



Máster Universitario en Ingeniería Informática
de la Universidad de Granada

Práctica de lógica y sistemas difusos

Estudio de un caso práctico:
Control - Indoor Environment Quality

Inteligencia Computacional (IC)

Autora

Marina Jun Carranza Sánchez

Resumen:

Abstract:

Palabras clave:

Key words:

Índice

1. Introducción	5
1.1. Motivación y contexto	5
1.2. Objetivos	5
2. Análisis del problema	7
2.1. Descripción del problema	7
2.2. Importancia del problema	7
2.3. Desafíos en la resolución del problema	8
3. Desarrollo	9
3.1. Contexto	9
3.2. Técnicas difusas empleadas	9
3.3. Metodología y enfoque	9
3.4. Resultados del estudio	9
4. Estudios y enfoques alterativos	10
4.1. Control fuzzy de sistemas HVAC optimizado con algoritmos genéticos	10
4.2. Sistema de inferencia difusa centrado en la evaluación de calidad ambiental	10
4.3. Comparación y resultados interesantes	10
5. Conclusiones y trabajos futuros	11
5.1. Consecución de objetivos	11
5.2. Trabajos futuros	11
6. Bibliografía	12

Índice de figuras

Índice de cuadros

1. Subobjetivos del trabajo.	6
--------------------------------------	---

1. Introducción

La calidad del ambiente interior (Indoor Environment Quality, IEQ) es un factor relevante en la habitabilidad de edificios tanto residenciales como comerciales. Este concepto no solo abarca parámetros físicos, sino que también se enfoca en el bienestar general de los ocupantes. Los sistemas tradicionales de control no necesariamente optimizan el confort percibido, y con la proliferación de edificios inteligentes y sistemas HVAC avanzados, surge la necesidad de soluciones más centradas en el usuario.

En este trabajo, se realiza un estudio de un caso práctico donde se propone un controlador difuso unificado que integra diferentes aspectos de la calidad ambiental interior, para optimizar el confort del usuario mientras se reduce el consumo energético.

1.1. Motivación y contexto

La creciente preocupación por el consumo energético, que representa una proporción significativa del gasto global en edificios, junto con la demanda de entornos más cómodos y saludables, ha impulsado el desarrollo de tecnologías más avanzadas de gestión de IEQ. Los sistemas HVAC convencionales no logran responder adecuadamente a la variabilidad de las condiciones ambientales y las preferencias de los usuarios, lo que resalta la necesidad de enfoques más sofisticados.

En este contexto, la lógica difusa ofrece un marco versátil para abordar la complejidad y la interrelación de múltiples parámetros ambientales. El uso de FLC permite no solo controlar eficientemente la temperatura y la humedad, sino también integrar otros factores como la calidad del aire y la iluminación, mejorando así el confort general. Este enfoque, además, facilita la implementación en sistemas ya existentes, proporcionando una capa de control más robusta y adaptativa.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de control basado en lógica difusa para optimizar la calidad del ambiente interior (IEQ), integrando múltiples parámetros ambientales con el fin de maximizar el confort de los ocupantes a la vez que se minimiza el consumo energético.

A partir de este objetivo principal, se pueden extraer una serie de subobjetivos que vienen recogidos en el Cuadro 1.

Subobjetivos	Descripción
Optimización del consumo energético	Reducir el consumo energético de los sistemas HVAC mientras se mantienen niveles de adecuados de confort
Personalización del confort	Ajustar dinámicamente las condiciones ambientales de acuerdo con las preferencias y actividades de los usuarios
Integración de sensores múltiples	Utilizar datos de múltiples sensores (temperatura, humedad, CO2, iluminación) para una evaluación más completa del entorno
Flexibilidad y escalabilidad	Diseñar un sistema de control que pueda adecuarse fácilmente a diversos entornos y condiciones operativas.
Mejora de la estabilidad del sistema	Reducir las oscilaciones en los parámetros ambientales mediante la implementación de reglas difusas más precisas.
Control predictivo y preventivo	Anticipar cambios en la calidad del ambiente interior y tomar medidas correctivas antes de que los niveles de confort se vean comprometidos.

Cuadro 1: Subobjetivos del trabajo.

2. Análisis del problema

La gestión eficiente de la calidad del ambiente interior (IEQ) influye directamente en la capacidad de garantizar el bienestar y la salud de los ocupantes en espacios cerrados. Sin embargo, la complejidad inherente a las múltiples variables que participan en el IEQ presenta desafíos significativos para los sistemas de control tradicionales.

2.1. Descripción del problema

El confort ambiental en interiores depende de la interacción de diversos factores, incluyendo temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂, iluminación y calidad del aire. Los sistemas de control convencionales, como los controladores PID y On-Off, suelen operar de manera independiente sobre cada variable, sin considerar las interdependencias entre ellas. Esta falta de integración puede conducir a situaciones donde la optimización de un parámetro afecta negativamente a otros, comprometiendo el confort general de los ocupantes. Por ejemplo, un aumento en la ventilación para reducir la concentración de CO₂ puede disminuir la temperatura interior, generando incomodidad térmica (Molina-Solana et al., 2013).

2.2. Importancia del problema

La calidad del ambiente interior (IEQ) es fundamental para el bienestar y la salud de los ocupantes de edificios. Según la Comisión Europea, los edificios son responsables del 40 % del consumo energético de la Unión Europea y del 36 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas principalmente durante su construcción, utilización, renovación y demolición (Comisión Europea, 2020).

Una gestión ineficiente del IEQ no solo afecta negativamente la salud y el confort de los ocupantes, sino que también contribuye al desperdicio de energía y al aumento de las emisiones de CO₂. La Comisión Europea destaca que aproximadamente el 75 % del parque inmobiliario de la UE es ineficiente desde el punto de vista energético, lo que significa que gran parte de la energía consumida se malgasta. Las pérdidas de energía pueden minimizarse mejorando los edificios ya existentes y apostando por soluciones inteligentes y materiales eficientes desde el punto de vista energético para las nuevas construcciones.

Además, la mejora de la eficiencia energética de los edificios será determinante para el ambicioso objetivo de conseguir la neutralidad en emisiones de carbono establecido para 2050 en el Pacto Verde Europeo. Por lo tanto, abordar la eficiencia energética en la gestión del IEQ es esencial no solo para el bienestar de los ocupantes, sino también para cumplir con los objetivos climáticos y energéticos de la UE.

2.3. Desafíos en la resolución del problema

La gestión de la calidad ambiental interior (CAI) enfrenta varios retos debido a la complejidad inherente del entorno interior. Estos desafíos surgen tanto de la interacción de múltiples variables como de las limitaciones en las infraestructuras y tecnologías disponibles. A continuación, se detallan los principales obstáculos identificados:

- **Complejidad multidimensional:** las variables que afectan el confort interior están interrelacionadas y pueden presentar comportamientos no lineales, lo que dificulta su modelado y control. Dicha complejidad añadida exige una solución integral que permita gestionar simultáneamente todas las variables interdependientes.
- **Subjetividad del confort:** el confort es altamente subjetivo y varía entre individuos, lo que complica la creación de un sistema que satisfaga a todos los usuarios. «Los conceptos de seguridad, limpieza y aislamiento... abarcan mucho más que la concentración de sustancias respirables y no son universales» (Vargas Marcos & Gallego Pulgarín, 2005).
- **Condiciones cambiantes:** factores como el clima exterior, la ocupación del espacio y la actividad de los usuarios pueden cambiar constantemente, requiriendo un sistema flexible y adaptativo.
- **Optimización energética:** «El mantenimiento de las condiciones ambientales interiores óptimas se consigue en gran medida a expensas del aumento en el consumo energético» (Vargas Marcos & Gallego Pulgarín, 2005). Esto viene a indicar que existe una tensión inherente entre mejorar el confort y reducir el consumo de energía, y diseñar un sistema que logre ambos objetivos simultáneamente es un reto significativo.
- **Integración tecnológica:** incorporar nuevos sistemas de control en infraestructuras existentes sin interrumpir su funcionamiento o requerir grandes inversiones es otro desafío técnico y económico.

Estos desafíos subrayan la necesidad de una solución innovadora que pueda abordar la complejidad y dinámica del problema de manera eficiente y efectiva.

3. Desarrollo

Una vez pasada a la fase de sefkjfeK (Molina-Solana et al., 2013)

3.1. Contexto

- introducción a la publicación - descripción del caso práctico tratado

3.2. Técnicas difusas empleadas

- Justificación de su elección frente a otras

3.3. Metodología y enfoque

- Explicación del modelo o algoritmo propuesto -

3.4. Resultados del estudio

- resumen de resultados - interpretación de los mismos

4. Estudios y enfoques alterativos

4.1. Control fuzzy de sistemas HVAC optimizado con algoritmos genéticos

Este trabajo combina control difuso con algoritmos genéticos para optimizar los sistemas HVAC, mejorando la eficiencia energética y el confort. (Alcalá et al., 2003)

Relevancia: Es particularmente relevante como alternativa, ya que añade una capa de optimización automática a través de algoritmos genéticos. Esto permite ajustar de forma automática las reglas difusas y los parámetros, lo cual es útil en sistemas complejos con múltiples criterios de control como el de este caso.

4.2. Sistema de inferencia difusa centrado en la evaluación de calidad ambiental

: (Jabłoński & Grychowski, 2018)

Objetivo: Diseñar un sistema que evalúe el confort ambiental considerando múltiples parámetros como temperatura, humedad, calidad del aire y ruido. Implementación: Utiliza un sistema de microcontroladores con sensores y una aplicación de PC para la inferencia difusa. Resultados: Este enfoque se enfoca en medir y analizar simultáneamente múltiples parámetros para evaluar el confort global y específico (como frescura del aire y confort térmico). Ventajas: Ofrece un sistema integral para evaluar y analizar el confort ambiental en edificios inteligentes, con capacidad de identificar causas de incomodidad y posibles fallos en sistemas HVAC.

4.3. Comparación y resultados interesantes

Sistema de Inferencia Difusa (2017): Proporciona una evaluación más completa del confort ambiental, integrando un amplio rango de factores y enfocándose en un análisis cualitativo basado en estándares y percepción humana. Controlador Difuso Unificado (2013): Está más orientado a la optimización energética y la integración eficiente de subsistemas mediante ajustes dinámicos y adaptativos. Ambos enfoques son prometedores, pero el primero se centra más en la evaluación global del confort, mientras que el segundo apunta a un control eficiente y coordinado de múltiples sistemas dentro de un entorno.

La elección entre estos enfoques dependerá del contexto de aplicación y los objetivos específicos, como si se busca mayor integración en sistemas existentes o una evaluación más detallada de los parámetros de confort

5. Conclusiones y trabajos futuros

En conclusión, este

5.1. Consecución de objetivos

Se recupera la tabla de objetivos de la sección 1.2. (Cuadro 1) para marcar aquellos que han sido alcanzados en la

Otra de las aplicaciones estudiadas han sido la skill de Alexa del juego de los trayectos orientado a la detección del deterioro físico (sección 2.4.2.), y los juegos serios y experiencias inclusivas (sección 2.4.3.), que consiste en dos juegos principales (series de palabras y verdadero o falso).

5.2. Trabajos futuros

Como aplicación práctica de

6. Bibliografía

- Alcalá, R., Benítez, J. M., Casillas, J., Cordon, O., & Pérez, R. (2003). Fuzzy control of HVAC systems optimized by genetic algorithms. *Applied Intelligence*, 18, 155-177.
- Comisión Europea. (2020). La eficiencia energética de los edificios. https://commission.europa.eu/system/files/2020-03/in_focus_energy_efficiency_in_buildings_es.pdf
- Jabłoński, K., & Grychowski, T. (2018). Fuzzy inference system for the assessment of indoor environmental quality in a room. *Indoor and Built Environment*, 27(10), 1415-1430.
- Molina-Solana, M., Ros, M., & Delgado, M. (2013). Unifying fuzzy controller for indoor environment quality. *2013 Joint IFSA world congress and NAFIPS annual meeting (IFSA/NAFIPS)*, 1080-1085.
- Vargas Marcos, F., & Gallego Pulgarín, I. (2005). Calidad ambiental interior: bienestar, confort y salud. *Revista española de salud pública*, 79, 243-251.