

MODFLOW wordt een framework

Hendrik Meuwese¹

MODFLOW 6 is het nieuwste product van de USGS. Hiermee maakt de USGS een sprong, omdat in eerdere versies een berekening uit één grondwatermodel bestaat terwijl MODFLOW 6 een framework is met de nieuwe functionaliteit dat meerdere modellen dynamisch gekoppeld kunnen worden. Dit artikel biedt een overzicht van MODFLOW 6.

Inleiding

"MODFLOW? Werken jullie daar nog mee?". Dit is een reactie die ik recent kreeg toen ik over mijn gereedschapskist vertelde aan een waterbouwer. Bij doorvragen bleek de waterbouwer tijdens zijn opleiding in de jaren '90 een practicum met MODFLOW88 te hebben gevolgd. Ik vertelde dat de USGS inmiddels heel wat versies verder is. Daarbij zijn de mogelijkheden meegegroeid met de beschikbare rekenkracht, de detailliekennis van de ondergrond en met recente ontwikkelingen op het gebied van (geo)hydrologische modellering.

De MODFLOW 2005-familie

Een van de kenmerken van MODFLOW is dat de vereiste hydrologische processen modulair worden toegevoegd. Hierdoor ontstaat een snel en overzichtelijk model. MODFLOW 2005 is de voor na laatste versie. Op basis hiervan zijn de afgelopen jaren verschillende gerelateerde MODFLOW-codes verschenen. Ik noem ze de MODFLOW 2005-familie en geef ze kort weer omdat ze wellicht niet bij iedereen bekend zijn, en de basis vormen voor MODFLOW 6:

- MODFLOW-NWT focust zich op de onverzadigde grondwaterstroming en heeft een betere prestatie bij het droogvallen en weer verzadigd raken van cellen;
- MODFLOW-USG is ontwikkeld om met ongestructureerde grids te kunnen rekenen;
- MODFLOW-LGR staat een lokale verfijning van het rekenraster toe.

De USGS heeft een opvolger gemaakt voor MODFLOW 2005-familie omdat het tegen technische beperkingen aanliep, de modelinvoer niet eenduidig is en omdat het nieuwe mogelijkheden wil bieden.

Het framework

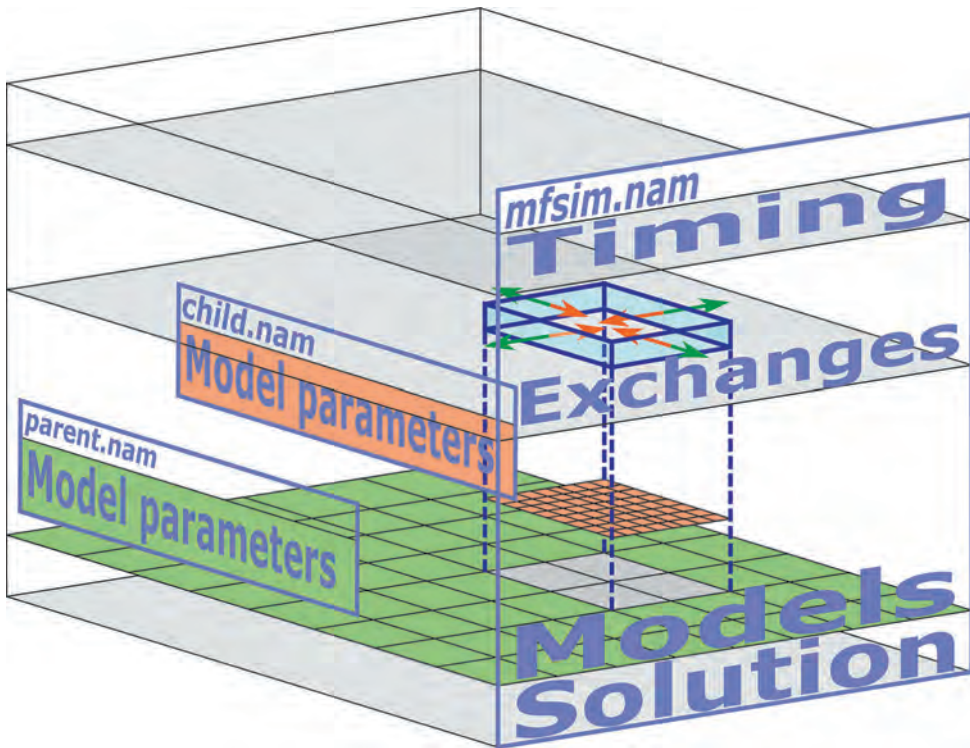
MODFLOW 6 kent een andere opbouw dan de MODFLOW 2005-familie (Hughes e.a.,

¹ Witteveen+Bos, Rotterdam, hendrik.meuwese@witteveenbos.com.

2017). De gebruiker definieert als eerste een *framework* en daarna een model. Het *framework* bestaat uit vier componenten:

- Timing, de tijdsdiscretisatie die in MODFLOW 2005 onderdeel uit maakt van de DIS-package.
- Models, de modellen die onderdeel uitmaken van het framework. In MODFLOW 2005 bestaat deze component niet, omdat je maar één model doorrekent.
- Exchanges, de uitwisseling tussen de modellen. In MODFLOW 2005 bestaat deze component niet, omdat je maar één model doorrekent.
- Solution, de numerieke oplossing. Dit is vergelijkbaar met bijvoorbeeld het PCG-bestand in MODFLOW 2005.

Afbeelding 1 geeft de componenten grafisch weer. Het voorbeeld in afbeelding 1 laat meteen de kracht van MODFLOW 6 zien doordat een lokaal grondwatermodel (oranje) is gekoppeld aan een regionaal model (groen).



Afbeelding 1: Schematische weergave opbouw MODFLOW 6

Door het *framework* kunnen meerdere grondwatermodellen gekoppeld worden doorerekend. Dat biedt nieuwe mogelijkheden voor het werken met lokale verfijningen van een grondwatermodel. De koppeling is echter niet beperkt tot alleen MODFLOW-grondwatermodellen: ook ander type modellen kunnen worden gekoppeld, bijvoorbeeld een oppervlaktewater- of rioleringsmodel. Dergelijke koppelingen worden door de USGS momenteel niet aangeboden. Hier ligt dus ook een uitdaging en een

toekomst voor ons gebruikers van dergelijke modellen en de ontwikkelaars van die andere modellen en van gebruikersschillen. De simpelste vorm blijft natuurlijk ook mogelijk: het doorrekenen van een enkel grondwatermodel. Dan definieer je in het *framework* gewoon een enkel model zonder exchanges.

Grondwaterberekeningen

De grondwaterberekeningen binnen MODFLOW 6 zijn gebaseerd op de genoemde codes uit de MODFLOW 2005-familie (Langevin e.a., 2017). De overstap heeft natuurlijk wel geleid tot enkele verschillen in de invoer:

- Sommige packages zijn van naam veranderd of opgesplitst. Dit geldt bijvoorbeeld voor de DIS-package die nu deels onder het framework valt en de BAS-package die ook is gesplitst in meerdere packages.
- De invoerbestanden blijven tekstbestanden, maar de indeling van de bestanden is nu in blokken en via keywords.

De in mijn ogen belangrijkste verandering zit onder de motorkap. MODFLOW 6 bouwt voort op MODFLOW-USG, de versie met ongestructureerde grids. Dit betekent dat een modelcel aan een willekeurig aantal cellen kan worden gekoppeld in hetzelfde model, wat betekent dat het grid niet per definitie rechthoekig hoeft te zijn, of een gekoppeld model. Natuurlijk kan ook altijd nog gekozen worden voor een rechthoekig grid.

Nu aan de slag

De verschillen tussen MODFLOW 2015 en MODFLOW 6 zijn nu beschreven. Tijd om te laten zien hoe je met MODFLOW 6 werkt. De USGS heeft in totaal 30 voorbeelden meegeleverd met de MODFLOW 6 distributie (<https://water.usgs.gov/ogw/modflow/MODFLOW.html>). Dit betreft voornamelijk oudere voorbeelden die zijn omgezet naar MODFLOW 6.

Ik kijk nader naar voorbeeld 28 omdat dit gebruik maakt van meerdere grondwatermodellen. Wat opvalt is dat drie NAM-bestanden aanwezig zijn, terwijl we in MODFLOW 2005 slechts aan één NAM-bestand gewend waren. Het eerste NAM-bestand definieert het *framework* (mfsim.nam). De andere twee NAM-bestanden zijn voor respectievelijk het regionale grondwatermodel (ex3_parent.nam) en het lokale grondwatermodel (ex3_child.nam). De koppeling tussen de modellen is weergegeven in het EXG-bestand (simulation.exg). Dit bestand heeft 666 koppelingsregels, wat meteen aangeeft dat een pre-processor of script vereist is om een koppeling op te kunnen zetten.

Helaas wordt MODFLOW 6 bij het schrijven van dit artikel (begin augustus 2017) nog niet ondersteund door pre/post-processors. Dit betekent dat ik MODFLOW 6 nog niet heb kunnen toepassen in projecten. Ik heb contact gezocht met enkele bouwers (onder andere Flopy, PMWIN en Groundwater Vistas). Die geven aan bezig te zijn met de implementatie van MODFLOW 6. Dus, het is nog even afwachten tot we écht met MODFLOW 6 kunnen werken. In de tussentijd is er wel een conversieprogramma beschikbaar (mf5to6.exe), maar dit biedt enkel een omzetting en niet de volledige kracht van MODFLOW 6 voor het zelf opzetten van gekoppelde modellen.

Conclusie

MODFLOW 6 geeft ons een uitbreiding in de beschikbare hydrologische rekencodes doordat meerdere modellen in een *framework* kunnen worden doorgerekend. Hierdoor kan makkelijker en sneller op een kleine schaal worden gemodelleerd en zijn in de toekomst gekoppelde berekeningen met ander typen modellen mogelijk. We kunnen dus weer even vooruit met deze aanvulling op onze gereedschapskist.

Beschikbaarheid en overige informatie:

- Gratis beschikbaar via <https://water.usgs.gov/ogw/modflow/MODFLOW.html#downloads>
- Besturingssysteem: download beschikbaar voor Windows, via bijgeleverde Fortran-code kan zelf een versie voor andere besturingssystemen worden gecompileerd
- Licentie: CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication

Literatuur

Hughes, J.D., Langevin, C.D., en Banta, E.R. (2017) Documentation for the MODFLOW 6 *framework*; in: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A57; United States Geological Survey, Reston,

Langevin, C.D., Hughes, J.D., Banta, E.R., Niswonger, R.G., Panday, Sorab, en Provost, A.M. (2017) Documentation for the MODFLOW 6 Groundwater Flow Model; in: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A55; United States Geological Survey, Reston,