

UDC: 007.5

INFO M: str. 53-58

ИНТЕГРАЦИЈА ОПЕРАЦИОНИХ ИСТРАЖИВАЊА И САЈБЕР ИНФРАСТРУКТУРЕ INTEGRATION OF OPERATIONS RESEARCH AND CYBER INFRASTRUCTURE

Мохамед Абу Габен, Слободан Крчевинац, Мирко Вујошевић

REZIME: У овом раду се разматрају могућности примене метода операционих истраживања засноване на коришћењу савремених софтверских алата и ресурса Интернета. Захваљујући значајним достигнућима у концептуализацији модела, развоју ефикасних алгоритама за њихово решавање и имплементацији погодних софтверских алата, практичне примене метода операционих истраживања постају све приступачније и важније у процесима доношења одлука. Због тога она представљају битан елемент сајбер инфраструктуре која је неопходна за успешан развој и одржавање инфоремационог друштва. У раду се посебно описују предности моделујућих језика који омогућавају природни развој модела операционих истраживања јер блиско следе математичку нотацију и обезбеђују директно извршавање развијеног модела на рачунару.

KLJUČNE REČI: Информациони системи, Операциона истраживања, Оптимизација, Интернет, Инфраструктура

ABSTRACT: Synergy of management information systems (MIS) and operations research (OR) or management science is considered in the paper. Modern web based MIS are designed and implemented with the aim of providing data necessary for decision analysis. For rational analyses and finding optimal solutions, techniques and tools of modern OR are used. That is why OR is becoming an important part of cyber infrastructure. The accent in the paper is given to modeling systems, modeling languages, solvers, and interface

KEY WORDS: Operation Research, Management Information System, Modeling Systems, Optimization, Infrastructure

1. УВОД

Последњих година се у литератури на енглеском језику, све више среће нови термин – *“cyber infrastructure”*, једна од великог броја нових кованица које је тешко превести на српски. Новостворена реч „сајбер” је већ ушла и у наш свакодневни говор и користи се да значи феномене или појаве у вези са високим технологијама у информационом друштву као што су сајбер криминал, сајбер простор и слично.

Термин инфраструктура се традиционално односи на путну, железничку, електричну, телефонску мрежу и остале системе који омогућавају функционисање и развој индустријског друштва. Познато је да је развој и одржавање доброг квалитета инфраструктуре један од најсложенијих и финансијски најзахтевнијих задатака које свако развијено друштво има. Нови термин „сајбер инфраструктура“ за који ћемо у даљем тексту користити скраћеницу СИ, односи се на рачунаре и осталу информациону-комуникациону технологију која се може објединити и под називом Интернет. Међутим, треба имати у виду да реч сајбер вуче своје порекло од грчке речи *киберно* што значи крманити, односно управљати (бродом). Зато битермин сајбер инфраструктура могао да се преведе и као инфраструктура потребна за управљање, односно доношење одлука, што је у контексту овог рада од посебног значаја, док је чињеница да је инфраструктура реализована савременом телекомуникационом и информационом технологијом, у другом плану.

Оно што је инфраструктура значила и значи за индустријску привреду, то СИ представља за привреду засновану на знању. Да би информационо друштво могло да има стопу раста која је слична стопи раста индустријског друштва, СИ треба да омогући ефективну реализацију следећих циљева, [NSF, 2003]:

– **Колекција података.** Потенцијал обраде великих, комплексних и дистрибуираних скупова података је основни задатак који мора да реши информационо друштво. Модерна СИ омогућава колекцију практично неограничених количина података. Због могућности загушења ресурса ирелевантним подацима, потребно је обезбедити одговарајуће механизме у развоју нових модела база података и преносних путева, као и размотрити питања приватности, сигурности и ауторизације у новим условима СИ.

– **Изградња и дистрибуција алата операционих истраживања.** Са решеним проблемом колекције огромног броја података потребно је развити одговарајуће софтверске алате који имплементирају методе којима се ови подаци користе за доношење управљачких одлука, тј. методе операционих истраживања. Развој ових алата је пресудан за ефикасну екстракцију информација, односно значења из великих колекција података. То се, пре свега, односи на алате који омогућавају моделирање и решавање врло великих задатака оптимизације и симулационих анализа комплексних појава као што су, на пример, проблеми управљања ланцима снабдевања и проблеми логистике уопште. Најтежи проблеми, који се с тим у вези појављују, настају услед особина нелинеарности, комбинаторне сложености, неизвесности – стохастичности и високе димензионалности. Све то захтева и нове приступе у рачунарској подршци, пре свега на већем коришћењу паралелизама у рачунању, као што су грид архитектуре и израчунавања брзинама „петаскале“ (10^{15} операција у секунди), [NSF, 2007].

– **Изградња алата за сложене упите.** Решавање проблема с којима се сусреће модерни менаџер, захтева интеграцију и анализу великих масива података из великог броја

различитих база података. Подаци су разnorodне природе (нумерички, текстуални, аудио, видео) и различитих формата што значајно отежава њихову размену и лаку доступност. Не треба наглашавати, да је неопходност алата који омогућавају лаки приступ разnorodним подацима, од пресудног значаја за развој и успех СИ.

2. ИНФРАСТРУКТУРНИ КАРАКТЕР ОПЕРАЦИОНИХ ИСТРАЖИВАЊА

Операциона истраживања имају све карактеристике инфраструктуре јер представљају колекцију метода, алгоритама и софтверских алата које постају неходне у процесима управљања, односно доношења добрих одлука. У основи, алати операционих истраживања служе да премосте јаз између података, информација, знања и доношења одлука. Због тога, операциона истраживања имају велики утицај у свим делатностима које карактеришу савремена развијена друштва. За остваривање потенцијала које имају операциона истраживања потребна је СИ, и обрнуто, савремена СИ обавезно мора да укључи резултате операционих истраживања. На пример, у ланцима снабдевања, СИ омогућава прикупљање података о добављачима и купцима, док операциона истраживања организују податке и припремају одлуке за управљање. Или, у финансијским проблемима СИ пружа доступност подацима са финансијских тржишта, а операциона истраживања помоћу одговарајућих стохастичких модела припремају финансијске прогнозе и одлуке. Укратко, операциона истраживања и СИ се складно допуњују и чине ефективну синергију која модерним менаџерима олакшава доношење бољих одлука у турбулентним дешавањима у економији и политици.

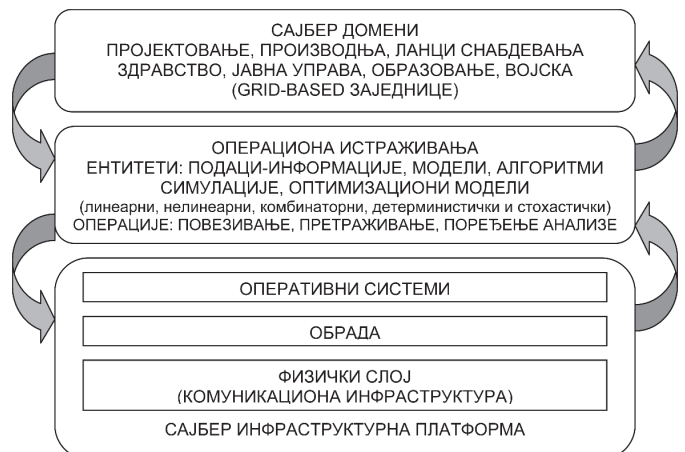
Складни развој операционих истраживања и СИ захтева, пре свега:

- развој и имплементацију алгоритама решавања управљачких као што су на пример, логистички проблеми који се често појављују у ланцима снабдевања; одговарајући софтверски алати постају расположиви на специјализованим веб серверима;

- формирање библиотека модела и анализа базираних на студијама случаја, који демонстрирају релативно нове приступе операционих истраживања, на пример, стохастичка оптимизација и оптимизација у симулацијама, у решавању важних проблема у привреди и друштву,
- развој методологија и СИ алата за подршку доношења одлука у реалном времену.

Почетни резултати у овом правцу се већ могу видети на познатом NEOS серверу, [NEOS, 2007]. Ипак, пуни успех интеграције операционих истраживања и СИ захтева знатно веће ангажовање и интеракцију мултидисциплинарних истраживачких тимова који у свој састав, поред операционих истраживача и специјалиста информационе технологије, треба да укључе економисте, инжењере разних струка, кадровске менаџере, медицинске и друге стручњаке, зависно од конкретног проблема. Разлог захтеву за овако широко конципираним тимом је разnorodност примене операционих истраживања и СИ у привреди и друштву.

На слици 1. је илустрована структура интеграције операционих истраживања и СИ као и области или тзв. сајбер домени у којима ова интеграција налази велике примене. У Табели 1. су приказане функције и примери примене у разним системским нивоима интеграције операционих истраживања и СИ.



Слика 1. – Интеграција операционих истраживања и СИ

Системски ниво	Функционалност	Пример примене
Интерфејс ка кориснику	Интеракција са директним корисником	Могућност приступа различитим рачунарским платформама и мрежама
Примене	Алати за пројектовање, производњу, управљање, итд.	CADD, симулације, управљање ланцима снабдевања, ЕРП и АПС, оптимизације, колаборација
Ресурси	Алгоритми и аналитички алати расположиви апликацијама. Платформе за развој заједничких алата.	Алати за анализу података, статистичку анализу, дата мининг, претраживање, моделујући језици
Архитектура система	Оперативни софтвер, стандарди, сигурност и комуникациони протоколи	Оквир за интеракцију, комуникацију и дељење ресурса: подаци, информације, модели, знање

Табела 1. – Функције и примери примене интеграције ОИ и СИ

3. МОДЕЛУЈУЋИ СИСТЕМИ, ЈЕЗИЦИ И СОЛВЕРИ

Моделирање обухвата концептуализацију проблема одлучивања и његову апстракцију у квантитативном или квалитативном облику. У случају математичких модела, то подразумева идентификацију зависних и независних променљивих модела и једначина, односно неједначина, које описују њихове везе.

Савремени моделујући системи су имплементирани као софтверска подршка анализи и доношењу одлука која обухвата: моделујуће језике, солвере и интерфејс према подацима, кориснику и другим елементима у СИ. Моделујући системи омогућавају ефикасну концептуализацију широке класе проблема одлучивања са каквим се сусрећу данашњи менаџери. Њиховим коришћењем менаџери су у стању да брзо и лако дођу до решења својих проблема.

Моделујући систем се може дефинисати као рачунарски систем са следећим могућностима:

- могућност описа проблема одлучивања у формалном језику, путем моделујућих језика сличних модерним програмским језицима,
- могућност аутоматског превођења формално описаног проблема у облик какав захтевају данашњи стандарди солвера,
- могућност позивања и активирања рада солвера, и
- могућност превођења резултата из облика добијеног из солвера у облик извештаја погодних за коришћење од стране менаџера.

Солвери, у општем случају, не морају бити део моделујућег система већ моду да се користе као услужни системи СИ са којима комуницира конкретни моделујући систем. У општем случају, моделујући систем комуницира у два смера, са менаџером и са солвером, и зато мора да поседује добро развијен интерфејс у оба правца.

Моделујући језици

Идеално, моделујући систем треба да имамоћан моделујући језик, који омогућава успешно моделирање различитих класа проблема, и да може да користи солвере опште намене који покривају широку класу проблема одлучивања. Ипак, не може се очекивати да практичне реализације моделујућих система, пре свега њихових моделујућих језика, имају особине идеалних система. Због тога, данас имамо два стандардна приступа изградњи моделујућих система:

- моделујући језици развијени, специфично, за ужу област примене али са великим бројем програмских наредби које омогућавају лако моделирање проблема одлучивања, карактеристичних за ту, ужу област примене, и
- моделујући језици намењени проблемима одлучивања у широкој области примена, али који своју генералност остварују присуством једино, примитивних језичких конструкција.

Алгебарски моделујући језици нису погодни у неким областима примене у којима је симулација, а не оптимизација, основна методологија приступа проблемима. Тако, на пример, моделирање технолошких процеса и њихова симулација захтева и другачију врсту концепата присутних

у моделујућем језику. Због тога је развијена и група моделујућих језика са богатим језичким могућностима за симулацију процеса као што су gPROMS и ASCEND, у области хемијског инжењерства, и EXTEND за производно инжењерство, [gPROMS, 2007], [ASCEND, 2007], [EXTEND, 2007].

Проширење парадигме моделујућих језика чини и објектно-оријентисан моделујући језик *Modelica*, пројектован за инжењерско моделирање сложених физичких система који садрже механичке, електричне, електронске, хидрауличке, термотехничке и сличне компоненте [Modelica, 2007].

Са становишта примене метода операционих истраживања посебно важно место има и група моделујућих језика у класи логичког програмирања са ограничењима (Constraint Logic Programming – CLP). Ова класа језика је намењена моделирању тешких комбинаторних проблема, где је неопходно да уз декларативни део дефиниције проблема постоји и део који садржи алгоритамска знања. Већина алгебарских моделујућих језика нема могућност представе алгоритамских знања, која су искључиво смештена у солверу.

У зависности од коришћеног солвера моделујући језик мора да обезбеди и додатни опис о извођењу алгоритама. Овај опис није део нити модела нити података и различити солверизахтевају различите информације. Ове информације су, нпр. стратегија избора и претраживања, дефинисање сценарија у случају стохастичких програма, иницијална решења проблема локалне оптимизације и слично. Комбинаторни проблеми често захтевају моделирање врло специјализованих ограничења (нпр. ограничење типа all diff - у скупу променљивих свака узима различиту вредност, или cardinality N - тачно N променљивих у датом скупу узима вредност True). Овакав тип ограничења не постоји у конструкцији алгебарских моделујућих језика већ се морају реформулисати увођењем специјалних мешовито –целобројних ограничења, што компликује структуру модела и чини решавање сложенијим. Најпознатији језици ове класе су OPL, LPL, AIMMS.

Софтвер за решавање проблема – солвери

Солвери су софтверски алати који се користе за решавање оптимизационих проблема дефинисаних одговарајућим математичким моделом. Они играју битну улогу у моделујућим системима у поступку решавања модела. С обзиром на различитост типова модела: линеарни, нелинеарни целобројни, мешовито-целобројни постоји и велики број различитих солвера који су базирани на различитим алгоритмима.

Пројекат COIN-OR (COmputational Infrastructure for Operations Research) је непрофитни конзорцијум истраживача из привреде и универзитета, који има за циљ да побољша стање коришћења солвера у решавању практичних проблема одлучивања. Тај циљ се остварује промоцијом развоја и коришћења софтвера отвореног

ФУНКЦИЈЕ	ПРОЦЕС ОДЛУЧИВАЊА	СОФТВЕРСКИ АЛАТИ	СТЕПЕН ИНТЕРАКЦИЈЕ
Решавање модела	Прорачунска решења	Солвер оптимизер	
Моделирање: нпр. оптимизација предвиђања	Моделирање процеса одлучивања	Модел Окружења	
Прикупљање података:	Аналитичке БП / Моделирање података	Систем база података	
	Интерфејс за анализу података, моделе одлучивања и решења	Интерфејс	

Слика 2. – Хијерархија софтверских алата у процесу одлучивања

кода за операциона истраживања. Између осталог, овај пројекат одржава и библиотеку софтверских алата који се могу користити и у изградњи оптимизационих програма, као и готових софтверских пакета. Тако, ова иницијатива обједињује следеће солвере:

- COIN-LP (COIN-OR LP Solver, open source)
- CPLEX (ILOG, комерцијални)
- dylp (BonsaiG LP Solver, open source)
- FortMP (OptiRisk Systems, комерцијални)
- GLPK (GNU LP Kit, open source)
- COIN-IPOPT (Interior Point Optimizer, open source)
- Mosek (Mosek ApS, комерцијални)
- OSL (IBM, комерцијални)
- SoPlex (Konrad-Zuse-Zentrum fuer Informationstechnik Berlin, бесплатан за академску употребу)
- Volume (COIN-OR, open source)
- XPRESS (Dash Optimization, комерцијални)

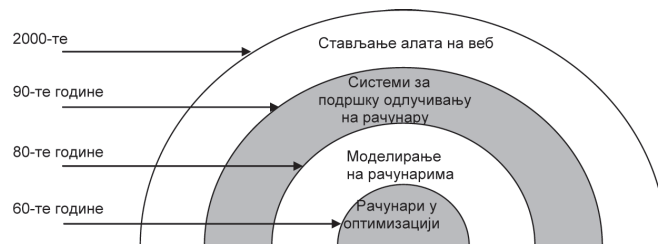
Поред наведених у пракси се користе још MINOS, MINTO, IpSolve и много других.

На слици 2. је приказана хијерархија алата укључених у примену метода операционих истраживања за подршку процесу доношења одлука. На најнижем нивоу доносилац одлука активно користи систем као подршку у избору најбољих одлука. На средњем нивоу операциони истраживачи и специјалисте за базе података су одговорни за развој и одржавање модела и инстанци података. На највишем нивоу експерти за решавање модела су одговорни за добијање решења инстанце модела. Степен интеракције корисника постепено расте од виших ка нижим нивоима хијерархије.

4. ОПТИМИЗАЦИЈА НА ИНТЕРНЕТУ

Развој софтверских алата за имплементацију метода операционих истраживања, који су сад расположиви у форми софтверских компоненти на Интернету, заједно са развојем дистрибуираних апликација, довели су до нових приступа у развоју система за подршку одлучивања [Geoffrion, 2001]. На слици 3. је приказана историјска перспектива развоја интеракције операционих истраживања и информационе технологије.

Данас су елементи већине моделујућих система расположиви или као објектне библиотеке базиране на COM (Common Object Model) и CORBA (Common Object Request Broker Architecture) или као динамичке или ста-

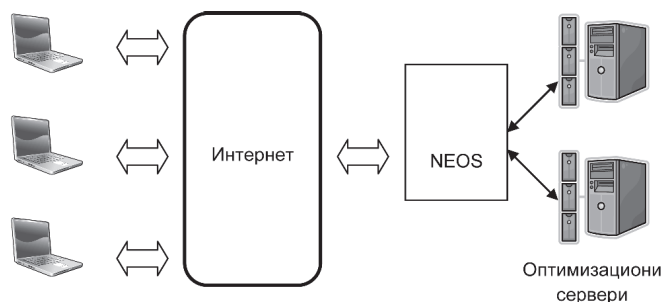


Слика 3. – Историјска перспектива интеракције ОИ и ИТ

тичке позивне библиотеке. Објектне библиотеке су веома флексибилан начин и корисници могу директно да приступају свим објектима и методама потребним за развој њихових апликација. Корисници могу да имају и програмски приступ интерним структурама коришћеним у моделујућем систему, као што су скупови, подаци, матрице модела и вектори решења. У суштини, корисници су у стању да интегришу све декларативне функције моделујућег система у своје програме писане, нпр. у C++, Visual Basic и слично, што значајно подиже њихов квалитет у системима за подршку одлучивању.

Најпознатији сервер за оптимизацију је NEOS, који даје могућности корисницима да своје проблеме подносе користећи веб формуларе, е-маил или TCP/IP базиране клијентске алате и да бирају између великог броја расположивих солвера, [NEOS, 2007]. NEOS солвери покривају линеарно, целобројно, нелинеарно, квадратно и стохастичко програмирање и подржавају више моделујућих језика (GAMS, AMPL,...). Општа архитектура NEOS оптимизационог сервера је приказана на слици 4. Оваква архитектура омогућава да NEOS може да задовољи већи број захтева дистрибуирајући их ка фарми сервера специјализованих за поједине солвере односно моделујуће системе.

Други пример Интернет оптимизационог сервера је AURORA систем финансијског управљања намењен решавању проблема финансијског планирања коришћењем оптимизационих метода, посебно стохастичког програмирања, [Pflug et al, 2000]. Његова сврха је да обезбеди одлучивање у области финансија базирајући се на оптимизационе моделе за планирање портфеља хартија од вредности, управљање капиталом и друге проблеме. Оптимизација се заснива на алгоритмима декомпозиције динамичких стохастичких оптимизационих проблема великих димензија. Систем је базиран на дистрибуираној архитектури сервера типа Грид, с веб сервисима као главним елементима система за подршку одлучивања, [Foster et al, 2001].



Слика 3. – Архитектура NEOS оптимизационог сервера

У разматрању питања оптимизације на Интернету важно је познавати феномен ASP (Application Service Provider) који се односи на организације које пружају услуге користећи Интернет инфраструктуру, тј. управљају и испоручују апликације већем броју корисника. Ово значи да корисничка фирма може да изнајми приступ апликацији преко Интернета уз разне модалитете плаћања за ту услугу. У овом процесу се, у суштини, софтвер испоручује као услуга, најчешће уз помоћ браузерa (Internet Explorer, Firefox и слично) или клијентског програма.

Услуге оптимизације и осталих метода операционих истраживања такође се могу ефикасно испоручивати путем веб сервиса који се налазе на Интернет серверима и излажу корисницима преко интерфејса којим они могу да приступе скупу функција и метода тог веб сервиса. Опис сервиса је формално и експлицитно дат тако да софтверски системи корисника могу са њим директно да комуницирају. Када корисник открије сервис који је расположив на Интернету и разуме његов опис и интерфејс, он му може приступити, користећи XML базиране поруке које се прослеђују путем HTTP протокола и на исти начин добити резултат. Следећи језици и протоколи представљају основну технолошку базу веб сервиса:

- XML (eXtensible Markup Language) се користи као формат размене података преко Интернета,
- SOAP (Simple Object Access Protocol) је протокол базиран на XML-у и користи се за позив метода које обезбеђује Веб сервис,
- WSDL (Web Service Definition Language) је такође XML базиран језик, који се користи за јавну објаву интерфејса Веб сервиса, и
- UDDI (Universal Description, Discovery and Intergration) обезбеђује глобални регистар за оглашавање, проналажење и интеграцију веб сервиса.

У пројектовању дистрибуираног оптимизационог система базираног на веб сервисима, морају се размотрити формати комуникације међу компонентама система и комуникације корисника са компонентама. Корисник може да жели да приступи, рецимо, само моделујућем језику, или само солверу или и једном и другом. Да би у ту сврху следеће четири компоненте могле комуницирати у дистрибуираном систему:

- модел у моделујућем језику,
- аналитички подаци које модел захтева,
- инстанца модела (кофицијенти матрице), и
- резултати оптимизације (информације за одлучивање),

потребно је креирати њихову XML форму. Нарочити велики број истраживања у том правцу је било за представљање инстанце модела у XML формату, [OptML, 2000], [SNOML, 2001], с циљем да се MPS формат за инстанце модела линеарног програмирања и SMPS формат за инстанце стохастичког програмирања замене XML стандардом. Разматрају се могућности да се сам модел, пре инстанцијације представи у XML форми, тачније у језику MathML, [Carlisle et al, 2001].

Дакле, да би се побољшала компатибилност модела у моделујућем језику и солвера, потребно је усвојити стандардну репрезентацију инстанце модела. Важно је уочити разлику између модела и његове инстанце. Модел је апстрактна алгебарска представа модела, а његова инстанца је експлицитни опис функције циља и ограничења. На пример, инстанца модела линеарног програмирања се може представити као листа ненултих коефицијената вектора функције циља и ограничења и матрице ограничења.

Један од важних проблема у развоју нових алгоритама решавања модела операционих истраживања је формирање библиотеке тест примера која ће омогућити релевантно поређење различитих алгоритама. Тест проблеми се обично презентирају у облику текстуалних фајлова без икаквих семантичких информација о томе шта сваки број представља, што може да доведе до различитих проблема. Улазни програми често погрешно разумеју поједине елементе улаза што узрокује погрешан резултат. Други проблем је да се тест примери налазе расејани на Интернету и тешко их је пронаћи. Због тога је покренут пројекат libOR где се тест примери чувају у XML формату и то тако да се њихова валидност проверава користећи XSD (XML Schema Definition) који се конструише за сваки тип проблема, [VEN et al, 2005]. Предност коришћења XML-а за форматирање тест примера је да тест примери садрже семантичке информације, тако да је те примере лако читати и лакше отклањати грешке.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом прегледном раду је описана синергија операционих истраживања и савремених управљачких информационих система који се ослањају на информациону инфраструктуру Интернета. Модели и методе операционих истраживања су све више присутне на Интернету и да би СИ у потпуности добила захтеване функције система за подршку одлучивању. С друге стране, примена операционих истраживања за решавање реалних проблема у организационим системима који су географски распоређени и ослањају своје пословање на интензивном коришћењу Интернета, не би била могућа без СИ.

Оптимизација већ данас није само технолошка предност фирми које је користе него и значајан фактор опстанка на тржишту. Та чињеница је подстицала развој оптимизационог софтвера који је своју ефикасност у последњих десет година повећао за око 15 милиона пута. Томе је значајан допринос дао развој технологије, пар хиљада пута, али неколико пута већи је допринос постигнут у области развоја теорије, односно математике и метода операционих истраживања. У будућности се очекује даљи напредак у оба правца да би се ефикасно решавали модели који ће обухватити веће системе, више одговарати реалним ситуацијама и неминовно бити сложенији од оних који се данас ефикасно решавају. Поред тога, наставиће се са развојем софтверског интерфејса ка кориснику тако да ће ефикасно коришћење модела и резултата бити доступно ширем броју менаџера и доносиоца одлука.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] [AIMMS, 2007], Paragon Decision Technology, The Netherlands. www.aimms.com
- [2] [ASCEND, 2007], <http://ascend.cheme.cmu.edu/>
- [3] [Brooke et al, 1992], *GAMS - A User's Guide (Release 2.25)*, Boyd & Fraser Publishing Company, Danvers, Massachusetts, 1992
- [4] [Carlisle et al, 2001], Mathematical markup language, version 2.0, 2001. <http://www.w3.org/TR/MathML2/>
- [5] [COIN-OR, 2007], <http://www.coin-or.org>
- [6] [Cplex, 2007], Mathematical Programming Optimizer, <http://www.cplex.com>
- [7] [EXTEND, 2007], <http://www.imaginethatinc.com/>
- [8] [Foster et al, 2001], "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable virtual Organizations", *International Journal of Supercomputer Applications*, 15, No.3, 2001
- [9] [Fourer, 1993], *AMPL, A Modeling Language for Mathematical Programming*, Danvers, MA: Boyd and Fraser Publishing, 1993
- [10] [Geffrion, 2001], "Prospects for Operations Research in the E-Business Era, *Interfaces* 31, No.2, 2001
- [11] [GLPK, 2007], GNU Linear Programming Kit, www.gnu.org/software/glpk
- [12] [gPROMS, 2007], <http://www.psenterprise.com/gproms/index.html>
- [13] [Hurlimann, 1999], "Mathematical Modeling and Optimization", *An Essay for the Design of Computer-Based Modeling Tools, Volume 31 of Applied Optimization*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999
- [14] [LPL, 2002], "A mathematical modeling language, an introduction", Department of Informatics, University of Fribourg, 2002
- [15] [MINTO, 2007], Mixed INTeGer Optimizer, <http://coral.ie.lehigh.edu/minto>
- [16] [Modelica, 2007], <http://www.modelica.org/>
- [17] [NEOS, 2007], <http://www-neos.mcs.anl.gov/neos>
- [18] [NSF, 2003], "Revolutionizing Science and Engineering Through Cyberinfrastructure", <http://www.cise.nsf.gov/>
- [19] [NSF, 2007], "Cyberinfrastructure Vision for 21st Century Discovery", National Science Foundation Cyberinfrastructure Council, March 2007
- [20] [Neumaier, 2003], "Mathematical model building" In J. Kallrath, editor, *Modeling Languages in Mathematical Optimization*, Kluwer, Dordrecht, 2003
- [21] [OPL, 2007], Optimization Programming Language, <http://www.ilog.com>
- [22] [OptML, 2000], Halldorsson et al, "A modeling interface to non-linear programming solvers an instance: xMPS, the extended MPS format," Technical report, Carnegie Mellon University and Maximal Software
- [23] [SNOML, 2001], Lopes et al, "An XML-based Format for Communicating Optimization Problems," <http://senna.iems.northwestern.edu/xml/presentations/LopesFourer>
- [24] [Ven et al, 2007], "Stimulating Collaborative Development in Operations Research with
- [25] libOR", *Proceedings of the First International Conference on Open Source Systems*,
- [26] Marco Scotto and Giancarlo Succi (Eds.), Genova, 200
- [27] [XPress-MP, 2007], Dash Optimization Ltd, England, www.dashoptimization.com



Мохамед Абу Габен, Отворени универзитет Ал Кудс, Газа, Палестина
Област интересовања: Информациони системи, операциона истраживања, системи за подршку одлучивању



Слободан Крчевић, Факултет организационих наука, Београд
Област интересовања: Операциона истраживања, Економетрија, Информациона истраживања



Мирко Вујошевић, Факултет организационих наука, Београд
Област интересовања: Операциона истраживања, Методе оптимизације, Управљање ланцима снабдевања



CIP - Katalogizacija u publikaciji Narodna biblioteka Srbije, Београд 659.25

INFO M: časopis za informacionu tehnologiju i multimedijalne sisteme = journal of information technology and multimedia systems / glavni i odgovorni urednik Dragana Bečejski Vujaklija. - štampano izd. -

God. 1, br. 1 (2002) - Stara Pazova: Savremena poslovna obrada - SAVPO, 2002 - (Stara Pazova: SAVPO). - 30 cm

Postoji i izdanje na CD ROMu: INFO M = ISSN 1451-4435. - Nastavak publikacije: Info Science = ISSN 1450-6254.

- Tromesečno ISSN 1451-4397 = INFO M (Štampano izd.) COBISS.SR-ID 105690636