

# 부동산시장 분석도구로써 시스템다이내믹스의 유용성 고찰

A Study on the Utilization of System Dynamics as a Real Estate Market Analysis Tool

강 지 원\* · 서 충 원\*\*

Kang, Ji-Won · Suh, Chung-Won

## 目 次

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| I. 서 론                  | IV. 사례 비교분석          |
| II. 부동산시장의 구조적 특성과 분석방법 | 1. 적용 사례분석           |
| 1. 부동산시장의 특성            | 2. 통계적 계량기법과의 차이점    |
| 2. 부동산시장의 분석방법          | 3. 시스템다이내믹스의 유용성과 한계 |
| III. 시스템다이내믹스기법         | V. 결 론               |
| 1. 복잡계 연구방법론            | <abstract>           |
| 2. 시스템다이내믹스             | <참고문헌>               |

## ABSTRACT

### 1. CONTENTS

#### (1) RESEARCH OBJECTIVES

Previous studies on real estate mostly relied on statistical or quantitative analysis methods. However, there is a limit of not being able to reflect all variables composing real estate market and their causal relationship because those analysis methods are based on unilinear thinking. A systematic logic to analyze overall changes of real estate market by understanding influences of variables and their causal relationship was required. In this study, utilization of system dynamics, a complex system research methodology, is observed as a real estate analysis tool.

#### (2) RESEARCH METHOD

In this study, data about structural characteristics of real estate market, complex system theories and system dynamics method were collected, searched and organized from various documentary records, books, periodicals, previous studies, etc. Also, with previous studies on real estate focusing on similar themes that used different tools, differences caused by use of different methods were analyzed.

#### (3) RESEARCH FINDINGS

Because system dynamics visually shows relations of each system components, it is easier to

\* 주 저 자 : 안세희계법인 실장, 강남대학교 · 용인송담대학교 시간강사, 부동산학박사, [ecointo@naver.com](mailto:ecointo@naver.com)

\*\* 교신저자 : 강남대학교 부동산학과 교수, 공학박사, [suhwon@kangnam.ac.kr](mailto:suhwon@kangnam.ac.kr)

▷ 접수일(2014년 10월 28일), 수정일(1차 : 2014년 11월 15일), 게재확정일(2015년 2월 13일)

understand mechanism of system operation, and dynamic changes of other variable influences could be analyzed comprehensively. Especially, it was proven that system dynamics method is very useful in real estate market of dynamic changes.

## 2. RESULTS

Because real estate market is far more complex than any other human sciences, some variables not considered with analysis based on unilinear thinking were significant factors influencing conditions of real estate market. Therefore, system dynamics method supplementing limits of statistical or quantitative methods is expected to be utilized more diversely as a real estate market analysis tool.

## 3. KEY WORDS

- Real estate market, System dynamics, complex system research methodology, unilinear thinking, System thinking

---

---

## 국문초록

부동산시장은 가시적인 또는 비가시적인 다양한 요소들이 끊임없이 상호 영향을 주고받으면서 형성되어지는 하나의 복잡계(complex system)라고 할 수 있다. 부동산에 대한 기존 연구들은 주로 통계적, 계량적 분석방법이 주를 이루어 왔으나 이러한 분석방법은 단선적 사고에 기반을 두고 있기 때문에 부동산시장을 구성하는 변수와 인과관계를 모두 반영하지 못하는 한계가 있다. 때문에 변수의 영향을 파악하고, 인과 관계에 따른 전체적인 부동산시장 변화를 분석할 수 있는 시스템적 논리가 요구된다. 본 논문에서는 부동산시장 분석도구로써 시스템다이내믹스의 유용성에 대해 고찰해 보았다. 그 결과 시스템다이내믹스는 시스템 각 구성요소의 관계성을 시각적으로 나타냄으로써 시스템 작동의 매커니즘을 쉽게 파악할 수 있고 타 변수에 대한 영향도의 동태적 변화를 포괄적으로 분석할 수 있음을 확인하였다. 특히, 역동적으로 변화하는 부동산시장에서는 시스템다이내믹스기법의 유용성이 크다고 볼 수 있다.

**핵심어 : 부동산시장, 시스템다이내믹스, 복잡계 연구방법론, 단선적 사고, 시스템 사고**

---

---

## I. 서론

### 1. 연구목적

부동산시장은 일반재화시장에 비해 수요와 공급구조가 매우 불안정하고 복잡하다. 거래되는 가격은 일반 재화나 용역시장과 마찬가지로 수요자와 공급자의 의사에 의해서 결정되지만, 부동산시장에서는 수요자와 공급자의 의사결정에 영향을 주는 요소들이 그 수를 헤아릴 수 없이 많고 또 이들은 외부 요인에 매우 민감하게 반응한다.

부동산시장 환경은 항상 변하고 있으며, 부동산 가격 역시 부동산가격에 미치는 영향요인의 다양성 등으로 인해 시시각각 변하고 있다.

부동산시장은 사회적 안정의 중요한 결정요소라는 이유 때문에 단순한 자유시장의 매커니즘에만 맡겨둘 수 없다는 측면이 있다. 따라서 정부의 부동산정책개입도 끊임없이 지속되어 오고 있다.

이처럼 부동산시장은 국가의 주요 정책대상으로서 매우 중요한 시장임과 동시에, 가시적인 또는 비가시적인 다양한 요소들이 끊임없이 상호 영향을 주고받으면서 형성되어지는 복잡

(complex)<sup>1)</sup>한 시장임에는 누구도 이론의 여지가 없을 것이다.

오래전부터 부동산 시장과 관련된 연구들은 다양한 시각과 다양한 주제로 끊임없이 지속되어 오고 있다. 아쉬운 것은, 그동안의 연구방법이 주로 단선적 사고에 기반을 둔 통계·계량경제학적 접근방법을 사용하여 변수간의 상관관계에 초점을 맞추어 이루어졌다는 것이다.

부동산시장이 복잡한 시장이라는 특성 때문에 부동산시장의 변화 원인을 분석하고 향후 부동산시장의 변화를 예측하는 데에는 어떠한 연구방법론이라 하더라도 한계가 있을 수밖에 없을 것이다. 단선적 사고에 기반을 둔 통계적 계량분석은 부동산시장을 구성하는 주요 변수 및 인과관계에 대한 전체 논리 중 일부 영향요인을 간과할 수밖에 없다. 때문에 정책 변수의 영향을 파악하고, 인과 관계에 따른 전체적인 부동산시장 변화를 분석할 수 있는 시스템적 논리가 필요하다.<sup>2)</sup> 다시 말하면 시스템 전반에 작용하는 여러 구성 변수들의 관계성을 파악하고, 타 변수에 대한 영향도의 동태적 변화를 포괄적으로 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 부동산시장 분석도구으로써 단선적 사고에 입각하여 사용한 통계·계량경제학적 연구방법론(이하에서는 '통계적 계량기법'이라 함)과 차별하여, 시스템 사고를 중시하는 복잡계적(complex system) 연구방법론 중 하나인 시스템 다이내믹스의 유용성에 대해 고찰해 보고자 한다.

## 2. 연구방법

먼저 각종 문헌들을 통하여 부동산시장의 구조적 특성을 고찰하고, 부동산관련 연구동향과 부동산시장의 분석방법들을 확인하기 위하여 부동산학 관련 학회지 가운데 논문게재수가 많은 상위 두 개의 학회지를 선정하여 2004년 1월부터 2014년

6월까지 게재된 1,097편의 논문들을 검토하였다.

복잡계 이론을 이해하고 시스템다이내믹스 기법을 체계적으로 활용하기 위하여 관련 서적들과 간행물, 선행논문들을 수집·탐구·정리하였다.

통계적 계량기법과 시스템다이내믹스기법의 차이점을 비교하기 위해 유사한 주제의 연구사례를 발굴하였다. 사례로는 첫째, 통계적 계량기법을 활용한 연구로서 주택전세가격지수와 주요 경제변수의 시계열 자료들을 분석하고, 주택전세가격에 영향을 미치는 거시경제변수들에 대한 회귀 분석을 통해 실증분석을 수행한 것이다. 둘째, 시스템다이내믹스기법을 활용한 연구로는 국내 전세시장과 주택시장에 상존하는 다양한 이해관계자들의 관계를 시스템다이내믹스기법을 활용하여 구조적 모형을 도식화 한 것이다.

마지막으로 두 연구결과를 비교하여 차이점이 무엇인지 확인하였다. 이를 토대로 부동산시장 분석도구로서 시스템 다이내믹스의 유용성과 이를 활용하는데 있어 현실적인 문제점 등을 고찰한다.

## II. 부동산시장의 구조적 특성과 분석방법

### 1. 부동산시장의 구조적 특성

부동산시장이란 부동산 거래가 행해지는 곳으로써 어떤 일정한 장소를 의미하는 것이 아니라 매도인과 매수인이 서로 만나는 장을 의미한다.

부동산은 국지성이 강하며, 부동산은 나라, 지역에 따른 자연적, 인문적 환경과 그 나라의 권익이 결합하여 형성되는 특이성을 지녔다.<sup>3)</sup> 이러한 부동산의 특성으로 인하여 부동산시장은 일반 재화시장과 달리 다음과 같은 특성이 있다.

첫째, 부동산의 자연적 특성중 하나인 개별

1) 여기서 복잡하다는 것은 함께 위임으로써 혼란스러워 보이지만 질서정연한 상황이 복잡함을 뜻한다. 흔히 복잡하다고 하면 흔히 은통 뒤 죽박죽이 되어 혼란스러운 상태를 연상할 수 있겠지만 이것은 'complicated'에 해당하는 의미로서, 'complex'와 구별하여야 한다. : 윤영수·채승병, 복잡계 개론, 삼성경제연구소, 2006, p.19.

2) 황성주·이현수·박문서, "시스템다이내믹스를 이용한 주택시장 작동원리 분석", 한국건설관리학회 2008년도 정기학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, 2008, p.373.

3) 김용민, "부동산평가법제의 개선에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집, p.342.

성 때문에 일반적 거래 시장 보다는 대부분 국지적으로 한정된 불완전 시장이다.

둘째, 부동산의 부동산성으로 인해 시장이 특정한 지역에 국한됨으로써 시장의 지역성이 강하다.

셋째, 부동산은 고액의 자금이 필요하며, 유통 내용이 공개되지 않아 가격정보 등 거래 정보의 비공개성과 비대칭성이라는 특성이 있다.

이 밖에도 물리적 상태의 개별성 뿐 아니라 경제적·법적 적용상 성질이 달라 상품의 비표준화성과, 하위시장으로 구성됨에 따라 발생하는 시장의 비조직성, 영속성, 내구성 등의 다양한 요인으로 인해 수급조절의 곤란성 등의 특성이 있다.

한편, 부동산시장에서는 실수요자만 존재하는 것이 아니라 자본이득을 목적으로 하는 투자 수요가 공존하기 때문에 일반적인 경제 원리에 따른 수요·공급의 원리가 배제되는 경우가 허다하다. 특히, 부동산가격이 계속 상승세를 유지하거나 하락세를 유지하는 경우 부동산시장은 그 균형을 예측하기 어렵다. 예컨대, 주택가격과 거래량 간에는 양(+ )의 관계가 성립되고 있다는

사실은 매수자도 가격이 오르는 시점에 주택을 사고 싶어 한다는 것을 의미한다.<sup>4)</sup> 단기적인 주택시장에서는 주택가격이 상승하면 오히려 수요는 늘고 공급은 줄거나, 주택가격이 하락하면 수요는 줄고 공급은 늘어나는 역행적인 수요·공급 현상도 빈번하게 발생해 왔다.

부동산시장은 여러 가지 다양한 요인들이 복잡하게 얽혀 상호 영향을 주고받는 복잡계시장 (complex system market)이기 때문에 예측을 어렵게 하고, 정책 결정시 고려해야 할 요인들과 정책의 장기적 파급효과를 추정하는 데에도 제한이 따를 수밖에 없는 구조적 특성이 존재하고 있다.

## 2. 부동산시장의 분석 방법

부동산 관련 연구들은 다양한 시각과 다양한 주제로 과거부터 현재까지 꾸준히 지속되어오고 있다. 2004년 1월부터 2014년 6월까지 한국부동산학회와 한국부동산분석학회에 게재된 논문은 모두 1,097편이다. <표 1>은 총 1,097편의 논문들을 학회별로 구분하여 연구주제별로 분류

<표 1> 부동산관련 연구 현황

구 분	계			한국부동산학회			한국부동산분석학회		
	소계	서술적 연구	계량적 연구	소계	서술적 연구	계량적 연구	소계	서술적 연구	계량적 연구
가격, 수요, 공급	252	32	220	155	22	133	97	10	87
법, 제도, 정책	107	92	15	99	86	13	8	6	2
금융, 투자, 보험	93	35	58	57	30	27	36	5	31
정부의 정책사업	82	52	30	74	49	25	8	3	5
부동산 관리측면	69	17	52	45	17	28	24		24
부동산 입지관련	60	9	51	38	8	30	22	1	21
부동산 환경	56	13	43	48	12	36	8	1	7
부동산 개발사업	55	30	25	43	25	18	12	5	7
해외연구	33	26	7	28	23	5	5	3	2
부동산 전문업	36	20	16	26	17	9	10	3	7
부동산 조세	32	26	6	26	22	4	6	4	2
부동산 평가, 보상	26	21	5	19	16	3	7	5	2
부동산 중개관련	23	4	19	21	4	17	2		2
경공매, 권리분석	20	11	9	18	11	7	2		2
부동산 정보서비스	20	6	14	14	5	9	6	1	5
부동산 마케팅, 홍보	15	6	9	11	5	6	4	1	3
기타	118	73	45	91	55	36	27	18	9
계	1,097	473	624	813	407	406	284	66	218

4) 김대원·유정석, "주택가격과 거래량 간 관계 형성에 매도-매수 선호시점이 미치는 영향 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집, p.230.

하고 서술적 연구와 계량적 연구로 분류한 것이다. <표 1>에서 보는 바와 같이 서술적 연구가 473편으로서 약 43%, 계량적 연구는 624편으로서 약 57%이다.

한국부동산학회에 게재된 연구는 서술적 연구와 계량적 연구가 각 407편과 406편으로 거의 유사한 반면 한국부동산분석학회는 서술적 연구가 66편, 계량적 연구가 218편으로서 계량적 연구가 서술적 연구보다 약 3.3배정도 많은 것을 볼 수 있다. 연구주제별로 분류해 보았을 때 부동산 가격과 수요·공급을 주제로 한 연구가 두 학회 모두 가장 많았으며(252편, 약23%) 한국부동산학회는 법·제도·정책이 그 다음인 반면 한국부동산분석학회는 금융·투자·보험 관련 연구가 두 번째로 많았다.

부동산시장의 분석방법으로는 시계열자료를 이용한 회귀분석, 상관분석, 교차분석, 빈도 분석 등이 주를 이루고 있으며 특성가격모형, AHP방법, 반복매매모형, 주성분 분석, 공간오차모형, 로짓분석 등 이외에도 매우 다양한 통계적 계량기법들을 이용하였으나 아쉽게도 시스템 다이내믹스기법을 활용한 연구는 없었다.

### Ⅲ. 시스템다이내믹스 기법

#### 1. 복잡계 연구방법론

복잡계(complex system)는 모든 요소가 지속적으로 어떤 패턴을 보이며 반응하거나 혹은 항상 변하면서 새로운 상황을 만들어내는 것이다. 몇 가지 변하지 않는 패턴에서 완벽하게 논리적인 플레이어들의 시스템이 아니라, 계속해서 변화하는 패턴 내에서 현실의 플레이어가 어떻게 적응하고 모색하는지를 연구하는 분야이다. 복잡계는 수많은 구성요소들로 이루어져 있으며, 이들 구성요소들은 독립적으로 존재하지 않고 다양

한 상호작용을 주고받는다. 그 결과 새로운 현상과 질서가 나타난다. 이 새로운 질서의 출현을 '창발(emergence)'이라 하며, 이로 인해 나타나는 질서적인 현상이 일어날 때 비로소 복잡계라고 할 수 있다.<sup>5)</sup>

복잡계 연구방법론으로는 시스템다이내믹스 모형(System Dynamics Model)외에도 네트워크 모형, 연립미적분방정식 모형, 행위자기반모형(Agent-Based Model) 등이 있다.

## 2. 시스템다이내믹스

### 1) 개념

시스템다이내믹스는 1961년 미국 MIT대학의 포레스터(Jay W. Forrester)교수가 『Industrial Dynamics』라는 책을 통해 개발한 기법이다. 초기에는 산업동태론으로 불리다가 산업동태론이 산업부문뿐만 아니라 사회과학의 전 분야는 물론 자연과학과 공학에도 적용되면서 좀 더 일반적인 용어인 시스템다이내믹스로 불리게 되었다.<sup>6)</sup>

시스템다이내믹스는 시스템의 구성요소들 사이의 순환적 인과관계와 피드백을 강조하므로 종속변수와 독립변수의 구분 없이 모든 인과관계를 순환적 관계로 본다. 복잡하고 변화가 심한 사회현상을 컴퓨터를 이용하여 분석, 응용, 예측하는 실용과학이라고 할 수 있다.

시스템다이내믹스는 복잡한 비선형시스템에 분석적 해결책을 제공하는 모델링 방법이기도 하다. 시스템 내의 피드백 프로세스에 초점을 두고 동태적 사고를 통해 시스템을 이해하는 방식이다.<sup>7)</sup>

### 2) 특징

시스템다이내믹스는 일회적인 사건이나 모

5) 윤영수·채승병, 앞의 책, pp.55~56.

6) 김도훈, 문태훈, 김동환, 시스템다이내믹스, 대영문화사, 2001, p.45 재구성.

7) 강지원, "시스템다이내믹스를 이용한 재산세세부담상한제도분석", 부동산학보, 한국부동산학회, 2014, 제58집, pp.132~133.

형 매개변수의 정확한 측정이나 변수의 추정 값을 구하기보다는 관심의 대상이 되는 변수가 시간의 흐름에 따라 어떤 동태적인 변화 경향을 보이는지를 파악하는 도구이다.

시스템다이내믹스는 시스템의 구성요소들 사이의 순환적 인과관계와 피드백을 강조하므로 종속변수와 독립변수의 구분 없이 모든 인과관계를 순환적 관계로 본다. 이런 의미에서 시스템다이내믹스는 관련된 모든 내·외부 변수들을 시스템 내부로 끌어들이어서 이들의 원형의 인과관계에 의하여 동태적인 상호작용을 하고 있는 것으로 파악하기 때문에 원형의 되먹임 관점을 가진다.<sup>8)</sup>

시스템다이내믹스는 시스템 구성요소들의 상대적 중요성이 고정되어 있는 것이 아니라 시간의 흐름에 따라 변화하는 것으로 봄으로써 지속적으로 상호 영향을 주고받는 동태적 관계로 파악하고자 하는데 적절한 모형이며 다른 모형과 달리 어느 한 부분에 집착하기보다는 전체와 관련하여 부분의 역할을 강조하는 사고틀이며 분석틀이다.

### 3) 연구과정

시스템다이내믹스는 문제의 근원이 되는 원인구조를 밝힘으로써 구조에서 문제에 대한 해결을 찾으려는 시도이므로 시스템에서 나타나고 있는 현재의 상황은 반드시 이전 시스템의 결과가 원인으로 작용한다. 이러한 메커니즘을 이해하고 모형을 효율적으로 개발하기 위해서는 시스템사고<sup>9)</sup>를 갖추어야 한다.

아래 <그림 2>는 시스템다이내믹스 모형의 기본 도식 표현이다.<sup>10)</sup>

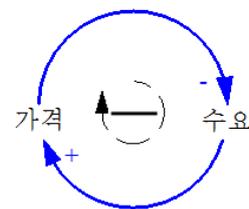
<그림 2> 시스템다이내믹스 기본 도식

도식	설명
	모든 다른 조건들이 같을 때 변수 A의 증가(감소)가 변수B를 증가(감소)시킨다. 변수 A의 증가(감소)가 변수B를 증가(감소)시킨다.
	변수 A와 변수B사이의 인과관계 총족에 중대한 시간지연을 포함한다.
	시스템에서 Stock을 변화시키는 변화율(Rates) 또는 흐름(Flow)로 정의
	시스템의 결과로 저장되는 변수로써 저장(Stock) 또는 수준(Level)로 정의

시스템다이내믹스를 구성하는 인과관계 피드백루프는 시스템을 목표치로 이동시킴으로써 안정적인 작용을 일으키는 자기조절 피드백 루프(balancing loop)와 시스템에 상승 작용을 일으키는 자기강화 피드백 루프(reinforcing loop)로 구성된다. 자기조절 피드백 루프는 시스템을 안정시키는 역할을 하는 반면, 자기강화 피드백 루프는 시스템의 선순환 작용 또는 악순환 작용을 지속시키는 특성을 가지고 있다.<sup>11)</sup>

예컨대<sup>12)</sup> <그림 3>은 주택시장에서 가격을 결정하는 자기조절 피드백 루프이다. 일반적인 경제논리에 따라 수요가 증가하면 가격이 증가하지만, 다시 가격이 증가하면 수요의 감소를 불러오는 자기조절 현상을 볼 수 있다.

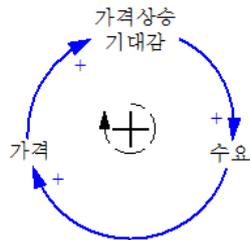
<그림 3> 자기조절 피드백 루프



8) 김동환, "정책 평론과 시스템다이내믹스", 한국시스템다이내믹스연구, 한국시스템다이내믹스학회, 2001, 제2권 제2호, p.6.  
 9) 시스템사고는 시스템을 구성하는 상호 의존적 변수들 간의 관계를 고찰하여 이들 사이의 순환고리(feedback loop)를 이해하는 사고체계라 할 수 있다.  
 10) 황성주·박문서·이현수·김현수, "시스템다이내믹스 시뮬레이션을 이용한 주택수요 조절 정책의 타당성 평가", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2010, 제11권 제5호, p.33.  
 11) Ahmad, S and Simonovic, S, "System Dynamics Modeling of Reservoir Operations for Flood Management", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 2000, 14(3), pp.190~198.  
 12) 황성주·박문서·이현수·김현수, 앞의 논문, 2010, p.34.

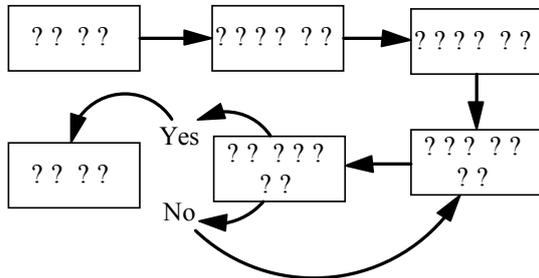
그러나 주택은 투자재로서의 성격을 가지고 있기 때문에 <그림 4>에서와 같이 수요증가에 따라 가격이 상승할 경우 가격상승에 대한 기대감으로 또 다시 수요를 자극하고, 수요의 증가는 다시 가격의 증가로 이어지는 자기강화 작용을 볼 수 있다.

<그림 4> 자기강화 피드백 루프



시스템다이내믹스의 연구과정은 여섯 단계로 구분되어 진행되는데 요약하면 <그림 5>와 같다.

<그림 5> 시스템다이내믹스 연구절차



첫 번째 단계에서는 문제의 범위와 분석수준을 결정한다.

둘째, 모델에 영향을 주는 구성변수들을 선정한다.

셋째, 선정된 구성변수들의 상호 영향관계를 파악하여 인과지도를 작성한다.

넷째, 작성된 인과지도를 바탕으로 변수들 간의 영향관계를 시뮬레이션 할 수 있도록 흐름

도(Stock-Flow Diagram)를 작성한다.

다섯째, 흐름도의 작성만으로는 시뮬레이션을 실행할 수 없다. 흐름도에 사용된 변수들에 정량적인 값을 입력하여 시뮬레이션이 수행되도록 하여야한다. 수식들은 수학적 표현으로 나타낼 수 있으며, 시차가 반영된 계량 정보와 유량변수에 의해 증감이 나타나고 저장변수는 시간에 따라 누적된다. 시뮬레이션을 통해 얻은 변수들의 행태를 과거 통계자료와 분헌자료들과 비교하거나 극단적인 상황에서 모형이 안정적으로 움직이는가를 검사하면서 모형의 타당성을 평가한다.

마지막으로 모형의 타당성이 검증되면 시뮬레이션 분석을 할 수 있다. 시뮬레이션을 통해 알고자 하는 대상으로 시나리오를 설정하고 그 결과를 분석한다.

## IV. 비교분석

### 1. 적용 사례 분석

#### 1) 통계적 계량기법 사례

김현우 외 2인(2012)은 '주택전세가격과 거시경제변수간의 관계연구'<sup>13)</sup>라는 연구를 위해서 주택 전세가격지수와 주요 거시경제변수의 시계열 자료들을 분석하고, 이후 주택 전세가격에 영향을 미치는 거시경제지수에 대한 회귀분석을 통해 실증분석을 수행하였다. 이들은 전세가격에 영향을 주는 변수들을 전세가격지수, 매매가격지수, 가계대출금리, 가계예금총액, 취업자 수로 정한 후, OLS(일반최소자승법) 모형을 기반으로 주택전세가격과 거시경제변수간의 회귀분석을 실시하였다.

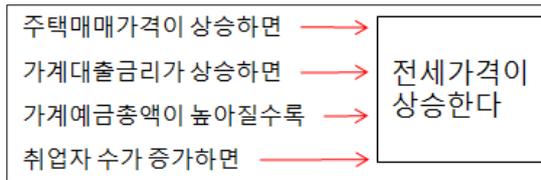
단위근<sup>14)</sup> 검정과 공적분 검정, 오차수정장

13) 김현우 · 진경호 · 이교선, "주택전세가격과 거시경제변수간의 관계연구", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2012, 제13권 제2호, pp.128~136.

14) 전해정, "주택 전세/매매가격비율 변동분석에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제53집, p.195. '단위근이 존재한다는 것은 시계열이 불안정하다는 것으로 차분을 통해 안정화시켜야 한다. 안정적 시계열은 시계열의 평균이 시간의 흐름과 상관없이 일정하고, 평균을 중심으로 하는 변동량이 표본기간에 상관없이 일정한 값을 가져야 한다'.

치 등을 통해 시계열 자료 검증까지 한 결과, 주택 전세가격지수는 주택매매가격지수와 가계대출금리, 가계예금총액, 취업자 수와의 관계가 실제로 존재한다고 하였다.

〈그림 6〉 통계적 계량기법의 결과도출



〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 ‘첫째, 주택매매가격의 상승은 주택전세가격 상승에 직접적으로 영향을 끼친다. 둘째, 가계대출금리의 상승은 전세가격의 상승에 영향을 끼치고 있다. 셋째, 가계예금총액이 높아질수록 전세가격은 상승한다. 넷째, 취업자 수의 증가는 전세가격을 증가시킨다.’라고 함으로써 어떤 한 요인이 어떠한 결과를 초래하는 것으로 단선적인 분석을 하고 있다.

최근 서울은 물론이고 수도권과 지방 일부지역에서는 주택매매가격은 하락함에도 전세가격 상승과 전세물량 품귀현상으로 인해 전세대란<sup>15)</sup>에 대한 우려의 목소리가 커지고 있음을 설명하지는 못한다.

이처럼 복잡성의 증대로 인해 비선형성이 증폭되어가는 현재 주택시장 상황에서는 단선적인 사고 하에서 문제를 진단하고 개선방안을 제시하는 통계적 계량기법은 자기발현성의 오류를 범할 수 있을 뿐 아니라 의도하지 않은 효과의 발생을 포착하지 못해서 현실 적합한 대안을 제시하지 못한다는 한계가 있을 수 있다.

## 2) 시스템다이내믹스기법 사례

박문서 외4인은 ‘시스템 다이내믹스 방법론

을 활용한 국내 전세 구조분석<sup>16)</sup>이라는 연구를 통해서 전세가격에 영향을 미치는 중요변수와 가격형성에 관여하는 이해관계자를 도출하고 주택 전세시장의 인과지도모형을 개발하였다.

입력-출력(input-out-out)분석과 전문가 의견수렴 및 면담 등 3단계에 걸쳐 모형의 타당성 검토와 검증을 수행하였다.

이들 연구자는 주택전세시장을 전체 주택시장의 한 부분으로 보고, 우선적으로 전체주택시장의 수요·공급모형을 작성하였다.

주택시장 수요모형은 주요 미시경제학적 시각과 기대투자이득의 관점으로써 전세시장을 포함한 주택매매시장 즉, 전세수요와 주택구매수요, 기존주택매매가격간의 관계를 통하여 인과관계를 도식화하였으며 실수요와 투자수요로 구별하여 투자수요는 1가구2주택이상 보유자로 보고 투자자의 잉여주택이 곧 임대주택시장 공급의 공급원으로써 전세시장에 영향을 미치는 주요 요인으로 분석하였다.

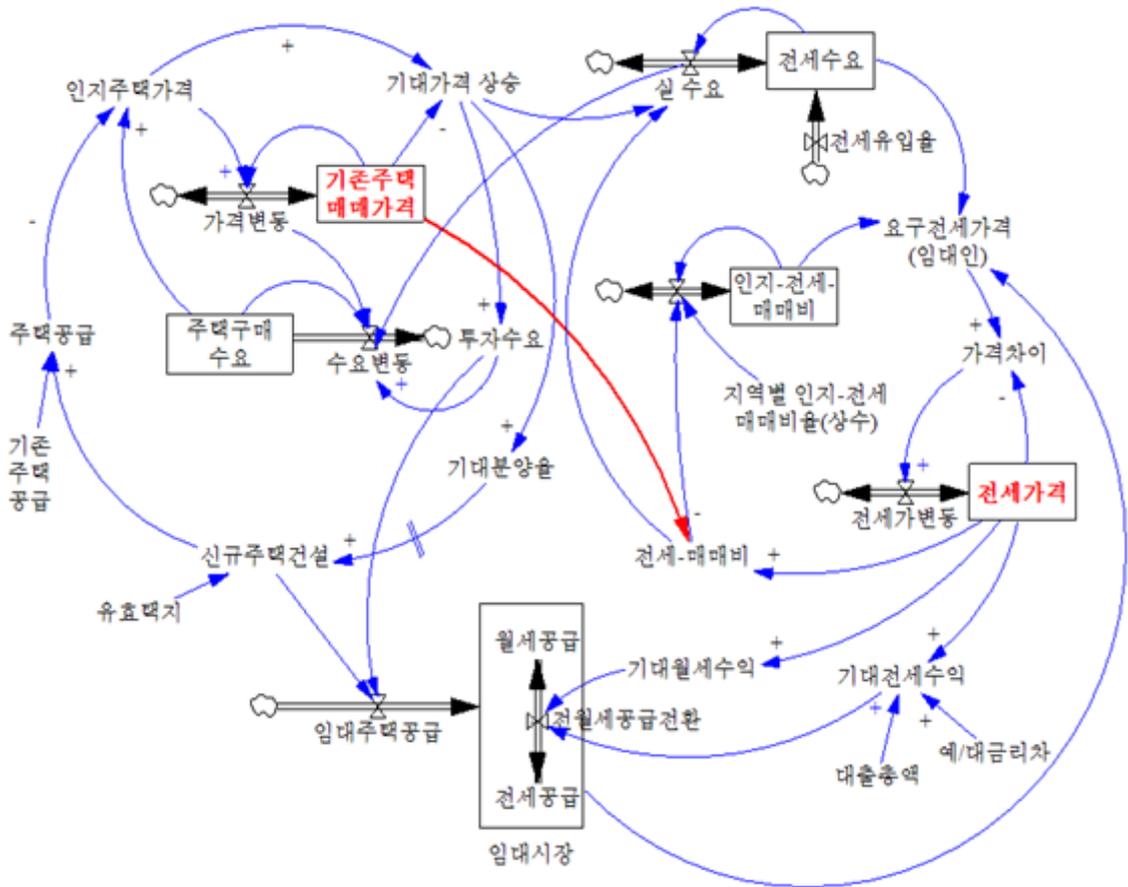
주택시장 공급모형은 수요 모형이 미시적 관점에서의 수요를 중심으로 설명한 것과는 다르게 거시적, 국가전체수준의 주택 공급구조로 설명하고 있으며 〈그림7〉<sup>17)</sup>과 같이 각 요소들의 인과관계를 도출-분석-설명함으로써 주택전세시장의 인과모형을 개발하였다.

이들의 연구 결과 가운데 일부만을 추출하여 요약해 보면 다음과 같다.

주택가격 하락 시의 전세가격은 기존주택매매가격하락이 전세-매매비의 즉시적 하락을 가져오지만, 인지-전세 매매비의 하락으로는 시간이 소요된다. 단기적으로 기존 주택매매가격의 하락은 요구전세가격 하락으로 이어져 전세가격 하락을 예상할 수 있지만, 장기적으로 투자수요 급감으로 전세 공급량의 저하 및 동시적으로 증

15) 성주한·오준석, “수도권 아파트 전세가격의 공간적 전이효과에 관한 연구”, 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제52집, p.213.  
 16) 박문서 외 4인, “시스템 다이내믹스 방법론을 활용한 국내전세 구조분석”, 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2012, 제13권 제6호, pp.153~164.  
 17) 본 인과모형을 본연구자가 재작성한 것이므로 실제 연구자들의 인과모형을 충분히 표현하지 못하였을 가능성이 있으므로 예시모형으로만 이해하여야 한다.

〈그림 7〉 시스템다이내믹스기법의 결과도출



가하는 전세수요로 인하여 인지 전세-매매비 변화로 요구전세가격은 계속적으로 증가할 것으로 예상된다. 반대로, 주택가격 상승 시 단기적으로 전세가격이 상승하지만 장기적으로 투자수요 활성화에 의한 전세공급 유입 및 전세수요자들의 자가 주택 구매로 수요전환이 이루어져 수요 공급의 원리에 의하여 인지 전세-매매비 변화 및 요구전세가격이 하락할 것으로 예상할 수 있다. 또한, 생애 첫 주택구입자로 대변되는 실주택거래 수요에 대한 지원을 대폭 늘림으로 적체된 전세수요를 실수요로 전환시킬 수 있도록 하여야 한다는 점과 전세가격의 증가가 곧 주택구입 및 주택시장 활성화의 전제조건으로 해석할 수 있는 점을 모형을 통해 설명하였다.

## 2. 통계적 계량기법과 시스템다이내믹스의 차이점

통계적 계량기법과 시스템다이내믹스 분석의 차이점을 요약해 보면 다음과 같다.

통계적 계량기법에서는 주로 단기적으로 변수의 값을 정밀하게 추정하는데 주된 관심을 가지며, 모형의 구조와 모형 파라미터의 엄격한 통계적인 검증에 주안점을 두고 있다. 시스템다이내믹스는 이러한 정밀한 통계적 검증에 의한 예측은 방법론상의 제약과 너무도 많은 예외적인 변수의 영향으로 성공적인 예측이 어려울 뿐만 아니라 변수의 동태적인 변화를 예측하지 못하고 또, 그 변화를 야기 시키는 문제의 구조와 과정에

대한 설명도 제시하지 못한다고 비판한다.<sup>18)</sup>

시스템다이내믹스와 통계적 계량기법에서 가장 중요한 차이는 연구 대상 현상을 모델링함에 있어서 그 현상을 일으킨 원동력을 내부에서 찾느냐 외부에서 찾느냐 하는 점이다.

통계적 계량기법에서는 보통 선형적 인과 모형에서의 독립변수를 외생변수로 하여 종속변수의 변화에 영향을 미치는 요인이 별도로 존재한다고 가정한다. 그리고 양 변수의 변화가 통계적으로 유의미한 경향성을 띠게 되면 독립변수가 종속변수의 원인이라고 추론(infer)하는 것이다.

시스템다이내믹스에서는 영향을 주고받는 각 요소들이 모두 시스템 내부에 포함되어 있으며 시스템의 요소들이 시스템 밖의 환경과 영향을 주고받는 것을 모델에 포함함으로써 기본적인 접근을 시스템을 구성하는 요소들 사이의 상호작용으로 하고 있다.

〈표 2〉는 연구방법론 측면에서 시스템다이내믹스와 통계적 계량기법의 대표적 특성을 서로 비교한 것이다.

이러한 차이는 시스템다이내믹스와 통계적 계량기법이 상호 경쟁적인 위치에 있다기보다는 상호 보완적인 위치에 있음을 시사한다. 즉, 동일한 정책연구 과제에 대하여 시스템의 구조를 강조하는 시스템다이내믹스와 시스템의 행태를 강조하는 통계적 계량기법을 동시에 사용함으로써 양자의 장점을 취할 수 있다는 점이다.<sup>19)</sup>

〈표 2〉 연구방법론의 특성 비교

특성	통계적 계량기법	시스템다이내믹스
추론 방식	기존의 경험적 치료	변수들 간의 인과적 관계
분석 대상	정태적 행태(점추정)	동태적 행태 유형
분석 초점	두 변수 간의 상관관계	다 변수들 간의 순환관계
분석 목표	수치적 정확성 추구	구조적 정확성 추구
정책 예측	단기적 예측	장기적 예측
지식의 대상	관찰 가능한 객관적 현상	보이지 않는 피드백 구조

자료 : 김도훈 외 2인, 시스템다이내믹스, 대영문화사, 2001, p.52.

18) 문태훈, "시스템 다이내믹스의 발전과 방법론적 위상", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2002, 제3권 제1호, p.69.

19) 김도훈·문태훈·김동환, 앞의 책, pp.51~52.

20) 김도훈·문태훈·김동환, 앞의 책, pp.52~54.

통계적 계량기법과 시스템다이내믹스는 상호 밀접하게 결합되기에는 〈표 2〉에서 보는바와 같이 기본적인 사고에서 그 차이가 크다. 특히 통계적 계량기법 연구자들은 단기적인 예측의 정확성을 추구하는 반면, 시스템다이내믹스 연구자들은 인간 행동의 예측은 불가능하며 따라서 그러한 시도는 무의미하다고 생각한다. 시스템다이내믹스 연구자들은 단기적인 정책의 성공은 장기적인 실패를 가져온다고 생각하고 있으며, 단기적인 정책과 단기적인 예측을 오히려 위험한 시도라고 생각한다.

통계적 계량기법은 시스템을 개방적이라고 생각하여 시스템과 환경을 분리하여 생각한다. 환경의 변화를 시스템에 대한 투입(input)으로 보고, 투입에 대하여 시스템이 어떠한 균형 상태에 도달할 것인가에 관심을 갖는 반면, 시스템다이내믹스에서는 시스템과 환경을 상호작용하는 폐쇄된 시스템이라고 생각한다. 시스템다이내믹스는 환경의 변화가 시스템의 변화를 가져오고 시스템의 변화는 다시금 환경의 변화를 가져온다고 믿고 있다. 따라서 시스템다이내믹스 연구자들은 시스템의 종국적인 균형점에 관심을 가지기 보다는 환경과의 상호작용에 따른 진화과정에 관심을 가진다.<sup>20)</sup>

### 3. 부동산시장 분석도구로써 시스템다이내믹스의 유용성과 한계

부동산시장은 다양한 요인들이 복잡하게 얽혀 상호 영향을 주고받는 복잡한 시장이다. 어떠한 요인이 시장에 영향을 미치기 위해서는 상당한 시간이 경과한 후에 그 결과가 나타나기도 한다. 어떤 변수가 개입되면 단선적으로 효과를 나타내는 단순한 관계가 아니라, 개입과 개입결과가 계속적으로 반복되는 순환적인 인과관계의 특성을 가지고 있다. 이러한 부동산시장의 특성들은 시스템다이내믹스의 특성과 상당부분 공통점을 가지

고 있다. 부동산시장을 분석하는 도구로서 시스템 다이내믹스의 주요 강점은 다음과 같다.

첫째, 시스템다이내믹스는 부동산시장의 문제를 발견하고 그것을 정의하는 것에서 출발하여 그 문제들을 이해하고, 해결하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

둘째, 다양한 변수 및 다양한 참여자가 영향을 미치는 부동산시장을 분석함에 있어 한정된 영향변수로 통계적 계량기법 모델을 구축하는 방법보다 다양한 변수들 간의 동태적 관계 모델을 구축하는 시스템다이내믹스 방법이 더욱 적합할 수 있다. 시스템다이내믹스는 부동산시장 구조에서 새로운 변수가 발견될 경우 추가 또는 확장할 있으며 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 세부적 분석도 가능하다.

셋째, 부동산시장과 같이 다양한 변수가 존재하고 이해관계자간의 영향이 긴밀할 때에는 변수의 단선적 상관관계에 의한 분석 보다는 이해관계자의 의사결정 구조에 의거한 동태적 분석이 더 효과적일 수 있다.<sup>21)</sup>

넷째, 부동산시장의 특성상 부동산시장은 정부의 일정한 개입이 불가피한 측면이 있다. 부동산시장에는 다양한 이해관계자들이 얽혀 있기 때문에 이들의 상이한 요구사항은 정책 결정의 어려움을 가중시킨다. 이에 따라 각각의 이해관계자들의 요구를 충족시키기 위해 목표가 다른 다양한 정책<sup>22)</sup>을 시행하고 있으나 각 정책의 비중을 결정하기 쉽지 않을 것이다. 특히, 단선적 시각에 의한 정책 적용은 각 정책의 목표가 되는 변수 이외의 또 다른 시장변수에 대한 영향 파악을 어렵게 만든다. 따라서 부동산정책 적용시 부동산시장을 구성하는 다양한 변수 간 관계들의 구조적 변화를 파악하기 위해서는 시스템다이내믹스를 활용하는 것이 더 효과적이다.

다섯째, 시스템 다이내믹스는 시간 경과에 따라 부동산시장에 대한 문제의 정도를 인식하고 개입 결과의 정도가 변화하고 있음을 인식하여 이를 적극 고려한다. 시스템 다이내믹스 모형에서는 시스템 내에서 행위의 결과로 저장되는 변수인 저장(stock) 혹은 수준 변수와 저장되지 않는 변수인 유량(flow), 혹은 변화율 변수를 사용한다. 저장변수는 특정 시점에서 시스템의 상태를 나타내는 반면, 유량변수는 시스템의 상태가 어떻게 변화하는가를 보여준다. 이러한 변수들의 활용을 통해 부동산시장의 문제의 정도 및 개입 결과의 지속적인 변화를 반영할 수 있다.

여섯째, 시스템다이내믹스는 부동산시장을 이해하는데 있어서 시간 변수를 고려할 수 있다. 즉, 과정과 결과 등에 시간지연(time delays)을 허용한다. 따라서 부동산시장에서는 장시간의 시간 경과 후에 개입 결과가 나타나기도 하는데 이러한 특성을 적극 반영할 수 있다.

끝으로 시스템다이내믹스는 순환적·인과 관계적 사고에 근거하여 부동산시장에 작동하는 요인들을 특정 변수에서 찾기보다는 시스템의 전반적인 구조차원에서 이해하여 방안을 모색하고, 문제의 근본 원인을 시스템의 내부적인 요인들 간에 존재하는 피드백 구조(feedback structure)로부터 도출한다는 강점이 있다.

한편, 시스템다이내믹스는 시스템의 동태적 변화에 대한 분석을 중요하게 여기기 때문에 연 구모형의 형태가 주로 피드백 루프(feedback loop)를 구성하는 인과적 모형으로 나타난다. 하지만 경우에 따라서는 피드백 고리가 없는 인과적 모형이 사용되기도 하며 실제적 시스템 구성과 이들의 동태를 제대로 분석하지 않고 단순히 연구자의 논리적 근거만으로 인과관계를 정의하는 사례도 존재한다.<sup>23)</sup>

21) 박문서외 4인, 앞의 논문, p.154.

22) "부동산정책은 미래지향성을 갖고 법적 틀 속에서 규범적으로 공익성, 형평성, 효율성, 환경성 등을 이념적 상위 목표로서 설정하고 있으며, 주거복지와 시장안정을 확보하기 위한 정책수단들이 하위 실행적, 소극적 목표를 설정하고 있다", 김갑열, "부동산 정책목표의 합리성 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제52권, p.133.

23) 정재운·김현수, "동태적 분석 및 설계를 위한 인과지도 작성법의 한계와 개선방안에 관한 연구", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2009, 제10권 제1호, p.38, 재인용.

시스템다이내믹스는 인과지도의 작성체계에 대한 한계로 인해 동적 모형에 타당성이 결여되는 경우가 있다.

시스템다이내믹스를 이용하여 다양한 동태적 시스템을 연구하기 위해서는 해당 시스템을 구성하고 있는 개별 변수와 이들 간의 인과관계에 대한 실증적 연구가 뒷받침되어야 하지만 복잡한 동적 시스템을 구성하는 모든 변수들에 대해 일일이 실증적 연구를 통해 변수 간의 인과관계를 도출하는 것은 연구의 효과성과 효율성 면에서 애로사항을 야기한다.<sup>24)</sup>

특히, 부동산시장과 같이 복잡하고 이해관계자가 다수인 환경에서는 아무리 정교하게 문제를 정의하고 관련 변수들을 선정한다 하더라도 변수들 간의 인과관계에 있어 누락된 변수(예컨대 미래 주택가격에 대한 기대감 등)가 존재할 수밖에 없을 것이며, 변수들과의 인과성은 시간에 의해 달라질 수 있다. 따라서 현실적으로 이러한 모든 요인들을 포함하여 인과관계를 설정하고, 시간에 따라 변화하는 상황들을 논리적으로 설명하기에는 한계가 있을 수밖에 없다.

시스템다이내믹스 소프트웨어는 통계 소프트웨어와는 질적으로 다르고 운용체계 자체가 완전히 다르기 때문에 시스템다이내믹스를 활용하기 위해서는 우선적으로 소프트웨어를 운용할 수 있는 기법을 이해하여야 한다. 문제는 시스템다이내믹스기법을 체계적으로 가르치는 교육기관이 많지 않다는 것이다. 현실에서는 이를 체계적으로 가르쳐주는 교육기간이 거의 없고, 2007년도에 김기찬외 4인이 번역한 'Vensim을 활용한 SYSTEM DYNAMIC'라는 교재가 거의 유일한 실정이다.

끝으로, 시스템 다이내믹스는 수학과 컴퓨터 공학에 대한 깊은 지식이 요구되므로 실제로 모델을 만드는 데에는 많은 어려움<sup>25)</sup>이 있으며 시스템사고가 뒷받침되어야 하는 어려운 학문이므로 연구자들에게 많은 시간과 노력을 요하고 있다.

## V. 결론

부동산시장 분석도구로서 단선적 사고에 입각한 통계적 계량기법과 차별하여, 시스템 사고를 중시하는 복잡계적 연구방법론 중 하나인 시스템다이내믹스의 유용성에 대하여 고찰해 보았다.

부동산시장은 복잡도가 다른 인문사회 영역보다도 훨씬 높기 때문에 단선적 사고에 의한 분석에는 포함되지 않았던 어떠한 변수들이 부동산시장 상황에 미치는 중요한 요소로 남아있음은 두말한 여지가 없을 것이다.

부동산시장을 분석하기 위해서는 부동산시장에서 상호 작용하는 개별적인 행위자의 미시적 최적화 행위에 대한 고려가 필요하다. 개별 행위자는 부동산의 시장상황에 따라 합리적인 기대를 형성하고, 그에 따라 최적화 된 행동양식을 취하게 될 것이며 최적화된 행동들의 총합이 곧 거시적인 부동산시장을 만들어낼 것이기 때문이다. 따라서 복잡성 하에서 합리적으로 부동산시장을 분석하는 방법론이 요구되며 이에 대해서 시스템다이내믹스는 복잡성이 증대되는 현실을 설명하는데 적합한 대안적인 분석도구라고 할 수 있다.

다만, 시스템다이내믹스기법은 개별 변수간의 인과관계를 명확하게 규명하기 어려울 뿐만 아니라 연구자가 미처 파악하지 못한 변수들이 존재할 수밖에 없는 한계가 있다. 따라서 시스템의 내·외부적 환경 요인을 명확히 밝혀 특정 상황에서만 동작되는 모형을 정의해 주거나, 그렇지 않으면 다양한 종적 상황에서도 모형이 충분히 설명될 수 있도록 모형의 타당성을 강화할 필요가 있으므로 인과지도의 표현 기법에 대한 개선 연구가 요구된다.

연구대상과 연구방법이 어떤 것이든 기본적으로는 사실적 분석과 논리적 타당성이 뒷받침되어야 한다. 통계적 계량기법과 마찬가지로 시스템다이내믹스 모형이 가지는 구조적인 분석이 부동산시장의 모든 상황을 대변하지 못하고, 모형이 의도하는 목적과 범위를 벗어나는

24) 정재운·김현수, 앞의 논문, p.58.

25) 광찬영, "시스템 다이내믹스의 간호학에의 활용", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2009, 제10권 제4호, p.78.

환경변화에 대해서는 설명력이 충분하지 못할 수도 있다. 그러나 시스템 사고를 통한 분석은 새로운 사실관계가 발견될 경우 이를 지속적으로 확장, 업데이트할 수 있으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 세부적 분석도 가능하다. 따라서 시스템 다이내믹스는 부동산시장 분석도구로서의 유용성이 크다고 볼 수 있다.

그동안의 연구는 통계적 계량기법에만 집중되어 있었지만 여러 가지 다양한 연구방법론이 부동산시장을 연구하는데 접목되고 활용되는 것은 긍정적이고 필요한 일이다. 시스템다이내믹스는 시스템 각 구성요소의 관계성을 시각적으로 나타냄으로써 시스템 작동의 매커니즘을 쉽게 파악할 수 있다. 특히, 역동적으로 변하는 부동산시장에서는 시스템다이내믹스기법의 유용성이 크다고 볼 수 있다.

시스템 다이내믹스는 경험적 데이터에 의존하기 보다는 시스템 내부 변수들 간의 상호 관계성에 관한 지식에 의존한다. 이를 통해 시스템 작동의 메커니즘을 파악, 통합적 시각을 통해 현상을 분석할 수 있다. 또한, 복잡한 시스템의 동태적 특성, 의사결정, 시간지연 등이 상호 연결 및 피드백 구조를 가지고 시나리오별로 결과를 신속히 예측하여 효율적인 전략수립 및 수행이 가능하고 결과에 대한 원인을 추적하여 최적의 의사결정을 지원할 수 있다.

끝으로, 통계적 계량기업의 한계점을 보완할 수 있는 시스템다이내믹스기법이 부동산시장 분석도구로서 실제 부동산시장과 더욱 가까운 모형을 구축할 수 있도록 지속적인 연구가 진행되기를 기대한다.

參 考 文 獻

강지원, "시스템다이내믹스를 이용한 재산세 세부담상한제도 분석", 부동산학보, 한국부동산학회, 2014, 제58집.  
 객찬영, "시스템 다이내믹스의 간호학에의 활용", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2009, 제10권 제4호.  
 김갑열, "부동산 정책목표의 합리성 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제52집.  
 김대원, 유정석, "주택가격과 거래량 간 관계 형성에 매도-매수 선호시점이 미치는 영향 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집.  
 김도훈, 문태훈, 김동환, 시스템다이내믹스, 대영문화사, 2001.  
 김동환, "정책 평론과 시스템다이내믹스", 한국시스템다이내믹스연구, 한국시스템다이내믹스학회, 2001, 제2권 제2호.  
 김용민, "부동산평가법제의 개선에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제54집.  
 김현우 · 진경호 · 이교선, "주택전세가격과 거시경제변수간의 관계연구", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2012, 제13권 제2호.  
 문태훈, "시스템 다이내믹스의 발전과 방법론적 위상", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2002, 제3권 제1호.  
 박문서 외 4인, "시스템 다이내믹스 방법론을 활용한 국내전세 구조분석", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2012, 제13권 제6호.  
 성주환 · 오준석, "수도권 아파트 전세가격의 공간적 전이효과에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제52집.  
 윤영수 · 채승병, 복잡계 개론, 삼성경제연구소, 2006.  
 전해정, "주택 전세/매매가격비율 변동분석에 관한 연구", 부동산학보, 한국부동산학회, 2013, 제53집.  
 정재운 · 김현수, "동태적 분석 및 설계를 위한 인과지도 작성법의 한계와 개선방안에 관한 연구", 한국시스템다이내믹스 연구, 한국시스템다이내믹스, 2009, 제10권 제1호.  
 황성주 · 박문서 · 이현수 · 김현수, "시스템다이내믹스 시뮬레이션을 이용한 주택수요 조절 정책의 타당성 평가", 한국건설관리학회 논문집, 한국건설관리학회, 2010, 제11권 제5호.  
 황성주 · 이현수 · 박문서, "시스템다이내믹스를 이용한 주택시장 작동원리 분석", 한국건설관리학회 2008년도 정기학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, 2008.  
 Ahmad, S and Simonovic, S, "System Dynamics Modeling of Reservoir Operations for Flood Management", *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 2000, 14(3).