

## Design and Implementation of Fuzzy Expert System for Personal Healthcare Management

Hee-Soo Seo\*, Kang-Hee Lee\*\*

\*Student, Global School of Media, Soongsil University, Seoul, Korea

\*\*Professor, Global School of Media, Soongsil University, Seoul, Korea

### [Abstract]

This paper details the design and implementation of a fuzzy expert system that provides personalized healthcare solutions based on an individual's lifestyle data. This study introduces fuzzy logic, which can effectively handle the linguistic ambiguity inherent in human language. The proposed system takes a user's scores related to diet, exercise, and stress as fuzzy inputs and infers a 'solution type' through a Mamdani-based fuzzy inference system. This process includes fuzzification, inference based on fuzzy rules, and defuzzification. The system was implemented using Python, and its validity was verified through experiments based on various unit and integrated scenarios. The experimental results confirmed that the proposed fuzzy expert system successfully provides rational and personalized healthcare advice for diverse input conditions. This research is expected to contribute to the development of more intelligent and user-centric healthcare systems in the future.

▶ **Key words:** Fuzzy Expert Systems, Personalized Healthcare, Lifestyle Management, Rule-Based Systems, Health Recommendation Systems

### [요 약]

본 연구는 건강 상태의 다양한 스펙트럼과 개인차를 반영하기 어려운 규칙 기반 전문가 시스템의 한계를 극복하고자, 개인의 생활 습관 데이터에 기반한 맞춤형 건강관리 솔루션을 제공하는 퍼지 전문가 시스템을 설계한다. 인간 언어의 모호성을 효과적으로 처리할 수 있는 퍼지 논리를 도입하여, 사용자의 식습관, 운동, 스트레스 관련 점수를 퍼지 입력으로 받아 맘다니 방식의 추론 엔진을 통해 솔루션 유형을 추론한다. 이 과정은 퍼지화, 퍼지 규칙 기반 추론, 역퍼지화 단계를 포함하며, 특히 기존 시스템을 퍼지 논리로 확장하고, 보다 세밀한 상황 판단이 가능하도록 설계하였다. Python 환경에서 구현된 시스템의 유효성을 다양한 시나리오로 실험한 결과, 복합적인 조건에서도 합리적이고 일관된 건강 조언을 성공적으로 제공함을 확인하였다. 본 연구는 향후 지능적이고 사용자 중심적인 헬스케어 시스템 개발에 기여하는 점에서 의의를 가진다.

▶ **주제어:** 퍼지 전문가 시스템, 맞춤형 헬스케어, 생활 습관 관리, 규칙 기반 시스템, 건강 추천 시스템

- 
- First Author: Hee-Soo Seo, Corresponding Author: Kang-Hee Lee
  - \*Hee-Soo Seo (tjgm1tn07@soongsil.ac.kr), Global School of Media, Soongsil University
  - \*\*Kang-Hee Lee (kanghee.lee@ssu.ac.kr), Global School of Media, Soongsil University
  - Received: 2025. 07. 28, Revised: 2025. 09. 22, Accepted: 2025. 09. 23.

## I. Introduction

최근 건강 패러다임이 질병의 단순 치료 중심에서 벗어나 질병 예방 및 개인 맞춤형 건강 증진 중심으로 빠르게 전환됨에 따라, 개인의 고유한 생활 패턴과 건강 상태를 정밀하게 분석하고 이에 기반한 맞춤형 솔루션을 제공하는 기술의 중요성이 날로 커지고 있다 [1]. 기존의 전문가 시스템은 특정 분야의 지식을 규칙 형태로 저장하고 이를 바탕으로 추론하여 문제 해결을 지원하지만, 건강 상태와 같이 본질적으로 모호하고 정량화하기 어려운 정보를 다루는 데에는 명확한 한계점을 드러낸다. 특히, 개인의 식습관, 운동량, 스트레스 수준과 같은 생활 습관 데이터는 개인의 주관적 인식과 표현의 다양성으로 인해 전통적인 이진 논리(crisp logic) 기반의 규칙만으로는 다양한 상황을 포괄하고 개인에게 최적화된 조언을 제공하기 어렵다.

이러한 배경 하에, 본 연구는 Prolog를 사용하여 설계했던 규칙 기반 퍼스널 헬스케어 전문가 시스템의 한계를 극복하고, 이를 퍼지 논리(Fuzzy Logic) 기반의 시스템으로 확장하는 것을 목표로 한다. 퍼지 논리는 인간의 언어와 같이 모호한 정보를 '정도(degree)'의 개념으로 표현하고 처리함으로써, 인간의 직관적 판단과 유사한 유연한 추론을 가능하게 한다 [2-3]. 본 연구에서는 사용자의 생활 습관(식습관, 운동량, 스트레스 관리 수준)을 건강 전문가의 종합적인 평가를 통해 정량화된 점수로 입력받아, 이를 퍼지 집합으로 변환한 뒤, 맘다니(Mamdani) 방식의 퍼지 추론을 통해 개인의 건강 상태에 가장 적합한 '솔루션 유형'을 도출한다. 이 과정에서 기존 Prolog 규칙의 핵심 로직을 퍼지 규칙으로 확장하여 시스템의 설명력과 정교함을 높이고자 하였다. 최종적으로, 추론된 솔루션 유형과 사용자의 성별을 종합하여 구체적이고 실천할 수 있는 건강 조언을 제공함으로써, 사용자 중심의 개인 맞춤형 헬스케어 서비스 구현 가능성을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장 이론적 배경에서는 퍼스널 헬스케어와 퍼지 전문가 시스템의 주요 개념을 정립하고 국내외 연구 동향을 분석하여 본 연구의 필요성을 제시한다. 3장 규칙 기반 시스템 설계에서는 먼저, 기초 모델이 되는 Prolog 기반 전문가 시스템을 분석하고 규칙 기반 헬스케어 시스템의 기본 구조를 설계한다. 4장 퍼지 전문가 시스템 설계에서는 앞서 설계된 규칙 기반 시스템이 갖는 본질적 한계를 지적하고, 이에 대한 해결책으로 맘다니 방식의 퍼지 전문가 시스템 설계를 제안한다. 시스템 아키텍처 설계부터 퍼지 변수 정의, 규칙 베이스 구축 과정까지 상세히 기술한다. 5장 실험에서는 제안한

퍼지 시스템을 Python 환경에서 구현하고, 다양한 시나리오 기반의 실험을 통해 시스템의 유효성을 검증한다. 마지막으로 6장 결론에서는 본 연구의 결과를 종합하고, 개발된 시스템의 기여점과 한계점을 논하고, 향후 발전 방향을 제안하며 마무리한다.

## II. Related Background

### 1. Personalized Healthcare and Intelligent Systems

현대 사회에서 건강은 단순한 질병의 부재를 넘어 삶의 질을 향상시키는 핵심 요소로 인식되고 있다. 이에 따라, 개인의 유전적 특성, 생활 환경, 생활 습관 등을 종합적으로 고려하는 퍼스널 헬스케어(Personalized Healthcare)의 중요성이 강조되고 있다. 퍼스널 헬스케어는 개인에게 최적화된 건강 관리 계획을 수립하고 질병을 예방하며 건강 수명을 연장하는 것을 목표로 한다. 전문가 시스템(Expert System)은 특정 분야 전문가의 지식과 경험을 컴퓨터 프로그램에 담아, 해당 분야의 문제를 해결하거나 의사결정을 지원하는 인공지능 시스템이다. 의료 분야에서 전문가 시스템은 진단 지원, 치료 계획 수립, 약물 추천 등 다양한 형태로 활용되었으며, MYCIN과 같은 초기 시스템부터 최근의 다양한 임상 의사 결정 지원 시스템(Clinical Decision Support System, CDSS)에 이르기까지 지속적으로 발전했다 [4-5]. 예를 들어, 중국 연구자들은 SWI-Prolog를 사용하여 불안장애를 진단하는 전문가 시스템을 제안하였다 [4]. 해당 시스템은 정신건강의학과 진단 기준(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-5)을 지식 베이스로 구축하고 사용자와의 문답을 통해 불안장애 유형을 추론함으로써, 규칙 기반 접근법의 유효성과 비정형 데이터 처리의 가능성을 보여준다. 이러한 연구는 특정 분야의 지식을 정형화하여 문제 해결에 적용하는 전문가 시스템의 전형적인 사례이다.

### 2. Fuzzy Logic Concepts and Applications

전통적인 전문가 시스템은 주로 명확하게 정의된 규칙과 이진 논리에 기반하여 작동한다. 그러나 실제 세계의 많은 문제, 특히 의료 분야의 문제들은 본질적으로 불확실하고 모호한 정보를 포함한다. 로트피 자데(Lotfi Zadeh)에 의해 제안된 퍼지 논리는 이러한 모호성을 수학적으로 다루기 위한 방법론이다. 퍼지 논리는 '참'과 '거짓'의 두 가지 값만을 사용하는 이진 논리와 달리, '어느 정도 참이

다' 또는 '어느 정도 속한다'와 같이 연속적인 진리 값 또는 소속도(Degree of Membership)를 허용한다 [2]. 퍼지 집합(Fuzzy Set)은 경계가 명확하지 않은 집합을 표현하는 개념으로, 각 원소가 해당 집합에 속하는 정도를 0과 1 사이의 값으로 나타내는 소속 함수(Membership Function)로 정의된다 [3]. 퍼지 전문가 시스템은 이러한 퍼지 논리를 전문가 시스템에 통합한 것으로, 지식 표현에 퍼지 집합과 'IF-THEN' 형식의 퍼지 규칙(Fuzzy Rule)을 사용한다. 대표적인 퍼지 추론 방식으로는 맘다니 방식과 스게노(Sugeno) 방식이 있다. 맘다니 방식은 규칙의 전건부(IF 부분)와 후건부(THEN 부분)가 모두 퍼지 집합으로 표현된다. 추론 과정은 ① 각 규칙에 대한 입력 값의 소속도를 계산하고, ② 이를 AND 또는 OR 연산자로 결합하여 규칙의 활성화 강도를 결정한 뒤, ③ 이 강도를 후건부 퍼지 집합에 적용하여 결론 퍼지 집합을 잘라내고(clip), ④ 모든 규칙에서 도출된 결론 퍼지 집합들을 통합(aggregate)한 후, ⑤ 최종적으로 무게중심법(Centroid) 등과 같은 역퍼지화 과정을 통해 단일한 출력 값을 계산한다. 반면 스게노 방식은 후건부가 상수 또는 입력 변수에 대한 선형 함수로 정의된다. 이로 인해 연산이 간단하고 계산 효율이 높아 제어 시스템 분야에서 주로 사용된다. 하지만 후건부가 상수가 아니므로, 본 연구와 같이 인간의 언어적 해석이 중요하고, 추론 과정의 직관적인 이해가 요구되는 헬스케어 추천 시스템에는 맘다니 방식이 더 적합하다 [3].

### 3. Research on Fuzzy Systems in Healthcare

퍼지 논리는 의료 데이터의 불확실성, 의료진의 주관적 판단, 환자 증상의 모호성 등을 효과적으로 다룰 수 있어 헬스케어 분야에서 활발히 연구되고 응용되었다. 국외에서는 당뇨병성 신경병증 중증도 분류 [6], 뇌종양 진단 [7], 다발성 경화증 조기 진단 [8] 등 특정 질병의 임상 진단에 퍼지 전문가 시스템을 직접적으로 활용한 사례가 다수 보고되었다. 이러한 선행 연구들은 질병 진단 과정에서 나타나는 복합적이고 불분명한 증상들의 상호관계를 퍼지 규칙으로 모델링하고, 각 증상의 발현 '정도'를 소속 함수로 표현함으로써 진단의 정확도를 높였다. 이는 질병의 진단 뿐만 아니라, 본 연구에서 다루는 생활 습관과 같은 정성적이고 모호한 정보를 다루는 데 있어 퍼지 전문가 시스템이 강력한 도구가 될 수 있음을 시사한다.

## III. Design of Rule-based Expert System for Personal Healthcare

본 장에서는 연구의 기반 모델로서, Prolog를 활용한 규칙 기반 퍼스널 헬스케어 전문가 시스템을 설계 및 구현한다. 이를 통해 전문가 시스템의 기본적인 작동 원리와 구현 가능성을 확인하고, 4장에서 규칙 기반 접근법이 지닌 내재적 한계점을 확인한다. 이러한 분석은 다음 4장에서 제시될 퍼지 전문가 시스템 설계의 필요성과 방향성을 제시하는 근거가 된다.

### 1. Knowledgebase and Rule Definition

구현된 규칙 기반 퍼스널 헬스케어 전문가 시스템은 사용자의 식습관, 운동 습관, 스트레스 상태 및 성별 정보를 입력받아, 이를 기반으로 소화계, 호흡계, 신경계의 건강 상태를 '좋음(good)', '보통(average)', '나쁨(bad)'의 세 가지 범주로 평가하고, 최종적으로 해당 상태 조합과 성별에 맞는 건강관리 솔루션을 텍스트 형태로 제공하였다. 시스템 구조는 지식 베이스, 추론 엔진, 인터페이스로 구성된다. 지식 베이스는 Prolog의 사실(fact)과 규칙(rule)으로 구축되었다.

Table 1. Knowledgebase of Rule-based Expert System

규칙	If	Then
규칙1	if 식습관이 균형 잡힌 식사를 한다. or 식습관이 단백질 위주로 섭취한다. or 식습관이 채소를 충분히 섭취한다. or 식습관이 규칙적인 식사를 한다.	then 소화계가 좋다.
규칙2	if 식습관이 가끔 과식한다. or 식습관이 패스트푸드를 간헐적으로 섭취한다. or 식습관이 당분을 적당히 섭취한다. or 식습관이 불규칙적으로 식사한다.	then 소화계가 보통이다.
규칙3	if 식습관이 고지방 음식을 자주 먹는다. or 식습관이 패스트푸드 위주로 식사한다. or 식습관이 과도한 당분을 섭취한다. or 식습관이 야식을 자주 먹는다.	then 소화계가 나쁘다.
규칙4	if 운동은 규칙적으로 이루어진다. or 운동은 적절한 강도로 실천된다. or 운동은 일상에 자연스럽게 포함된다. or 운동은 충분한 시간을 투자한다.	then 호흡계가 좋다.
규칙5	if 운동은 가끔 건너뛴다. or 운동은 간헐적으로 실천된다. or 운동은 짧은 시간만 한다. or 운동은 중간 강도로 진행된다.	then 호흡계가 보통이다.
규칙6	if 운동은 거의 하지 않는다. or 운동은 너무 약하게만 한다. or 운동은 자주 중단된다. or 운동은 습관적으로 미룬다.	then 호흡계가 나쁘다.
규칙7	if 스트레스는 바람처럼 스쳐 지나간다. or 스트레스는 금세 잊힌다. or 스트레스는 일상에 큰 영향을 주지 않는다.	then 신경계가 좋다.
규칙8	if 스트레스는 때때로 마음을 무겁게 한다. or 스트레스는 어느 순간 쌓여 있음을 느낀다. or 스트레스는 주기적으로 관리가 필요하다.	then 신경계가 보통이다.
규칙9	if 스트레스는 머릿속을 떠나지 않는다. or 스트레스는 하루 종일 마음을 짓누른다. or 스트레스는 삶의 여유를 빼앗는다.	then 신경계가 나쁘다.

규칙 10	if 소화계가 나쁘다. and 호흡계가 좋다. and 신경계가 좋다. and 성별이 남자다.	then 건강관리 솔루션은 저항운동과 유산소 운동을 함께하는 고강도 복합 운동이다 [9].
규칙 11	if 소화계가 좋다. and 호흡계가 나쁘다. and 신경계가 좋다. and 성별이 남자다.	then 건강관리 솔루션은 매일 7,000보 이상의 걸음을 유지하고, 30분마다 5분 이상의 가벼운 신체활동 수행이다 [10].
규칙 12	if 소화계가 좋다. and 호흡계가 좋다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 남자다.	then 건강관리 솔루션은 매일 횡격막 호흡법을 한다 [11].
규칙 13	if 소화계가 나쁘다. and 호흡계가 나쁘다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 남자다.	then 건강관리 솔루션은 오후 7시 이후 식사 금지와 일일 20분 명상 기반 스트레스 감소(Mindfulness Based Stress Reduction, MBSR) 프로그램이다 [12-13].
규칙 14	if 소화계가 나쁘다. and 호흡계가 좋다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 여자다.	then 건강관리 솔루션은 10시간 간헐적 단식과 요거트 및 견과류를 간식으로 섭취한다 [14].
규칙 15	if 소화계가 좋다. and 호흡계가 나쁘다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 여자다.	then 건강관리 솔루션은 주 3일 중강도 저항운동과 7,000보 이상 일일 보행을 결합하는 것이다 [15-16].
규칙 16	if 소화계가 좋다. and 호흡계가 좋다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 여자다.	then 건강관리 솔루션은 매일 30분 명상과 스트레스 일지를 작성하는 것이다 [13, 17].
규칙 17	if 소화계가 나쁘다. and 호흡계가 나쁘다. and 신경계가 나쁘다. and 성별이 여자다.	then 건강관리 솔루션은 8시간 간헐적 단식과 매일 30분 저강도 유산소 운동을 도입하며, 일일 20분 명상 기반 MBSR 프로그램이다 [13, 18, 19].

Table 2. Language Object of Rule-based Expert System

객체	의용된 값	객체	의용된 값	객체	의용된 값
식습관	균형 잡힌 식사	운동	규칙적 운동	스트레스	바람직한 스타일
	단백질 위주 섭취		불규칙한 강도		균형 잡힌
	채소 충분		자연스러운 일상 운동		일상적 생활 없음
	규칙적 식사		충분한 운동 시간		택배로 우거움
	가끔 과식		가끔 건너뛰		갑자기 병발
간헐적 채식포도	간헐적 운동	빠른 운동	우기적 관리 필요		
적당한 양분	불규칙 식사	중간 강도	머리에서 떠나지 않음	아주물릴 것없음	
자주 고지방		거의 안 함		여유를 빼앗김	
채스트푸드 위주		너무 약함			
과도한 당분		자주 중단			
자주 야식		슬관적 미흡			
소화계	좋다	호흡계	좋다	신경계	좋다
	보통이다		보통이다		보통이다
	나쁘다		나쁘다		나쁘다
성별	남자	건강관리 솔루션	고강도 복합운동	건강관리 솔루션	주 3일 중강도 저항 운동과 7,000보 이상의 일일 보행
	여자		매일 횡격막 호흡법		매일 30분 명상과 스트레스 일지 작성
			19시 이후 식사 금지와 MBSR 프로그램		8시간 간헐적 단식 및 저강도 유산소 운동과 MBSR 프로그램
			가벼운 신체활동		
			10시간 간헐적 단식과 요거트 및 견과류 섭취		

2. System Architecture and Interface

추론은 Prolog의 역방향 연쇄 방식으로 이루어졌다.

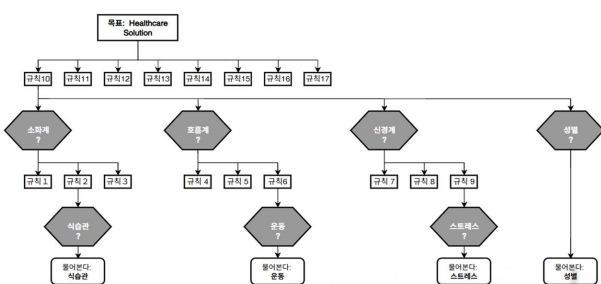


Fig. 1. System Architecture of Rule-based Expert System

Fig. 2. SWISH Prolog Rule-based Expert System (1)

사용자가 질의를 통해 자신의 정보를 입력하면, 시스템은 해당 정보를 만족하는 규칙들을 탐색하여 최종 솔루션을 도출하였다.

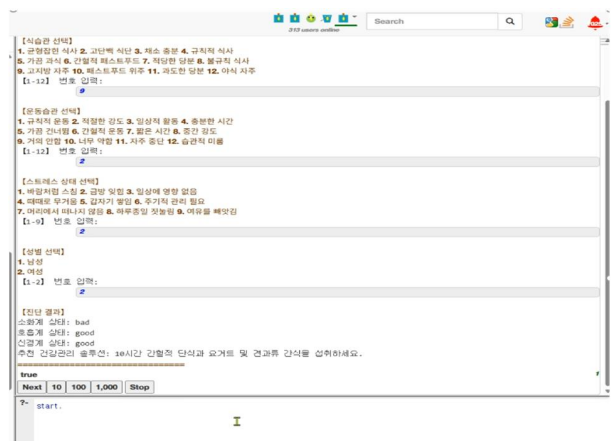


Fig. 3. SWISH Prolog Rule-based Expert System (2)

IV. Design of Fuzzy Expert System for Personal Healthcare

상기 III 장에서 구현된 규칙 기반 시스템은 정해진 논리 구조에 따라 솔루션을 제공하는 체계적인 접근법을 선보였다. 이 시스템은 사용자의 생활 습관(식습관, 운동, 스트레스)과 성별 정보를 바탕으로, Prolog의 사실과 규칙으로 구성된 지식 베이스를 활용했다. 이를 통해 소화계, 호흡계, 신경계의 건강 수준을 ' 좋음', '보통', '나쁨' 중 하나로 진단하고, 그 결과와 사용자의 성별을 종합하여 맞춤형 건강 조언을 텍스트로 제공하는 기능을 수행했다. 그러나 이

처럼 명확한 규칙에 의거한 접근법은 다음과 같은 본질적인 한계를 내포하고 있다.

① 입력의 경직성: 사용자는 미리 정의된 이산적인 항목 중에서만 자신의 상태를 선택해야 했다. '균형 잡힌 식사'와 '가끔 과식' 사이의 미묘한 식습관 상태를 표현하기 어려웠다.

② 결과의 이분법적 분류: 각 시스템의 상태가 '좋음/보통/나쁨'으로만, 개인의 건강 상태가 지닌 연속적인 스펙트럼을 반영하지 못했다. 예를 들어, '약간 나쁨'과 '매우 나쁨'을 구분하여 차등적인 조언을 제공하기 어려웠다.

③ 지식 표현의 한계: '스트레스가 심하다' 또는 '운동량이 약간 부족하다'와 같은 모호한 지식을 규칙으로 표현하고 활용하는 데 제약이 있었다.

이러한 한계점들을 극복하고, 보다 현실적이고 개인의 미묘한 상태 변화에 민감하게 반응하는 헬스케어 시스템을 구축하기 위해 퍼지 논리의 도입이 필수적이라고 판단하였다. 기존 Prolog 기반 전문가 시스템의 한계를 개선하고, 사용자의 건강 상태에 대한 모호하고 연속적인 정보를 효과적으로 처리하기 위해, 맘다니 방식의 퍼지 전문가 시스템 설계를 제안한다.

### 1. System Architecture

제안하는 퍼지 전문가 시스템은 Fig 4와 같이 입력(Input), 퍼지화(Fuzzification) 모듈, 퍼지 추론 엔진(Inference Engine), 역퍼지화(Defuzzification) 모듈, 솔루션 매핑(Solution Mapping) 모듈, 최종 출력(Output) 모듈로 구성된다. 각 모듈의 작동 과정은 다음과 같다.

① 입력 (Input): 사용자는 표준화된 설문지를 통해 자신의 식습관, 운동, 스트레스 수준을 평가하고, 각 항목은 0점에서 100점 사이의 정량화된 점수(Crisp Input)로 변환되어 시스템에 입력된다.

② 퍼지화 (Fuzzification): 입력된 정량적 점수를 미리 정의된 멤버십 함수에 따라 '낮음', '중간', '높음' 등과 같은 언어적 값(Linguistic Value)으로 변환한다. 이 과정에서 하나의 입력 값은 여러 퍼지 집합에 동시에 속할 수 있으며, 각 집합에 속하는 정도(소속도)가 계산된다.

③ 추론 엔진 (Inference Engine): 지식 베이스에 저장된 'IF-THEN' 형식의 퍼지 규칙들을 평가한다. 각 규칙의 전건부(IF 부분)에 퍼지화된 입력 값의 소속도를 적용하여 규칙의 활성화 강도를 계산하고, 이를 후건부(THEN 부분)에 반영하여 각 규칙에 대한 결론 퍼지 집합을 도출한다.

④ 역퍼지화 (Defuzzification): 추론 엔진에서 도출된 모든 결론 퍼지 집합들을 하나의 종합적인 퍼지 집합으로 통합(Aggregation)한 뒤, 이 집합의 무게중심(Centroid)을 계산하여 최종적으로 단일한 수치 값(Crisp Output)으로 변환한다.

⑤ 솔루션 매핑 (Solution Mapping): 역퍼지화를 통해 얻은 수치 값을 미리 정의된 솔루션 유형(예: '소화계 집중', '종합 관리')에 매핑한다.

⑥ 출력 (Output): 사용자의 성별을 고려하여 최종 맞춤형 건강 조언을 텍스트 형태로 생성하여 출력한다.

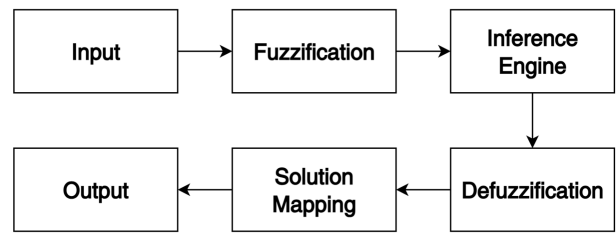


Fig. 4. System Architecture of Fuzzy Expert System

### 2. Linguistic Variables and Rule Definition

규칙 기반 전문가 시스템을 기반으로, 각 신체 시스템의 상태(좋음/보통/나쁨) 조합에 따른 퍼지 규칙들을 설계하였다. 입력 변수는 식습관 점수(E), 운동 점수(Ex), 스트레스 관리 점수(S)이며, 출력 변수는 솔루션 유형(ST)이다. 각 입력 변수의 언어적 값은 '높음(H)' (좋음), '중간(M)' (보통), '낮음(L)' (나쁨) 또는 '높음(H)' (좋음), '중간(M)' (보통), '낮음(L)' (나쁨), '매우 낮음(VL)' (나쁨) 으로 표현된다. 각 출력 변수의 언어적 값은 '일반 건강 유지(GW)', '소화계 집중(DF)', '호흡계 집중(RF)', '신경계 집중(NF)', '종합 집중 관리(CF)'으로 표현된다.

Table 3. A table of rules

규칙	E	Ex	S	ST	규칙	E	Ex	S	ST	규칙	E	Ex	S	ST
1	L	L	L	CF	10	M	L	L	CF	19	H	L	L	CF
2	L	L	M	CF	11	M	L	M	RF	20	H	L	M	RF
3	L	L	H	CF	12	M	L	H	RF	21	H	L	H	RF
4	L	M	L	CF	13	M	M	L	NF	22	H	M	L	NF
5	L	M	M	DF	14	M	M	M	GW	23	H	M	M	GW
6	L	M	H	DF	15	M	M	H	GW	24	H	M	H	GW
7	L	H	L	CF	16	M	H	L	NF	25	H	H	L	NF
8	L	H	M	DF	17	M	H	M	GW	26	H	H	M	GW
9	L	H	H	DF	18	M	H	H	GW	27	H	H	H	GW

Table 4는 Table 3을 기반으로 작성한 퍼스널 헬스케어 솔루션 퍼지 전문가 시스템 규칙이다.

Table 4. Rules of Fuzzy Expert System for Personal Healthcare Solution

규칙 번호	조건 (IF)	결과 (THEN)
1	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is CF)
2	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is CF)
3	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is CF)
4	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is CF)
5	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is DF)
6	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is DF)
7	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is CF)
8	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is DF)
9	(식습관 점수 is L) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is DF)
10	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is CF)
11	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is RF)
12	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is RF)
13	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is NF)
14	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is GW)
15	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is GW)
16	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is NF)
17	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is GW)
18	(식습관 점수 is M) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is GW)
19	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is CF)
20	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is RF)
21	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is L) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is RF)
22	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is NF)
23	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is GW)
24	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is M) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is GW)
25	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is L)	(솔루션 유형 is NF)
26	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is M)	(솔루션 유형 is GW)
27	(식습관 점수 is H) and (운동 점수 is H) and (스트레스 관리 점수 is H)	(솔루션 유형 is GW)

### 3. Fuzzy Sets and Membership Functions

본 퍼지 전문가 시스템은 사용자의 생활 습관을 객관적이고 신뢰도 높은 방식으로 평가하기 위해, 국내외 공신력 있는 기관에서 개발 및 검증된 표준화된 자가 평가 도구인 시스템의 입력단에 통합한다. 입력 변수는 식습관, 운동, 스트레스 관리 수준이며, 각 변수는 선정된 평가 도구의 프로토콜에 따라 0점에서 100점 사이의 정규화된 점수로 변환된다.

식습관 평가는 국립암센터의 '나의 식생활 평가표'를 활용한다 [20]. 이 평가는 총 20개 문항으로 구성되어 있으며, 긍정적 식습관(1~14번)과 부정적 식습관(15~20번)을 평가한다. 긍정 문항은 '예(5점)', '가끔(3점)', '아니오(1점)'로 채점되며, 부정 문항은 건강한 행동에 높은 점수를 부여하기 위해 '예(1점)', '가끔(3점)', '아니오(5점)'로 역으로 채점된다. 산출된 총점(20~100점)은 별도의 변환 없이 시스템의 입력값으로 직접 사용된다.



Fig. 5. National Cancer Center's 'My Dietary Habits Assessment'

국립암센터의 공식 해석 기준에 따라, 식습관 점수는 아래와 같이 3단계 언어적 값으로 퍼지화한다.

$$S_{DH} = \begin{cases} \text{높음 (High, H)} & \text{if Score} \geq 80 \\ \text{중간 (Medium, M)} & \text{if } 60 \leq \text{Score} < 80 \\ \text{낮음 (Low, L)} & \text{if Score} < 60 \end{cases}$$

$S_{DH}$ : Normalized Dietary Habits Score

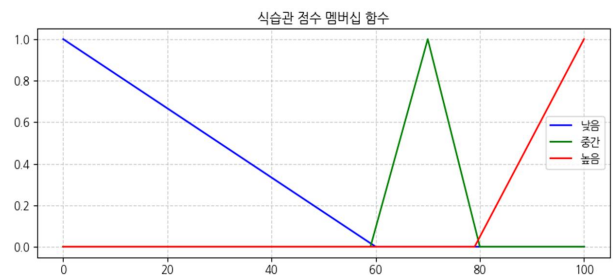


Fig. 6. Membership Functions of Dietary Habit Score

운동량 평가는 세계보건기구(World Health Organization, WHO)가 개발하고 질병관리청이 국내 표준으로 채택한 '국제 신체활동 설문지(Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ)'를 사용한다 [21]. GPAQ는 일, 이동, 여가 영역에서의 신체활동 빈도와 시간을 조사하여 주당 총 신체 활동량을 'MET-분/주(MET-minutes/week)' 단위로 산출한다. 이때 고강도 활동은 8.0 METs, 중강도 활동은 4.0 METs 가 적용된다.

**GPAQ**

Physical Activity		
Next I am going to ask you about the time you spend doing different types of physical activity in a typical week. Please answer these questions even if you do not consider yourself to be a physically active person.		
Think first about the time you spend doing work. Think of work as the things that you have to do such as paid or unpaid work, study/training, household chores, harvesting/food crops, fishing or hunting for food, seeking employment. [insert other examples if needed]. In answering the following questions vigorous-intensity activities are activities that require hard physical effort and cause large increases in breathing or heart rate. "moderate-intensity activities" are activities that require moderate physical effort and cause small increases in breathing or heart rate.		
Questions	Response	Code
<b>Activity at work</b>		
1 Does your work involve vigorous-intensity activity that causes large increases in breathing or heart rate like [carrying or lifting heavy loads, digging or construction work] for at least 10 minutes continuously? [INSERT EXAMPLES] (USE SHOWCARD)	Yes 1 No 2 If No, go to P 4	P1
2 In a typical week, on how many days do you do vigorous-intensity activities as part of your work?	Number of days [ ]	P2
3 How much time do you spend doing vigorous-intensity activities at work on a typical day?	Hours : minutes [ ] : [ ] hrs mins	P3 (a-b)
4 Does your work involve moderate-intensity activity that causes small increases in breathing or heart rate such as brisk walking [or carrying light loads] for at least 10 minutes continuously? [INSERT EXAMPLES] (USE SHOWCARD)	Yes 1 No 2 If No, go to P 7	P4
5 In a typical week, on how many days do you do moderate-intensity activities as part of your work?	Number of days [ ]	P5
6 How much time do you spend doing moderate-intensity activities at work on a typical day?	Hours : minutes [ ] : [ ] hrs mins	P6 (a-b)
<b>Travel to and from places</b>		
The next questions exclude the physical activities at work that you have already mentioned. Now I would like to ask you about the usual way you travel to and from places. For example to work, for shopping, to market, to place of worship. [insert other examples if needed]		
7 Do you walk or use a bicycle (pedal cycle) for at least 10 minutes continuously to get to and from places?	Yes 1 No 2 If No, go to P 10	P7
8 In a typical week, on how many days do you walk or bicycle for at least 10 minutes continuously to get to and from places?	Number of days [ ]	P8
9 How much time do you spend walking or bicycling for travel on a typical day?	Hours : minutes [ ] : [ ] hrs mins	P9 (a-b)
<b>Recreational activities</b>		
The next questions exclude the work and transport activities that you have already mentioned. Now I would like to ask you about sports, fitness and recreational activities (leisure). [insert relevant terms]		
10 Do you do any vigorous-intensity sports, fitness or recreational (leisure) activities that cause large increases in breathing or heart rate like [junning or football] for at least 10 minutes continuously? [INSERT EXAMPLES] (USE SHOWCARD)	Yes 1 No 2 If No, go to P 13	P10
11 In a typical week, on how many days do you do vigorous-intensity sports, fitness or recreational (leisure) activities?	Number of days [ ]	P11
12 How much time do you spend doing vigorous-intensity sports, fitness or recreational activities on a typical day?	Hours : minutes [ ] : [ ] hrs mins	P12 (a-b)

Fig. 7. Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ

산출된 MET-분/주 점수는 상한선이 없어 시스템 입력에 적합하지 않으므로, 실질적 최대 유효 활동량을 5,000 MET-분/주로 설정하고 다음 공식을 통해 0-100점 척도로 정규화한다. 정규화된 운동 점수는 WHO의 공식 신체 활동 수준 분류 기준에 따라 아래와 같이 3단계 언어적 값으로 퍼지화한다.

$$S_{Ex} = \frac{\min(M_i, 5000)}{5000} \times 100$$

$S_{Ex}$  : Normalized Exercise Score

$$M_i : \frac{\text{Total MET-minutes}}{\text{week}}$$

$$S_{Ex} = \begin{cases} \text{높음 (High, H)} & \text{if } M_i \geq 3000 \\ \text{중간 (Medium, M)} & \text{if } 600 \leq M_i < 3000 \\ \text{낮음 (Low, L)} & \text{if } M_i < 600 \end{cases}$$

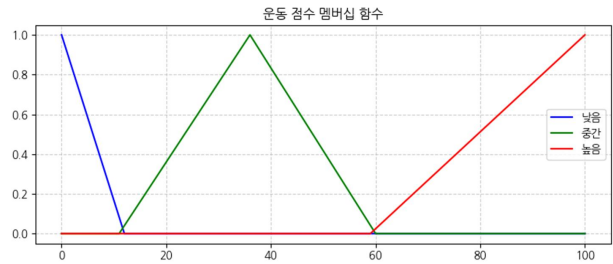


Fig. 8. Membership Functions of Exercise Score

스트레스 평가는 국내에서 타당도가 검증된 '한국판 지각된 스트레스 척도(Perceived Stress Scale, PSS-10)'를 활용한다 [22]. PSS-10은 10개 문항으로 구성되며, 각 문항은 0점('전혀 없었다')부터 4점('매우 자주 있었다')까지의 5점 척도로 응답한다. 이 중 긍정적 경험을 묻는 4, 5, 7, 8번 문항은 역으로 채점하여 총점을 산출한다.

이 척도는 지난 한 달 동안 어떤 감정과 생각이 들었는지 물어보는 것입니다. 각 질문에 대해 당신이 얼마나 자주 느끼거나 생각했는지를 "V" 표시해 주시기 바랍니다.

0=전혀 아니다 1=거의 아니다 2=가끔 3=때 자주 4=매우 자주 <전혀 아니다 > <매우 자주>

1	지난 한 달 동안, 예상치 못한 일이 생겨서 기분 나빠진 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
2	지난 한 달 동안, 중요한 일들을 통제할 수 없다고 느낀 적은 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
3	지난 한 달 동안, 초조하거나 스트레스가 쌓인다고 느낀 적은 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
4	지난 한 달 동안, 짜증나고 상가신 일들을 성공적으로 처리한 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
5	지난 한 달 동안, 생활 속에서 일어난 중요한 변화들을 효과적으로 대처한 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
6	지난 한 달 동안, 개인적인 문제를 처리하는 능력에 대해 자신감을 느낀 적은 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
7	지난 한 달 동안, 자신의 뜻대로 일이 진행된다고 느낀 적은 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
8	지난 한 달 동안, 메사를 잘 컨트롤하고 있다고 느낀 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
9	지난 한 달 동안, 당신이 통제할 수 없는 병원에서 발생한 일 때문에 화가 난 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4
10	지난 한 달 동안, 어려운 일이 너무 많이 쌓여서 극복할 수 없다고 느낀 적이 얼마나 있었나요?	0	1	2	3	4

Fig. 9. Perceived Stress Scale, PSS-10

PSS-10의 총점은 0점에서 40점까지이며, 점수가 높을수록 인지하는 스트레스 수준이 높음을 의미한다. 본 시스템의 '스트레스 관리 점수'는 점수가 높을수록 관리를 잘함을 의미하므로, 다음과 같은 '의미 반전 및 스케일링' 공식을 통해 PSS-10 점수를 0-100점 척도로 변환한다. 변환된 스트레스 관리 점수는 PSS-10의 4단계 해석 기준에 따라 아래와 같이 4단계 언어적 값으로 퍼지화한다.

$$S_{Sm} = \frac{40 - S_{PSS}}{40} \times 100$$

$S_{PSS}$  : PSS-10 Total Score

$S_{Sm}$  : Normalized Stress Management Score

$$S_{Sm} = \begin{cases} \text{높음 (High, H)} & \text{if } 0 \leq S_{PSS} \leq 13 \\ \text{중간 (Medium, M)} & \text{if } 14 < S_{PSS} \leq 16 \\ \text{낮음 (Low, L)} & \text{if } 16 < S_{PSS} \leq 18 \\ \text{매우 낮음 (Very Low, VL)} & \text{if } 18 < S_{PSS} \end{cases}$$

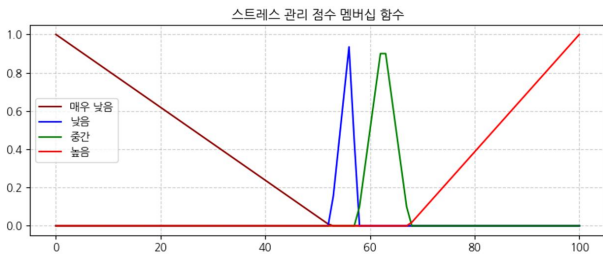


Fig. 10. Membership Functions of Stress Management Score

추론된 건강관리 솔루션의 유형을 나타내는 단일 출력 변수를 0점에서 100점 사이의 값(universe)으로 정의한다. Fig 11은 '솔루션 유형'에 대한 멤버십 함수를 보여준다. '일반 건강 유지'부터 '종합 집중 관리'까지 5가지 언어적 값에 대해 각각 삼각형 멤버십 함수가 정의된다.

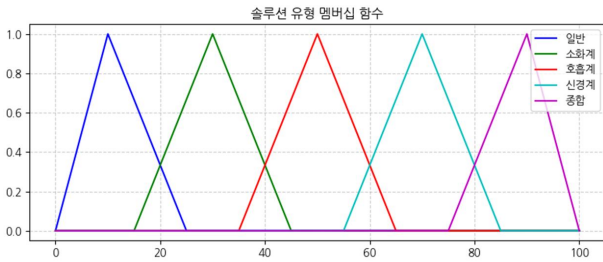


Fig. 11. Membership Functions of Solution Type

### V. Experiments

IV 장에서 제안된 퍼지 전문가 시스템의 성능과 유효성을 검증하기 위해 Python 환경에서 numpy, skfuzzy, matplotlib 라이브러리를 사용하여 시스템을 구현하고, 다양한 입력 시나리오에 대한 실험을 수행하였다. 각 시나리오에 사용하는 사용자가 표준화된 설문지에 응답한 상황을 가정하고, 원시 점수를 시스템 입력 값(0-100점)으로 변환하는 과정을 포함한다.

**시나리오 1:** 운동과 스트레스 관리는 양호하나, 잦은 외식과 불규칙한 식사로 식습관에 문제가 있는 남성 사용자를 가정하여 시뮬레이션하였다.

$$S_{DH} = 55$$

$$M = 4(\text{days a week}) \times 60(\text{for 30 minutes a day}) \times 8.0(\text{METs}) = 1920$$

$$S_{Ex} = \frac{1920}{5000} \times 100 = 38.4$$

$$S_{PSS} = 10$$

$$S_{Sm} = \frac{40-10}{40} \times 100 = 75$$

식습관 점수는 55점, 운동 점수는 38.4점, 스트레스 관리 점수는 75점으로 입력되었다. 이 경우 식습관 관리의 개선이 가장 시급하므로 시스템은 '소화계 집중(DF)' 관련

솔루션 유형을 도출할 것으로 예상되었다. 시스템 실행 결과, 최종적으로 남성 사용자에게는 "소화계 문제 집중: 저항운동과 유산소 운동을 함께하는 고강도 복합 운동을 하세요."라는 조언이 제공되었다 [9].

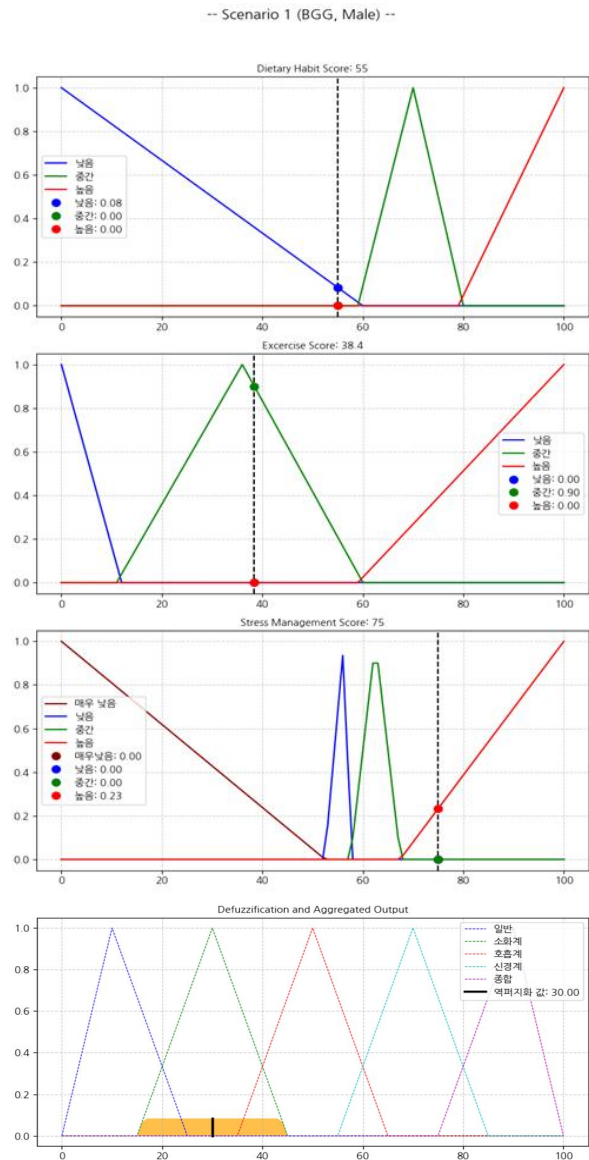


Fig. 12. Fuzzy Inference Process of Unit Scenario 1 (BGG, Male)

**시나리오 2:** 여성 사용자를 대상으로 식습관, 운동, 스트레스 관리 모든 면에서 어려움을 겪는 상황을 시뮬레이션하였다.

$$S_{DH} = 40$$

$$M = 200$$

$$S_{Ex} = \frac{200}{5000} \times 100 = 4$$

$$S_{PSS} = 30$$

$$S_{Sm} = \frac{40-30}{40} \times 100 = 25$$

식습관 점수는 40점, 운동 점수는 4점, 스트레스 관리 점수는 25점으로 모든 건강 지표가 낮은 수준으로 입력되었다. 이 경우 모든 생활 습관 영역에서 전반적인 개선이 필요하므로 시스템은 '종합 집중 관리(CF)' 관련 솔루션 유형을 도출할 것으로 예상하였다. 시스템 실행 결과, 최종적으로 여성 사용자에게는 "종합적 문제 집중: 8시간 간헐적 단식과 매일 30분 저강도 유산소 운동, 일일 20분 명상 기반 스트레스 감소(MBSR) 프로그램을 수행하세요."라는 조언이 제공되었다 [13, 18, 19].

$$S_{DH} = 90$$

$$M_i = 400$$

$$S_{Ex} = \frac{400}{5000} \times 100 = 4$$

$$S_{PSS} = 8$$

$$S_{Sm} = \frac{40-8}{40} \times 100 = 80$$

식습관 점수는 90점, 운동 점수는 8점, 스트레스 관리 점수는 80점으로 입력되었다. 이 경우 낮은 운동 수준을 개선하는 것이 핵심이므로 시스템은 '호흡계 집중(RF)' 관련 솔루션 유형을 도출할 것으로 예상되었다. 시스템 실행 결과, 최종적으로 남성 사용자에게는 "호흡계 문제 집중: 매일 7,000보 이상 걷고, 30분마다 5분 이상 가벼운 신체 활동을 하세요."라는 조언이 제공되었다 [10].

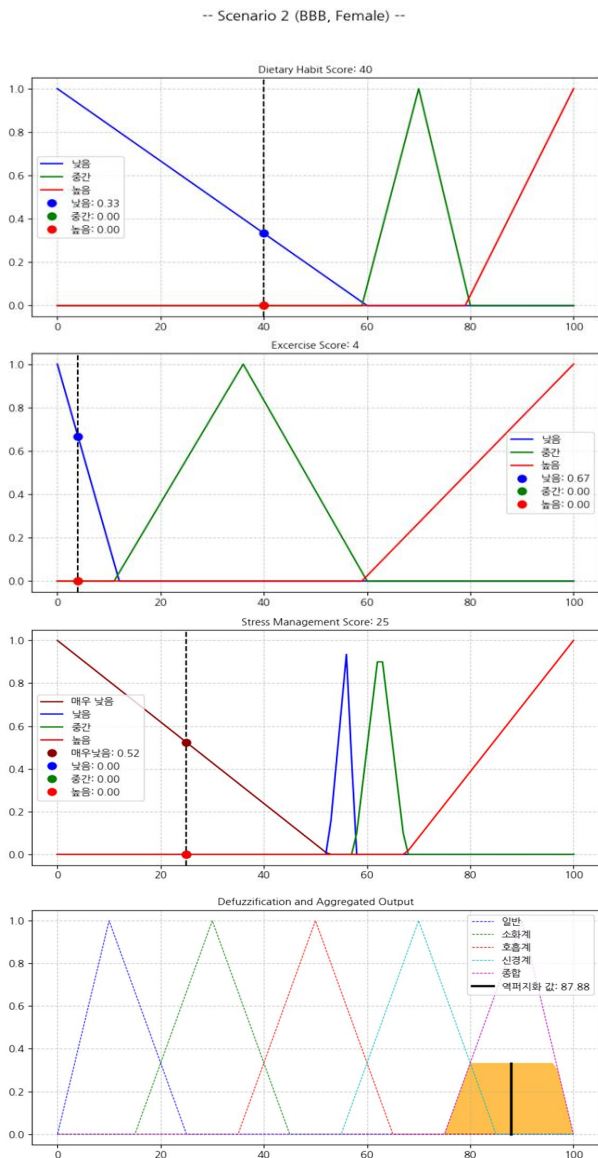


Fig. 13. Fuzzy Inference Process of Unit Scenario 2 (BBB, Female)

시나리오 3: 식습관과 스트레스 관리는 매우 양호하지만 거의 움직이지 않는 좌식 생활로 운동이 부족한 남성 사용자를 시뮬레이션하였다.

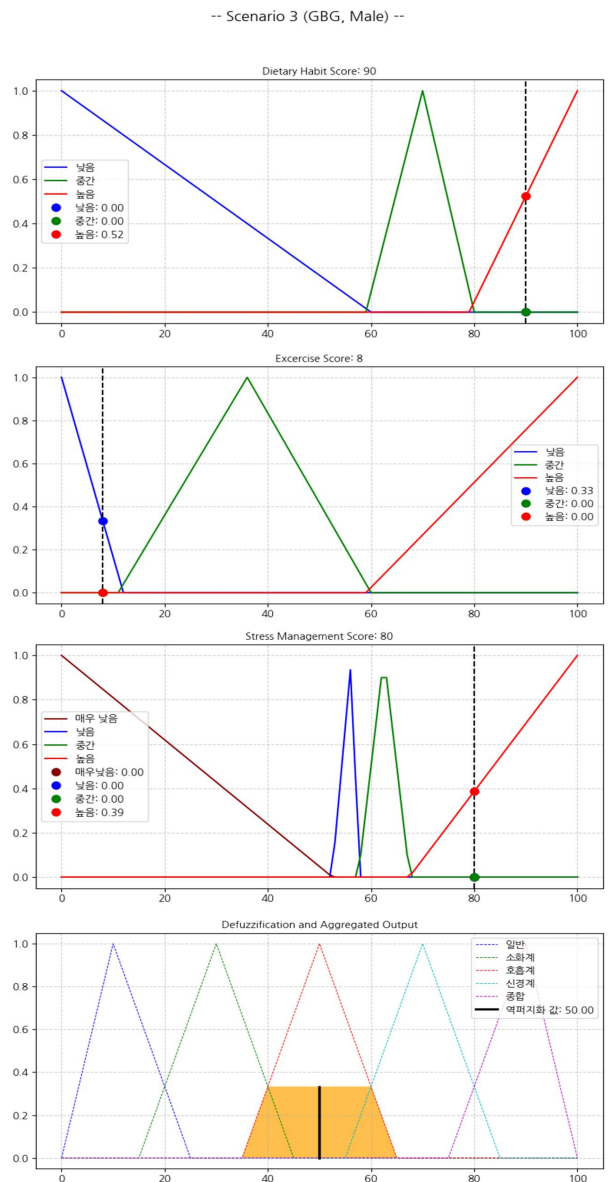


Fig. 14. Fuzzy Inference Process of Unit Scenario 3 (GBG, Male)

## VI. Conclusions

본 연구는 규칙 기반 퍼스널 헬스케어 전문가 시스템을 설계하고 사용자의 생활 습관 데이터(식습관, 운동, 스트레스)에 대한 모호성을 효과적으로 처리할 수 있는 맘다니 방식의 퍼지 전문가 시스템으로 확장 및 구현하였다. Python과 skfuzzy 라이브러리를 활용하여 구현된 시스템은 사용자의 정량화된 건강 관련 점수를 입력받아, 정의된 멤버십 함수와 퍼지 규칙을 통해 개인의 건강 상태에 대한 미묘한 차이를 반영한 '솔루션 유형'을 추론하고, 최종적으로 성별을 고려한 구체적인 건강 솔루션을 제공한다. 다양한 단위 시나리오 기반의 실험을 통해, 제안된 퍼지 전문가 시스템은 입력값의 변화에 따라 합리적이고 점진적으로 변화하는 솔루션 유형을 도출함을 확인하였다. 이는 명확한 기준에만 의존했던 기존의 규칙 기반 전문가 시스템에 비해 사용자의 다양한 상태 스펙트럼을 보다 유연하게 반영할 수 있음을 의미한다. 특히, Prolog 규칙의 핵심 로직을 퍼지 규칙으로 확장하고, 27가지의 모든 입력 조합을 고려한 규칙 설계를 통해 시스템의 설명력과 실제 적용 가능성을 높였다.

그러나 본 연구는 몇 가지 한계점과 개선의 여지를 남긴다. 첫째, 현재 시스템은 식습관, 운동, 스트레스라는 세 가지 핵심 생활 습관 요인만을 고려하고 있다. 이는 '적절한 균형'이 중요한 복합적 요인에서 퍼지 논리의 장점을 극대화하기 위함이었으나, 향후 수면의 질, 음주/흡연 여부, 기저질환 등 다양한 건강 관련 변수를 추가적으로 통합하여 시스템의 포괄성을 증대시킬 필요가 있다. 둘째, 현재 사용된 멤버십 함수와 퍼지 규칙은 표준화된 가이드라인에 기반한 초기 설계로, 향후 실제 사용자 데이터 및 의료 전문가의 피드백을 통해 지속적인 검증과 정교화 과정이 필요하다.

향후 연구 방향은 다음과 같다. 첫째, 웨어러블 기기 등을 통해 수집되는 객관적인 생체 데이터를 퍼지 시스템의 입력으로 활용하여 진단의 정확성과 신뢰도를 향상하는 방안을 모색할 것이다. 둘째, 머신러닝 기법을 활용하여 퍼지 시스템을 고도화할 수 있다. 예를 들어, 실제 사용자로부터 수집된 대규모 데이터를 활용하여 신경망(Neural Networks)이나 유전 알고리즘(Genetic Algorithms)으로 멤버십 함수의 형태와 퍼지 규칙을 자동으로 튜닝하고 최적화하는 연구를 진행할 수 있다. 셋째, 델파이(Delphi) 기법이나 분석적 계층 과정(Analytical Hierarchy Process, AHP) 등 체계적인 전문가 의견 수렴 방법을 통해 규칙의 가중치를 조정하고, 임상적 타당성을 지속적으로 검증할

것이다. 마지막으로, 사용자 인터페이스를 개선하고 실제 사용자를 대상으로 한 사용성 평가 및 만족도 조사를 통해 시스템의 실효성을 검증하고 지속적으로 발전시킬 것이다.

결론적으로, 본 연구에서 제안하고 구현한 퍼지 전문가 시스템은 개인 맞춤형 헬스케어 서비스의 질을 한 단계 높이는 데 기여하는 잠재력을 지니고 있으며, 향후 지능형 건강관리 플랫폼 개발의 중요한 기반 기술로 활용될 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] F. Magrabi, E. Ammenwerth, J. B. McNair, N. F. De Keizer, H. Hyppönen, P. Nykänen, M. Rigby, P. J. Scott, T. Vehko, Z. S. Wong, and A. Georgiou, "Artificial Intelligence in Clinical Decision Support: Challenges for Evaluating AI and Practical Implications," *Yearbook of Medical Informatics*, Vol. 28, No. 1, pp. 128-134, Aug. 2019. DOI: 10.1055/s-0039-1677903
- [2] M. Negnevitsky, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, Addison-Wesley, pp. 44-149, 2005.
- [3] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and control*, Vol. 8, No. 3, pp. 338-353, 1965. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [4] K. Chen, and C. C. Lin, Design and Implementation of a SWI-Prolog-Based Expert System to Diagnose Anxiety Disorder, *Advances in Artificial Intelligence*, pp. 165-177, Jan. 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-96451-1\_15
- [5] Y. Deng, "An Expert System for Health Diagnosis Based on Natural Language Processing and Reasoning Engine," *Advances in Computer, Signals and Systems*, Vol. 8, pp. 126-133, 2024. DOI: 10.23977/acss.2024.080515
- [6] Im, Sang Don, "Development of a Fault Diagnosis Model for Air-compressor Using a Fuzzy Expert System," Graduate School of Chosun University, 2014.
- [7] F. Matinfar, and A. Tavakoli Golpaygani, "A Fuzzy Expert System for Early Diagnosis of Multiple Sclerosis," *Journal of Biomedical Physics & Engineering*, Vol. 12, No. 2, pp. 181-188, Apr. 2022. DOI: 10.31661/jbpe.v0i0.1236
- [8] E. S. El-Dahshan, T. Hosny, and A. B. M. Salem, "Hybrid MRI techniques for brain image classification," *Digital Signal Processing*, Vol. 20, No. 2, pp. 433-441, Mar. 2010. DOI: 10.1016/j.dsp.2009.07.002
- [9] F. M. Silva, P. Duarte-Mendes, A. M. Teixeira, C. M. Soares, and J. P. Ferreira, "The effects of combined exercise training on glucose metabolism and inflammatory markers in sedentary adults: a systematic review and meta-analysis," *Scientific Reports*, Vol. 14, No. 1, pp. 1936, Jan. 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-51832-y
- [10] J. Tarp, K. E. Dalene, M. W. Fagerland, J. Steene-Johannesen,

- B. H. Hansen, S. A. Anderssen, M. Hagströmer, I. M. Dohrn, P. C. Dempsey, K. Wijndaele, S. Brage, A. Nordström, P. Nordström, K. M. Diaz, V. J. Howard, S. P. Hooker, B. Morseth, L. A. Hopstock, E. H. Sagelv, and U. Ekelund, "Physical activity Volume, intensity, and mortality: Harmonized meta-analysis of prospective cohort studies," *American Journal of Preventive Medicine*, Vol. 67, No. 6, pp. 887-896, 2024. DOI: 10.1016/j.amepre.2024.07.022
- [11] S. I. Hopper, S. L. Murray, L. R. Ferrara, and J. K. Singleton, "Effectiveness of diaphragmatic breathing for reducing physiological and psychological stress in adults: a quantitative systematic review," *JBISIRIR-2017-003848*, *Implementation Reports*, Vol. 17, No. 9, pp. 1855-1876, Sep. 2019. DOI: 10.11124/JBISIRIR-2017-003848
- [12] M. Kim, Why does late-night eating increase obesity risk?, *Science Times*, <https://www.sciencetimes.co.kr/nscvrg/view/men/w/248?searchCategory=220&nscvrgSn=248384>
- [13] J. W. Hughes, D. M. Fresco, R. Myerscough, M. H. van Dulmen, L. E. Carlson, and R. Josephson, "Randomized controlled trial of mindfulness-based stress reduction for prehypertension," *Psychosomatic Medicine*, Vol. 75, No. 8, pp. 721-728, Oct. 2013. DOI: 10.1097/PSY.0b013e3182a3e4e5
- [14] P. Regmi, and L. K. Heilbrom, "Time-Restricted Eating: Benefits, Mechanisms, and Challenges in Translation," *iScience*, Vol. 23, No. 6, pp. 101161, Jun. 2020. DOI: 10.1016/j.isci.2020.101161
- [15] G. A. Kelley, K. S. Kelley, and Z. V. Tran, "Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials," *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, Vol. 80, No. 1, pp. 65-77, Jan. 2001. DOI: 10.1097/00002060-200101000-00017
- [16] I. M. Lee, E. J. Shiroma, M. Kamada, D. R. Bassett, C. E. Matthews, and J. E. Buring, "Association of Step Volume and Intensity With All-Cause Mortality in Older Women," *JAMA Internal Medicine*, Vol. 179, No. 8, pp. 1105-1112, Aug. 2019. DOI: 10.1001/jamainternmed.2019.0899
- [17] E. Lindsäter, "*Cognitive behavioral therapy for stress-related disorders*," Karolinska Institutet, 2020.
- [18] C. Andriessen, C. E. Fealy, A. Veelen, S. M. M. van Beek, K. H. M. Roumans, N. J. Connell, J. Mevenkamp, E. Moonen-Kornips, B. Havekes, V. B. Schrauwen-Hinderling, J. Hoeks, and P. Schrauwen, "Three weeks of time-restricted eating improves glucose homeostasis in adults with type 2 diabetes but does not improve insulin sensitivity: a randomised crossover trial," *Diabetologia*, Vol. 65, No. 10, pp. 1710-1720, Oct. 2022. DOI: 10.1007/s00125-022-05752-z
- [19] M. Hibi, A. Masumoto, Y. Naito, K. Kiuchi, Y. Yoshimoto, M. Matsumoto, M. Katashima, J. Oka, and S. Ikemoto, "Nighttime snacking reduces whole body fat oxidation and increases LDL cholesterol in healthy young women," *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, Vol. 304, No. 2, pp. R94-R101, Jan. 2013. DOI: 10.1152/ajpregu.00115.2012
- [20] National Cancer Information Center, Liver Cancer, National Cancer Information Center, <https://www.cancer.go.kr/lay1/SIT226C228/contents.do>
- [21] World Health Organization, Global physical activity questionnaire (GPAQ), World Health Organization, <https://www.who.int/publications/m/item/global-physical-activity-questionnaire>
- [22] Perceived Stress Scale (PSS-10), NovoPsych, <https://novopsych.com/assessments/well-being/perceived-stress-scale-pss-10/>

## Authors



Hee-Soo Seo is an undergraduate student at Soongsil University. He has a profound interest in the practical application of artificial intelligence to enhance daily life. His academic pursuits focus on intelligent

systems, particularly exploring how technologies like fuzzy logic can bridge the gap between complex human reasoning and machine processing. He has hands-on experience in developing systems with both logic programming and Python-based AI libraries, aiming to create intuitive and personalized solutions in areas such as healthcare and user-centric recommendations.



Kang-Hee Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in EECS from KAIST, Korea, in 1999, 2001 and 2006, respectively. Dr. Lee joined the faculty of Global School of Media at Soongsil University, Seoul, Korea

in 2009. He is currently a tenured Professor in Global School of Media, Soongsil University. He is interested in artificial intelligence, deep learning, machine learning, and 5E-based robotics such as evolutionary/embedded/entertainment/educational/emotional robotics.