

# 시스템사고로 본 건강도시화 정책이 지역주민의 걷기실천율에 미치는 영향 분석\*

## Effect Analysis of Healthy City Policies on Residents' Walking

김은정\*\* · 김영표\*\*\*

Kim, Eun Jung · Kim, Young-Pyo

### Abstract

The purpose of this study is to estimate the effects of healthy city policies on residents' walking. In order to estimate promotion of walking rates by healthy cities policies, it developed System dynamics(SD)-based model which showed causal relationships among urban design, public health policies, and walking levels. SD technique is useful for future forecast and policy impact assessment. The spatial units of the SD-based system for policy impact assessment included 66 cities, counties, and communities in Seoul Metropolitan Area. The system simulation was planned to be run for 21 years from 2009 to 2030. For this study, 3 alternatives were proposed with combinations of length of bike lanes, number of bus routes, crime rates, self-reported good health status rates, and obesity rates. As a result of simulations, residents' participation rates for walking were increased from 1.00% to 9.98%. This study contributes to better understanding the benefits of healthy cities that are associated with individual walking. It further provided useful insights into planners' role in promoting health. The paper concluded with a discussion on future research opportunities and implications for public policies in urban and transportation and public health.

**Keywords:** 건강도시, 도시환경, 걷기실천율, 시스템다이내믹스

(Healthy City, Built Environment, Participation Rate for Walking,  
System Dynamics)

\* 본 논문은 2011년 국토연구원에서 수행한 기본과제 '녹색성장형 건강도시의 경제적 가치추정 및 활성화 방안 연구' 내용 일부를 발췌, 수정·보완한 것임.

\*\* 국토연구원 지역연구본부 책임연구원(제1저자, ejkim@krihs.re.kr)

\*\*\* 국토연구원 주택연구본부 선임연구위원(공동저자, ypkim@krihs.re.kr)

## I. 서론

오늘날 고령화는 세계적인 현상일 뿐만 아니라 우리나라에서도 매우 빠르게 진행되고 있으며, ‘질병 없이 건강하게 오래 살기(無病長壽)’가 고령화사회의 핵심 이슈로 대두되고 있다. 우리나라는 2007년에 이미 고령화사회(65세 노인인구비율 7% 이상)에 진입하였고, 2018년에는 고령사회(14% 이상), 2026년에는 초고령사회(20% 이상)에 도달할 것으로 전망된다(통계청, 2006). 급변하는 세계구조 속에서 우리나라가 직면한 고령화시대의 국민행복을 위한 국가적·국민적 대응전략이 필요한 시점이다. 즉, 행복하고 건강한 장수사회의 도래를 위한 국토공간상의 새로운 정책이 절실히 요구된다.

건강결정요인으로서 환경에 대한 관심은 1970년대 중반 이후 건강증진에 대한 담론이 확산되면서 시작되었다. O’ Donnell(1988)의 연구결과에 따르면 건강결정요인으로서 생활습관이 52%, 환경이 20%, 유전요인이 20%, 의료서비스가 8% 수준으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 중에서 환경요인은 기후, 대기, 토양, 수질 등 자연환경요인과 계획적 측면에서의 물리적 도시환경 등을 포함하고 있다. 특히, 건강친화적 물리적 도시환경(예, 자전거도로, 녹지율, 보행 친화적 도로환경 등)은 개인의 보행이나 통행패턴 등 생활습관에 영향을 미침으로써 결국 가장 중요한 건강결정요인인 생활습관을 변화시키는 역할도 한다.

많은 연구들이 도시환경이 개인의 보행 및 신체활동 수준에 직간접적으로 영향을 미친다고 증거하고 있다(Lee and Moudon, 2004; Davidson and Lawson, 2006; Hume et al., 2007). 미국 질병예방통제센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)는 어디에 사느냐가 개인의 수명과 건강에 중요한 영향을 미친다(Your address can plan an important role in how long you live and how healthy you are)고 단언하기도 하였다. 건강결정요인으로서의 환경의 중요성이 거론되면서 건강증진을 위한 자연적 환경과 물리적 도시환경에 대한 관심이 높아지게 되었다. 우리나라에서도 도시환경에 의한 신체활동 수준과 건강수준의 변화에 대한 연구들이 최근 들어 진행되고 있다(이경환·안건혁, 2008; 김은정·강민규, 2011a; 2011b). 실제 정책적 노력에서도 도시환경과 건강에 대한 관심은 높아지고 있는 실정이고, 이런 노력은 ‘건강도시’ 정책으로 지자체를 중심으로 다양하게 추진되고 있다. 특히, 서태평양건강도시연맹(Alliance for Healthy Cities, AFHC)에 속한 주요 지자체들(예: 서울 강남구, 강원 원주시, 경남 창원시 등)은 건강도시를 브랜드화하여 다양한 사업과 정책을 추진하고 있다. 중앙정부와 지자체를 중심으로 추진 중인 ‘자전거이용 활성화’정책은 에너지절약, 자연환경 보전, 그리고 건강한 생활의 실현을 목표로 한 건강도시 구현 정책의 실제 사례이다.

공공정책으로서 도시의 물리적 환경 개선을 통한 건강도시 조성 노력은 시민의 건강증

진이라는 목표달성을 위한 수단으로 중요성이 높다. 건강결정요인으로서 생활습관이나 유전적 요인은 공공적 관점에서 임의로 제어할 수 없는 것에 비해, 환경요인은 공공에서 일정부분 통제할 수 있기 때문이다. 고령화시대를 맞이하여 국민건강 증진은 그 자체로 지향해야하는 목표이나, 투입된 노력과 비용에 비해 단시일 내에 뚜렷한 성과를 거두기는 어렵다는 단점이 있다. 그러나 장기적인 관점에서 보면, 시민의 건강증진, 만성질환에 따른 의료비부담 및 사회적비용 감소, 삶의 질 제고를 통한 국가경쟁력 제고 등 공공정책으로서 건강도시사업은 중요한 수단이 될 것이다.

그러나 정부는 건강도시 사업의 실제적인 효과를 측정할 수 있는 과학적 방법을 마련하지 못해 사업추진을 효율적으로 하지 못하고 있으며, 건강증진의 주체를 국민의 몫으로 떠넘기고 있다. 중앙정부 차원에서는 유형별 정책의 실효성을 측정함으로써 한정된 재원을 효율적으로 활용할 근거마련이 필요하다. 도시환경요소는 공공정책의 수단으로 통제가 가능하고 장기적 관점에서 파급효과가 크므로 정부차원에서 건강도시 조성에 대한 논의를 시작하고 정책을 마련해야 할 때이다. 본 연구의 목적은 현재 도시환경 여건이 걷기실천율로 대변되는 지역주민의 건강수준에 어떻게 영향을 미치는지 살펴보는 데 있다. 시스템다이내믹스(System Dynamics, SD)기법을 통해 과거와 현재의 추세대로 시뮬레이션 하여 향후 지역주민의 걷기실천율을 전망하고, 도시환경 관리와 사회 및 보건정책도 고려한 건강도시화 정책의 파급효과도 함께 측정하고자 한다.

## II. 선행연구

### 1. 도시계획과 건강도시

우리나라의 건강도시 연구는 보건학 분야에서는 활발하나, 도시계획 분야에서는 다양하지 않다. 이 절에서는 도시계획적 측면에서 관련된 건강도시 연구에 한정하여 소개하고자 한다. 우선, Frank et al.(2004)은 미국에서 많이 수행되고 있는 전형적인 액티브리빙 연구(active living research)로, 애틀랜타(Atlanta, Georgia)를 대상으로 도시형태와 통행패턴, 비만과의 상관성을 분석하였다. 1만 878명을 대상으로 설문조사를 실시하여 도시환경과 비만의 상관관계를 실증 분석하였고, 분석 결과 비만율은 토지이용혼합도와 보행거리와는 음(-)의 상관관계를 가지고, 자동차 이용시간과는 양(+)의 상관관계를 가지고 있었음을 증명하였다.

Boarnet et al.(2008)의 연구는 포틀랜드(Portland, Oregon)시의 8042명을 대상으로 하여 도시디자인과 개인의 보행통행량과의 관계를 실증적으로 분석하고, 추정된 건강편익을 화

폐가치로 환산하여 제시하였다. 분석 결과, 개인의 통행량은 인구밀도, 교차로수, 전철까지의 거리와는 양(+)의 상관관계를 보이고, 도심까지의 거리와는 음(-)의 상관관계를 보였다. 그리고 시나리오 분석에 따른 건강편익의 화폐가치는 1인당 \$2.47백만 ~ \$7.38백만 수준으로 조사되어 건강도시화 정책의 가치가 높음을 시사하였다.

김은정 외(2010)는 우리나라에서 도시계획적 측면에서 건강도시 연구를 종합적으로 분석한 연구로 수도권을 대상으로 하여 도시환경이 개인의 건강도 및 비만도에 미치는 영향을 분석하였다. 아울러 건강도시의 개념을 정립하고, 국내외 선행연구 및 정책사례를 종합적으로 분석하였다. 이 연구는 우리나라 도시계획의 새로운 패러다임으로 건강증진의 문제를 중점적으로 다루기 시작하였다는 데에서 그 의미가 있다. 아직까지 우리나라의 도시계획 분야에서 건강도시 연구는 미개척 주제 중 하나이다. 몇몇 연구들이 근린환경과 보행활동, 지역주민의 건강도에 미치는 영향을 분석하는 등의 노력(이경환·안건혁, 2008; 임운환·최막중, 2006)은 있으나 도시계획의 한 분야로 자리 잡기에는 아직도 부족한 면이 많다.

## 2. 건강도시 지표 및 지수

앞에서 서술한 바와 같이, 이 연구에서는 시스템다이나믹스 기법을 기반으로 하여 물리적 도시환경을 포함한 건강도시화 정책이 건기실천율로 대변되는 개인의 건강증진에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해서는 건강도시화 정책을 논하기에 앞서 건강도시를 측정하는 지표 및 지수에 대한 논의가 우선되어야 할 것이므로, 본 절에서는 지표와 지수에 대한 선행연구를 간략히 정리하기로 한다. 여기서는 구체적으로 다루지 않지만, 이 연구에 앞서 분석된 선행연구에서는 바람직한 건강도시 지표를 설정하기 위해서 외국과 국내 유사사례를 검토하였다. 보편적으로 적용 가능한 지표를 기반으로 우리나라의 특성을 잘 반영할 수 있는 지표를 설정하였고, 결과적으로 <표 1>에서와 같이 시민건강, 의료서비스, 환경, 사회경제의 4대 부문의 20대 지표를 선정하였다. 지표 간 가중치 산정은 전문가 설문조사를 통해 실시하였고, 이를 통해 파라미터값을 확정하여 건강도시 지수를 도출하였다. 건강도시 관련 전문가 그룹의 설문조사 결과, 건강도시 지수의 구성요소로 주민의 건강수준의 중요성(32.8%)을 최우선으로 나타냈고, 도시환경 수준(28.4%), 의료서비스 수준(22.5%), 사회경제적 요소(16.3%) 등의 순서로 중요성이 높게 평가되었다. 앞으로 이 연구에서 논의할 건강도시의 구성요소는 <표 1>의 지표 범위에 한정하기로 한다. 이와 관련하여 더 자세한 내용은 김은정(2012)에서 확인할 수 있다.

〈표 1〉 건강도시 4대 부문 20대 지표

대분류	중분류	소분류	측정 및 코딩
시민 건강	사망률	사망률	인구 10만 명 당 표준화사망률 (인 / 십만인)
	비만율	비만율	체질량지수(BMI)>25 인구비율(%)
	흡연율	흡연율	흡연율(%)
	삶의 질	주관적 건강 수준 인지율	주관적 건강수준이 양호 (좋음 또는 매우 좋음)한 인구비율(%)
	걷기 실천율	걷기 실천율	최근 1주일간 1회 30분 이상 걷기를 주 5 회 실천한 인구비율(%)
의료 서비스	의료시설	병원 수	인구 1천 명당 병원 수(개 / 천인)
		의료인력 수	인구 1천 명당 의료기관 종사 의료인력 수 (인 / 천인)
	의료관리	건강검진율	최근 2년간 건강검진 수진율(%)
		암 검진율	최근 2년간 암 검진율(%)
		필요의료서비스 미치료율	최근 1년간 필요의료 서비스 미치료율(%)
환경	대기오염수준	대기오염	연간 환경기준 초과횟수(회 / 년)
	녹색공간	도시공원	1인당 도시공원면적(m <sup>2</sup> / 인)
	자전거이용 환경	자전거도로 연장	단위면적당 자전거도로 연장(km / km <sup>2</sup> )
	대중교통환경	버스노선 수	단위면적당 버스노선 수(개 / km <sup>2</sup> )
	쾌적한 주거환경	최저주거기준미달가구비율	면적·침실·시설기준, 최저주거기준 미달 가구비율(%)
사회 경제	건강한 경제	소득수준	1인당 주민세 소득세할(천원 / 인)
		재정자립도	재정자립도(%)
		기초생활수급가구비율	기초생활수급가구비율(%)
	복지적 여건	보건복지 예산비중	일반회계 중 보건·복지예산 비중(%)
	안전성	범죄율	인구 1천 명당 범죄발생건수(건 / 천인)

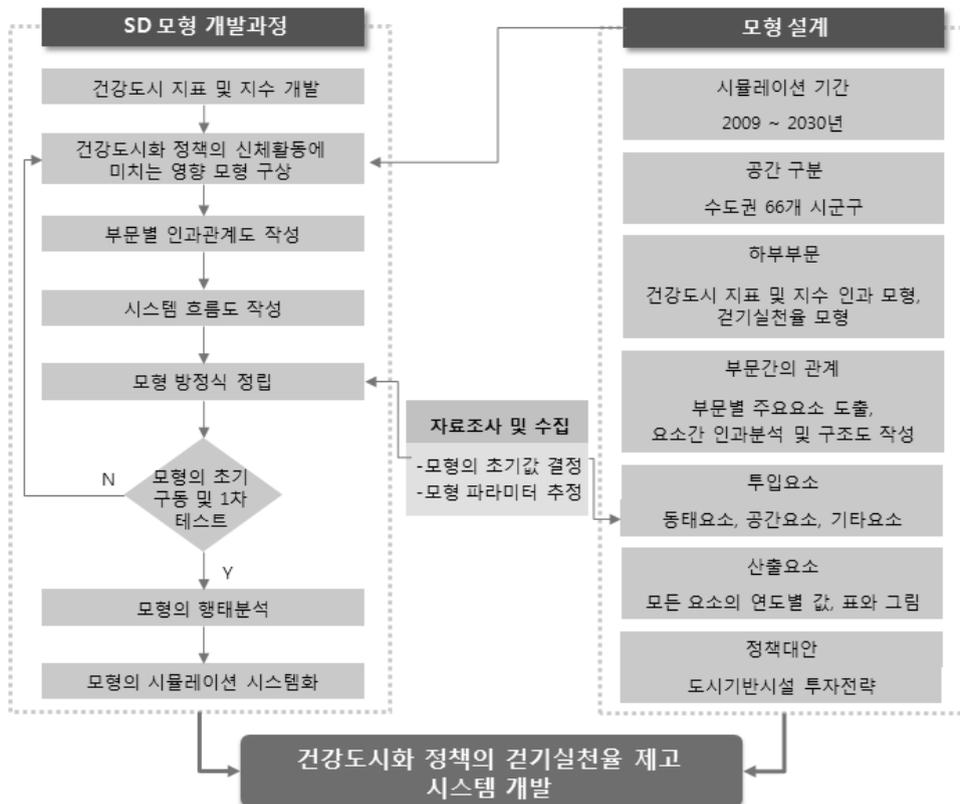
자료: 김은정(2012)의 〈표 3〉 부분 발췌.

### Ⅲ. 모형 구축

#### 1. 모형설계 개관

도시환경이 신체활동 수준에 미치는 영향을 살펴보기 위해서는 우선적으로 건강도시의 구성요소인 지표 및 지수에 대한 논의부터 시작해야 할 것이나, 이 연구에서는 앞서 행한 선행연구인 김은정(2012)의 결과를 준용하여 모형정립에 활용하기로 한다. 이 연구에서는 건강도시지수에 영향을 미치는 4대 지표들 간의 상관관계를 분석하여, 도시환경의 변화에 따른 시민의 신체활동수준을 추정하고자 한다. 부문 간 인과관계를 일목요연하게 확인하기 위해 시스템다이내믹스 기법을 활용하였다.

[그림 1]에서와 같이 시스템개발 방법과 과정으로서 시뮬레이션 기간, 공간구분, 시스템 하부부문, 부문 간의 관계, 투입요소, 산출요소, 정책대안 등을 설계하였다. 하부부문은 크



[그림 1] 시스템 개발 방법 및 과정

게 건강도시 지표 및 지수 인과관계 부문과 지표들이 건강실천율이 미치는 영향 부문을 포함하며, 부문 간의 관계는 주요 요소를 도출하고, 요소 간 인과관계 분석 및 구조도 작성을 통해 설정하였다. 투입요소는 동태요소, 공간요소, 기타요소 등으로 구분하였고, 자료 조사와 수집을 통해 모형의 초기값과 파라미터를 추정하였다. 산출요소는 모든 요소의 연도별 값, 표와 그림이다. 위에서 설계된 건강도시화 정책의 걷기실천율 제고효과 측정모형을 구체화하기 위해서는 우선적으로 부문별 인과관계도를 작성하고, 이를 활용하여 시스템 흐름도와 모형방정식을 정립한 후, 모형을 초기 구동하여 1차 테스트의 과정을 거친다. 테스트 결과 모형 구축이 제대로 되었다면 행태분석 및 모형의 시뮬레이션을 수행하고, 그렇지 않으면 모형구상 과정으로 피드백하여 이하의 과정을 다시 수행한다.

## 2. 모형 범위

이 연구에서 제안하는 건강도시화 정책을 추진하는 시간적 범위는 2009년부터 2020년까지로 한다. 정책의 파급효과를 측정하기 위해서는 그 효과가 충분히 나타나는 시간을 고려하여 시뮬레이션 기간을 2030년까지로 설정하였다. 모형의 시뮬레이션 기준연도는 구득가능한 자료의 최신연도인 2009년으로 하고, 공간적 범위는 수도권으로 한정하되 공간 단위는 66개 시군구로 한다. 다만, 최종적으로 나타나는 건강도시화 정책의 걷기실천율 제고 효과는 66개 시군구를 합한 수도권의 총계로 추정하였다. 시스템 분석은 파워십 스튜디오 7을 활용하였다.

## 3. 모형에 사용된 주요 자료

모형에 사용된 자료는 <표 2>에서 제시된 바와 같이, 2009년 지역사회건강조사 자료와 각종 시군통계자료의 원자료를 가공하여 이용한다. 이외에도 대기환경연보, 행정안전부 내부자료, 수도권 대중교통이용정보시스템, 국토연구원 내부자료, 한국도시연감, 경찰청 내부자료, 주민등록인구통계, 인구동향조사, 사망원인통계, 건강보험통계, 경제활동인구연보, 임금구조기본통계 등을 활용한다. 7대 질환별 신체적 비활동의 상대위험비(relative risk, RR)는 Katzmarkzyk et al.(2000)의 자료를 준용하기로 한다. 기준연도에 맞게 2009년 자료를 활용하나, 동일연도의 자료구득이 어려운 경우에는 구득 가능한 가장 최근 자료를 활용하였다.

〈표 2〉 시스템 개발에 사용된 자료

부문	사용자료명	연도	출처
시민 건강	인구 십만명당 사망률	2009	사망원인통계
	비만율, 흡연율, 주관적건강수준인지율, 걷기실천율	2009	지역사회건강조사
	병원수, 의료인력수	2009	시군통계연보
의료 서비스	건강검진율, 암검진율, 필요의료서비스 미치료율	2009	지역사회건강조사
	대기오염(연간 환경기준 초과횟수)	2009	대기환경연보
	도시공원면적	2009	시군통계연보
환경	자전거도로 연장	2010	행안부 내부자료
	버스노선수	2010	수도권대중교통 이용정보시스템
	최저주거기준 미달 가구비율	2006	국토연구원 내부자료
사회 경제	1인당 주민세 소득세할	2009	행안부 내부자료
	재정자립도, 기초생활수급가구비율, 일반회계중 보 건·복지예산 비중	2009	시군통계연보
	범죄발생건수	2009	도시연감, 시군 통계연보, 경찰청내부자료

#### IV. 건강도시 지표 및 지수의 인과관계 및 시스템 흐름

선행연구에서 설정된 건강도시의 부문별 지표 변화에 따른 걷기실천율 증가효과를 추정하는 시스템 흐름도와 모형 방정식은 아래의 [그림 2]와 〈표 3〉에서 보는바와 같다. 건강도시지수와 이를 구성하는 4개의 지표부문별로 정립된 부문모형은 다음과 같다. 첫째로 [그림 2-1]에서와 같이, 건강도시지수부문은 사회경제, 의료서비스, 환경, 시민건강의 4대 부문을 핵심요소로 활용한다. 4대 지표별 값은 2009년 지역사회건강조사와 시군별 기본통

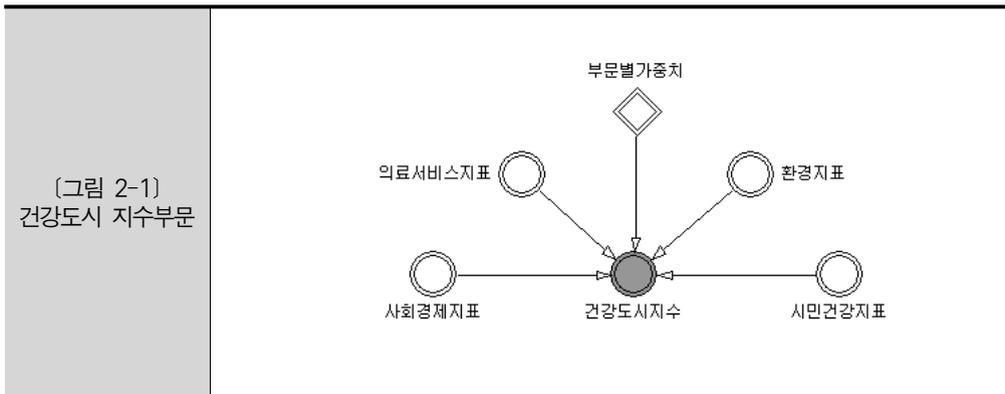
계를 분석한 값을 활용하였으며, 이에 대한 구체적인 설명은 해당 부문에서 설명하기로 한다. 부문별 가중치는 선행연구의 전문가 설문조사에서 추정된 4개의 대분류별 가중치 값을 이용하였고, 변수들 간의 관계식은 <표 3-1>에서 설명되어져 있다.

둘째, 사회경제지표부문은 직접적인 정책의 대상은 아니지만, 정책을 집행할 경우 사회경제의 변화를 수용하는 부문이다. [그림 2-2]와 <표 3-2>에서 보는 바와 같이, 기초생활수급가구비율, 재정자립도, 소득수준, 보건복지예산비중, 범죄율의 연차별 변화량에 따른 지표변화를 매개로하여 건강도시지수부문과 연결되는 하부모형으로 구성된다.

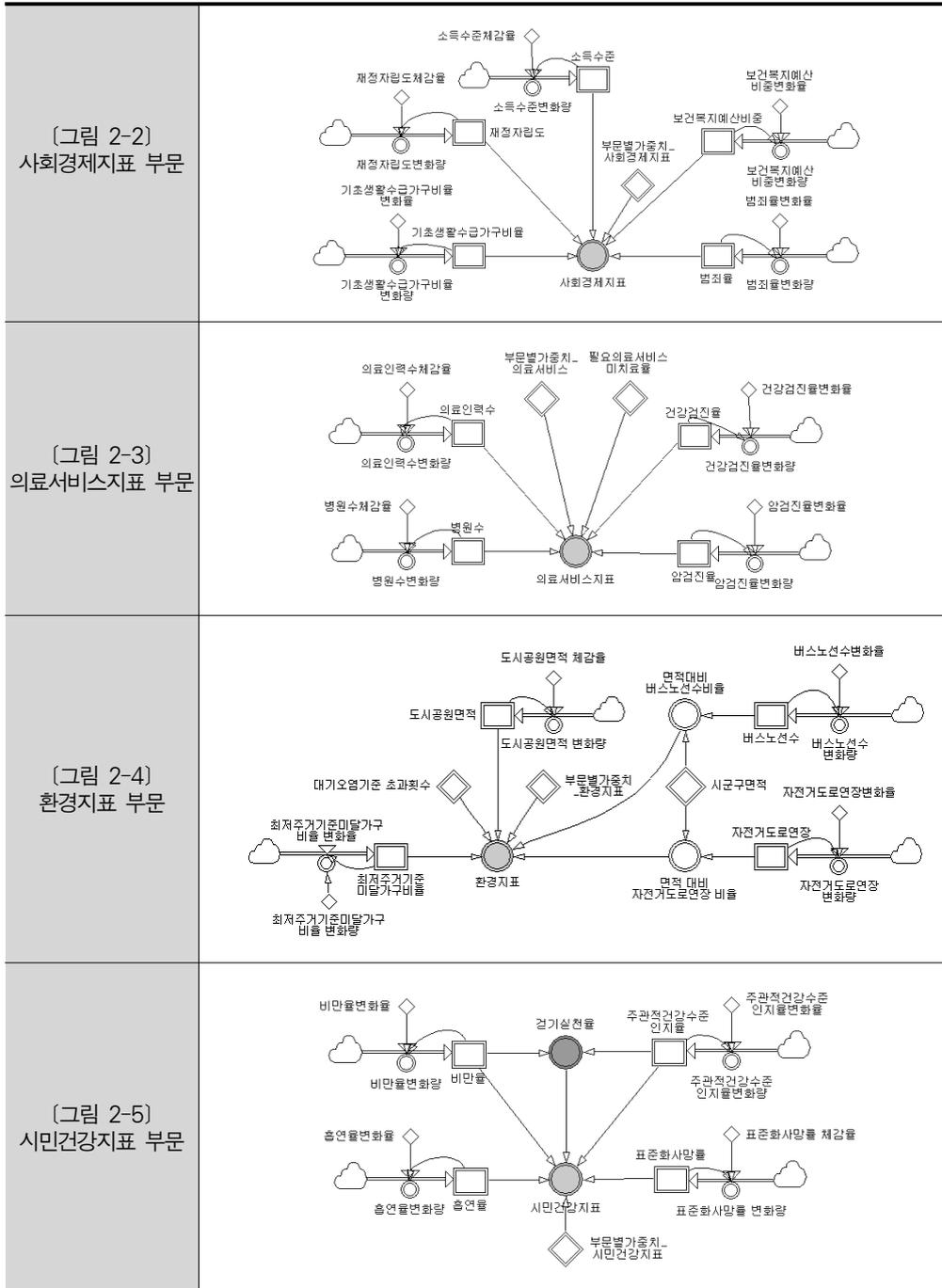
셋째, 의료서비스지표부문도 직접적인 정책의 대상은 아니지만, 정책 집행시 의료서비스의 변화를 수용하는 부문이다. [그림 2-3]과 <표 3-3>에서 보는 것처럼, 병원수, 의료인력수, 건강검진율, 암검진율의 연차별 변화량에 따른 지표변화를 매개로하여 건강도시지수부문과 연결되는 하부모형으로 구성된다.

넷째, 환경지표부문은 [그림 2-4]와 <표 3-4>에서와 같이, 최저주거기준미달가구비율, 인당도시공원면적, 면적대비 버스노선수비율, 면적대비 자전거도로연장을 주요 요소로 하며, 이 요소들의 연차별 변화량에 따른 지표변화를 매개로하여 건강도시지수부문과 연결되는 하부모형으로 구성된다.

마지막으로, 시민건강지표부문도 직접적인 정책의 대상은 아니나, 정책 집행에 따른 시민건강의 변화를 수용하는 부문이다. [그림 2-5]과 <표 3-5>에서 보는 바와 같이, 시민건강지표부문은 흡연율, 비만율, 주관적 건강수준 인지율, 표준화사망률의 연차별 변화량에 따른 지표변화를 매개로 건강도시지수부문과 연결되는 하부모형으로 구성된다. 특히, 걷기실천율은 시민건강지표에 영향을 주는 주요 요소이면서 동시에, 다음에서 논의할 걷기실천율 부문과 연결되어 있다.



(계속)



[그림 2] 모형의 시스템 흐름도

〈표 3〉 모형을 구성하는 변수 간의 함수관계

부문	변수명	관계식	변수유형
〈표 3-1〉 건강도시 지수부문	건강도시지수(t)	$\text{부문별가중치[사회경제지표]} \times \text{사회경제지표}(t) + \text{부문별가중치[의료서비스지표]} \times \text{의료서비스지표}(t) + \text{부문별가중치[환경지표]} \times \text{환경지표}(t) + \text{부문별가중치[시민건강지표]} \times \text{시민건강지표}(t)$	보조변수
〈표 3-2〉 사회경제지표 부문	사회경제지표(t)	$\begin{aligned} & \text{부문별가중치\_사회경제[기초생활수급가구비율]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{기초생활수급가구비율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{기초생활수급가구비율})(t)}{\text{STDEV}(\text{기초생활수급가구비율})(t)} + \text{부문별가중치\_사회경제[재정자립도]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{재정자립도}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{재정자립도})(t)}{\text{STDEV}(\text{재정자립도})(t)} \\ & + \text{부문별가중치\_사회경제[소득수준]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{소득수준}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{소득수준})(t)}{\text{STDEV}(\text{소득수준})(t)} \\ & + \text{부문별가중치\_사회경제[보건복지예산비중]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{보건복지예산비중}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{보건복지예산비중})(t)}{\text{STDEV}(\text{보건복지예산비중})(t)} \\ & + \text{부문별가중치\_사회경제[범죄율]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{범죄율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{범죄율})(t)}{\text{STDEV}(\text{범죄율})(t)} \end{aligned}$	보조변수
	기초생활수급 가구비율(t)	$\int_0^t [\text{기초생활수급가구비율 변화량}(t)] dt$	상태변수
	기초생활수급 가구비율변화량(t)	기초생활수급가구비율(t) × 기초생활수급가구비율변화율(t)	증감변수
	재정자립도(t)	$\int_0^t [\text{재정자립도 변화량}(t)] dt$	상태변수
	재정자립도변화량(t)	재정자립도(t) × 재정자립도체감율(t)	증감변수
	소득수준(t)	$\int_0^t [\text{소득수준 변화량}(t)] dt$	상태변수
	소득수준변화량(t)	소득수준(t) × 소득수준체감율(t)	증감변수
	보건복지 예산비중(t)	$\int_0^t [\text{보건복지예산비중 변화량}(t)] dt$	상태변수
	보건복지예산 비중변화량(t)	보건복지예산비중(t) × 보건복지예산비중변화율(t)	증감변수
	범죄율(t)	$\int_0^t [\text{범죄율 변화량}(t)] dt$	상태변수
범죄율변화량(t)	범죄율(t) × 범죄율변화율(t)	증감변수	
〈표 3-3〉 의료서비스 지표 부문	의료서비스지표(t)	$\begin{aligned} & \text{부문별가중치\_의료서비스[병원수]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{병원수}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{병원수})(t)}{\text{STDEV}(\text{병원수})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_의료서비스[의료인력수]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{의료인력수}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{의료인력수})(t)}{\text{STDEV}(\text{의료인력수})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_의료서비스[건강검진율]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{건강검진율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{건강검진율})(t)}{\text{STDEV}(\text{건강검진율})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_의료서비스[암검진율]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{암검진율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{암검진율})(t)}{\text{STDEV}(\text{암검진율})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_의료서비스[필요의료서비스 미치료율]} \times \sum_{i=\text{종로구}}^{\text{양평군}} \frac{\text{필요의료서비스미치료율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{필요의료서비스미치료율})(t)}{\text{STDEV}(\text{필요의료서비스미치료율})(t)} \end{aligned}$	보조변수

(계속)

부문	변수명	관계식	변수유형
〈표 3-3〉 의료서비스 지표 부문	병원수(t)	$\int_0^t [\text{병원수 변화량}(t)]dt$	상태변수
	병원수변화량(t)	병원수(t) × 병원수체감율(t)	증감변수
	의료인력수(t)	$\int_0^t [\text{의료인력수 변화량}(t)]dt$	상태변수
	의료인력수변화량(t)	의료인력수(t) × 의료인력수체감율(t)	증감변수
	건강검진율(t)	$\int_0^t [\text{건강검진율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	건강검진율변화량(t)	건강검진율(t) × 건강검진율변화율(t)	증감변수
	암검진율(t)	$\int_0^t [\text{암검진율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	암검진율변화량(t)	암검진율(t) × 암검진율변화율(t)	증감변수
〈표 3-4〉 환경지표 부문	환경지표(t)	$\begin{aligned} & \text{부문별가중치\_사회경제[최저주거기준 미달가구비율]} \times \\ & \sum_{i=\text{중요부}}^{\text{양평균}} \frac{\text{최저주거기준미달가구비율}[i](t) - AVERAGE(\text{최저주거기준미달가구비율})(t)}{SIDEV(\text{최저주거기준미달가구비율})(t)} + \text{부문별가} \\ & \text{중치\_사회경제[대기오염초과횟수]} \times \\ & \sum_{i=\text{중요부}}^{\text{양평균}} \frac{\text{대기오염초과횟수}[i](t) - AVERAGE(\text{대기오염초과횟수})(t)}{SIDEV(\text{대기오염초과횟수})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_사회경제[도시공원면적]} \times \\ & \sum_{i=\text{중요부}}^{\text{양평균}} \frac{\text{도시공원면적}[i](t) - AVERAGE(\text{도시공원면적})(t)}{SIDEV(\text{도시공원면적})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_사회경제[면적대비 버스노선수]} \times \\ & \sum_{i=\text{중요부}}^{\text{양평균}} \frac{\text{면적대비 버스노선수}[i](t) - AVERAGE(\text{면적대비 버스노선수})(t)}{SIDEV(\text{면적대비 버스노선수})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_사회경제[면적대비 자전거도로연장]} \times \\ & \sum_{i=\text{중요부}}^{\text{양평균}} \frac{\text{면적대비 자전거도로연장}[i](t) - AVERAGE(\text{면적대비 자전거도로연장})(t)}{SIDEV(\text{면적대비 자전거도로연장})(t)} \end{aligned}$	보조변수
	최저주거기준 미달가구비율(t)	$\int_0^t [\text{최저주거기준미달가구비율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	최저주거기준미달 가구비율변화량(t)	최저주거기준미달가구비율(t) × 최저주거기준미달가구비율변화율(t)	증감변수
	도시공원면적(t)	$\int_0^t [\text{도시공원면적 변화량}(t)]dt$	상태변수
	도시공원면적 변화량(t)	도시공원면적(t) × 도시공원면적체감율(t)	증감변수
	버스노선수(t)	$\int_0^t [\text{버스노선수 변화량}(t)]dt$	상태변수
	버스노선수 변화량(t)	버스노선수(t) × 버스노선수체감율(t)	증감변수

(계속)

부문	변수명	관계식	변수유형
〈표 3-4〉 환경지표 부문	면적대비버스 노선수비율(t)	$\frac{\text{버스노선수}(t)}{\text{시군구면적}}$	보조변수
	자전거도로연장(t)	$\int_0^t [\text{자전거도로연장 변화량}(t)]dt$	상태변수
	자전거도로 연장변화량(t)	자전거도로연장(t) × 자전거도로연장체감율(t)	증감변수
	면적대비자전거도로 연장 비율(t)	$\frac{\text{자전거도로연장}(t)}{\text{시군구면적}}$	보조변수
〈표 3-5〉 시민건강지표 부문	시민건강지표(t)	$\begin{aligned} & \text{부문별가중치\_사회경제[흡연율]} \times \sum_{i=\text{광역시}}^{\text{광역시}} \frac{\text{흡연율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{흡연율})(t)}{\text{STDEV}(\text{흡연율})(t)} + \\ & \text{부문별가중치\_사회경제[표준화사망률]} \times \\ & \sum_{i=\text{광역시}}^{\text{광역시}} \frac{\text{표준화사망률}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{표준화사망률})(t)}{\text{STDEV}(\text{표준화사망률})(t)} + \text{부문별가중치\_사회경제[주} \\ & \text{관적 건강수준 인지율]} \times \\ & \sum_{i=\text{광역시}}^{\text{광역시}} \frac{\text{주관적건강수준인지율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{주관적건강수준인지율})(t)}{\text{STDEV}(\text{주관적건강수준인지율})(t)} + \text{부문별가중치\_} \\ & \text{사회경제[비만율]} \times \sum_{i=\text{광역시}}^{\text{광역시}} \frac{\text{비만율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{비만율})(t)}{\text{STDEV}(\text{비만율})(t)} + \text{부문별가중치\_} \\ & \text{사회경제[걷기실천율]} \times \sum_{i=\text{광역시}}^{\text{광역시}} \frac{\text{걷기실천율}[i](t) - \text{AVERAGE}(\text{걷기실천율})(t)}{\text{STDEV}(\text{걷기실천율})(t)} \end{aligned}$	보조변수
	흡연율(t)	$\int_0^t [\text{흡연율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	흡연율변화량(t)	흡연율(t) × 흡연율변화율(t)	증감변수
	비만율(t)	$\int_0^t [\text{비만율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	비만율변화량(t)	비만율(t) × 비만율변화율(t)	증감변수
	주관적건강수준 인지율(t)	$\int_0^t [\text{주관적건강수준인지율 변화량}(t)]dt$	상태변수
	주관적건강수준 인지율변화량(t)	주관적건강수준인지율(t) × 주관적건강수준인지율변화율(t)	증감변수
	표준화사망률(t)	$\int_0^t [\text{표준화사망률 변화량}(t)]dt$	상태변수
	표준화사망률 변화량(t)	표준화사망률(t) × 표준화사망률체감율(t)	증감변수
	걷기실천율(t)	〈식 1〉 참조	보조변수

## V. 건강도시화 정책이 지역주민의 걷기실천율에 미치는 영향 분석 결과

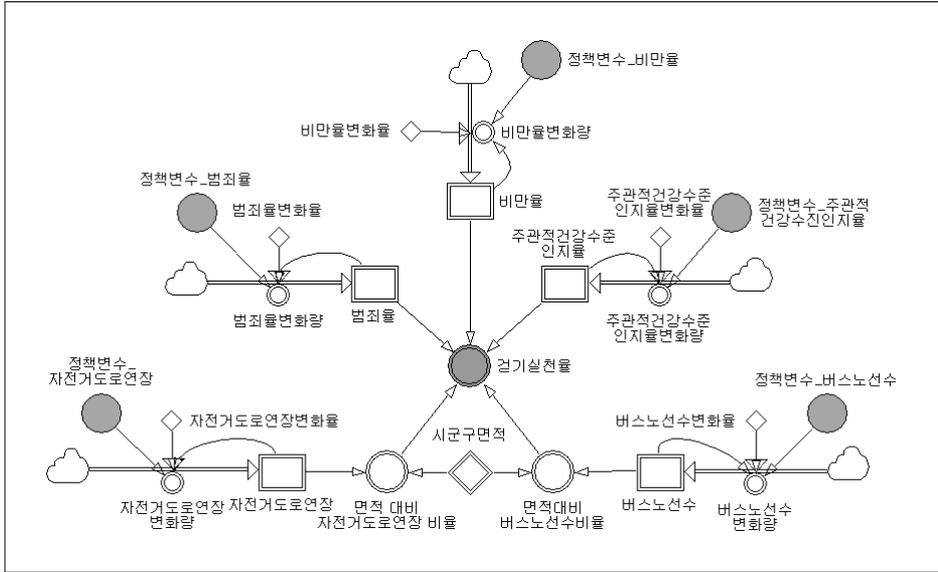
### 1. 걷기실천율부문

[그림 3]과 <표 4>에서 보는 바와 같이, 걷기실천율부문은 직접적인 정책의 대상으로, 실험에서 얻고자 하는 것은 주요 정책변수의 변화를 통해 지역주민의 걷기실천율의 변화 정도이다. 걷기실천율부문 모형은 앞 장에서 정리한 건강도시 4대 지표 중 시민건강지표부문의 한 요소인 걷기실천율에 영향을 미치는 지표들 간의 인과관계를 분석하는 부문이다. 걷기실천율 변수와 시스템 내 다른 변수 간 인과관계의 파라미터값 추정을 위해 지역사회 건강조사 및 시군 센서자료 등을 활용하여 회귀분석을 실시하였고, 분석결과 건강도시의 20개 지표 중 면적대비 버스노선수 비율과 면적대비 자전거도로 연장, 비만율, 건강수준인 지율, 범죄율은 걷기실천율에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다(식 1).

$$\text{걷기실천율} = 1.94(\text{면적대비 버스노선수 비율}) + 3.41(\text{면적대비 자전거도로연장 비율}) - 0.18(\text{범죄율}) - 0.50(\text{비만율}) + 0.30(\text{건강수준인지율}) + 51.71 \dots \dots (\text{식 1})$$

걷기실천율부문에서 Adjust R<sup>2</sup>값은 0.442이고(R<sup>2</sup>값: 0.665), 더빈왓슨(Durbin-Watson) 통계값은 1.940으로, 심각한 수준의 자기상관 문제는 없는 것으로 나타났다. 회귀분석의 가정은 다음과 같이 충족하였다. 우선, 잔차의 히스토그램이 기대곡선에서 크게 벗어나지 않고, 누적확률 산포도에서 관찰도수가 기대도수에 수렴하므로 정규분포성의 가정을 충족하였고, 잔차의 산포도에서 일정한 형태를 갖추지 않고 무작위적으로 분포하므로 모형은 등분산성의 가정도 충족하였다. 그리고, 각 설명변수가 VIF < 10 (공차한계 > 0.1)의 조건을 만족시키므로, 설명변수간의 심각한 다중공선성(multicollinearity)의 위험은 없는 것으로 나타났다.

걷기실천율부문에서 단위면적대비 버스노선수 비율과 단위면적대비 자전거도로연장 비율 변수는 건강도시의 주요 환경지표이다. 여기서는 연간 버스노선수 변화율과 자전거도로연장 변화율이 환경관련 건강도시화 정책의 변수로 활용된다. 이와 함께 범죄율은 사회경제 정책으로, 비만율, 주관적 건강수준 인지율은 보건정책의 변수로 활용할 수 있다.



[그림 3] 걷기실천율부문의 시스템 흐름도

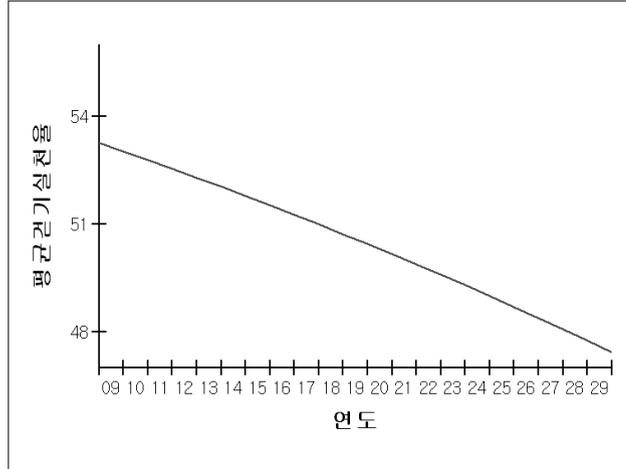
<표 4> 걷기실천율부문을 구성하는 변수 간의 함수관계

변수명	관계식	변수유형
비만율( $t$ )	<표 3-5> 참조	상태변수
비만율변화량( $t$ )	<표 3-5> 참조	증감변수
주관적건강수준인지율( $t$ )	<표 3-5> 참조	상태변수
주관적건강수준인지율변화량( $t$ )	<표 3-5> 참조	증감변수
범죄율( $t$ )	<표 3-2> 참조	상태변수
범죄율변화량( $t$ )	<표 3-2> 참조	증감변수
면적대비자전거도로연장비율( $t$ )	<표 3-4> 참조	보조변수
자전거도로연장( $t$ )	<표 3-4> 참조	상태변수
자전거도로연장변화량( $t$ )	<표 3-4> 참조	증감변수
면적대비버스노선수비율( $t$ )	<표 3-4> 참조	보조변수
버스노선수( $t$ )	<표 3-4> 참조	상태변수
버스노선수변화량( $t$ )	<표 3-4> 참조	증감변수

## 2. 행태분석

새로운 정책의 도입 없이 (do-nothing policy) 과거와 현재의 추세대로 산출되는 모형의 행태분석(behavior analysis), 즉 시뮬레이션을 통한 향후 전망치를 산출할 수 있다.

행태분석에서는 물리적 도시환경 및 정책의 변화가 없는 여건 하에서 지역주민의 걷기실천율의 변화를 전망한다. [그림 4]에서 보는 바와 같이, 특별한 대책을 강구하지 않는 한 앞으로도 상당기



[그림 4] 평균 걷기실천율의 행태분석(2009~2030)

간 동안 수도권 걷기실천율은 지속적으로 감소할 것으로 전망된다. 걷기실천율은 2009년 53.27%에서 꾸준히 감소하여 2020년에는 50.45%, 2025년에는 49.01%, 2030년에는 47.45%로 감소한다.

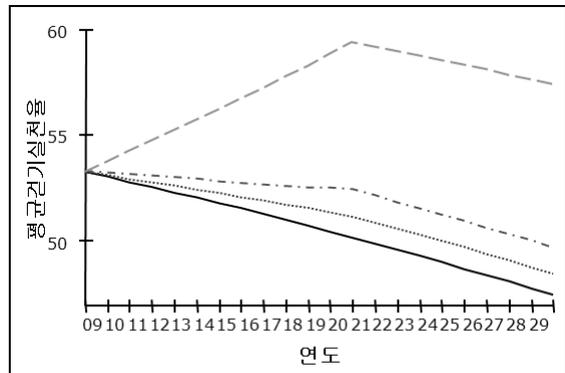
## 3. 건강도시화 정책의 파급효과

2009~2030년 동안 대상지역의 행태분석 결과와 유형별 정책에 따른 지역주민의 걷기실천율 변화를 비교분석함으로써, 건강도시화 정책의 파급효과 산출할 수 있다. <표 5>에서의 특정 정책대안이 지역주민의 걷기실천율에 어느 정도의 영향을 미치는지를 확인할 수 있음으로 정책의 효과를 산정하고, 바람직한 정책대안을 제시할 수 있다. 다양한 시나리오를 제시할 수 있겠으나, 여기서는 자연변화율 수준에 조정하여 대안별 시나리오를 설정하였다. 특히, 정책대안 1과 2는 도시계획이나 지역정책과 관련된 대안이 될 수 있으므로 시나리오를 설정하였고, 정책대안 3은 도시계획적 접근과 함께 보건 및 사회정책도 포함되도록 제시하였다.

〈표 5〉 대안별 시나리오

사례구분	적용부문	가상 시나리오
기본시물레이션	-	현재의 추세를 그대로 반영한 시물레이션
정책대안 1	환경지표부문	2020년까지 연간 자전거도로연장 3% 증가시킨다고 가정
정책대안 2	환경지표부문	2020년까지 연간 버스노선수 3% 증가시킨다고 가정
정책대안 3	사회경제지표부문 환경지표부문 시민건강지표부문	2020년까지 연간 자전거도로연장 3% 증가, 버스노선수 3% 증가, 범죄율 1% 감소, 주관적건강수준인지를 0.3% 증가, 비만을 3% 감소시킨다고 가정

세 가지 정책대안에 대한 시물레이션 분석결과는 [그림 5]와 같다. 우선, 정책대안 1에서 2020년까지 연간 자전거도로연장을 3% 증가시킨다고 가정하면 2009년에 53.27%였던 걷기실천율은 2020년에 50.89%, 2030년에 48.45% 수준으로 감소하였다. 정책대안 2에서 2020년까지 연간 버스노선수를 3% 증가시킨다고 가정했을 때, 걷기실천율은



— 기본    ..... 대안1    - · - · 대안2    - - - 대안3

[그림 5] 대안의 시물레이션 결과

2020년 52.45%, 2030년에 49.66% 수준으로 감소하였다. 정책대안 3에서 2020년까지 연간 자전거도로연장 및 버스노선 수 3% 증가, 범죄율 1% 감소, 주관적건강수준인지를 0.3% 증가, 비만을 3% 감소시킨다고 가정하면, 걷기실천율은 2021년(59.37%)까지는 증가하다가 이후 감소하여 2030년에는 57.43% 수준으로 나타났다.

시물레이션 결과를 정리하면, 대안 1과 2에서는 지역주민의 평균 걷기실천율이 지속적으로 감소하나, 기본모형의 전망치(행태분석)보다는 감소폭이 적은 것으로 나타났다. 그리고 대안 3의 경우는 걷기실천율이 증가하는 추세를 보이다가 2021년부터 감소하는 경향을 보였다. 세 개의 대안은 모두 정책추진의 시간적 범위인 2020년을 전후하여 걷기실천율의 변곡점이 나타났다. 종합하면, 과거와 현재 추세대로 전망한 행태분석과 비교했을 때 세 개의

대안은 모두 각 연도별로 지역주민의 평균 걷기실천율보다 높은 것으로 나타났다.

대안의 정책효과를 정리하면 <표 6>과 같다. 정책대안 1, 2, 3은 기본모형의 시뮬레이션에 비해 지역주민의 평균 걷기실천율이 각각 1.00%, 2.21%, 9.98%씩 증가한 것으로 나타났다. 단일 정책이 아니라 다른 부문의 정책을 조화시켜 추진한 대안 3의 경우, 걷기실천율 상승효과가 비교적 크게 나타나는 것을 확인하였다. 즉, 건강도시화 정책은 도시계획과 함께 보건 및 사회적 정책도 병행하여 함께 추진된다면 큰 과급효과를 발생시킬 수 있을 것이다.

<표 6> 정책대안의 지역주민 걷기실천율 변화에 대한 효과 (단위: %)

	정책대안 1	정책대안 2	정책대안 3
정책반영	48.45	49.66	57.43
기본모형	47.45	47.45	47.45
정책효과	+1.00	+2.21	+9.98

## VI. 결론

이 연구는 현재의 도시환경이나 제반 여건들 하에서 걷기실천율로 대변되는 지역주민의 건강수준이 어떻게 영향을 받는지, 그리고 건강도시화 정책을 추진했을 때 그 효과가 어느 정도 수준으로 나타나는지를 분석한 연구이다. 이 연구의 기여도는 변수들 간의 복잡하게 얽혀있는 각종 요인들의 인과관계를 분석하여 미래를 전망하고 정책효과 측정까지 가능하게 한 모형을 구축했다는 점이다. 이 모형을 통해 건강도시화 정책에 대한 효과를 사전에 측정하고 연차별로 전망할 수 있어 효과적인 정책을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

연구의 결과를 요약하면 이와 같다. 첫째, 우리나라의 수도권 주민을 대상으로 현재의 도시환경과 기타 여건하에서 지역주민의 걷기실천율은 지속적으로 감소할 것이나, 건강도시화 정책을 추진한다면 걷기실천율의 감소폭을 줄이거나 혹은 증가시킬 수 있을 것이다. 둘째, 건강도시화 정책대안의 걷기실천율 증감효과를 추정한 결과, 대안별로 적게는 1% 수준(대안 1)에서 많게는 9.98%(대안 3)의 상승효과가 나타나는 것으로 조사되었다. 특히, 대안 3의 경우처럼, 도시환경 관리와 보건정책 등을 결합한 건강도시화 정책을 추진할 경우 그 효과가 높은 것으로 나타났다.

이 연구는 자료의 한계로 수도권에 한정하여 분석하였다. 추후 범위를 확대하여 전국을 대상으로 연구를 추진한다면 실제 추진되고 있는 건강도시 사업에 활용될 수 있는 근거자료로 유용하게 활용될 것이다. 또한, 지방 광역시, 중소도시 등 도시규모별로 구분하여 분석한다면 더욱 세밀하고 의미 있는 결과를 가져올 수 있을 것이다.

이 연구는 지자체 보건소 주도로 추진 중인 건강증진 프로그램 위주의 건강도시 사업을 도시계획의 관점에서 살펴봄으로써 향후 도시계획 분야에서 연구 및 정책추진의 기반을 마련했다는 것에서 시사점이 높다. 시스템 다이내믹스를 활용하여 도시환경이 걷기실천율에 미치는 영향을 분석한 연구는 많지 않으며, 건강도시 연구의 필요성을 시사한다는 점에서 그 의미가 매우 높다. 이 연구를 통해 보건학과 도시계획학의 공조체계를 통한 건강도시 연구가 활성화 될 수 있을 것으로 기대한다.

### 【참고문헌】

- 김은정. (2012). “건강도시 지표 및 지수 개발과 수도권 지역의 적용에 관한 연구”. 『국토연구』 제72권: 161-180.
- 김은정 · 강민규. (2011a). “공간회귀모형을 활용한 도시환경이 지역사회 비만도와 자가건강도에 미치는 영향 분석: 수도권을 중심으로”. 『국토연구』, 제68권: 85-98.
- \_\_\_\_\_. (2011b). “도시환경과 개인특성이 지역주민의 건강수준에 미치는 영향”. 『지역연구』 제27권 제3호: 27-42.
- 김은정 · 김현식 · 이승복 · 강민규. (2010). 『건강도시 구현을 위한 공간계획 및 정책방안 연구』. 국토연구원.
- 이경환 · 안건혁. (2008). “근린환경이 지역주민의 건강에 미치는 영향”. 『국토계획』 제43권 제3호: 249-261.
- 임윤환 · 최막중. (2006). “지하공간의 보행만족도에 영향을 미치는 계획요소에 관한 실증분석: 서울 코엑스몰을 중심으로”. 『한국도시설계학회지』 제7권 제2호: 47-56.
- 통계청. (2006). 『장래인구추계』. 통계청.
- 환경부. (2010). 『2009 대기환경연보』. 환경부.
- 행정안전부. (2010). 『2009 한국도시연감』. 행정안전부.
- Boarnet, M.G., M. Greenwald, and T.E. McMillan. (2008). Walking, urban design, and health: Toward a cost-benefit analysis framework. *Journal of Planning Education and Research*. Vol. 27: 341-358.
- CDC. (2012). “Healthy Community Design Checklist”. Retrieved Feb. 20, 2012 from [http://www.cdc.gov/healthyplaces/factsheets/Healthy\\_community\\_Checklist.pdf](http://www.cdc.gov/healthyplaces/factsheets/Healthy_community_Checklist.pdf).
- Davidson, K. K., and C. T. Lawson. (2006). “Do attribute in the physical environment influence children’s physical activity?: a review of the literature”. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, Vol. 3, No. 19: 1-17.
- Frank, L.D., M. A. Andresen, and T. L. Schmid. (2004). “Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars”. *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 27, No. 2: 87-96.
- Hume, C., J. Salmon, and K. Ball. (2007). “Associations of children’s perceived neighborhood environments with walking and physical activity”. *American Journal of Health Promotion*, Vol. 21: 201-207.

Katzmarkzyk et al. (2000). The economic burden of physical inactivity in Canada, *CMAJ* Vol. 163, No. 11: 1435-1440.

Lee C, and A. V. Moudon. (2004). “Physical activity and environment research in the health field: Implications for urban and transportation planning practice and research”. *Journal of Planning Literature*, Vol. 19, No. 2: 147-181.

O’ Donnel, M. (1988). Health Promotion: An Emerging Strategy for Health Enhancement and Business Cost Savings in Korea (Unpublished).

경기통계: <http://stat.gg.go.kr/>

서울통계: <http://stat.seoul.go.kr/>

수도권 대중교통정보시스템: <http://www.algoga.org/>

인천통계: <http://www.incheon.go.kr/>

지역사회건강조사: <http://chs.cdc.go.kr/>