

인과지도의 타당성 확보와 정보 표현력 향상을 위한 이론적 고찰

정재운^a 김현수^b

동아대학교 경영정보학과^a 석사과정, ^b교수
부산광역시 사하구 하단2동 경영대학

Tel: +82-51-200-7478, Fax: +82-51-207-2827, E-mail: forshare@naver.com, hskim@dau.ac.kr

Abstract

시스템 다이내믹스에서의 인과지도는 동적 환경의 문제를 분석하고, 분석된 내용을 논의할 수 있는 도구로써 활용되고 있다. 하지만, 인과지도는 복잡도가 높은 문제를 설명함에 있어서 문제에 대한 정보의 표현과 논리적인 전개에 한계가 존재한다. 그리고 인과지도의 작성 과정에서 연구자의 주관성을 배제하고 오류를 검증하기 위한 객관적 기준이 미흡한 실정이다. 또한, 문제 해결을 위한 세부적인 개체 모델링과의 연계성이 부족하다. 이에 일각에서는 시스템 다이내믹스의 문제분석에 관한 방법론에 지적을 가하는 경우도 있다. 이에 본 연구에서는, 인과지도의 타당성 확보와 정보 표현력 향상을 위한 이론적 연구를 진행하고자 한다. 본문에서는 인과지도가 객관적인 논리에 의해 작성될 수 있도록 수리적, 논리적 근거들을 제시함과 동시에, 인과지도의 정보 표현력 향상을 통한 대화도구로서의 기능적 향상 방안 에 대해서 연구를 진행하였다.

Keywords:

인과지도, 타당성 확보, 오류검증, 정보 표현력 향상, 시스템 다이내믹스

I. 인과지도의 가치와 한계

1.1 시스템 다이내믹스와 인과지도

시스템 다이내믹스(System Dynamics ; SD)는 문제를 구성하는 구조(체계 ; System)와 구조 속에 존재하는 변수들 간의 행태변화(Dynamics)를 시스템사고로 분석하여 보다 근원적인 차원에서의 문제해결 방안을 모색하는 연구방법론이다. 그리고 인과지도는 시스템 다이내믹스에서 문제의 행태에 대한 구조적 관계를 규명하고, 문제해결 해결을 위한 논의적 수단으로 활용된다[김도훈 외(1999)].

1.2 인과지도의 가치

1.2.1 문제의 시각화

시스템 다이내믹스에서 해결하고자 하는 문제는 주로 단선적 사고로 해결하기 어려운, 동적 환경의 복잡도가 높은 문제들이 다수이기 때문에 문제상태를 글(text)만으로 서술하기에는 어려움이 있다. 하지만, 인과지도는 화살표와 +/- 등의 기호체계를 사용함으로써 변수들의 복잡한 인과관계를 시각화하여 연구자와 의사결정자들이 문제를 직관적으로 인지할 수 있도록 한다. 이에 연구자 및 의사결정자는 작성된 인과지도를 통해서 효율적이고 직관적인 문제분석이 가능하다.

1.2.2 의사소통의 도구

현실에 처한 문제를 명확하게 해결하기 위해서는 연구자와 실무자 및 의사결정자 간의 원활한 의사소통을 통해 정확한 현황분석과 문제해결 과정을 논의할 수 있어야 한다. 하지만, 복잡성이 높은 문제의 경우, 연구자는 문제분석 내용을 타인에게 전달하기 어려울 뿐만 아니라, 실무자 역시 연구자가 현실문제를 제대로 반영하고 있는지 확인하기도 어렵다. 하지만 시스템 다이내믹스에서는 문제분석 내용을 시각적으로 정리, 표현된 인과지도를 활용함으로써 원활한 의사소통이 가능하다. 이로써 문제분석 및 정보교류의 질적 향상을 추구할 수 있다.

1.2.3 시뮬레이션 모델링의 기초자료

시스템 다이내믹스 모델링에는 전체우선 모델링과 개체우선 모델링이라는 2가지 방식의 모델링이 있다. 전체우선 모델링은 문제의 전체적인 관점에서 세부적 관점으로 문제분석을 전개해나가는 방식으로, 인과지도를 먼저 작성하고 세부적인 개체모델링을 진행한다. 후자의 경우에는 이와 반대의 방식으로 모델링을 전개해나간다. 전체우선 모델링의 경우, 인과지도가 세부적인 시뮬레이션 모델링의 기초 자료로 활용된다[김도훈 외(1999)].

1.3 인과지도의 한계

1.3.1 이론적 미성숙

시스템 다이내믹스에서의 인과지도는 시스템사고를 개념적으로 표현함과 동시에 개체 모델링의 자료로 활용될 수 있어야 한다. 하지만, 현재의 인과지도는

주로 선자의 기능을 수행하고 있다. 인과지도가 문제의 전체적 분석이라는 관점에 치중되어 활용되다 보니, 정보 표현방식과 내용들에 대해서 모호성이 존재한다. 즉, 문제의 전체적인 표현에 있어서 추상도가 높은 개념을 사용하여 변수를 정의함으로써 인과지도의 객관적 타당성을 확보하기가 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 인과지도 작성단계에서부터 연구자의 주관적 개입을 사전에 차단하거나, 차후 검증 을 통한 오류검증 방법이 필요하다. 하지만, 이를 뒷받침해줄 수 있는 이론적 근거들이 미약하여 인과지도의 이론적 한계를 극복할 수 있는 연구들이 진행될 필요가 있다.

1.3.2 정보 표현력의 부족

인과지도는 화살표와 변수, +/- 부호, 이 세가지를 활용하여 변수 간의 인과관계 방향성과 상관관계, 여러 인과관계 속에서 나타나는 피드백에 대한 행태 정보 등을 표현할 수는 장점이 있지만, 문제구성 변수들의 행태를 수리적, 논리적으로 표현할 수 있는 개념이 부족하다. 개체 모델링에서 사용되는 변수들 간의 비교논리, 제약정보 표현 등에 관한 정보 표현 개념이 부족하다는 단점이 있다. 그러므로 인과지도의 정보표현력 확장에 관한 연구가 진행될 필요가 있다.

1.3.3 모델링의 연계 및 통합성 부족

시스템 다이내믹스에서는 전체적인 문제분석 내용을 바탕으로, 실질적인 개체 모델링을 진행한다. 하지만, 인과지도에서 사용되는 대부분의 변수는 개체 모델링에서 사용되기에는 부적합한, 추상도가 높은 개념으로 정의되어 있다. 그리고 변수의 개념적 정의에 있어서 유량변수와 저장변수 등에 관한 구분이 없기 때문에 인과지도의 내용을 개체 모델링에 바로 적용하기에는 어려움이 있다. 이에 모델링 작업시, 인과지도의 작성과 별도로 개체 모델링이 진행되는 경우가 많다. 이는 모델링 작업의 비효율성을, 궁극적으로는 연구의 비효율성을 야기한다. 이에 [김동환(2000)]은 인과지도가 개체 모델링으로 쉽게 전환할 수 있도록 NUMBER라는 시뮬레이션 모델링 방법론을 연구한 바 있다. 하지만, 이는 개체모델링 툴(tool)이 없으면 인과지도를 작성할 수 없다는 한계가 있다. 이에, 여전히 인과지도의 정보표현에 대한 편의성을 보장하면서, 개체 모델링과 연계, 통합 수준을 높일 수 있는 방법에 대해서 연구가 진행될 필요가 있다.

II. 인과지도의 개념

2.1 인과지도 구성개념

2.1.1 인과지도의 작성기호

인과지도를 그리기 위해서는 우선 문제구성 변수에 대한 정의와 인과관계의 방향성, 극성(상관관계)에 대한 분석이 진행되어야 한다. 변수명은 변수속성을 나타낼 수 있는 용어로 정의하고, 변수 간의 인과 방향성은 화살표(→)로 표시한다. 또한, 원인 및 결과 변수 간의 상관관계는 +, - 기호를 사용하여 표현한다.

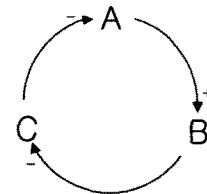
[표1] 인과지도의 기호설명

기호	기호의 의미	설명
→	인과관계의 방향성	변수 A가 원인이고 변수 B가 결과이면, 화살표를 A에서 B방향으로 표시한다(A → B).
+/-	인과관계의 극성	변수 A, B가 $\Delta A \uparrow \rightarrow \Delta B \uparrow$ 이고 $\Delta A \downarrow \rightarrow \Delta B \downarrow$ 이면, A는 B방향으로 양의 상관관계를 가진다고 하며, $A \xrightarrow{+} B$ 와 같이 표시한다. 변수 A, B가 $\Delta A \uparrow \rightarrow \Delta B \downarrow$ 이고 $\Delta A \downarrow \rightarrow \Delta B \uparrow$ 이면, A는 B 방향으로 음의 상관관계를 가진다고 하며, $A \xrightarrow{-} B$ 와 같이 표시한다.

[Park and Kim (1992)]

2.1.2 피드백 루프

복수 개의 변수에 대한 인과지도를 작성하다 보면, 순환관계의 인과관계가 생성되는데, 이를 피드백 루프(feedback loop)라고 한다.



[그림 1] 피드백 루프

피드백 루프와 관련한 개념으로는 피드백의 성격에 따라서 양의 피드백(자기 강화 피드백, 일탈 강화적 피드백)과 음의 피드백(목표 지향형 피드백, 안정화 피드백, 자기억제 피드백)으로 분류할 수 있다[김도훈 외(1999)].

III. 인과지도의 이론적 고찰

3.1 인과지도의 내재원리

3.1.1 인과관계의 극성

인과지도상에 변수 A, B, C, D만 존재하고, $A \xrightarrow{+}$

$B \rightarrow C \rightarrow D$ 라는 관계가 성립하는 인과지도가 있다는 가정을 한다. 또한, 인과지도에서 표현되는 변수와 변수 간의 관계 외에는 존재하지 않는다고 가정해보자. 이 때, 변수 A와 C, A와 D 간의 인과관계를 살펴보자. 이들의 인과 방향성은 $A \rightarrow C, A \rightarrow D$ 이고, $A \rightarrow C, A \rightarrow D$ 의 상관성(+/-)은 $(-)*(-)=(+)$ 라는 일반 수학적논리를 이용하여 $A \rightarrow C$ 의 극성(+/-)은 음(-), $A \rightarrow D$ 의 극성은 양(+))임을 알 수 있다. 즉, 변수 A와 C, A와 D의 관계는 $A \rightarrow C, A \rightarrow D$ 가 된다. 이처럼, 인접하지 않은 두 변수의 인과관계에 대한 극성은 이들 간에 존재하는 인과관계에 대한 극성(+/-)과 극성의 수(number)라는 요소에 의해 결정된다. 수식(1)은 이를 정리한 것이다.

$$R_p^j R_n^k = D_r \quad (1)$$

- R_n : 인접한 두 변수 사이에 존재하는 음(-)의 상관관계((-)를 값으로 가짐)
- R_p : 인접한 두 변수 사이에 존재하는 양(+))의 상관관계((+)를 값으로 가짐)
- j : R_p 의 개수
- k : R_n 의 개수
- D_r : 인과관계에서 최초의 변수와 최종의 변수 사이에서 궁극적으로 표현되어지는 상관관계의 극성((+) 또는 (-)을 값으로 가짐)

3.1.2 피드백의 역인과 논리

인과지도에는 인과관계가 순환하는 피드백의 개념이 존재한다. 이 때, 피드백의 성격(극성)이 음(-)일 경우, 정리1)과 같은 논리가 성립한다.

정리1) $A \rightarrow B$ 이면, $B \rightarrow A$ 이고
 $A \rightarrow B$ 이면, $B \rightarrow A$ 이다.
 (단, $F_r < 0(-)$, $F_r =$ 피드백의 극성)

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A'$ (단, $A=A'$) 라는 형태의 피드백이 있다고 할 때, $B \rightarrow A$ 의 관계를 구해보자. 위의 가정에서 $A=A'$ 라고 하였으므로 $B \rightarrow A = B \rightarrow A'$ 가 성립한다. 그리고 B와 A'의 상관관계는 식(1)에 의해, $(+)^0*(-)^3 = (-)$ 임을 알 수 있다. 그러므로 $B \rightarrow A' = B \rightarrow A$ 가 성립한다. 즉, $F_r < 0(-)$ 인 경우, $A \rightarrow B$ 는 역방향으로 $B \rightarrow A$ 가 성립한다. 그리고 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A'$ (단, $A=A'$) 라는 형태의 피드백에서 $B \rightarrow A$ 에 대한 관계는 다음과 같이 구할 수 있다. $B \rightarrow A = B \rightarrow A'$ 가 성립하고, 식(1)을 통해 B와 A'의 상관관계가 $(+)^1*(-)^2 = (+)$ 임을 알 수 있으므로 $B \rightarrow A' = B \rightarrow A$ 가 성립한다. 이에 $F_r < 0(-)$ 인 경우, $A \rightarrow B$ 는 역방향으로 $B \rightarrow A$ 가 성립한다.

반면, 인과지도에서 피드백의 성격(극성)이 양(+))일 경우, 정리2)와 같은 논리가 성립한다.

정리2) $A \rightarrow B$ 이면, $B \rightarrow A$ 이고

$A \rightarrow B$ 이면, $B \rightarrow A$ 이다. (단, $F_r > 0(+)$)

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A'$ (단, $A=A'$) 라는 형태의 피드백이 있다고 할 때, $A \rightarrow B$ 의 역인과관계는 정리1)과 같은 방식으로 $B \rightarrow A$ 를 구할 수 있다. 그러므로 $F_r > 0(+)$ 일 때, $A \rightarrow B$ 는 역방향으로 $B \rightarrow A$ 가 성립한다. 마찬가지로 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A'$ (단, $A=A'$)인 상황에서도 정리1)과 같은 방식으로 $A \rightarrow B$ 가 역방향으로 $B \rightarrow A$ 이 된다는 사실을 확인할 수 있다. (단, $F_r > 0(+)$)

하나의 피드백을 정리1)과 정리2)를 이용하여 역인과관계의 구하면, 정리3)과 같은 규칙성이 발견된다.

정리3) $F_r < 0(-)$ 인 경우, 각 변수 간의 인과관계에 대한 방향성과 극성이 정방향과 반대의 것으로 바뀐다. 단, $F_r > 0(+)$ 인 경우, 인과관계의 방향만 바뀌고 극성은 바뀌지 않는다.

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 인 인과지도가 있다고 할 때, 정리1)을 통해 $A \leftarrow B \leftarrow C \leftarrow D \leftarrow A$ 라는 역인과관계를 도출할 수 있다. 반면, $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 인 피드백은 정리2)를 통하여 $A \leftarrow B \leftarrow C \leftarrow D \leftarrow A$ 인 피드백을 도출할 수 있다. 이렇게 도출된 역인과관계의 피드백에서 정리3)의 규칙성을 확인할 수 있다.

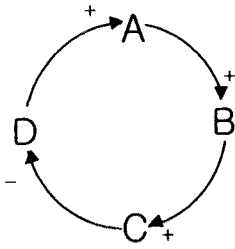
정리4) 역인과관계의 피드백 상에서도 식(1)의 원리가 적용된다.

$A' \leftarrow B \leftarrow C \leftarrow D \leftarrow A(A=A')$ 인 역인과관계의 피드백이 있다고 가정할 때, 식(1)을 이용하여 인접하지 않은 변수들 간의 인과논리를 추론할 수 있다.

3.2 내재원리의 활용

3.2.1 인과지도의 요약과 직관적 판단

변수 A, B, C, D가 [그림2]와 같은 형태로 존재하는 인과지도가 있다. 이 때, 인과지도 상에 나타나는 변수와 이들 간의 행태가 명백하게 정의되어 있으며, 각 변수들 사이에는 다른 변수들이 개입할 여지가 없다고 하면, 연구자는 의미 있는 특정 변수들을 중심으로 요약을 할 수 있다. 예를 들어, 연구자가 변수 A와 D의 인과관계에 대한 정보만 필요할 경우(혹은 변수 C, D에 관한 정보가 없어도 A, D 간의 관계를 충분히 이해할 수 있을 경우 등), 수식(1)을 이용하여 연구자는 해당 인과지도 [그림2]를 $A \rightarrow D \rightarrow A$ 의 형태로 요약할 수 있다.

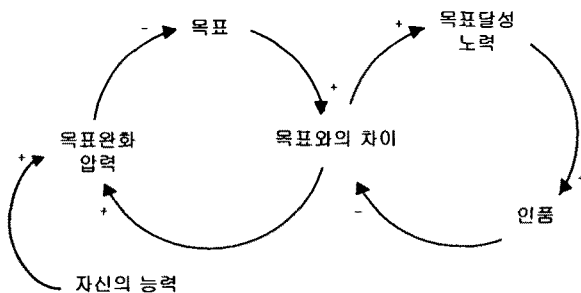


[그림 2] 피드백만 존재하는 인과지도

이외에도, 정리1), 2)의 규칙성을 활용하면 전체 변수에 대한 동태를 분석하지 않고 피드백 극성이 양(+)인지(-)인지와 두 변수 간의 인과논리만 파악하고자 하는, B와 C의 역인과관계는 음(-)이라는 것을 직관적으로 판단할 수 있다. 물론, 시스템 사고로 문제의 분석을 통해 해결점을 찾는 것이 시스템 다이내믹스의 주요한 연구방법론이지만, 상황에 따라 연구자의 빠른 이해와 판단(직관)이 필요할 경우, 앞의 논리들이 유용하게 활용될 수 있다.

3.2.2 오류검증

인과지도상에서 정의하고자 하는 문제가 복잡할 수록, 인과지도 작성에 관한 오류를 범하기 쉽다. 이에 작성과정의 오류를 검출할 수 있는 기준으로 3.1절의 논리를 제시하고자 한다. 인접변수 간의 인과관계, 인접변수 이외 변수들 간의 인과관계 등이 일관되게 성립하는지를 살펴봄으로써 인과지도에서 범하고 있는 오류들을 검출할 수 있기 때문에 인과지도의 타당성을 검증할 수 있는 기준이 된다.



[그림 3] 인과지도 오류검증 사례

[그림3]은 인간이 목표를 달성하기 위해 자신의 능력과 노력에 대해서 어떤 행태론을 보이는가를 설명하는 인과지도이다. (단, 위 그림은 '목표>능력'인 경우임) 개인이 달성하고자 하는 인품(목표)이 현재 자신의 인품수준보다 높을 경우, 목표와의 차이를 만회하려는 노력을 전개한다. 능력이 목표와 부합하기 위해 전개하는 노력은 2가지의 경우로 나누어서 볼 수 있는데, 하나는 목표를 낮은 수준으로 재설정하는 것이고, 나머지 하나는 열심히 노력하여 자신의 수준을 목표수준으로 향상시키는 것이다(해당 자료의 그림을 [그림3]으로 표현하는 과정에서 일부

변수명을 요약하였음) [KSDS (2007)]. 이 내용을 바탕으로 위 인과지도의 오류검증 작업을 진행하고자 한다. 우선, 피드백 외부에 유일하게 존재하는(그림의 좌측 부분) '자신의 능력'이라는 변수부터 확인을 해보겠다. 이 변수는 '목표완화압력'이라는 변수에 대해서 양의 상관관계를 미치고 있다. 이는 '자신의 능력'이 증가할수록 '목표완화압력'이 높아지게 된다는 것을 의미한다. 이는, '자신의 능력'이 향상되면 목표와의 괴리도가 낮아져 '목표완화압력'이 낮아진다고 하는 왼쪽 인과루프의 논리와 상반되는 것이다. 그리고 식(1)을 근거로 '자신의 능력'과 '목표' 간의 관계를 살펴보면, 해당 인과지도는 '자신의 능력'이 향상될수록 '목표'가 낮아지는 관계이다. 하지만 '자신의 능력'이 향상된다고 '목표'가 감소하는 것은 아니다. 다만, '목표와의 차이'가 줄어들 수 있을 뿐이다. 이에 '자신의 능력'이라는 변수에 대한 인과관계가 잘못 정의되었다는 결론을 내릴 수 있다. 이처럼, 작성된 인과지도를 앞에서 설명한 규칙성을 기준으로 검증함으로써 인과지도의 타당성을 확보할 수 있다.

3.2.3 다양한 관점에서의 분석

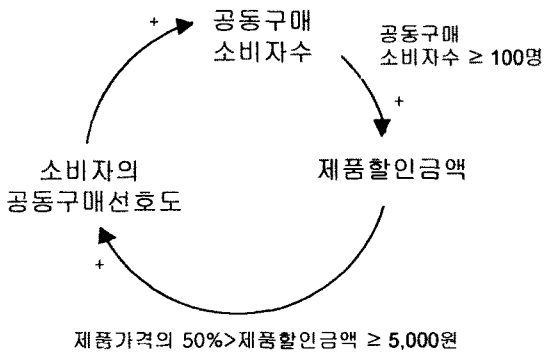
인과지도에서는 피드백 개념을 중요시 여긴다. 피드백 내의 동태를 분석함으로써 문제에 대한 해결방안을 모색하기 때문이다. 이를 위해서는 피드백내의 변수들이 전개하는 다양한 행태들에 대한 분석이 이루어져야 한다. 그렇다면, 3.1절에서 설명된 논리들이 연구자로 하여금 보다 쉽고 간편하게 인과루프의 다양한 행태를 분석할 수 있도록 도움을 줄 것으로 판단한다.

3.3 인과지도의 개념 및 기능 보완

3.3.1 비교논리

다양한 문제를 분석하다 보면, 변수들 간의 규합상태(조건)에 따라서 문제의 전개 양상이 달라질 수 있다. 이러한 내용을 설명하기 위해서는 인과개념 외에도 비교논리나 산술적 표현이 가능해야 하는데, 기존의 인과지도에는 이를 지원하는 개념 및 기능들이 부족하다. 이에 본 연구에서는 비교논리 연산자(>, =, <)를 활용하여 인과지도상에서 문제를 정의할 수 있는 방안을 살펴보았다. [그림4]은 공동구매에 대한 제품할인과 소비자의 참여도에 관한 행태론을 변수 {공동구매소비자수, 소비자의공동구매선호도, 제품할인금액}으로 설명하고 있다. 여기에는 '공동구매소비자수'가 100명 이상인 시점부터 '제품할인금액'을 변화시킬 수 있다는 제약과, '소비자의공동구매선호도'는 5000원부터 제품가격의 50%미만의 '제품할인금액' 구간에 대해서만 행태변화를 가진다는 제약이 존재한다. 후자의 경우, 판매자가 자신의 손익과 관련하여 가격할인정책을 설정해 두었기 때문에 판매자는 제품할인 가능 이외의 구간에 대해서는 할인을 하지 않는다고 한다면, 이는 결국 '소

비자의공동구매선택호도'가 판매자의 가격할인 정책 범위 내에서만 행태변화를 보인다는 제약설정으로 표현 가능하다.



[그림4] 비교논리 적용한 인과지도

이와 같이, 임계치와 문제의 제약 등이 존재하는 문제를 인과지도상에서 표현하고자 한다면, [그림4]와 같은 유형으로 표현이 가능하다.

3.3.2 문제의 시작점

시스템 다이내믹스를 활용하는 연구자는 인과지도에서 순환적 관계(피드백)를 발견하고, 발견된 피드백 속에서 문제해결에 대한 열쇠를 찾고자 한다. 하지만, 문제의 상황에 따라서 문제의 시작점이 존재하고, 이를 명시할 필요가 있는 경우, 이를 표기해야 한다. 이는 개체모델링에 있어서 모델링의 시작점을 발견하기 위한 시간을 단축시켜줄 뿐 아니라, 인과지도도를 통해 정보를 파악하는 이(인과지도 작성자 이외의 자)들에게도 문제 발단의 기점을 명시해 줌으로써 인과지도의 정보해독의 편의성을 제공할 수 있다. 그러나 현재의 인과지도에서는 행태의 시작점을 표기할 수 있는 개념이 부족하다.

[표2] 인과지도의 개선을 위한 개념과 표현방식

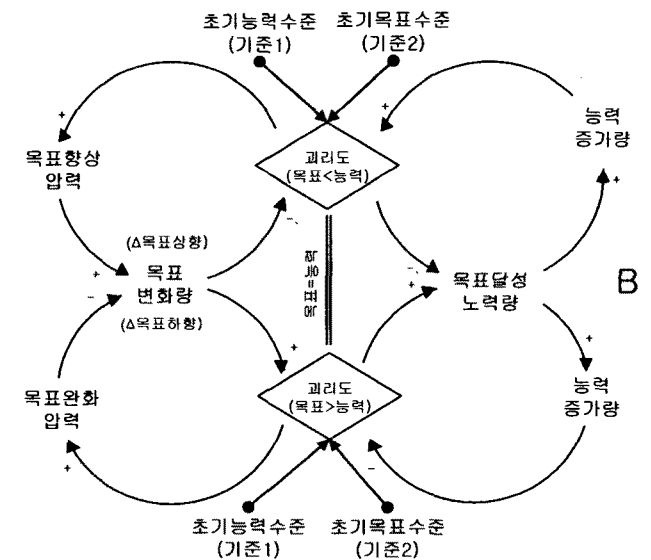
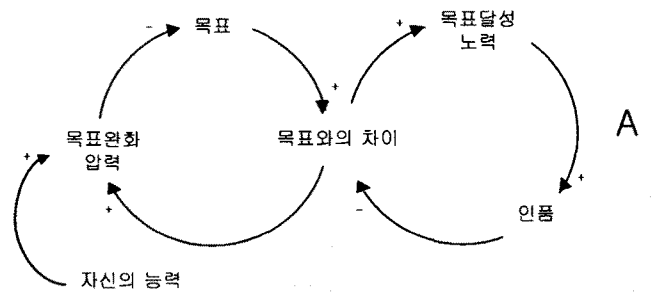
개념		표현기호	표현 예
비교논리	임계치	>, <, = 등의 비	$A \geq B$
	조건판단	교논리 연산자	
	조건판단변수(개체)	◇	교리도 (목표 < 능력)
시작점		•	$A \rightarrow B$
논리의 전환경로 (균형점)		밑줄 2줄(=), 비교논리 연산자	<u><u>$A = B$</u></u>

이에 본 연구에서는 굵은 점(•)이 달린 화살표를 사용하여 행태의 시작점을 표현하는 기호체계로 삼고자 한다. 한편, 시작점의 개념적 정의에 있어서 시작점(변수)이 비교논리를 연산하는 변수의 기준이 되될 때, 상관관계의 극성을 고려하지 않고 방향성만 고려한다. 극성에 관해서는 [Sternan, J.D.(2000)]을 참고하였다. 시작점 외에도 추가, 보

완이 필요한 몇 가지 개념들은 [표3]을 통해 정의하였다. 앞으로 인과지도를 작성하는 데 [표3]의 기호체계를 활용함으로써 문제의 다양한 논리적 전개가 가능할 것으로 본다. 그리고 개체모델링에 필요한 논리적 개념들이 인과지도에서도 사용될 수 있으므로 인과지도의 정보 표현력과 개체모델링과의 연계성도 향상될 것으로 판단된다.

3.4 개선된 인과지도

[그림5]는 앞의 [그림2]([그림5]의 A)의 에 인과지도상의 내재원리와 인과지도의 보완 개념들을 추가하여 작성하였다. 이로써 [그림5]의 A와 B의 비교분석을 통해 본문에서 진행한 이론적 고찰의 효과를 가시적으로 확인하고자 하였다. 그림 A, B의 실질적인 비교를 위해서는 그림 B의 하단부분만 비교에 사용해야 한다. [그림5]의 작성과정은 [표4]와 같다.



• 제약조건 : 능력은 감소하지 않음

[그림5] 확장된 개념을 적용한 인과지도

[그림5]의 A, B를 비교해 보면, 외형적으로 피드백이 2개에서 4개로 증가되었으며 변수들의 개념이 보다 세분화되었다. 이는 <그림A>에 존재하는 '목표와 능력의 차이'라는 변수를 3가지 비교논리로 세분화

하였기 때문이다. 세분화된 논리는 <그림A>가 ‘목표>인품(<그림B에서는 능력)’ 인 상황을 전제로 작성된 인과지도에도 대해서, 제3자가 ‘목표≤인품’ 인 조건을 적용하여 문제를 분석하려는 상황을 미연에 방지할 수 있다. 한편, 본 인과지도에서 설명되는 행태론은 ‘능력’ 과 ‘목표’ 라는 변수의 값이 비교논리에 입력되면서 시작되기 때문에 변수의 초기 값을 ‘초기능력수준(기준1)’ 과 ‘초기목표수준(기준2)’ 로 정의하고, 정의된 변수에 시작점(→) 기호를 사용하여 문제의 시작점을 표시하였다. 그리고 각 변수의 활동이 ‘목표=능력’ 이라는 균형점을 향해 수렴하는 행태를 보이다가 균형점에서 이탈하는 행태가 전개되면, 예를 들어 ‘목표>능력’ 이 ‘목표=능력’ 이라는 지점으로 수렴하다가 ‘목표<능력’ 이라는 상황으로 논리적인 전환이 이루어질 경우, 해당 논리에 맞는 활동영역으로 전환이 이루어진다는 개념을 표현하기 위해 ‘논리의 전환경로(균형점)’ 를 ‘목표=능력’ 지점에 표시하였다. 이와 함께 변수명을 [그림5]의 B 형태로 일부 수정하였고 제약조건을 해당 지도아래에 명시해 두었다. 이로써 별도의 텍스트 정보 없이 인과지도를 해석할 수 있도록 하고자 하였다. 이처럼, 인과지도에 표기된 비교논리와 시작점, 제약사항 등은 개체 모델링에서도 바로 적용할 수 있는 정보이기 때문에 인과지도가 개체 모델링에 기여하는 바가 커질 것으로 판단된다.

[표3] [그림4]의 작성 절차

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> ① <그림A>의 오류검증을 통한 타당성 분석. 변수 재정의 ② <그림A>의 ‘목표와의 차이’ 라는 변수에 ‘목표’, ‘인품’ 두 변수 값을 비교하는 논리개념을 적용하여 ‘목표>인품, 목표<인품, 목표=인품’ 이라는 3가지의 논리로 개념을 세분화하여 변수 재정의 ③ 세분화된 행태논리 ‘목표>인품’, ‘목표<인품’ 에 맞도록 다른 변수들을 재배치. 이때부터 피드백이 2개에서 4개로 증가, <그림B>의 형태를 갖추기 시작함 ④ <그림B>에서 2개로 나누어진 ‘목표와의 차이’ 의 사이에 ‘목표=인품’ 조건과 함께 [표3]의 ‘논리의 전환경로(균형점)’ 개념 적용 ⑤ 인과지도의 규칙성 검사를 통한 오류검증 진행 ⑥ 문제의 본질을 훼손하지 않는 범위 내에서 변수명 재정의 및 제약설정을 통해 정보를 명확도를 향상시킴 ⑦ 오류 검증 및 수정 ⑧ [그림4]작성 완료 |
|---|

IV. 결론

본문을 통해 인과지도의 타당성 확보를 위한 논리적 근거들을 정리하였다. 또한, 인과지도의 정보 표현력 향상을 위한 개념과 기호체계를 제시함으로써 기존의 한계를 극복하고자 하였다. 하지만, 본 연구의 결과가 가시적인 성과로 이어지기 위해서는 추가적인 이론적 연구와 실증적 연구를 통한 보완 및 개선이 필요하다.

참조문헌

- [1] 김도훈, 문태훈, 김동환 (1999). *시스템 다이내믹스* : 대영문화사
- [2] 김동환 (2000). “인과지도의 시뮬레이션 방법론 : NUMBER,” 한국시스템다이내믹스 연구, Vol.1, No.2, pp.91-111.
- [3] Park, K.S., and Kim, S.H. (1992). “Cognitive Mapping with Multiple Participants,” *한국경영과학회 학술대회논문집*, 제1권, pp.283-290.
- [4] KSDS (2007). newsletter, No.1.
- [5] Sterman, J.D. (2000). *Business Dynamics : Systems Thinking and a Complex World*. McGraw-Hill