



**Universiteit  
Leiden**  
The Netherlands

## **Discovering the preference hypervolume: an interactive model for real world computational co-creativity**

Hagg, A.

### **Citation**

Hagg, A. (2021, December 7). *Discovering the preference hypervolume: an interactive model for real world computational co-creativity*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3245521>

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/1887/3245521>

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

---

## Samenvatting

Creatieve processen in engineering zijn tijdrovend. Reeds geruime tijd streven wij ernaar algoritmen te ontwikkelen die ons helpen deze taak te verlichten en ons vermogen om creatief te denken uit te breiden. Geautomatiseerde generatieve systemen sluipen dit domein steeds meer binnen. In deze dissertatie worden vragen beantwoord over hoe vruchtbare interacties kunnen worden ontworpen tussen generatieve systemen en menselijke deelnemers. In plaats van de mens te vervangen, omarmt deze dissertatie mens-computer interactie in het creatief ontwerpsproces, waarbij de mens de controle houdt in de lus van algoritmisch ontwerp in generatieve systemen en optimalisatie. Deze thesis draait vooral rond vormoptimalisatie in dure omgevingen, bijvoorbeeld bij het creëren van vormen die gebruikt worden in vloeistofdynamica. Het is hier waar een groot potentieel bestaat om de efficiëntie en doeltreffendheid van creatieve engineering te verhogen.

In Hoofdstuk 2 worden gangbare theorieën over creativiteit en het creatieve proces beschreven. Aspecten van creatieve cognitie die het vermogen om vernieuwende oplossingen te vinden kunnen belemmeren of vergemakkelijken worden als inspiratie genomen om een computationeel co-creatief procesmodel te ontwerpen. Er worden vereisten ontwikkeld die deze dissertatie toelaten om vervolgens efficiënte methodes te verkennen die de capaciteiten van ingenieurs vergroten, onafhankelijk van hun ervaringsniveau.

De mogelijkheid om op een geautomatiseerde manier diverse oplossingen te genereren hangt af van hoe we gelijkheid meten en hoe diversiteit kan worden behouden. Hoofdstuk 3 bespreekt een sleutelconcept van evolutionary computation, namelijk de scheiding tussen de zoekruimte (het genoom) en de eigenlijke oplossingsruimte (het fenotype). Door gelijkheid en diversiteit te meten in de hoog-dimensionale fenotypische ruimte, kunnen diversere oplossingen worden ontwikkeld. Bij vergelijking van multiresolution optimalisatie paradigma's is gebleken dat quality diversity

(QD) optimalisatie, bijvoorbeeld het Voronoi-Elites (VE) algoritme, de meest diverse oplossingsreeksen oplevert. QD voert niching uit in een laag-dimensionale ruimte die factoren van fenotypische variatie beschrijft. Het AutoVE algoritme combineert VE met een generatief model (GM), b.v. variationele autoencoders. Er wordt aangetoond dat we automatisch fenotypische kenmerken kunnen leren op een on-line manier in plaats van een handmatige a priori definitie te gebruiken. De beperkingen van GM worden ook aangetoond. Er worden bewijzen verzameld die aantonen dat GM moet worden gebruikt als een nichingmechanisme, niet als een zoekruimte in divergente optimalisatie.

Efficiëntie is een belangrijk ingrediënt voor co-creatieve systemen in vloeistofdynamica en andere computationeel dure problemen. In hoofdstuk 4 worden surrogaat-ondersteunde methoden ontwikkeld die fenotypische kenmerken en gedrag kunnen voorspellen. De mogelijkheid om gedragskenmerken te modelleren via surrogaat-ondersteunde fenotypische niching (SPHEN) door het samplen van trainingsvoorbeelden op basis van optimaliteit alleen, stelt ons in staat om niet alleen efficiënt optimale oplossingsreeksen te creëren, maar ook om hun diversiteit op een on-line manier te voorspellen. De mogelijkheid om het gedrag van neurale coderingen te modelleren met behulp van fenotypische afstand (PHD) maakt het gebruik van meer complexe coderingen in optimalisatie mogelijk. Beide zijn essentieel voor de ontwikkeling van flexibele, efficiënte QD-algoritmen.

Tenslotte wordt het voorkeurshypervolume, dat alle (fenotypische) voorkeurso oplossingen bevat, besproken in hoofdstuk 5. Dit hypervolume is wat een co-creatief proces beoogt te vinden en te beschrijven en is het centrale object van dit onderzoek, waarin we het design by shopping paradigma gebruiken om een gebruiker zijn voorkeuren te laten selecteren uit gegenereerde voorbeelden. De mogelijkheid om op efficiënte wijze diverse sets van oplossingen te genereren is nuttig, maar het grote aantal oplossingen en de complexe aspecten van diversiteit moeten aan een gebruiker worden gepresenteerd. Dit wordt bereikt door de verzameling oplossingen te comprimeren tot representatieve genetische prototypen. Gebruikers zijn dan in staat om effectief te selecteren aan welke voorbeelden zij de voorkeur geven en aan welke niet. Deze selectie wordt omgezet in de gebruikersselectie-drift metriek die kan worden gebruikt als een straf op een objectieve functie. De onderliggende selectie wordt gemodelleerd met behulp van het voorkeursmodel UDHM (User Decision Hypersurface Model). Dit dwingt algoritmen zoals QD om artefacten te gaan produceren die lijken op de voorkeurso oplossingen van de gebruiker. Het

UDHM is geïntegreerd met QD in het prototype discovery using quality diversity (PRODUQD) algoritme. Het hoofdstuk combineert vervolgens het idee om te focussen op fenotypen, niet op genomen (Hoofdstuk 3), om de fenotypische drift metriek en penalty te produceren. Het uiteindelijke algoritme, HyperPref, implementeert de vereisten van een co-creatief proces zoals gedefinieerd in hoofdstuk 2.