خوارزميات الأمثلية في تصميم أنظمة السيطرة

تلعب خوارزميات الأمثلية دوراً مهماً في تصميم أنظمة السيطرة الحديثة، وتهدف بشكل رئيسي إلى إيجاد أفضل قيم لمعاملات المسيطر بحيث تحقق أداءً مثالياً حسب معيار محدد .ففي السابق كان ضبط الأنظمة يتم غالباً باستخدام المحاولات المتكررة، أما اليوم فتوفر خوارزميات الأمثلية أدوات رياضية دقيقة للحصول على أداء محسّن حتى للأنظمة المعقدة وغير الخطية.

أولاً :هدف الأمثلية في أنظمة السيطرة

يهدف تصميم أنظمة السيطرة إلى تحقيق مجموعة من المتطلبات مثل:

-الاستقرار. -تقليل زمن الاستقرار. -تقليل التجاوز.(Overshoot) -تقليل جهد السيطرة. -تعزيز المتانة.(Robustness)

تقوم خوارزميات الأمثلية بتحويل هذه الأهداف إلى دالة كلفة (Cost Function) يجب تقليلها أو زيادتها.

ثانياً :أنواع خوارزميات الأمثلية في السيطرة

.1الأمثلية المحدبة(Convex Optimization)

تُستخدم عندما تكون دالة الكلفة والقيود محدبة، وتُعطي حلولاً مثالية بسرعة .تظهر في تصميمات مثل:

- H-infinity - MPC - LQR

.2خوارزميات تعتمد على المشتقات(Gradient-Based)

مثل:

- Newton Method - Gradient Descent

تُستخدم في ضبط متحكمات PID أو متحكمات الحالة، لكنها قد تعلق في الحلول المحلية.

.3خوارزميات تطورية وميتاهيوريستك(Metaheuristic)

لا تحتاج إلى مشتقات وتناسب الأنظمة غير الخطية:

-الخوارزمية الجينيةGA -سرب الجسيماتPSO - Differential Evolution

تُستخدم كثيراً في الضبط الأمثل لمتحكمات.PID

ثالثا :التطبيقات

-ضبط PID باستخدام PSO أو.GA

-تصميم LQR و.H∞

-السيطرة التنبؤية.MPC

-الروبوتات والمركبات الذاتية.

الخلاصة

أصبحت خوارزميات الأمثلية جزءاً أساسياً في تصميم أنظمة السيطرة الحديثة، لما توفره من قدرة على تحقيق أداء متوازن ومتكيف مع القيود والمعايير المختلفة، مما يجعلها أداة فعّالة مع تطور الأنظمة الهندسية.