

# Inlärningsbaserad styrning av sammankopplade system

Johan Olsson  
jo1272ol-s@student.lu.se

Augusti 2023

Stora sammankopplade system som elkraftnätet, nätverk för trådlös kommunikation och smarta byggnader är viktiga pusselbitar i det moderna samhället. Dessa system förväntas dessutom fungera sömlöst vilket kräver styrlagar som, baserat på tillgänglig information i nätverket, bestämmer vad som ska hända och vid vilken tidpunkt. Dessa nätverk består av sammankopplade regulatorer som kontrollerar nätverket och när nätverket växer, ökar snabbt komplexiteten i hur styrlagarna ska utformas. Än idag saknas i många fall bevisbart optimala lösningar. Det är dessutom i många fall önskvärt att låta regulatorerna styras separat från varandra endast baserat på lokal information för just den regulatorn. Detta innebär ännu ett hinder i designen av dessa styrsystem och än idag finns det fortfarande gott om utrymme för förbättring inom området.

Ett av de enklaste exemplen på ett sammankopplat system som det forskats på är så kallade LQR-nätverk som består av sammankopplade linjär-kvadratiske regulatorer. I dessa nätverk antas tillståndet hos varje regulator bero linjärt på hela systemets tidigare tillstånd och styrsignal. Det finns också en inbyggd kostnadsfunktion i systemet som för varje regulator är en kvadratisk funktion av regulatorns tillstånd och dess styrsignal. Det är även sådana nätverk detta arbete har behandlat.

Tidigare forskning på dessa LQR-nätverk har visat att i fallet då ändringar i systemets tillstånd snabbt avtar, kan systemet i teorin styras nästintill optimalt även om varje enskild regulator bara har tillgång till information om tillståndet och styrsignalerna i dess närhet. Det tidigare arbetet berörde dock endast egenkaperna hos den optimala regulatorn och gav inga förslag på metoder för hur en sådan regulator kan hittas på ett effektivt sätt.

I detta arbete undersöktes hur regulatorer för LQR-nätverk med avtagande struktur kan finnas genom inlärningsbaserade metoder. Mer specifikt undersöktes om den avtagande strukturen kan utnyttjas på ett sätt som möjliggör att de enskilda regulatorerna i nätverket kan lära sig en styrlag då de endast har tillgång till historiska data från dess närhet i nätverket. Insatsen kan sägas bestå i två delar. Först undersöktes hur den avtagande strukturen även visar sig i systemets värdefunktion och Q-funktion. Dessa två funktioner är grundbultar i många inlärningsbaserade metoder som bygger på förstärkningslärande, en typ av metoder som lär sig styrlagar genom försök och misstag. Med denna kunskap togs sedan en metod fram som utnyttjade detta för att kunna hitta styrlagar med ingen eller begränsad kommunikation mellan de sammankopplade regulatorerna. Metoden utvärderades genom numeriska simuleringar. Dessa antydde att metoden har potential att hitta styrlagar som är nästintill optimala och att den samtidigt går att skala upp till väldigt stora system.