

Computers zijn in de afgelopen decennia steeds krachtiger geworden en daardoor in staat steeds complexere rekenproblemen op te lossen. Ondanks de toegenomen rekenkracht vragen bepaalde problemen nog steeds erg veel rekestijd. Een voorbeeld zijn optimalisatieproblemen waarbij complexe simulatiemodellen een rol spelen. Hierbij valt te denken aan het optimaliseren van een realistisch voorraadstelsel dat beschreven wordt door een computersimulatiemodel. Een doelstelling kan zijn om de totale voorraadkosten te minimaliseren door een optimale keuze van parameters zoals het bestelmoment, de bestelhoeveelheid en de hoogte van de veiligheidsvoorraden. Optimalisatieproblemen met meerdere doelstellingsfuncties zijn een tweede voorbeeld. Als bij het voorraadstelsel ook het maximaliseren van de servicegraad een doelstelling is, is er sprake van dit type problemen. Aangezien beide typen erg tijdrovend kunnen zijn, is het vaak moeilijk om een optimale of goede oplossing te vinden binnen een redelijke tijd. Het centrale onderwerp van dit proefschrift is daarom het ontwikkelen en verbeteren van wiskundige methodes om op een efficiënte manier goede oplossingen te vinden voor deze optimalisatieproblemen. In het geval van complexe simulatiemodellen wordt dit gedaan door de black-boxfunctie te benaderen, die de relatie tussen input- en outputvariabelen van het simulatiemodel beschrijft. Deze relatie wordt beschouwd als een black-boxfunctie omdat er geen expliciete wiskundige beschrijving bekend is, maar er wel uitkomsten berekend kunnen worden voor bepaalde waarden van de invoervariabelen. Deze black-boxfunctie wordt benaderd met een meta-model. Dit model heeft wel een expliciete wiskundige beschrijving en kan zodoende gebruikt worden om de uitkomsten te optimaliseren of om inzicht te krijgen in de relatie tussen de invoer en de uitkomst. Voor het bepalen van een metamodel zijn datapunten nodig die de outputwaarden bevatten bij bepaalde waarden van de inputvariabelen. Bij complexe simulatiemodellen kan het berekenen van deze datapunten erg tijdrovend zijn. Het is daarom belangrijk deze datapunten zo efficiënt mogelijk te kiezen. Bij optimalisatieproblemen met meerdere doelstellingen wordt de onbekende verzameling van Pareto-oplossingen benaderd, dat wil zeggen oplossingen waarvoor het niet mogelijk is de waarde van een doelstellingsfunctie te verbeteren zonder andere te verslechteren. Het kiezen van een oplossing die niet aan deze eigenschap voldoet is suboptimaal, omdat in dat geval een doelstelling zou kunnen verbeteren zonder dat dit ten koste gaat van



Rennen, G. (2009) *Efficient approximation of black-box functions and Pareto sets*. Proefschrift. Tilburg: Universiteit van Tilburg.

andere. Door het grote aantal van Pareto-oplossingen en doordat elke Pareto-oplossing bepaald moet worden via een vaak tijdrovend optimalisatieprobleem, is het bepalen van alle Pareto-oplossingen meestal niet haalbaar. In plaats daarvan kan een benadering van deze verzameling bepaald worden waaruit vervolgens een oplossing geselecteerd kan worden. Aangezien het berekenen van de datapunten tijdrovend is voor beide typen problemen, wordt ernaar gestreefd om met zo min mogelijk datapunten een goede benadering te bepalen van de black-boxfunctie of van de verzameling van Pareto-oplossingen. In dit proefschrift ligt daarom de nadruk op de efficiënte selectie van simulaties of optimalisaties voor het bepalen van de datapunten. Bij de selectie van simulaties wordt gebruikgemaakt van een schema dat bepaalt welke datapunten gesimuleerd gaan worden. Aangezien de keuze van het schema invloed heeft op de kwaliteit van het metamodel, worden schema's met verscheidene gunstige eigenschappen bepaald, zoals een goede representatie van de totale set van datapunten. Bij optimalisatieproblemen met meerdere doelstellingen is met name gekeken naar convexe problemen. Sandwich-algoritmes bepalen hiervoor twee benaderingen waartussen de Pareto-verzameling ligt. Door deze eigenschap kunnen er garanties gegeven worden voor de nauwkeurigheid van deze benaderingen. Er worden verschillende verbeteringen voor bestaande sandwich-algoritmes geïntroduceerd. Ten eerste worden dummypunten toegevoegd aan de benadering om beter te kunnen bepalen welke optimalisaties moeten worden uitgevoerd. Ten tweede wordt een foutmaat beschreven die het mogelijk maakt om goed interpreteerbare kwaliteitsgaranties te geven voor de nauwkeurigheid van de benadering. Ten derde wordt getoond hoe transformaties van doelstellingsfuncties gebruikt kunnen worden om de nauwkeurigheid van de benadering te vergroten. Om het effect van deze verbeteringen te testen, worden bestaande sandwich-algoritmes vergeleken met een nieuw algoritme waarin bovenstaande verbeteringen zijn toegepast. De vergelijking laat zien dat het nieuwe algoritme inderdaad aanzienlijk efficiënter is. Het onderzoek heeft dus geleid tot een efficiëntere aanpak van een tweetal optimalisatieproblemen. Bestaande problemen worden hierdoor sneller opgelost en mogelijk kunnen optimalisatieproblemen die eerst te tijdrovend waren, nu wel opgelost worden.

GIJS RENNEN

Onderzoeker aan de Universiteit van Tilburg