

V. 결론

도시기반시설의 한계용량과 현재의 개발밀도와의 상호비교는 도시성장관리를 위한 정책적 기본방향을 설정할 수 있는 근거를 제공한다. 시스템다이나믹스 기법을 활용하여 도시성장관리를 위한 개발밀도관리모델을 구축하고자 하였던 본 연구는 향후 도시의 성장관리를 위한 기본방향을 설정하는데 활용할 수 있는 모델을 제공하였다는 측면에서 의의가 있다고 생각된다. 또한 본 논문에서는 수행하지 않았으나 정책변수를 다양하게 활용하여 시나리오별 시뮬레이션 분석이 가능하므로 도시의 특성에 맞는 최적의 정책을 선택할 수 있는 토대를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 도시성장관리를 위한 보다 세부적이고 실질적인 운영방안을 마련하기에는 현재의 모델로는 한계가 있다. 따라서, 안양시를 대상으로 분석한 시뮬레이션의 결과

23) 건축가능면적은 주거지역별 대지면적에 안양시 조례에서 규정한 최대 건폐율을 적용하여 도출하여 전체면적 가운데 주택가능 대지면적은 건폐율 적용비율 만큼의 대지면적으로 산정하였다. 이는 건폐율 적용 이외의 대지면적은 도로, 학교, 근린생활시설 등의 입지면적으로 활용될 것이라는 가정 때문이다.

치는 어디까지나 참고자료로서만 활용될 수 있음을 분명히 하고자 하며, 언급한 연구의 한계점은 향후 계속해서 보완되어야 한다. 본 연구를 통해 제시된 개발밀도관리모델의 효용성을 증진시키기 위해서는 개발밀도에 영향을 미치는 보다 변수들을 추가하여 보완하고, 각각의 변수들이 개발밀도에 어느 정도의 영향을 미치는지를 판단하여 기반시설물이 야기하는 인구유발계수가 얼마인지를 측정함으로써 기반시설로 인해 야기되는 인구를 억제할 수 있는 적정 용적률과 건폐율을 산정할 수 있는 모델 수립 연구가 수행되어야 할 것이다.

추후 연구과제로는 지속가능한 도시성장관리를 위한 정책대안 선정과 정책집행의 효과를 비교하는 연구를 제시할 수 있다. 본 연구에서 제시된 적정도시규모의 인구수와 비교해 볼 때, 주택과 산업체는 다소 낮은 값을 보이고 있다. 이는 향후 도시성장관리 측면에서 어떠한 정책이 지속가능한 도시발전을 위하여 효과적일 수 있는지를 판단해야 하는 또 다른 문제를 제기하는 것이다. 향후에는 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 정책의 조합, 시뮬레이션 분석을 통해 최적의 정책대안을 선택할 수 있는 다양한 연구들이 진행되어야 할 것이다.



참고문헌

- 건설교통부. 2001. 국토이용및계획에관한법률안(I) 입법참고자료집. 과천 : 건설교통부.
- 박재길·김의식 외. 2001. 도시성장관리를 위한 개발밀도에 관한 연구. 안양 : 국토연구원.
- 안건혁 외. 1995. 신시가지의 적정개발밀도 및 용도별 면적배분 기준. 안양 : 국토개발연구원.
- 이병기, 1999, 도시계획의 새로운 패러다임, 경실련 도시개혁센터, 보성각
- 이양재, 1996, 서울시 성장관리기법의 도입에 관한 연구, 서울시정개발연구원
- 이창우. 1999. 서울시 환경용량평가에 관한 연구. 서울 : 서울시정개발연구원.
- 문태훈. 2002. "도시동태모형을 이용한 도시성장관리정책의 평가", 한국시스템다이내믹스 연구 제3권 제2호 : pp5-27.
- . 2002. "시스템다이내믹스의 발전과 방법론적 위상", 한국시스템다이내믹스 연구 제3권 제1호 : pp61-77.
- . 홍민선. 2001. "지탱가능한 발전을 위한 서울시 환경용량의 산정과 정책적 함의". 국토계획 제36권 제4호 : pp245-266.
- 최막중. 1999. "기반시설 제약조건하에서의 도시개발용량과 토지이용밀도", 국토계획 제34권 제3호 : pp61-72.
- 하성규 외, 1999, 지속가능한 도시개발론, 보성각
- 한국토지공사, 2002, 국토이용체계 개편에 따른 세부운영방안 마련을 위한 기반시설 연도제도 운영방안 연구. 건설교통부
- Alfeld, L. E. & A. K. Graham. 1976. Introduction to Urban Dynamics. Cambridge Massachusetts. Wright-Allen Press.
- Chinitz, Benjamin. 1990. "Growth Management". *Journal of American Planning Association*. 56(1).
- Daniel Clark. 1995. "Growth Management Techniques In City Of Carlsbad". *Journal of Urban Planning and Development*. 121(1)
- Knaap. Gerrit, Ding. Chengri, Hopkins. Lewis D, "Management Urban Growth for the Efficient Use of Public Infrastructure", *International Regional Science Review*, Vol. 24 Issue 3, Jul 2001
- Takashi Onishi. 1994. "A Capacity Approach for Sustainable Urban Development : An Empirical Study". *Regional Studies*. 28(1) : pp39-51.

ABSTRACT

A Study on Establishing the Development Density Control Model for Urban Growth Management

Jeon, Yu Sin · Moon, Tae-Hoon

※ Keywords : Development Density, Facility, Urban Dynamics Model, Urban Growth Management, System Dynamics, Carrying Capacity

The purpose of this paper was developing a development density control model for urban growth management, using system dynamics modeling. The density control model was developed to see how urban growth, transition, and decay occur depending on the interaction among population, houses, industry structure, land and urban infrastructure such as road, water supply, and sewage treatment facilities. Suggesting adequate level of development density control using the model was another purpose of this paper. The model was applied to An'yang city to estimate the maximum number of population, industry structures, houses, and cars that can be adequately sustained with the current An'yang city's infrastructure capacity. The computer simulation results shows that the city is overpopulated by some 90,000 people. To reduce the population to the adequate level that the current urban infrastructure can sustain, the current city regulation on floor area ratio are needed to be strengthened at least 20 to 35%.

□ 인구부문

$$\text{pop}(t) = \text{pop}(t - dt) + (\text{in_migration} + \text{birth} - \text{out migration} - \text{death}) \times dt$$

$$\text{INIT pop} = 583,240$$

$$\text{in_migration} = \text{pop} \times \text{attractiveness_of_housing_multi} \times \text{in_migration_normal} \times \text{attractiveness_of_job_multi}$$

$$\text{birth} = \text{pop} \times \text{birth_normal}$$

$$\text{out migration} = \text{pop} \times \text{out migration_normal}$$

$$\text{death} = \text{pop} \times \text{death_normal}$$

$$\text{birth_normal} = 0.03$$

$$\text{death_normal} = 0.015$$

$$\text{in_migration_normal} = 0.1$$

$$\text{out migration_normal} = 0.07$$

$$\text{percent_pop_growth} = \text{PCT}((\text{birth} + \text{in_migration} - \text{death} - \text{out migration}) / \text{pop})$$

□ 산업체부문

$$\text{business_structure}(t) = \text{business_structure}(t - dt) + (\text{business_construction} - \text{business_demolition}) \times dt$$

$$\text{INIT business_structure} = 32,976$$

$$\text{business_demolition_normal} = 0.025$$

$$\text{jobs} = \text{business_structure} \times \text{job_per_business_structure}$$

$$\text{job_per_business_structure} = 4.78$$

$$\text{business_construction} = \text{business_structure} \times \text{business_construction_normal} \times \text{business_const_multi}$$

$$\text{business_demolition} = \text{business_structure} \times \text{business_demolition_normal}$$

$$\text{business_construction_normal} = 0.07$$

$$\text{business_const_multi} = \text{business_labor_force_multi} \times \text{business_land_multiplier} \times \text{RCM} \times \text{SSCM} \times \text{WSCM}$$

$$\text{labor_force} = \text{pop} \times \text{labor_participation_fraction}$$

$$\text{labor_force_to_job_ratio} = \text{labor_force} / \text{jobs}$$

$$\text{labor_participation_fraction} = 0.27$$

$$\text{land_per_business_structure} = \text{LPBSCM} \times \text{LPBSN}$$

$$\text{LPBSCM} = \text{RLPM} \times \text{SSLPM} \times \text{WSLPM}$$

$$\text{LPBSN} = 0.0002$$

attractiveness_of_job_multi = GRAPH(labor_force_to_job_ratio) (0.00, 2.00), (0.2, 1.95), (0.4, 1.80), (0.6, 1.60), (0.8, 1.35), (1.00, 1.00), (1.20, 0.5), (1.40, 0.3), (1.60, 0.2), (1.80, 0.15), (2.00, 0.1)

business_labor_force_multi = GRAPH(labor_force_to_job_ratio) (0.00, 0.2), (0.2, 0.25), (0.4, 0.35), (0.6, 0.5), (0.8, 0.7), (1.00, 1.00), (1.20, 1.35), (1.40, 1.60), (1.60, 1.80), (1.80, 1.95), (2.00, 2.00)

business_land_multiplier = GRAPH(land_fraction_occupied) (0.00, 1.00), (0.1, 1.15), (0.2, 1.30), (0.3, 1.40), (0.4, 1.45), (0.5, 1.40), (0.6, 1.30), (0.7, 0.9), (0.8, 0.5), (0.9, 0.25), (1, 0.00)

□ 주택부문

houses(t) = houses(t - dt) + (house_construction - house_demolition) × dt

INIT houses = 130,560

house_construction = houses × house_construction_normal × housing_construction_multi

house_demolition = houses × house_demolition_normal

area = 58.52

household_size = 3.1

household_to_house_ratio = (pop/household_size) / houses

house_construction_normal = 0.07

house_demolition_normal = 0.015

housing_construction_multi = housing_availability_multi × housing_land_multiplier × RCM × SSCM × WSHCM

land_fraction_occupied = (business_structure × land_per_business_structure + houses × land_per_house) / area

land_per_house = LPHCM × LPHN

LPHCM = RLPM × SSLPM × WSLPM

LPHN = 0.000

attractiveness_of_housing_multi = GRAPH(household_to_house_ratio) (0.00, 1.40), (0.2, 1.40), (0.4, 1.35), (0.6, 1.30), (0.8, 1.15), (1.00, 1.00), (1.20, 0.8), (1.40, 0.65), (1.60, 0.5), (1.80, 0.45), (2.00, 0.4)

housing_availability_multi = GRAPH(household_to_house_ratio) (0.00, 0.1), (0.2, 0.2), (0.4, 0.35), (0.6, 0.5), (0.8, 0.7), (1.00, 1.00), (1.20, 1.35), (1.40, 1.60), (1.60, 1.80), (1.80, 1.95), (2.00, 2.00)

housing_land_multiplier = GRAPH(land_fraction_occupied) (0.00, 0.4), (0.1, 0.7), (0.2, 1.00), (0.3, 1.25), (0.4, 1.45), (0.5, 1.50), (0.6, 1.50), (0.7, 1.40), (0.8, 1.00), (0.9, 0.5), (1, 0.00)

□ 상수도부문

water_service(t) = water_service(t - dt) + (water_capacity - leakage_water) × dt

INIT water_service = 267,000,000 × 365

water_capacity = water_service × water_capacity_normal

leakage_water = water_service × leakage_rate

leakage_rate = 0.0

operation_rate = 0.8

waterer_supply_rate_index = water_supply_rate / water_service_social_index

water_capacity_normal = 0.0

water_demand = pop × water_demand_amount_per_person_a_day × 365

water_demand_amount_per_person_a_day = 313

water_service_social_index = 100

water_supply = water_service × operation_rate

water_supply_rate = (water_supply / water_demand) × 100

WSCM = GRAPH(waterer_supply_rate_index) (0.00, 0.00), (0.2, 0.05), (0.4, 0.14), (0.6, 0.31), (0.8, 0.56), (1.00, 1.00), (1.20, 1.21), (1.40, 1.32), (1.60, 1.36), (1.80, 1.39), (2.00, 1.40)

WSLPM = GRAPH(waterer_supply_rate_index) (0.00, 1.81), (0.2, 1.67), (0.4, 1.53), (0.6, 1.32), (0.8, 1.15), (1.00, 1.00), (1.20, 0.8), (1.40, 0.62), (1.60, 0.46), (1.80, 0.32), (2.00, 0.19)

□ 하수도부문

sewage_service(t) = sewage_service(t - dt) + (sewage_capacity) × dt

INIT sewage_service = 300,000,000 × 365

sewage_capacity_normal = 0.000

sewage_demand = pop × sewage_demand_amount_per_person_a_day × 365

sewage_demand_amount_per_person_a_day = 276

sewage_operation_rate = 0.8

sewage_service_social_index = 100

sewage_supply = sewage_service × sewage_operation_rate

sewage_supply_rate = (sewage_supply / sewage_demand) × 100

sewage_supply_rate_index = sewage_supply_rate / sewage_service_social_index

SSCM = GRAPH(sewage_supply_rate_index) (0.00, 0.00), (0.2, 0.05), (0.4, 0.14),
(0.6, 0.31), (0.8, 0.56), (1.00, 1.00), (1.20, 1.21), (1.40, 1.32), (1.60, 1.36),
(1.80, 1.39), (2.00, 1.40)

SSLPM = GRAPH(sewage_supply_rate_index) (0.00, 1.80), (0.2, 1.65), (0.4, 1.49),
(0.6, 1.30), (0.8, 1.14), (1.00, 1.00), (1.20, 0.86), (1.40, 0.68), (1.60, 0.52),
(1.80, 0.35), (2.00, 0.21)

□ 도로부문

road_area(t) = road_area(t - dt) + (road_capacity) × dt

INIT road_area = 4.896

road_capacity = road_area × road_capacity_normal

road_demand = cars × road_demand_amount_per_car

road_demand_amount_per_car = 0.00002932

road_supply_rate = (road_area / road_demand) × 100

standard_rate = 16

RCM = GRAPH(road_area_rate_index) (0.00, 0.00), (0.2, 0.05), (0.4, 0.14), (0.6, 0.31),
(0.8, 0.56), (1.00, 1.00), (1.20, 1.21), (1.40, 1.32), (1.60, 1.36), (1.80, 1.39),
(2.00, 1.40)

RLPM = GRAPH(road_area_rate_index) (0.00, 1.80), (0.2, 1.65), (0.4, 1.49), (0.6,
1.30), (0.8, 1.14), (1.00, 1.00), (1.20, 0.88), (1.40, 0.66), (1.60, 0.52), (1.80,
0.35), (2.00, 0.21)