



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Multi-objective mixed-integer evolutionary algorithms for building spatial design

Blom, K. van der

### Citation

Blom, K. van der. (2019, December 11). *Multi-objective mixed-integer evolutionary algorithms for building spatial design*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/81789>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/81789>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/81789> holds various files of this Leiden University dissertation.

**Author:** Blom, K. van der

**Title:** Multi-objective mixed-integer evolutionary algorithms for building spatial design

**Issue Date:** 2019-12-11

# Samenvatting

In dit proefschrift (getiteld: Multi-Criteria Gemengd-Geheeltallige Evolutionaire Algoritmen voor Gebouw Ruimtelijk Ontwerp) is onderzocht hoe evolutionaire algoritmen toegepast kunnen worden op complexe problemen. Deze complexiteit komt voort uit meerdere aspecten. Allereerst gaat het om een multi-criteria probleem. Dit betekent dat er oplossingen gevonden moeten worden die een afweging maken tussen meerdere verschillende eisen. Ten tweede is de representatie van dit probleem gemengd-geheeltallig. Dit introduceert complexiteit omdat het doorzoeken van reële getallen efficiënt gedaan wordt met andere technieken dan het doorzoeken van discrete getallen. Oftewel, meerdere technieken moeten gecombineerd worden. Het derde aspect is het omgaan met restricties. Zulke restricties zijn er om te garanderen dat gevonden oplossingen valide zijn.

Al deze aspecten worden meegenomen in het oplossen van een praktisch probleem: De optimalisatie van gebouw-ruimtelijke ontwerpen in een vroeg ontwerpstadium. Dit is van belang omdat het aanpassen van het ontwerp in latere fases veel werk kost, er moeten dan namelijk meerdere aspecten opnieuw worden bekeken. Door vroeg in het ontwerpproces te optimaliseren kan er dus tijd bespaard worden. Daarnaast leidt de optimalisatie ook tot betere prestaties. In deze scriptie worden prestaties op het gebied van temperatuur (koeling en verwarming), evenals structurele aspecten meegenomen.

Om te beginnen moet er een representatie voor de mogelijke oplossingen ontwikkeld worden voor het ruimtelijke ontwerp (Hoofdstuk 3). Deze zogeheten *supercube* representatie maakt het mogelijk om een arbitrair aantal ruimtes te beschrijven, en de dimensies daarvan in te stellen. Om de validiteit van de ruimtelijke ontwerpen te kunnen controleren zijn er ook een aantal restricties voor de representatie geïntroduceerd. Deze restricties zijn polynomiale expressies die op directe basis van de binaire en reële variabelen geformuleerd zijn. Om deze reden kunnen ze op eenvoudige wijze precies berekend worden en daardoor, in principe, gebruikt worden in op vergelijkingen

## Samenvatting

---

gebaseerde oplossers.

Vervolgens is de vraag hoe er met de restricties op de supercube omgegaan kan worden, om het vinden van valide ontwerpen te garanderen. Hoofdstuk 4 laat zien dat het gebruik van straffuncties die reageren op het overschrijden van de restricties kan helpen in het zoekproces. Helaas wordt er ook aangetoond dat ze niet voldoende schalen naar grotere supercube afmetingen. In Hoofdstuk 5 worden probleemspecifieke initialisatie- en mutatieoperatoren gepresenteerd die enkel door de valide zoekruimte navigeren, en daardoor geen last hebben van de grote invalide regio's die voorkomen bij grotere supercube afmetingen.

Hoofdstuk 6 bekijkt hoe, in een multi-criteria setting, een lokale zoekstrategie bij kan dragen aan de verbetering van oplossingen die tijdens het globale zoekproces gevonden zijn. De resultaten laten zien dat *hypervolume indicator gradiënt stijging multi-criteria optimalisatie* (HIGA-MO) werkt in een praktijkgerichte setting, evenals met numeriek benaderde gradiënten. Ondanks dit positieve resultaat, weerhoudt het aantal evaluaties dat nodig is voor de numerieke benadering in deze hoog-dimensionale setting HIGA-MO ervan betere resultaten te produceren dan het gebruikte evolutionaire algoritme (SMS-EMOA-SC). Dit betekent dat als lokale zoekcomponent HIGA-MO waarschijnlijk uiteindelijk wel beter zou zijn dan SMS-EMOA-SC, dankzij de convergentie-eigenschappen van de hypervolume gradiënt, maar het aantal benodigde evaluaties zou ondoenlijk zijn.

De optimalisatieprocessen genereren een schat aan data. De vraag is dan ook: Wat kan er van deze data geleerd worden over gebouw-ruimtelijk ontwerp (Hoofdstuk 7)? Gebaseerd op de optimalisatiedata kunnen door middel van het automatisch extraheren van ontwerpreglementen sleuteleigenschappen van hoge kwaliteit gebouw-ruimtelijke ontwerpen geleerd worden. Deze ontwerpreglementen kunnen vervolgens gebruikt worden om aan een ontwerpdeskundige te laten zien dat de ontdekte oplossingen betrouwbaar zijn. Deze reglementen komen over het algemeen namelijk overeen met welbekende ontwerpreglementen die gebruikt worden door de ontwerpdeskundigen.

Volgend op de ontwikkeling van optimalisatiemethodes voor het gebouw-ruimtelijk ontwerpprobleem, wordt er in Hoofdstuk 8 verkend of het mogelijk is een generiek multi-criteria gemengd-geheeltallig evolutionaire strategie (MOMIES) te ontwikkelen. Er zijn veelbelovende eerste stappen gemaakt die laten zien dat dit in de praktijk goed werkt. Verder is er ontdekt dat recombinitie waardevoller is in multi-criteria optimalisatie dan voorheen werd gedacht, hoewel het nog onduidelijk is hoe dit komt. Daarnaast is er nog nader onderzoek nodig naar de aanpassing van de stapgrootte in de

multi-criteria setting, de huidige methodes laten namelijk nog onberekenbaar gedrag zien en zijn niet betrouwbaar in het volgen van de optimale mutatiestapgrootte.

Als laatste bijdrage van dit proefschrift wordt er onderzocht in hoeverre de ontwikkelde algoritmes toepasbaar zijn op praktische problemen (Hoofdstuk 9). SMS-EMOA-SC heeft bewezen een waardevol component te zijn in een hybride algoritme dat ook verkende welke supercube-configuraties het meest waardevol waren om mee te werken. Verder is duidelijk geworden dat SMS-EMOA-SC een goede optimalisatiemethode is, maar dat de instellingen en de doelfuncties die eerder gebruikt werden in de academische experimenten niet altijd direct aansluiten op de realiteit van de praktische problemen. Voor de optimalisatie van nominaal-discrete variabelen van structurele ontwerpen is MOMIES een zeer effectief algoritme gebleken.

Samenvattend heeft deze scriptie technieken beschikbaar gemaakt voor multi-criteria optimalisatie van gebouw-ruimtelijke ontwerpen. Om dit te bereiken is er een representatie geïntroduceerd, evenals gespecialiseerde variatieoperatoren voor het gebouw-ruimtelijk ontwerpprobleem. Daarnaast zijn de potentiële voordelen van een memetisch algoritme onderzocht, waar stochastische globale zoekprocessen gecombineerd worden met deterministische lokale zoekprocessen. Ook is de praktische toepassing van de methodes onderzocht. Zowel door de analyse van de optimalisatiedata, als door de toepassing op praktische problemen. Tot slot is er een generiek algoritme ontwikkeld, dat niet gelimiteerd is tot het gebouw-ruimtelijk ontwerpprobleem.

