

# MANeUveR: Management Agency for Cloud Resources

Raport Științific Final (Septembrie 2017 – Decembrie 2018)

**Versiunea online a raportării nu conține descrierea activităților viitoare.**

## 1 Obiectivele proiectului

Obiectivul principal al proiectului MANeUveR a fost designul și implementarea de metode inovative pentru managementul de resurse Cloud. Pentru îndeplinirea acestuia, în propunerea de proiect am atins următoarele obiective:

- (O1) *Cadru integrat (integrated framework)*: Implementarea unui prototip software de management de resurse în Cloud, denumit MANeUveR, care încorporează cele trei module descrise mai jos.
- (O2) *Modul de achiziție a furnizorului*. Proiectarea și implementarea unui modul care va actualiza periodic o bază de date cu infrastructură Cloud și oferte de servicii de la diferiți furnizori de Cloud. Modulul va primi de la site-ul furnizorului informații despre configurațiile disponibile pentru sistemele oferite (de exemplu, numărul procesoarelor, memoria disponibilă, spațiul pe disc, preț), precum și alte informații, cum ar fi sistemul de operare, numărul de adrese IP, rata de transfer etc.
- (O3) *Modul de descriere a aplicației*. Acest modul va oferi utilizatorului posibilitatea de a descrie aplicația care trebuie migrată pe Cloud, precum și caracteristicile infrastructurii Cloud care trebuie achiziționată.
- (O4) *Modul de recomandare*. Acest modul va recomanda o soluție (sub)optimă pentru implementarea aplicațiilor în Cloud în ceea ce privește (1) numărul de mașini virtuale (VMs) necesare implementării și (2) caracteristicile mașinilor virtuale care îndeplinesc constrângerile utilizatorului.
- (O5) *Validare și studii de caz*. Vom valida MANeUveR prin două cazuri de utilizare: un serviciu de e-mail de facturare securizată și un container Web securizat.

În *Etapa 1 (Arhitectura)* (septembrie – decembrie 2017) am defășurat următoarele activități care au fost detaliate în raportul precedent (decembrie 2017), și anume:

- *Activitatea 1.1*. Revizuirea literaturii științifice și definirea funcționalităților prototipului
- *Activitatea 1.2*. Definirea arhitecturii, a tehnologiilor și a designului
- *Activitatea 1.3*. Formalizarea problemei de management al resurselor
- *Activitatea 1.4*. Management

În *Etapa 2 (Implementare și validare)* (ianuarie – decembrie 2018) au fost prevăzute și realizate următoarele activități:

- *Activitatea 2.1*. Prototip (implementare)
- *Activitatea 2.2*. Prototip (validare) în 2 studii de caz
- *Activitatea 2.3*. Management și diseminare

Menționăm că simultan Activitățile 1.1 – 1.3 au fost completate și îmbunătățite.

## 2 Activități de cercetare și dezvoltare. Rezultate obținute

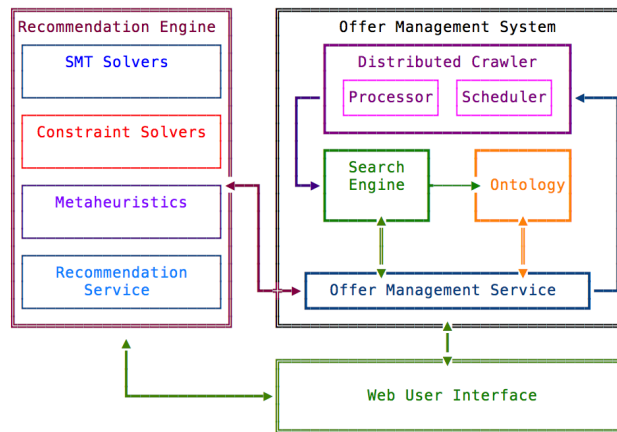
### 2.1 Prototip: implementare și validare

Această secțiune acoperă Activitățile 2.1 și 2.2. Mai precis:

1. am rafinat arhitectura prototipului prezentată în raportul precedent;
2. am realizat implementarea celor trei module ale sistemului MANeUveR;
3. am validat prototipul în patru cazuri de utilizare.

Arhitectura finală a proiectului (Figura 1) a fost prezentată în cadrul conferinței *International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC), September 20-23, 2018, Timișoara, România* ca și short paper în cadrul track-ului *Distributed Computing* [1]. Varianta extinsă a lucrării a fost trimisă pentru publicare în post-proceedings (IEEE proceedings) în cadrul aceleiași conferințe și a fost acceptată.

Figura 1: Arhitectura sistemului MANeUveR



Rezumatul lucrării [1] este prezentat în Apendicele A.

Prezentarea metodelor de optimizare folosite în cadrul Modulului de Recomandare (Recommendation Engine) au fost prezentate în cadrul conferințelor [3] și [2]. Lucrarea [3] s-a bazat pe designul și implementarea metaheuristicii folosite de modul, în timp ce lucrarea [2] s-a bazat pe optimizări ale așa numitelor unelte *optimization modulo theory* ce includ diferite moduri de codare ale variabilelor problemei precum și utilizarea constrângerilor de tip symmetry breaking. În cadrul acestor lucrări s-au descris scenarii de utilizare ale aplicațiilor de securitate (Secure Web Container), big data (Oryx 2) și web (Wordpress). Un alt scenariu de utilizare, tot al unei aplicații de securitate (Secure Billing Email Service) a fost prezentat în lucrarea [1].

Rezumatele lucrărilor [3] și [2] sunt prezentate în Apendicele A.

### 2.2 Management și diseminare

Această secțiune acoperă Activitatea 2.3 și a presupus:

1. *managementul resursei umane* (coordonare tehnică: întâlniri între membri echipei) și financiar;
2. *metode de colaborare internă*: website proiect, calendar, stocare online (Google Drive, Overleaf, github), recenzie internă a raportului (management al calității);
3. diseminare.

1) Echipa de implementare a fost formată, până în mai 2018 (inclusiv) din: Lect. Dr. Mădălina Erașcu (directorul proiectului), Prof. Dr. Daniela Zaharie, Lect. Dr. Flavia Micota, Lect. Dr. Gabriel Iuhasz, Drd. Adriana Diniș, studentii Iulia Paniti și Răzvan Popovici (coordonati de directorul de proiect) când Adriana Diniș a părăsit proiectul pentru a lucra în industria IT.

În luna iulie 2018 studenții Iulia Paniti și Răzvan Popovici au susținut lucrările de licență *High-Quality User Experience for Cloud Applications: User Interface and Recommendation Engine based on Metaheuristics*, respectiv *Recommendation Module for Cloud Applications Implementation using SMT Solvers*. În cadrul primei teze, metaheuristica implementată s-a bazat pe algoritmul numit *simulated annealing*. În cadrul celei de a doua teze, s-a testat unele de optimizare vZ de tip optimization modulo theory (OMT) pentru minimizarea numărului de mașini virtuale necesare pentru implementarea (deployment) unei aplicații.

Din luna octombrie s-a alăturat proiectului studentul Răzvan Meteș care, în cadrul lucrării sale de licență, sub coordonarea directorului de proiect, va aplica unele de optimization modulo theory pentru probleme de optimizare cu priorități în constrângeri. Acest scenariu apare în cazul în care utilizatorii nu specifică exact cerințele hardware/software ale aplicației ci doar le prioritizează.

În ceea ce privește *managementul financiar*, acesta este prezentat în documentele aferente raportării financiare.

2) Site-ul web al proiectului este disponibil la: <https://merascu.github.io/links/MANeUveR.html>; descrie prezentarea generală a proiectului, obiectivele, rezultatele, diseminarea, precum și alte informații referitoare la proiect. Acesta este actualizat în permanență. Codul sursă aferent modulelor dezvoltate în proiect este disponibil la <https://github.com/Maneuver-PED>. Tool-ul poate fi accesat și testat la adresa [http://hal720m.sage.iate.ro:8080/MANeUveR\\_UI/index.html](http://hal720m.sage.iate.ro:8080/MANeUveR_UI/index.html).

3) Diseminarea s-a făcut preponderent către mediul academic (itemii 1–3 de mai jos).

- Mădălina Erașcu a desfășurat o vizită de cercetare (25-31.03.2018) la invitația Prof. Dr. Erika Abraham la universitatea RWTH Aachen, în cadrul grupului Software Modeling and Verification prezentând problema de management al resurselor ce este implementată în modulul de recomandare. Totodată, în cadrul acestei vizite, desfășurate în cadrul proiectului european SC-square (<http://www.sc-square.org>), unde directorul de proiect al MANeUveR a fost membru asociat, s-au pus bazele unei colaborări cu Prof. Dr. Erika Abraham pentru domeniul satisfiability modulo theory (SMT) atât pentru cercetare cât și pentru predare. De exemplu, în cadrul predării, directorul de proiect a adaptat în cadrul cursului de Formal Methods in Software Development (anul II, engleză, ciclul de studii licență, Universitatea de Vest din Timișoara) materialul didactic folosit de Erika Abraham despre Satisfiability Modulo Theory la un curs similar susținut la RWTH Aachen.
- Daniela Zaharie a fost speaker invitat la scoala de vară ECODAM (Evolutionary Computing in Optimization and Data Mining) 2018 (<https://profs.info.uaic.ro/~summerschool/summerschool/public/>) prezentând, ca și motivație a utilizării metaheuristicilor unul dintre cazurile de utilizare abordate de proiectul nostru.
- Lucrările acceptate la cele trei conferințe au fost însoțite de prezentări: Mădălina Erașcu (lucrările [3] și [2]) și Gabriel Iuhasz (lucrarea [1]).
- În cadrul cursului Formal Methods in Software Development, susținut la anul 2 licență la secția Engleză a Departamentului de Informatică a Universității de Vest din Timișoara, directorul de proiect (1) introduce tematica mai largă a SMT (în cadrul cursului), (2) problema de optimizare din cadrul MANeUveR și cum poate fi abordată cu SMT (în cadrul laboratorului). Intenția este de a demonstra studenților un caz real de modelare a problemelor cu ajutorul logicii, precum și de a-i atrage către domenii noi, de cercetare.
- Diseminare către industrie se dorește a se realiza în cadrul evenimentului BringITon (<http://bringiton.info.uaic.ro>). La data scrierii raportului, propunerea noastră se află în evaluare, 5 decembrie fiind data primirii răspunsurilor din partea Comitetului de Program.

### 3 Consumul de resurse financiare

Resursele financiare ale proiectului au fost consumate după cum urmează:

- Salariile pentru membrii proiectului (excluzând studenții de licență implicați);
- Deplasări la conferințe și vizite de cercetare;
- Proiector și accesorii laptop;
- Audit.

Mai multe detalii sunt în raportul financiar.

### 4 Concluzii și activități viitoare

Considerăm că toate obiectivele și activitățile asumate în cele două etape ale proiectului de cercetare PN-III-P2-2.1-PED-2016-0550 au fost îndeplinite în totalitate. Rezultatele obținute s-au concretizat prin 2 lucrări științifice publicate în Proceedings-urile unor conferințe internaționale (Proceedings ISI) și o lucrare în Proceedings-urile unui workshop afiliat cu o conferință de categoria A.

Activitățile de cercetare începute în proiect vor fi continuate și după terminarea finală a proiectului.

## A Rezumatele lucrărilor acceptate spre publicare

**Lucrarea SYNASC 2018** Titlu: *O arhitectură pentru o agenție de management pentru resursele cloud*, autori: Mădălina Erașcu, Gabriel Iuhasz și Flavia Micota.

*Rezumat:* Cloud computing oferă opțiuni atractive pentru migrarea aplicațiilor corporative, fără ca utilizatorii să gestioneze resursele fizice. În timp ce această oportunitate este atrăgătoare, apar mai multe probleme:

- Ce furnizori de cloud oferă cea mai bună infrastructură la un buget echitabil?
- Nu sunt expert Cloud; care sunt caracteristicile infrastructurii care se potrivesc cel mai bine cererii mele?

Pentru a răspunde la aceste întrebări, trebuie rezolvată o problemă de gestionare a resurselor, adică alocarea resurselor de calcul, stocare, rețea și (indirect) de cost aplicației, astfel încât obiectivele de performanță ale acesteia să fie îndeplinite. Există multe abordări care răspund separat acestor întrebări, însă nu există o soluție completă și ușor de utilizat pentru aceste probleme. Sistemul MANeUveR le rezolvă prin integrarea următoarelor componente:

1. *Interfața web cu utilizatorii* oferă utilizatorului posibilitatea de a descrie aplicația sa în ceea ce privește interacțiunile dintre componente și cerințele lor software și hardware;
2. *Sistemul de management al ofertelor*, care prin intermediul unui crawler, actualizează periodic o ontologie cu detalii de infrastructură și servicii de la diferiți furnizori de Cloud;
3. *Modulul de recomandare* oferă o soluție (sub)optimală pentru implementarea aplicațiilor în infrastructura furnizorului de Cloud în ceea ce privește prețul de arendare (leasing) al mașinilor virtuale necesare implementării aplicației (deployment) și caracteristicile acestora.

Folosind un serviciu de e-mail de facturare securizată, am demonstrat eficacitatea soluției noastre.

**Lucrarea ICCP 2018** Titlu: *Metode de satisfacere a constrângerilor în selectarea resurselor Cloud pentru aplicațiile bazate pe componente*, autori: Flavia Micota, Mădălina Erașcu și Daniela Zaharie.

*Rezumat:* Furnizarea resurselor în cloud pentru aplicațiile constând în interacțiuni între componente necesită rezolvarea unei probleme de optimizare cu constrângeri. În această lucrare se propun două metode exacte (constraint programming și satisfiability modulo theory) și o nouă metaeuristică bazată pe populații și se investighează potențialul lor de a găsi și alocă componentele aplicației pe mașini virtuale cu costuri reduse, astfel încât toate constrângerile să fie îndeplinite. Rezultatele obținute pentru trei studii de caz arată că metodele exacte sunt potrivite atâta timp cât lista ofertelor furnizorului de Cloud este destul de mică (câteva zeci). Pe de altă parte, metaeuristica oferă soluții acceptabile, dar nu neapărat optime, chiar și în cazul sutelor de oferte.

**Lucrarea IWIL 2018** Titlu: *Influența variabilelor de codificare și symmetry breaking asupra performanței uneltelor Optimization Modulo Theory aplicate selecției resurselor în Cloud*, autori: Mădălina Erașcu, Flavia Micota și Daniela Zaharie.

*Rezumat:* Problema furnizării de resurse Cloud pentru aplicațiile bazate pe componente este foarte importantă. Aceasta constă în alocarea de mașini virtuale de la diferiți furnizori de Cloud unei aplicații, astfel încât constrângerile induse de interacțiunile dintre componentele acestora și de cerințele hardware/software ale componentelor sunt îndeplinite și obiectivele de performanță sunt optimizate (de exemplu, costurile sunt reduse la minimum). Aceasta poate fi formulată ca o problemă de optimizare cu constrângeri și abordată prin unelte de tip Optimization Modulo Theory (OMT). Performanța uneltelor OMT depinde în mare măsură de modul în care problema este formalizată, determinând dimensiunea spațiului de căutare. În cazul în care numărul de oferte de mașini virtuale este mare, o codificare naivă care nu exploatează simetria problemei de bază conduce la un spațiu imens de căutare, ceea ce face ca problema optimizării să nu poată fi rezolvată. Am depășit această problemă prin reducerea spațiului de căutare utilizând:

- o *euristică* care exploatează particularitățile aplicației prin detectarea de clici în graficul de conflict al componentelor aplicației care fixează toate componentele clicului cu cel mai mare număr de instanțe de componente, și
- o *metodă lex-leader* pentru symmetry breaking a variabilelor în cazul în care soluția canonică îndeplinește o ordine bazată fie pe numărul de componente implementate (deployed) pe mașina virtuală, fie pe prețul mașinilor virtuale.

Ca urmare, timpul de rezolvare a problemei de optimizare se îmbunătățește considerabil, iar problema optimizării scade până la sute de oferte de mașini virtuale. De asemenea, am observat că prin combinarea euristicii cu metoda lex-leader am obținut rezultate computaționale mai bune decât prin utilizarea separată, sugerând faptul că constrângerile de tip symmetry breaking au avantajul de a interacționa bine cu euristica de căutare folosită.

## References

- [1] M. Erașcu, G. Iuhasz, and F. Micota. An Architecture for a Management Agency for Cloud Resources. In *Proceedings of International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC)*, 2018.
- [2] M. Erascu, F. Micota, and D. Zaharie. Influence of variables encoding and symmetry breaking on the performance of optimization modulo theories tools applied to cloud resource selection. In G. Barthe, K. Korovin, S. Schulz, M. Suda, G. Sutcliffe, and M. Veanes, editors, *LPAR-22 Workshop and Short Paper Proceedings*, volume 9 of *Kalpa Publications in Computing*, pages 1–14. EasyChair, 2018.
- [3] F. Micota, M. Erascu, and D. Zaharie. Constraint Satisfaction Approaches in Cloud Resource Selection for Component Based Applications. In *14th IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2018, Cluj-Napoca, Romania, September 6-8, 2018*, pages 443–450, 2018.