

Tehnici de interacțiune pentru execuția modelelor hidrologice pe Grid – aplicația gSWAT

Dănuț Mihon, Victor Băcu, Teodor Ștefanuț, Dorian Gorgan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Str. Memorandumului, 28, Cluj-Napoca

{vasile.mihon, victor.bacu, teodor.stefanut, dorian.gorgan}@cs.utcluj.ro

REZUMAT

Dezvoltarea aplicațiilor de mediu are un rol din ce în ce mai important în cadrul societății moderne, prin preconizarea din timp a fenomenelor naturale și prin combaterea lor în fază incipientă: evoluția în timp a temperaturii, inundații, poluarea apei etc. Lucrarea de față descrie aplicația gSWAT, care se bazează pe modelul hidrologic SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Punerea în practică a acestuia necesită două etape esențiale în ceea ce privește platforma gSWAT: procesul de calibrare a modelului hidrologic (specific fiecărei regiuni geografice, prin parametrii care caracterizează aceea regiune) și procesul de creare de scenarii în funcție de necesitățile utilizatorului. Procesul de calibrare necesită un volum mare de prelucrare a datelor de intrare. Acesta este unul dintre principalele motive pentru care se folosește infrastructura Grid pentru executarea modelului SWAT, infrastructură care oferă suficiente capacități de stocare a datelor și de putere de calcul pentru satisfacerea acestor cerințe.

Cuvinte cheie

Predicție, fenomene naturale, model hidrologic, scenarii, infrastructură Grid, tehnici de interacțiune.

Clasificare ACM

H5.2. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

INTRODUCERE

Lucrarea de față conține o descriere succintă a platformei gSWAT, punându-se accent pe anumite aspecte tehnice folosite în cadrul etapei de dezvoltare (de exemplu: algoritmi, metode inovative de implementare, etc.), dar și pe tehnicile de interacțiune implementate în cadrul acestei platforme. De asemenea se fac precizările de rigoare pentru evaluarea utilizabilității sistemului, în momentul de față fiind realizată doar la nivel teoretic, urmând să fie pusă în practică în viitorul apropiat.

Principalul scop al platformei gSWAT este acela de evaluare a durabilității și a vulnerabilității bazinului Mării Negre, prin folosirea modelului hidrologic SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Acesta este un model care funcționează pe baza unor date de intrare preluate de la stațiile meteorologice amplasate în diferite regiuni

geografice. Aceste date sunt furnizate zilnic și conțin informații despre cantitatea și calitatea resurelor de apă existente în aceea regiune, despre sedimentele sau substanțele conținute în apă, etc. Cu alte cuvinte modelul SWAT reprezintă o colecție de astfel de date hidrologice, organizate în fișiere [1].

Toate aceste fișiere joacă rolul unei baze de date reprezentativă pentru o anumită regiune geografică, cunoscută în rândul specialiștilor hidrologi sub denumirea de TxtInOut. Pe baza acestor informații, specialiștii în hidrologie au posibilitatea de a simula modele hidrologice (de exemplu: SWAT) pentru predicții ulterioare. Aplicabilitatea practică a acestora se concretizează sub formă de scenarii de utilizare, benefice societății moderne: luarea de măsuri preventive în cazul fenomenelor naturale extreme, planuri de evacuare a populației, îmbunătățirea sistemelor de irigații, măsuri pentru creșterea productivității recoltelor etc [2].

Există două aplicații majore care fac parte din cadrul acestei platforme: gSWATCalibration și gSWATExecution. Cea de-a doua aplicație se referă strict la generarea și compunerea scenariilor amintite mai sus, prin modificarea anumitor parametrii de intrare. Acești parametrii sunt apoi folosiți ca și date de intrare în cadrul modelului hidrologic SWAT. În urma execuției acestui model, folosind aplicația gSWATExecution, se obțin ca și date de ieșire, predicții despre anumite fenomene naturale. Vizualizarea interactivă a acestor rezultate reprezintă una dintre facilitățile puse la dispoziția utilizatorului prin intermediul aplicației gSWATExecution. Din lipsă de spațiu lucrare de față oferă detalii numai despre aplicația gSWATCalibration.

Pentru a putea ajunge la etapa de creare de scenarii și de predicție a fenomenelor naturale, un prim pas îl reprezintă calibrarea modelului hidrologic SWAT. Se cunoaște faptul că prin folosirea modelelor de predicție se obțin, de cele mai multe ori, rezultate care conțin o anumită marjă de eroare. Cu cât scala temporală pe care se aplică aceste modele este mai mare, cu atât marja de eroare crește. De aceea este necesar un proces de calibrare a acestor modele, tocmai pentru a reduce posibilele erori. Fiecare dintre acești parametrii de intrare are asociat un interval de valori posibile, care diferă în funcție de regiunea geografică pentru care este aplicat modelul.

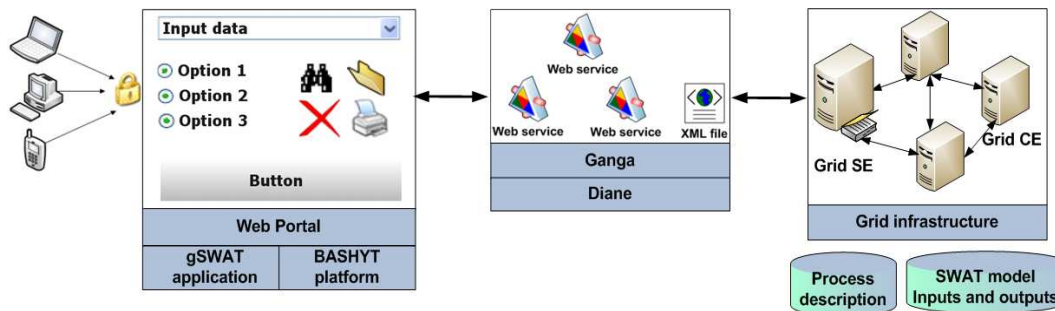


Figura 1. Arhitectura platformei gSWAT

Procesul de calibrare a modelului hidrologic SWAT reprezintă modificarea manuală a valorilor parametrilor de intrare și compararea rezultatelor obținute în urma execuției modelului (folosind valorile de intrare stabilite anterior) cu valori existente ale aceluiași parametri (obținute prin măsurători directe). Acest proces de generare și comparare de valori continuă până când o anumită funcție obiectiv este atinsă. De obicei această funcție obiectiv urmărește obținerea unor valori cât mai apropiate de cele măsurate [3].

Platforma gSWAT are drept corespondent aplicația SWAT-CUP [4]. Aceasta este una dintre puținele aplicații care permit utilizatorilor calibrarea modelului SWAT prin intermediul unei interfețe grafice. Având ca punct de pornire aplicația SWAT-CUP, platforma gSWAT aduce îmbunătățiri tehnicilor de interacțiune oferite de aceasta (calibrarea și gestionarea simultană a mai multor proiecte, portabilitate Web, etc.). Ca tehnici de interacțiune suplimentare se pot menționa: vizualizarea animată a datelor de ieșire, vizualizarea și prelucrarea fișierelor de dimensiuni mari (zeci de mii de linii), recunoașterea și soluționarea problemelor execuției Grid pe baza mesajelor de eroare, etc.

Aplicația SWAT-CUP funcționează numai în cazul mașinilor cu un singur procesor, ceea ce îi limitează aria de aplicabilitate. Pentru rezolvarea acestei probleme, calibrarea se pot realiza prin intermediul platformelor distribuite. Soluția adoptată este reprezentată de infrastructura Grid [5], care oferă servicii gratuite de stocare și prelucrare a datelor. Infrastructura Cloud reprezintă una dintre soluțiile alternative, relativ la această problemă. Din păcate serviciile furnizate sunt contra-cost. Pentru că aplicația de calibrare necesită un număr considerabil de ore de execuție, platforma gSWAT a fost implementată folosind infrastructura Grid.

ARHITECTURA SISTEMULUI

Această secțiune descrie arhitectura platformei gSWAT (Figura 1), precum și succesiunea de pași necesari pentru executarea unui proces de calibrare a modelului SWAT, folosind ca și platformă de execuție infrastructura Grid.

După cum se poate observa din schema arhitecturală, aplicația gSWATCalibration funcționează pe principiul arhitecturii client-server. Partea de client conține interfața grafică a aplicației, împreună cu tehnicile de interacțiune caracteristice aplicațiilor distribuite. Serviciile Web, baza

de date și fișierele de configurare sunt integrate în partea de server a arhitecturii. Comunicarea se face pe principul cerere-răspuns. În urma unei acțiuni utilizator se emite o cerere către serverul aplicației. Aceasta este apoi procesată local sau pe Grid, în funcție de acțiunea efectuată, după care rezultatul este afișat utilizatorului prin intermediul interfeței grafice.

Platforma gSWAT este integrată într-un portal Web, alături de alte aplicații care pot fi folosite pentru crearea, vizualizarea și manipularea scenariilor construite de utilizatori. Dezvoltarea acestora, precum și vizualizarea rezultatelor se face prin intermediul platformei Bashyt.

Nivelul intermediar dintre utilizator și infrastructura Grid este reprezentat de sistemele GANGA și DIANE (Distributed Analysis Environment). GANGA [6] este un utilitar pentru gestionarea proceselor care se execută pe Grid, dar și pentru obținerea informațiilor despre starea procesului de calibrare. Aceste informații sunt utile, pentru a-l ține pe utilizator la curent cu progresul execuției bazate pe infrastructura Grid.

DIANE [7] are o funcționalitate similară cu GANGA, dar la un nivel mai ridicat de abstractizare. Prin intermediul acestei aplicații, se poate alocă un număr variabil de noduri Grid (în funcție de complexitatea procesului) pe care să se realizeze execuția procesului de calibrare. Acesta este un real avantaj în ceea ce privește modul de gestionare a resurselor infrastructurii Grid.

Rezultatul obținut în urma procesului de calibrare, este disponibil utilizatorului prin intermediul interfeței grafice. Tehnicile de interacțiune precum și vizualizarea acestor rezultate vor fi prezentate în secțiunea următoare.

INTERFAȚA UTILIZATOR A PLATFORMEI GSWAT

Interfața utilizator este realizată folosind tehnologiile Web oferite de cei de la Adobe. Fiind implementată ca o aplicație Web, gSWATCalibration are ca suport aplicația Flash Player, care este acceptată de majoritatea sistemelor de navigare Web (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Chrome, etc.). În cele ce urmează se vor prezenta principalele tehnici de interacțiune și module grafice implementate în cadrul platformei gSWAT.

Structurarea modulară a aplicației

Una dintre cerințele fundamentale în ceea ce privește creșterea gradului de utilizabilitate a unei aplicații software, se referă la proiectarea unei structuri intuitive și ușor folosit de către orice tip de utilizator. Pe baza acestei

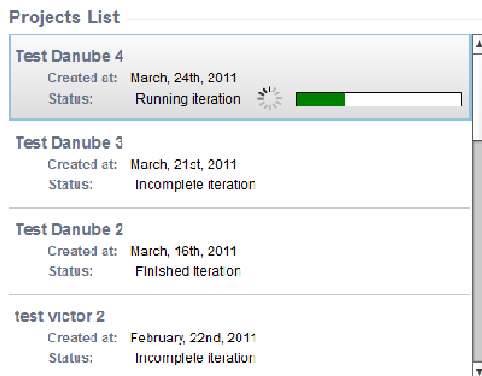


Figura 2. Lista de proiecte gSWATCalibration

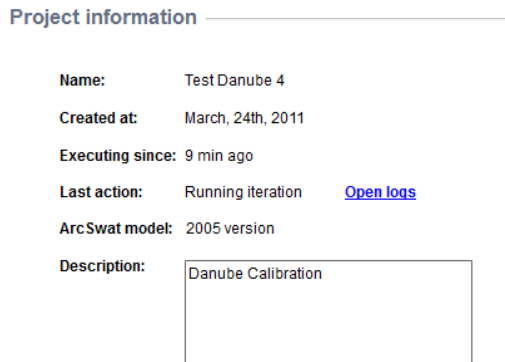


Figura 3. Informații detaliate despre proiect

afirmații, în cadrul aplicației gSWATCalibration se pot distinge următoarele module: meniul, lista de proiecte, modulul de căutare și filtrare a proiectelor și un modul de prezentare informații (detalii despre proiect, starea procesului de calibrare care se execută pe Grid, etc.).

Lista de proiecte

Este caracteristică fiecărui utilizator (Figura 2). Starea și timpul la care a fost creat fiecare proiect reprezintă singurele informații care sunt afișate utilizatorului, tocmai pentru a reduce afișarea redundantă a datelor. Printr-un simplu clic pe acel proiect se pot obține informații suplimentare despre acesta (Figura 3).

Starea procesului de calibrare este reprezentată la nivelul interfeței grafice prin intermediul unei bare de progres animate. Aceasta prezintă sub formă grafică raportul dintre numărul de sub-procese executate și numărul total de sub-procese aflate în execuție. Folosind această tehnică animată se poate obține și o estimare a timpului de execuție rămas, corespunzător procesului de calibrare.

Mecanismul de căutare și filtrare

Operația de căutare și filtrare se aplică pe lista de proiecte, descrisă în secțiunea anterioară. Prin aplicarea anumitor filtre, utilizatorul are posibilitatea de a menține în listă doar acele proiecte care au starea identică cu filtrele selectate (Figura 4). De asemenea utilizatorul poate să folosească setările definite într-o sesiune anterioară, prin selectarea opțiunii Remember filter settings. Trebuie menționat faptul că aplicarea filtrelor are un efect imediat asupra listei de proiecte. De asemenea în urma unei acțiuni de căutare, proiectele pot să fie în continuare filtrate, folosind mecanismul descris anterior.

Analiza rezultatelor obținute în urma execuției unei calibrări a modelului SWAT

Rezultatele obținute în urma procesului de calibrare a modelului SWAT pot fi reprezentate sub formă grafică (Figura 5). Fiecare punct de inflexiune de pe grafic conține informații despre parametrii care intervin în această reprezentare grafică.

Noțiunea de calibrare folosită în contextul modelelor hidrologice, reprezintă procesul de modificare manuală a valorilor parametrilor de intrare a modelului SWAT până

în momentul în care este atinsă o funcție obiectiv. Cu alte cuvinte este necesară o comparație între rezultatele calibrării și un rezultat ideal. Diferența este reprezentată pe grafic prin banda de culoare verde. De asemenea linia de culoare roșie reprezintă acel rezultat ideal. În funcție de valorile parametrilor de intrare, forma graficului este diferită. Procesul de calibrare se realizează prin repetarea aceluiași algoritm până în momentul în care rezultatul obținut este apropiat de rezultatul ideal.

Este foarte important acest mod de analiză, pentru a determina marja de eroare introdusă în procesul de calibrare prin modificarea inițială a valorilor acestor parametrii.

Folosind cursorul animat de sub grafic, utilizatorul are posibilitatea de a afișa doar acele rezultate din intervalul de timp care prezintă pentru el un real interes (de exemplu: se pot afișa numai informațiile pentru lunile 5-21).

EVALUAREA UTILIZABILITĂȚII

Evaluarea utilizabilității este realizată doar la nivel teoretic, urmând să fie pusă în practică în viitorul apropiat. Pentru evaluarea utilizabilității (

Tabelul 1) platformei gSWAT s-au folosit euristicile lui Nilsen [8].

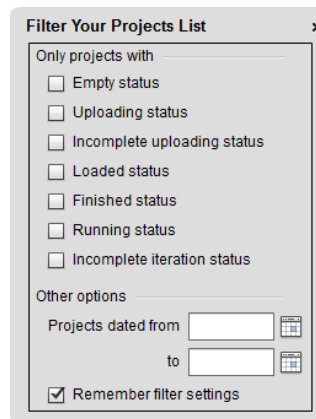


Figura 4. Modulul pentru filtrarea proiectelor

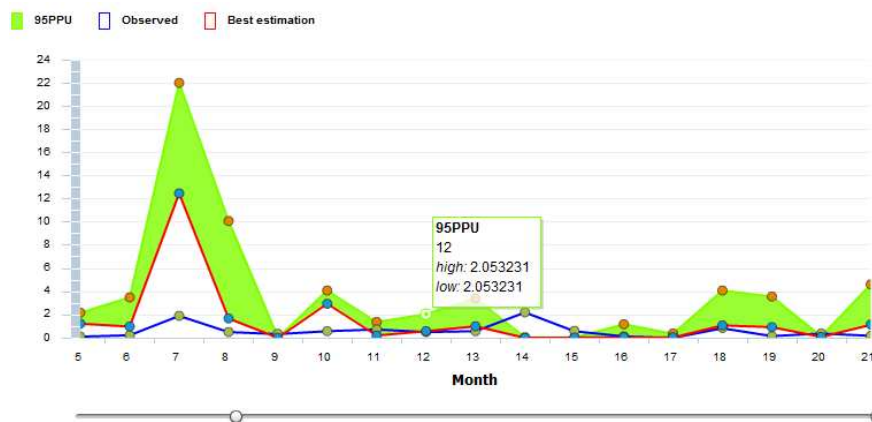


Figura 5. Analizarea rezultatelor obținute în urma unui proces de calibrare a modelului SWAT

Tabelul 1. Evaluarea utilizabilității folosind euristicile lui Nielsen

Nr.crt	Euristică - definiție
1	Similaritatea dintre sistem și lumea reală
2	Proiectare minimalistă și estetică
3	Consistența și folosirea standardelor
4	Gradul de flexibilitate oferit de aplicație
5	Vizibilitatea stării sistemului
6	Recunoaștere, nu reamintire
7	Controlul utilizatorului și gradul de libertate
8	Prevenirea erorilor
9	Recunoașterea și soluționarea problemelor pe baza mesajelor de eroare
10	Ajutor și documentație

Se dorește aplicarea acestui test pe două grupuri de utilizatori: primul grup deține cunoștințe minime despre folosirea aplicațiilor Grid și despre modul de realizare a unui proces de calibrare a modelului SWAT. Al doilea grup deține cunoștințe minime despre modul de folosire a aplicațiilor Grid, dar sunt experți în domeniul hidrologiei. Fiecare grup va fi format dintr-un număr de 4-5 utilizatori, urmărindu-se identificarea problemelor întâlnite de aceștia.

CONCLUZII

Lucrarea de față descrie platforma gSWAT, punându-se mai mult accentul pe detaliile tehnice: comunicarea utilizator – infrastructură Grid, tehnici de interacțiune și interfața grafică. De asemenea a fost stabilit modul în care se va evalua aplicația gSWATCalibration din punct de vedere al utilizabilității, urmând să fie pusă în practică în viitorul apropiat. Rezultatele evaluării utilizabilității reprezintă un feedback important din partea utilizatorilor, în ceea ce privește flexibilitatea, robustețea și ușurința de folosire a platformei gSWAT.

MULȚUMIRI

Tema de cercetare face parte din proiectul enviroGRIDS, finanțat de Comisia Europeană prin Contractul 226740.

REFERINȚE

- Di Luzio M., Srinivasan R., Arnold J. G., A GIS coupled Hydrological Model System for the Watershed Assessment of Agricultural Nonpoint and Point Sources of Pollution, Trans. GIS , pp.113-136, (2004)
- Zhang X., Srinivasan R., Van Liew M., Multi-Site Calibration of the SWAT Model for Hydrological Modeling, Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol.51, pp.2039-2049, (2008)
- White L.K., Chaubey I., Sensitivity Analysis, Calibration, and Validations for a Multisite and Multivariable Model, JAWRA Journal of the American Water Resources Association, Vol.41, Issue 5, pp.1077-1089 (2007)
- Abbaspour, K.C., SWAT-CUP2: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual, Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modeling, Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland, (2008)
- Bacu V., Stefanut T., Rodila D., Gorgan D., Process Description Graph Composition by gProcess Platform. HiPerGRID - 3rd International Workshop on High Performance Grid Middleware, 28 May, Bucharest. Proceedings of CSCS-17 Conference, Vol.2., ISSN 2066-4451, pp.423-430, (2009)
- Maier A., Ganga – A Job Management and Optimizing Tool, International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics, Journal of Physics: Conference Series, Vol.119, IOP Publishing, pp.2-9 (2008)
- Moscicki J.T., DIANE – Distributed Analysis Environment for GRID-enabled Simulation and Analysis of Physics Data, Nuclear Science Symposium, Vol.3, pp.1617-1620 (2004)
- Euristicile lui Nielsen, http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html