

До НС на Института по
Математика и Информатика на БАН

Относно Заповед № 255/09.07.2012 г. на Директора на ИМИ - БАН

Р е ц е н з и я

от проф. Светослав Маринов Марков, дмн, асоц. чл. на ИМИ-БАН

на материалите представени за участие в конкурс за заемане на академична длъжност „професор“ в Институт по математика и информатика на БАН (ИМИ –БАН): Област на висшето образование: 4. Природни науки, математика и информатика; Професионално направление: 4.5. Математика; Научна специалност: 01.01.13. Математическо моделиране (интервални методи и софтуер за линейни параметрични задачи с неточни данни) обявен в ДВ бр. 42 от 05.06.2012 г.

Настоящата рецензия представям по конкурса като член на Научното жури, определено с Заповед 255/09.07.2012 г. на Директора на ИМИ – БАН съгласно Решение на НС на ИМИ -БАН (Протокол 8/29.06.2012 г., т. 3.4). Рецензията е изготвена според изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, и Правилниците за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на научни длъжности в БАН, и в ИМИ – БАН.

За участие в конкурса е подала документи като единствен кандидат: доцент д-р ЕВГЕНИЯ ДИМИТРОВА ПОПОВА от Секция „Биоматематика“, на ИМИ – БАН. По процедурата доц. Е. Попова е представила диск, съдържащ необходимите материали във вид на PDF файлове, съгласно изискванията на нормативни документи. Материалите са достъпни на сайта на ИМИ – БАН: http://www.math.bas.bg/IMIdocs/ZRASRB/positions_current.php

Приемам за рецензиране всички представени материали: 16 документа и 31 статии.

1.Общи данни за кандидата

През 1982 г. Евгения Попова е завършила висше образование във Факултета по математика и информатика на СУ „Св. Кл. Охридски“ като магистър по математика със специализация по Теория на вероятностите и математическа статистика. Евгения Попова постъпва на работа в БАН през 1983 г като последователно работи в Проблем-на група „Математическо Моделиране в Биологията“ към Единен Център по Биология на БАН (1983 –1989), в Институт по Биофизика, БАН (1990–1996), и от 1996 в ИМИ – БАН. През 2001 г. получава ОНС „доктор“ по информатика за дисертация на тема „Обобщена интервална аритметика – свойства и реализация“. През 2003 г. Е. Попова се хабилитира (ст.н.с. II степен – приравнено на „доцент“ от ЗРАСРБ) по специалност „Математическо моделиране и приложение на математиката“. Така към датата на конкурса доц. Е. Попова има 29 години трудов стаж в БАН, от които 9 като доцент.

Основните научни интереси на доц. Е. Попова са в следните области: многомерен статистически анализ, интервални методи за решаване на задачи с неточни данни, разработване на софтуер за интервални изчисления; приложение на интервалните методи и софтуер при математическо моделиране на инженерни и биологични задачи с неточни данни. Доц. Е. Попова има 93 публикувани научни статии, от които 21 в списания с импакт фактор, 45 рецензирани статии в международни списания или трудове на международни конференции и 24 в наши и чуждестранни национални издания. Забелязани са около 360 цитирания. Владее добре програмните пакети на Майкрософт, LaTeX, KAC *Mathematica*, MathLink, C, C++, FORTRAN, HTML. Умее да разработва уеб-достъпни математически изчисления и графики. Има над 60 участия в конференции, конгреси, симпозиуми, школи и работни срещи.

Доц. Е. Попова е съорганизатор на международните конференции SCAN'1990, ММНИ-1993, Биомат-1995, ММНИ-1999, Dagstuhl seminar 11731 през 2011, както и специални сесии в рамките на международната конференция Applications of Computer Algebra (2006, 2008, 2009, 2010, 2012). Била е ръководител, водещ изпълнител и участник в 14 международни и 16 национални научни проекта, между които договорни проекти финансирани от немската DFG (два), NATO, Швейцарската NSF (два), турската TUBITAK, ERASMUS и др. Е. Попова е член на IEEE Interval Standard Working Group P1788 от 2009 досега; както и на GAMM-Fachausschuss "Computer-unterstuetzte Beweise und symbolisches Rechnen". Вице-президент е на Българската секция на GAMM, 2009 – досега; член на СМБ и на SIAM. Секретар е на Българската секция на GAMM, 2001–2009; Секретар е на секция „Биоматематика” на ИМИ – БАН, 2001–2006.

2.Обща характеристика на представените по конкурса трудове

Доц. д-р Евгения Попова участва в конкурса с 31 научни статии. От тях две статии са участвали в конкурс за доцент (ст.н.с. II ст.), а останалите не са прилагани в друг конкурс. От представените 31 научни статии 16 са публикувани в списания (от които седем са самостоятелни), 12 от тези списания имат импакт-фактор. От 12-те публикации с импакт-фактор четири са самостоятелни. 13 публикации са в трудове на конференции (от които 10 международни), две са препринти. Общо 15 от представените за конкурса статии са самостоятелни, като от тях 11 са в списания (4 от които имат импакт-фактор), а четири – в трудове на конференции. Някои от представените статии са разширени версии на кратки варианти, такива са например двойките статии [32, 9], [17, 17a]. Общият импакт-фактор на Е. Попова е 5.818, индивидуалният е 4.382.

Актуалност на тематиката. Математическото моделиране на реални процеси и явления съдържа неточности от различно естество. Когато за стойността на дадена величина в модела са известни само граници (долна и горна) и няма достатъчно допълнителна информация (напр. за да се използва стохастичен подход), тогава могат да се използват интервални методи. Използването на интервални методи в световната наука и практика все повече нараства и поради необходимостта от сигурност (напр. при моделиране на строителни конструкции) или когато трябва да се вземат критични решения в условия на неопределеност. Интервалните методи са особено подходящи за биологични модели, които по правило се отличават от една страна с голяма чувствителност, а от друга с големи неточности във входните данни.

3.Научни и научно-приложни приноси в представените по конкурса трудове

Представените за участие в конкурса статии могат да бъдат условно разделени на следните три тематични групи: 3А) Методи за линейни параметрични задачи с интервални данни; 3Б) Интервален софтуер; 3В) Приложения в биология, строителна механика и електрически вериги. Ще се спра на тези три групи статии поотделно.

3А.Научни приноси по линейни параметрични задачи с неточни данни

Тази тематика се отнася до решения на системи линейни алгебрични уравнения, съдържащи интервален параметър, които е числов вектор. Става дума за системи от вида $A(p)x = b(p)$, където елементите на квадратната $n \times n$ матрица A и на вектора b в дясната част зависят (линейно или нелинейно) от векторен параметър $p = (p_1, \dots, p_m)$, за който е известен даден интервален вектор $p \in [p]$ (т. е. дадени са интервали за компонентите на вектора p). Такива системи се наричат „параметрични”. Един елементарен начин да се третира подобни параметрични системи е, като дадените интервали $[p_k]$ за компонентите на p се заместят формално в системата, получавайки по този начин една „класическа” интервална система $A(p)x = b(p)$ (или в използвания от Е. Попова запис $A([p])x = b([p])$). В използваната от кандидатката терминология системата $A([p])x = b([p])$, съответстваща на изходната параметрична линейна система $A(p)x = b(p)$, $p \in [p]$, се нарича

„непараметрична интервална система”. Под решение на параметричната система (задача) $A(p)x = b(p)$, $p \in [p]$, се разбира множеството Σ от всевъзможните решения на системата $A(p)x = b(p)$, когато числовият вектор p пробягва интервалния вектор $[p]$: $\Sigma = \{x \in R^n : \exists p \in [p], A(p)x = b(p)\}$. Така Σ е множество от n -мерното пространство, където n е размерността на системата. За да може да се смята интервално с множеството Σ , е необходимо да се вземе най-тесния съдържащ го интервал, наречен *интервална обвивка* $\square \Sigma = [\inf \Sigma, \sup \Sigma]$. Решенията на съответната „непараметрична” интервална задача образуват множество, което съдържа Σ , но може да е значително по-голямо от Σ . Поради това известните методи за решаване на класическите интервални линейни системи са неподходящи за параметричните и в последно време интензивно се търсят нови ефективни методи предназначени за конкретни класове параметрични линейни задачи. Подобни задачи се появяват в изчислителната практика и поради тяхната практическа важност са актуални. В представените от кандидатката научни статии са разгледани четири класа параметрични задачи, на които ще се спира поотделно. *Забележка.* Под „обхват” на функция (от англ. „functional range”) разбираме множество от стойности на функция. Под интервален обхват на едно множество разбираме най-тесната интервална обвивка на това множество.

ЗА1.Случай на линейни зависимости между параметрите. Към тази група могат да бъдат причислени статии [31], [29], [27], [23], [20], [16], [15], [13]. Ще започна с преглед на самостоятелните статии [31], [27], [23], [20] и [15], след което ще се спира на работи [29], [16] и [13], съвместни с Валтер Кремер от У-т Вупертал.

Самостоятелната статия [27] е една от основните първи работи на Е. Попова в областта на параметрични задачи с интервални данни. В нея доц. Попова въвежда понятието „силна регулярност” за матрици с елементи, зависещи линейно от интервални параметри, т. нар. параметрични матрици. Понятието „силна регулярност” на интервални матрици е въведено от А. Ноймайер в неговата монография „Интервални методи за системи уравнения”. Една квадратна интервална матрица е регулярна, ако всяка числова матрица, съдържаща се в нея е неособена. Доц. Попова разширява дефиницията на Ноймайер за случая на параметрични интервални матрици. Да запишем накратко параметричната квадратна интервална матрица $A(p)$ с векторен параметър p от интервалния вектор $[p]$ като двойка $(A(p), [p])$. Ще отбележим, че $A([p])$ е изобщо различно от $(A(p), [p])$, и че $A([p])$ е интервална матрица, докато $(A(p), [p])$ изобщо не е такава (за да стане такава, трябва да се вземе напр. нейния интервален обхват $\square$). Интервалната матрица $A([p])$ съвпада с $(A(p), [p])$ в случая на линейна зависимост от параметъра, дефинирана в [27] с формула (2). Съгласно дефиницията на доц. Попова една параметрична интервална матрица $(A(p), [p])$ е „силно регулярна”, ако интервалният обхват на параметричната матрица $A(p)$, прекондиционирана (умножена) отляво и отдясно със скаларната матрица $A^{-1}(p')$, където p' е център-вектора на p , е регулярна интервална матрица (по Ноймайер), виж формула (1). Необходимо е да се вземе интервален обхват (интервална обвивка) на прекондиционираната, понеже дори в случая, когато е налице линейна параметрична зависимост на A – в който случай, както вече отбелязах, имаме $A([p]) = (A(p), [p])$ – то при умножаването със скаларна матрица C вече $(CA(p), [p])$ изобщо не е интервална. Ще отбележа, че при някои условия прекондиционираната параметрична матрица $(CA(p), [p])$ е отново интервална и Попова анализира тези случаи в следващи публикации. Един такъв случай е когато в стълбовете на прекондиционираната матрица няма повторение на никой от компонентите на векторния параметър p . Статия [27] съдържа три основни твърдения. Теорема 1 е характеристика на така дефинираните силно регулярните параметрични интервални матрици. В Теорема 2 се показва, че при изискването за силна регулярност на параметрична матрица могат да се получат по-добри оценки за регулярност отколкото условието за силна регулярност на съответната непараметрична матрица (получена като интервална обвивка на параметричната матрица). Разгледан е случая на линейни зависимости между параметрите. Теорема 3 дава компютърно проверяеми достатъчни условия за регулярност на параметрични интервални матрици. Условията са формулирани в термините на компютърна аритметика с насочени закръглявания, което позволява компютърно доказателство на съответните математически твърдения за регулярност.

Статия [31] е първата публикация на доц. Е. Попова в областта на параметричните задачи, която е областта на настоящия конкурс. В тази си самостоятелна работа Попова обобщава класически интервален метод от тип Гаус-Зайдел за решаване на такива задачи. Доказва се, че обхватът на параметричния вариант на оператор от тип Гаус-Зайдел води до по-тесни граници за множеството от решения в сравнение с непараметричния оператор (вж. Теорема 3). Предложеният метод е приложен върху параметрична линейна система, получена при моделиране на електрически вериги и е сравнен с параметричния метод на Зигфрид Румп за линейни системи. В работа [23], също самостоятелна, доц. Попова обобщава един итерационен метод с автоматична верификация на резултата, разработен от Зигфрид Румп, за решаване на параметрични интервални линейни системи. Използувани са предложените в [27] компютърно проверяеми достатъчни условия за регулярност на параметрични интервални матрици. Обобщеният метод на Е. Попова изисква тясно включване за обхвата на итерационната матрица и може да се прилага за задачи с т. нар. стълбово-зависими параметрични матрици, за разлика от оригиналния метод на Румп, който използва непараметричната матрица $A([p])$. Преимуществовата на обобщения метод за намиране на по-тясно включване на параметричното множество от решения са демонстрирани както в [23], така и в статия [16], а също и върху системи уравнения, отнасящи се до моделиране на строителни конструкции, вж. статии [24], [26], [28].

Самостоятелната публикация [20] е посветена на едно подобрене в итерационен метод за решаване на неквадратни (т. е. преопределени и недоопределени) линейни системи, където входните данни са неточни и варират в дадени интервали. Предложеният метод е комбинация на итерационен метод с автоматична верификация на резултата и метод за елиминиране на интервални зависимости. Даден е ефективен алгоритъм, който отчита параметричната структура на решаваните задачи, както и числови примери. В статия [15], също самостоятелна, е предложена методология за компютърно доказателство на свойствата като монотонност, изпъкналост и интервална обвивка за решението на параметрична линейна система с неточни данни. Това позволява намиране на точни граници за множествата от решения на линейни параметрични задачи с неточни данни. При тази методология се решават параметрични (вместо непараметрични) системи за производните и се отчитат зависимостите от началното приближение в дясната страна на системи за производните. На примери е показано преимущество на само-верифициращите се софтуерни средства за автоматично гарантирани доказателства, създадени от доц. Попова, използващи интервални методи и компютърна аритметика с плаваща точка и насочени закръглявания.

Статии [16], [29] и [13] са съвместни с Валтер Кремер. В [16] и [29] са изложени теоретичните основи на методите за изчисляване на покомпонентно вътрешно включване на интервалната обвивка на обединеното множество от решения за система параметрични или непараметрични линейни интервални уравнения. Чрез тези методи се оценява разстоянието (близостта) на намереното външно включване до точната интервална обвивка на решението на съответните системи уравнения. Предложената методология използва Каухерова интервална аритметика и се основава на свойства на индуцираната интервално-алгебрична система от Каухерови (собствени и несобствени) интервали. Методът е реализиран в редица оригинални софтуерни средства за решаване на интервални линейни системи, виж [29], [25], [16], [3]. В [13] е представен оригинален метод за визуализиране на границата на обединеното множество от решения на система линейни уравнения, с линейни зависимости между интервални параметри. За визуализация на едно- и дву-параметрични множества от решения са използвани вградени графични функции в *Mathematica* и *Maple*. При този метод параметричните множества от решения се визуализират чрез параметрични криви, съотв. повърхнини в мрежа от точки върху интервали, които не са параметри. Теорема 4.1 и 4.2 от статия [13] характеризират границата на параметричното множество от решения чрез части от параметрични хиперповърхнини. С предложения подход могат да се визуализират проекции на множеството от решения в подпространства с размерност по-малка от n . Това позволява параметрични множества от решения с размерност по-голяма от или равна на три да се визуализират чрез проекциите им в двумерни подпространства. Методът е демонстриран върху примери от електрически вериги.

3A2.Случай на нелинейни зависимости между параметрите. Към тази група статии могат да бъдат причислени статии [19], [17], [11], [8], [13]. Самостоятелните статии [17] и препринт [17a] са посветени на линейни системи, чиито коефициенти (на матрицата и дясната страна) са рационални функции на интервални параметри. Показано е, че обобщеният итерационен метод за линейни системи, съдържащи линейни зависимости между интервални параметри от статия [23], е приложим и за системи с нелинейни зависимости, при условие че е налице достатъчно тясно включване за интервалната обвивка на вектора на остатъците и на итерационната матрица (които са рационални функции на интервалните параметри). Итерационният метод е допълнен с точно пресмятане на обхвати на рационални функции, въз основа на свойства на алгебричната система от Каухерови (собствени и несобствени) интервали. Методът е представен в [17a] в компютърна аритметика, заедно с алгоритмична процедура и числови примери. Приложим е за линейни системи с общи рационални зависимости. Методът е използван в статии [17a] и [19] при моделиране на строителни конструкции. Останалите статии от тази група [19], [11], [8] и [13] са в съавторство, но в значителна степен ползват идеи от самостоятелните статии [17], [17a]. Така в статия [11] споменатият общ итерационен метод за параметрични линейни системи е комбиниран с метод за ефективно пресмятане на обхвати на многомерни полиноми като последните се представят приближено чрез полиноми на Бернщайн. Програмната реализация използва влагане на външни C++ програми за пресмятане на обхватите в КАС *Mathematica*, вж. точка 3Б3 (комуникации).

3A3.Случай на комплексни параметри. Към тази група статии принадлежат две публикации [8] и [3], съвместни с В. Кремер и др. съавтори. В [8] са предложени и сравнени два подхода за решаване на линейни системи, съдържащи линейни зависимости между комплексно-значни интервални параметри. При първия подход изходната линейна система се трансформира в двойно по-голяма, с два пъти повече реално-значни параметри и нелинейни зависимости. Вместо решаването на двойно по-големи задачи с много по-сложни зависимости, в [8] е предложено обобщение на итерационния метод за реално-значни параметри, което използва комплексна интервална аритметика за пресмятане на обхватите на комплексно-значни интервални функции. В случая когато обхватите на нелинейните функции се смятат точно, двата подхода дават сравними по качество на включването резултати, но вторият подход е по-бърз. В статия [3] е представен C-XSC модул за линейни системи с комплексно-значни интервални параметри и числов пример.

3A4.Явно представяне на множеството от решения. Към тази група статии се отнасят три самостоятелни статии [30], [9], [2] и статии [4], [1], съвместни с Валтер Кремер, съотв. С Милан Хладик от Пражкия У-т. В [30] са намерени необходими и достатъчни условия, при които интервалната обвивка на обединеното множество от решения на една параметрична линейна система съвпада с обвивката на решението на съответната непараметрична система, както и изчислителен аналог на тези условия. За някои частни случаи са изведени достатъчни условия за съвпадане на интервалните обвивки за двата класа задачи. В [9] е предложена оригинална класификация на интервалните параметри, участващи в системи линейни алгебрични уравнения с линейни зависимости. Тази класификация е полезна при изчислителния процес на Фурие-Моцкин за последователна елиминация на параметрите. За системи, в които всеки параметър се среща само в едно уравнение, е намерена явна характеристикация на параметричното множество от решения, което е илюстрирано с числени примери. В работата [2] е предложена с модификация на елиминационен процес от тип Фурие-Моцкин за явно описание на множеството от решения на параметрична интервална линейна система чрез неравенства, при която характеризиращите неравенства са по-малко на брой и имат общо представяне. За двумерни системи с произволен брой параметри е показано кои от генерираните неравенства са излишни. В статии [4] и [2] се разглеждат линейни системи, с линейни зависимости между интервални параметри, които освен квантори за съществуване включват и квантори за общност като последните предхождат първите. При тези задачи се търсят т. нар. *AE*-параметрични множества от решения. Доказани са необходими условия за съществуване на непразно множество от решения. Намерено е явно представяне на параметричните *AE*-множества от решения в частния случай на системи, където всеки параметър участва само в едно уравнение на системата. Теоретичните резултати са подкрепени с числови

примери. На задачата за намиране на *АЕ*-решения е посветена и статия [1] съвместна с Милан Хладик. В нея се предлагат три метода за намиране на външно интервално включване за параметрично *АЕ*-множество от решения. При първия метод *АЕ*-множеството от решения се представя като сечение на обединени параметрични множества от решения във всевъзможните комбинации от краища на интервалите за параметрите описвани с квантора за общност и наричани накратко *А*-параметри (Теорема 1). Този подход има експоненциална изчислителна сложност, но позволява намирането на външно или вътрешно включване за параметричното *АЕ*-множество от решения. Вторият метод е параметрично *АЕ*-обобщение в две форми на метода на Бауер-Скийл, прилаган по-рано за параметрични обединени множества от решения и за непараметрични *АЕ*-множества от решения (Теорема 3 и 4). Приложението, свойствата и ефективността на двете форми са анализирани и сравнени върху двата типа множества от решения - толерансни и управляеми - с помощта на числови примери. Третият метод използва линейно програмиране за намиране на външно включване за параметричното толерансно множество от решения.

3Б. Научно-приложни приноси по интервален софтуер

3Б1.Интервален софтуер за линейни параметрични задачи с интервални данни.

По тази тематика основните трудове са [29], [25] и [3]. В [29] е представен разработеният от доц. Попова програмен модул ParLinSys към библиотеката C-XSC -- това е библиотека от C++ класове за научни изчисления. Модулът разширява библиотеката Ctoolbox със средства за решаване на параметрични интервални линейни системи. Той реализира общ метод с автоматична верификация на резултата за решаване на параметрични интервални линейни системи в езикова среда и чрез числово представяне на входните данни. Заедно с *Mathematica* софтуера, това са единствените интервални програмни системи в езикова среда, които пресмятат външно включване на интервалната обвивка на решението, а също така дават оценка за качеството на намереното включване. След разширяването на библиотеката C-XSC с подходящи типове данни, поддържащи разреждени матрици и скалярно произведение с променлива дължина на мантисата, е създадена оптимизирана версия на C-XSC-модулите за линейни параметрични системи, описана в статия [3]. Новата версия използва вложени подходящи функции от библиотеките BLAS/LAPACK и е удобна за работа в многокорова или многопроцесорна хардуерна среда.

В средата на системата *Mathematica* са създадени множество функции, които реализират оригинални числени методи и алгоритми. Според типа на задачата и входните данни новосъздадените *Mathematica* функции решават три класа интервални линейни системи: а) непараметрични интервални линейни системи; б) параметрични интервални линейни системи, съдържащи линейни зависимости; в) параметрични интервални линейни системи, съдържащи рационални зависимости между параметрите. Във всеки от тези три класа се предвиждат подслучаите на квадратни, преопределени, недоопределени, както и плътни или разреждени матрици. Разработените функции са снабдени с опции за управление на изчислителния процес [25]. Числови резултати, получени чрез разработените софтуерни средства, са публикувани в представените по конкурса статии [28], [26], [24], [20], [19], [17], [17a], [15], [12], [11], [8] и [7].

3Б2.Уеб-достъпни интерактивни математически изчисления и графика. По тази тематика основните трудове са [18], [22] и [21]. Доц. Попова е познава в детайли иновационната webMathematica технология, която интегрира КАС *Mathematica* в уеб- сървър и позволява генериране на динамични уеб-достъпни изчисления. В статия [18] е представена концепцията и общата рамка на създадения от нея уеб-сървър: <http://cose.math.bas.bg/webComputing/>. Последният предоставя възможности за отдалечен достъп: а) директно до изчислителните ресурси на сървъра (като напр. *Mathematica* и C++ софтуер за научни изчисления: C-XSC, Ctoolbox, filib++); б) до ресурси за динамични и интерактивни уеб-достъпни изчисления и графична визуализация; в) до ресурси за дистанционно обучение и за разработка на интерактивни и динамични средства за дистанционно обучение: <http://biocose.math.bas.bg/webMathematica/>. Предлаганите ресурси с отдалечен достъп са предназначени за масово потребление от неспециалисти, за образователни

цели, и за извършване на специализирани изчисления. Разработените уеб-интерфейси към динамични изчисления и графика са мулти-функционални и осигуряват както изчислителни мощности, така и интерактивна образователна среда. В статията [22] са представени възможностите на разработения уеб-портал: http://cose.math.bas.bg/Sci_Visualization/ за интерактивно генериране на графики на функции, данни и специални обекти.

За удобство при ползване на разработените оригинални методи и програмни средства, както и за предоставяне на широк свободен достъп до тези средства на учени и инженери, които не са специалисти по интервални методи, доц. Попова е създала уеб-интерфейс към *Mathematica*-функции за решаване на параметрични интервални линейни системи. Уеб-порталът webComputing е разширен с нови функционални възможности за визуализиране на 2D и 3D параметрични и непараметрични множества от решения, както и за решаване на параметрични интервални линейни системи. Интерфейсът е разширен със средства за обработка на големи по обем данни и съхраняване на числови и графични резултати. Тези възможности са описани в [21].

3Б3. Комуникация и взаимодействие на интервален софтуер. По тази тематика основните трудове са [14], [10], [6] и [5]. В [14], [10] е предложен нов подход при разработване и тестване на интервален софтуер, основан на интегриране и взаимодействие на съществуващ интервален софтуер чрез комуникационни протоколи. Представена е технологията за взаимодействие на *Mathematica* с външен интервален софтуер чрез комуникационния протокол *MathLink*. Реализирана е комуникация между *Mathematica* и външен интервален софтуер в компилаторен език, в частност с C++ библиотеките C-XSC [14] и filib++ [10] посредством комуникационния протокол *MathLink*. Налице са разширени функционални възможности, съвместимост на интервалните представяния, възможности за сравнение и тестване, достъп от голям брой потребители и др. Реализираната комуникация между системата *Mathematica* и интервалната библиотека C-XSC е важна стъпка към създаване на интерфейс за изпълнение на C-XSC програми от средата на *Mathematica*. Всички C-XSC програмни модули за решаване на задачи с нелинейни функции ползват три C-XSC модула за аритметика с автоматично диференциране (АД). За да има съвместимост между функционални изрази, зададени в *Mathematica*, и специфичните обектни типове данни, използвани от C-XSC модулите за АД, е създаден програмният продукт ADExpressions, описан в статия [6]. ADExpressions ползва *MathLink* протокол за комуникация на функционалните изрази, но не съдържа функции инсталируеми в *Mathematica*. ADExpressions е предназначен да улеснява създаването на *MathLink* програми, които интегрират C-XSC програми за АД или програми използващи C-XSC аритметиката за АД. За да се илюстрира приложението на софтуера ADExpressions са създадени три *MathLink*-съвместими интерфейсни програми (ddfAri, gradAri, hessAri), които влагат в *Mathematica* съответните C-XSC модули за АД като *Mathematica* пакети. Влагането в *Mathematica* на C-XSC модулите за решаване на нелинейни задачи е осъществено чрез новосъздадена *MathLink*-съвместима интерфейсна програма nlADproblems. Всяка от горните *MathLink*-съвместими програми осигурява взаимодействие между външния C-XSC код, софтуера ADExpressions, който комуникира функционални изрази, кода на новосъздадените *Mathematica* пакети и ядрото на *Mathematica*. Реализираните аспекти на *MathLink* технологията са представени в статия [5].

3В. Научно-приложни приноси по математическо моделиране на реални процеси

3В1. Моделиране на електрически вериги. Тази тематика е застъпена в статии [31], [13], [8], [3]. Предложения в статия [31] интервален метод от тип Гаус-Зайдел е приложен върху параметрична линейна система, получена при моделиране на електрически вериги (пример на Кохши Окумура). Методите за решаване на линейни системи, съдържащи линейни зависимости между комплексно-значни интервални параметри, дискутирани в [8], и софтуера представен в [3] са приложени за анализ на електрически вериги. Двете статии съдържат подробни описания на алгоритмичните процедури с тестови примери.

3B2. Моделиране в строителната механика. Тази тематика е застъпена главно в статии [28], [26], [24], [19] и [17]. В статия [28] е решена задача за композитен материал с два пълнителя, като еластичните показатели на матрицата и пълнителите са неточни, но ограничени в дадени интервали. Сравнени са няколко интервални метода по отношение на качеството на интервалната обвивка за множеството от решения на разглежданата параметрична система, получена след дискретизация на модела с крайни елементи. Намирането на тесни включвания за вектора на преместванията се извършва с помощта на хибриден подход, при който се решават параметрични интервални линейни системи във фиксирани краища на интервалите за параметрите, по които решението е монотонно. Този методология е разширена и приложена за първи път в [28] и [24] за намиране на точния обхват на напреженията в елементите на модела. Статия [26] е посветена на задачата за деформиране на цилиндрична кулина в земна среда с неопределеност в еластичните материални характеристики. Получените интервални решения са сравнени с дискретното и аналитичното решения на същата задача. Извършени са числени експерименти с разработения в [28] хибриден подход. В [19], [17] и [15] са разгледани моделни задачи на строителни конструкции. Като интервални параметри са приети геометрични и материални характеристики на модела: еластичен модул, инерционен момент, дължина на елемента, ориентация на елемента и натоварване. Неточностите в геометричните характеристики на модела водят до параметрична интервална линейна система, която съдържа нелинейни зависимости между параметрите. Тези задачи са трудоемки и няма достатъчно ефективни интервални методи и средства за тяхното решаване. В [17a] е изследвано решението на една тестова задача моделираща едно-аркова метална рамка с помощта на метода за параметрични линейни системи с рационални зависимости и метода за компютърно-асистирано доказателство. В [19] са предложени два оригинални тестови примери на линейна система с рационални зависимости между моделните параметри, получени при моделиране на двуетажна сграда.

3B3. Приложения в биологията. Тази тематика е застъпена в статии [12] и [7], съвместни с Румен Ангелов. В тях са използвани надеждни методи за анализ на числово дискретизирани непрекъснати динамични системи. Съчетани са два подхода: този на нестандартните крайни разлики и този на гарантираните числови пресмятания. В [7] е намерено достатъчно условие за един нестандартен метод на крайни разлики да бъде топологично и динамично съвместим с дадена динамична система. Практическото значение на този резултат е демонстрирано върху известен епидемиологичен модел. За този модел е конструирана безусловно сходяща и динамично съвместима числова схема. Тъй като от структурната устойчивост на дискретизирания модел не следва числова устойчивост, за да се установи последната са използвани интервални методи с верификация. В [12] и [7] е разгледана линейна параметрична система, получена след структурно устойчива дискретизация на модел на разпространение на инфекциозна болест в дадена популация. Чрез методите за решаване на линейни системи с интервални параметри е направен анализ за чувствителността на компонентите на решението на системата по отношение на изменения в стойностите на параметрите на модела. Направеният анализ потвърждава количествено числовата устойчивост на конструираната итерационна схема.

Авторската справка за приносите в публикациите е написана коректно и отразява правилно и подробно получените научни и научно-приложни резултати. Основните 15 публикации на кандидатката са самостоятелни, от което може да се заключи, че научните приноси в останалите 16 съвместните публикации са поне равностойни.

4. Преподавателска дейност

Доц. Е. Попова води лекционни курсове и упражнения към ФМИ на Софийския Университет от 1992 г досега. Има общо 25 курс-семестъра, в които е водила пет различни курса както следва: Надеждни изчисления, шест семестъра; КАС Математика – практическо въведение, шест семестъра; КАС Математика – програмиране за напреднали, пет семестъра; Компютърни езици за научни изчисления, пет семестъра, Уеб-достъпни изчисления - три семестъра. Била е научен ръководител на

пет дипломни работи за магистър. Водила е и лекционен курс с упражнения „С за научни изчисления“ за млади научни работници от Института за Космически Изследвания на БАН.

5.Критични бележки. Представените публикации са написани коректно и старателно. Можех да открия само една неточност: в статия [27] на втора страници има (печатна) грешка в дефиницията на силно регулярна интервална матрица (вместо Δ трябва да е A).

6.Лични впечатления. Познавам доц. д-р Евгения Попова от съвместната ни работа в Проблемна група „Математическо Моделиране в Биологията“ към Единен Център по Биология на БАН (1983 – 1989), в Институт по Биофизика, БАН (1990–1996), и от 1996 в ИМИ – БАН. Тя е изграден учен-специалист в областта на интервалния анализ и компютърната алгебра. Ползува се с авторитет, признание и известност сред специалистите в тези области. От научните ѝ статии особено внимание заслужават тези в JCAM, BIT, Numerical Algorithms и LNCS. Научните ѝ приноси се използват и цитират от специалистите в областта. Освен като тесен специалист в своята област Е. Попова проявява интерес и вкус към приложни изследвания по математическо моделиране в биологията, строителната механика и електрически вериги. Доц. Е. Попова борави свободно с голям брой съвременни програмни езици и системи, редакторски програми, интернет приложения и др. Попова успя да установи плодотворно научно сътрудничество с редица чуждестранни учени и колективи. В личностен план Е. Попова е много трудолюбива, старателна, възискателна и коректна. Отличава се с постоянство, упоритост и любознателност. Свидетел съм как през годините упорито изучаваше нови математически теории, методи и програмни средства. Тя непрекъснато усъвършенства знанията си в много области на информатиката и математиката. Нейните публикации са образцов пример за съвременни изследвания по математическо моделиране, в пълния смисъл на това понятие. Попова старателно поддържа личната си страница на сайта на ИМИ: <http://www.math.bas.bg/~epopova/>

7.Мотивационни бележки и съображения към заключението. 1) Доц. Попова не е доктор на науките и няма монография, но това не са нито задължителни нито препоръчителни изисквания съгласно нормативните документи. Убеден съм, че с нейните качества е въпрос на време да са налице и едното и другото. Последното нейно участие с пленарен доклад (от общо осем такива) по покана на международната конференция по интервални методи SCAN'2012, в Новосибирск, Русия <http://conf.nsc.ru/scan2012/> показва признанието на нейните резултати от страна на световната математическа общност в това перспективно направление. Изнесенният от Доц. Попова пленарният доклад *"Properties and Estimations of Parametric AE-Solution Sets"* е по темата на настоящия конкурс. 2) Доц. Попова удовлетворява всички задължителни критерии съгласно нормативните документи, а също така и препоръчителните критерии по т. 5 от Правилата на ИМИ с изключение на този „да има поне 2 защитили докторанти“. Това препоръчителното изискване, отнасящо се главно до преподавателската ѝ дейност, би могло да бъде заменено със следните аргументи: а) Известен ми е разработен от доц. Е. Попова лекционен материал по компютърна аритметика, който е в електронна форма, предназначен за магистри в ФМИ-СУ, но не е публикуван официално; б) Създадените от доц. Попова софтуерни средства за уеб-достъпни изчисления са предназначени основно за образователни цели. В частност разработените от Попова уеб-интерфейси към динамични изчисления и графика предлагат интерактивна образователна среда (с отдалечен достъп). Сайтовете за дистанционно обучение, създадени и поддържани от Попова са: <http://cose.math.bas.bg/webComputing/>, <http://cose.math.bas.bg/Sci Visualization/>, както и сайта: <http://biocose.math.bas.bg/webMathematica/>. Доц. Попова е създала дистанционни интерактивни математически упражнения, което е съвременна форма на обучение с голям потенциал за развитие и приложение; в) Курсът лекции за магистри по Надеждни изчисления е в тематиката на настоящия конкурс. Курсът лекции за магистри по Уеб-достъпни изчисления е разработен като дистанционен курс; г) Съвместно с мен доц. Е. Попова участваше активно в създаването и въвеждането на магистърската програма по „Изчислителна информатика“ към ФМИ на СУ в резултат от договорния проект SCOPES на Швейцарския NSF. д) Доц. Е. Попова има съществено участие в изпълнението на този проект, който е предназначен за образование по математическо моделиране, виж сайта: <http://www.math.bas.bg/~bio/CSE/>. 3) Последните резултати в статията [1] съдържат интересни

насоки за бъдещи изследвания, отнасящи се до методи за параметрични АЕ-множества от решения, които имат важни приложения. Тази тематика е много подходяща за дисертация. 4) Ще отбележа още, че през годините доц. Попова направи сериозни усилия да има защитил докторант (на което съм жив свидетел), което за съжаление по различни причини не можа да се осъществи. Едно обяснение за липсата на докторант е, че доц. Попова е прекалено строга и взискателна както към себе си, така и към студентите (а и към колегите си), а както е известно способни и трудолюбиви студенти в днешно време трудно се намират.

8.Обобщение: Считаю, че представените за участие в конкурса публикации съдържат оригинални резултати от областта на интервалните методи, които са практически важни при моделиране на реални процеси и явления, описвани с неточни данни. Резултатите на доц. Попова са сред най-съвременните и актуални разработки върху параметрични линейни системи и отговарят на международните стандарти за качество на научно-изследователската дейност. Доц. Е. Попова е утвърден учен и експерт в своята област с отдавна признат международен авторитет. Като се надявам, че НС на ИМИ-БАН, ще приеме направените от мен съображения относно заменянето на неудовлетвореното препоръчителното изискване „да има поне 2 защитили докторанти” с изброените по-горе други аргументи, показващи високо научно ниво, правя следното:

9. Заключение.

Представените от доц. Е. Попова материали ясно показват, че тя удовлетворява всички изисквания на ЗРАСРБ, на Правилника за прилагането му, на съответните правилници на БАН и на ИМИ - БАН за заемане на академичната длъжност „професор”. Ето защо я оценявам положително и убедено предлагам на Научното Жури да предложи на НС на ИМИ да избере

доцент д-р ЕВГЕНИЯ ДИМИТРОВА ПОПОВА

за „професор” в област на висшето образование: 4. Природни науки, математика и информатика, Професионално направление:4.5. Математика, Научна специалност: 01.01.13. Математическо моделиране (интервални методи и софтуер за линейни параметрични задачи с неточни данни).

27.09.2012 г.

С уважение:

проф. Светослав Марков (ИМИ - БАН)