

تمرین دوم: کنترل‌کننده منطقی فازی برای سیستم آبیاری خودکار گیاهان

گیاهان برای رشد سالم به میزان بهینه‌ای از رطوبت خاک نیاز دارند. آبیاری بیش از حد یا بسیار کم می‌تواند منجر به آسیب گیاه و اتلاف منابع شود. سیستم‌های آبیاری خودکار می‌توانند با در نظر گرفتن شرایط مختلف محیطی مانند رطوبت خاک و وضعیت آب‌وهوا، مقدار مناسب آب را به گیاهان ارائه دهند. کنترل‌کننده‌های مبتنی بر منطق فازی، با استفاده از استدلال تقریبی به جای آستانه‌های دقیق، برای مدیریت چنین سیستم‌هایی و تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت مناسب هستند.

هدف تمرین: طراحی و پیاده‌سازی یک کنترل‌کننده منطقی فازی جهت خودکارسازی فرآیند آبیاری گیاهان بر اساس میزان رطوبت خاک و شرایط آب‌وهوا.

بخش اول: توابع عضویت

۱. توابع عضویت فازی زیر را با استفاده از زبان پایتون به‌طور واضح و دقیق تعریف و پیاده‌سازی کنید:

- سطح رطوبت خاک: «خشک»، «متوسط»، «مرطوب».
- شرایط آب‌وهوا: «آفتابی»، «ابری»، «بارانی».
- مقدار آبیاری: «بدون آب»، «کم»، «متوسط»، «زیاد».

۲. توابع عضویت را ترسیم و بصری‌سازی کنید.

بخش دوم: قواعد کتتری و غیرفازی‌سازی

۳. قواعد منطقی فازی زیر را پیاده‌سازی کنید:

- اگر خاک خشک است و هوا آفتابی است، آبیاری زیاد باشد.
- اگر خاک خشک و هوا ابری است، آب‌دهی متوسط باشد.
- اگر خاک خشک و هوا بارانی است، آب‌دهی کم.
- اگر خاک متوسط و هوا آفتابی است، مقدار آب متوسط.
- اگر خاک متوسط و هوا ابری است، مقدار آب کم.
- اگر خاک متوسط و هوا بارانی است، نیازی به آب نیست.
- اگر خاک مرطوب و هوا آفتابی است، مقدار آب کم.
- اگر خاک مرطوب و هوا ابری است، نیازی به آب نیست.
- اگر خاک مرطوب و هوا بارانی است، نیازی به آب نیست.

۴. با استفاده از روش مرکز ثقل (Centroid)، خروجی فازی را به یک مقدار واضح (Crisp) برای میزان آب تبدیل کنید.

۵. حداقل با سه روش دیگر یا بیشتر، خروجی فازی را به یک مقدار واضح برای میزان آب تبدیل کنید. سپس نتایج را برای هر یک مقایسه کنید. (اختیاری)

بخش سوم: شبیه‌سازی و تحلیل

۶. کنترل‌کننده فازای طراحی شده را در یک بازه زمانی (مثلاً ۱۰ روز) با شرایط متغیر آب‌وهوایی (مثلاً ابتدا آفتابی، سپس ابری و در نهایت بارانی) شبیه‌سازی کنید. در هر گام زمانی، رطوبت خاک را بر اساس تصمیم کنترل‌کننده به‌روز کنید.

۷. موارد زیر را ترسیم و بررسی کنید:

❖ تغییرات رطوبت خاک در طول زمان.

❖ میزان آب‌دهی تعیین‌شده توسط کنترل‌کننده فازای در طول زمان.

۸. نتایج را تحلیل و بررسی کنید. کنترل‌کننده فازای طراحی شده تا چه حد در حفظ سطح بهینه رطوبت خاک موفق است؟

۹. قواعد فازای اولیه را بررسی کنید و قواعد جدیدی را برای افزایش دقت و جزئیات کنترل اضافه کنید. به عنوان مثال، برای سطوح رطوبت و شرایط آب‌وهوایی که در قواعد اولیه در نظر گرفته نشده بودند، قواعد جدیدی پیشنهاد دهید. (اختیاری)

۱۰. پس از تغییر قواعد، دوباره شبیه‌سازی را اجرا کنید و نتایج را مقایسه کنید. آیا افزودن قواعد بیشتر و دقیق‌تر باعث بهبود در کنترل و حفظ رطوبت بهینه خاک می‌شود؟ (اختیاری)

الزامات تحویل:

📌 کد پایتون واضح، منظم و دارای توضیحات کافی.

📌 نمودارهای توابع عضویت، نتایج شبیه‌سازی و پاسخ‌های کنترل‌کننده.

📌 یک تحلیل مختصر کتبی شامل جمع‌بندی نتایج و یافته‌هایتان.