

## Резюмета на научните публикации

на гл. ас. д-р София Ивановска, ИИКТ-БАН

за участие в конкурс за академична длъжност „доцент”  
по професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки  
по специалността 01.01.12. Информатика (грид технологии и приложения)  
обявен в ДВ бр.86 от 17.10.2014 г.

- [1] E. Atanassov, T. Gurov, A. Karaivanova, S. Ivanovska, M. Durchova, D. Georgiev, D. Dimitrov, Tuning for Scalability on Hybrid HPC Cluster, Mathematics in Industry, Cambridge Scholar Publishing, 2014, pp. 64-77, ISBN: 978-1-4438-6401-5.

Развитието на изчислителната инфраструктура има безспорно значение за съвременната наука. В тази работа е представен нов подход в инсталирането и конфигурирането на високопроизводителен клъстер с грид достъп в ИИКТ-БАН, използвайки най-съвременния хардуер и софтуер за паралелни изчисления. Представени са резултати от сравнителен анализ за изпълнението на различни видове научни приложения върху клъстера и информация за основните използвани параметри.

- [2] R. Hristova, S. Ivanovska, M. Durchova, Performance Analysis of the Regional Grid Resources for an Environmental Modeling Application, LSSC 2013, LNCS 8353, Springer, 2014, pp. 507-514, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-662-43880-0\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43880-0_58), SJR: 0.310 (2013)

Трудно е точно да се предскаже цялостното изпълнение на сложни грид приложения, които включват различни видове обработка в рамките на една и съща грид изчислителна задача. В тази статия са дефинирани ключови показатели за ефективността на системата и управлението на данни при изпълнението на приложение от областта на екологичното моделиране, изискващо интензивна употреба на ресурси върху регионалните ресурси на Европейската грид инфраструктура. Приложението е базирано на Models-3 система, състояща се от три компонента: метеорологичен препроцесор MM5, модел на химически пренос CMAQ и препроцесор на емисии SMOKE. Работата на приложението е с голяма сложност по отношение на входните и изходните данни, които натоварват, както изчислителните възможности така и работата с данни на ресурсните центрове. В статията е анализирана относителната важност на дефинираните показатели и са направени изводи, по отношение на оптимално използване на наличните ресурсни центрове.

- [3] E. Atanassov, S. Ivanovska, Computation and Analysis of Sobol Coefficients for Air Pollution Concentrations over the Territory of Bulgaria, MIPRO 2013, Proceedings of the 36th International Convention, IEEE, pp. 254-257, ISSN:1847-3946.

Един от основните инструменти за моделиране на вредните газове над територията на България е системата US EPA Models-3. Основните компоненти на системата са MM5 / WRF метеорологичен препроцесор, препроцесор на емисии SMOKE и CMAQ модел на химически пренос. TNO емисиите се използват като входни данни за емисии. Тримоделният *Models-3 "Integrated Process Rate Analysis"* вариант се прилага за разграничаване на ролята на различните динамични и химични процеси за замърсяването на всички SNAP категории. В тази работа се оценява влиянието на различните входни параметри като концентрацията в различни SNAP категории при постоянни метеорологични условия относно изходните концентрации над България според методологията на Собол-Салтели. За да се получат надеждни оценки на коефициентите на Собол, са реализирани големи MPI задачи на изчислителни клъстери в югоизточния регион. Използвайки тези коефициенти са оценени относителната важност на различните входни параметри и техните взаимодействия.

- [4] E. Atanassov, D. Dimitrov, S. Ivanovska, Efficient Implementation of the Heston Model Using GPGPU, Monte Carlo Methods and Applications, De Gruyter 2013, pp. 21-28, ISSN: 0929-9629, DOI: [10.1515/9783110293586.21](https://doi.org/10.1515/9783110293586.21), SJR: 0.298 (2013)

Моделът на Хестън със стохастична волатилност е широко използван за моделиране на цените на опциите на финансовите пазари. Чрез добавяне на скоков процес към модела, могат да се отчетат големи пикове във волатилността на модела и да се постигне по-добро съответствие с предполагаемата волатилна повърхност. Когато параметрите на модела са калибрирани с наблюдаваните пазарни цени, моделът може да се използва за изчисляване на цените на екзотични опции с Монте Карло или квази-Монте Карло симулации.

Основният акцент в тази работа е върху ефективното прилагане на схемите на Кахл-Джакел (Kahl-Jackel) и Андерсен, използвайки разбъркани редици на Собол и Холтън. Числените експерименти са разработени с помощта на CUDA за графичните карти NVIDIA. Приложени са разработените методи за изчисляване индексите на чувствителността на Собол на цените на опции в зависимост от параметрите на модела на Хестън и са представени числени резултати и за времето им на изпълнение.

- [5] E. Atanassov, S. Ivanovska, D. Dimitrov, Parallel Implementation of Option Pricing Methods on Multiple GPUs, MIPRO 2012, Proceedings of the 35th International Convention, IEEE, pp. 368-373, ISSN:1847-3946, SJR: 0.111 (2013)

Моделът на Хестън, който включва стохастичен процес на волатилност, е един от най-популярните модели за развитието на цените на акциите и фючърсите. Обикновено се проявява посредством добавяне на скоков процес на Поасон, който подобрява цялостното съответствие с наблюдаваното поведение на цените на пазара. Ценообразуването на финансовите опции с помощта на Монте Карло или квази-Монте Карло методи може да има голяма полза от използването на GPU компютърна архитектура поради присъщата паралелност при изчисленията. В тази работа са описани ефективни паралелни реализации на няколко популярни схеми за ценообразуване на опции с помощта на CUDA графични карти. Разработените квази-Монте Карло алгоритми използват модификации на редиците на Собол и Холтън. Числените резултати по пресмятането и времето на изпълнение показват отлична ефективност на разработения подход върху избраните изчислителни платформи.

- [6] E. Atanassov, S. Ivanovska, Sensitivity Study of Heston Stochastic Volatility Model Using GPGPU, LSSC 2011, LNCS 7116, Springer, 2012, pp. 439-446, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-642-29843-1\\_49](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29843-1_49), SJR: 0.310 (2013)

Целта на тази статия е ефективна паралелна реализация на модела на Хестън със стохастична волатилност (Heston Stochastic Volatility Model) като се използва GPGPU. Този модел е един от най-широко използваните модели за стохастична променливост (волатилност). Методът на Андерсен осигурява ефективна симулация на цената на акциите и дисперсията по модела на Хестън. За оценяването на изпълнението и точността на метода, при реализацията му, са тествани с псевдослучайни и квазислучайни редици. Използван е метода за изчисляване на индекси на чувствителността на Собол относно входните параметри. Тъй като този метод е изчислително интензивен, разработена е паралелна GPGPU-базирана версия на алгоритъма, която намалява значително изчислителното време. В тази статия е описана подробно реализацията на метода и са изследвани числените резултати за точност и изчислително време.

- [7] S. Ivanovska, A. Karaianova, N. Manev, Numerical Integration Using Sequences Generating Permutations, LSSC 2011, LNCS 7116, Springer, 2012, pp. 455-463, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-642-29843-1\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29843-1_51), SJR: 0.310 (2013)

В тази статия, е предложен нов клас на генератори с псевдослучайни числа, които се основават на специални линейни рекурсии по модул  $m$ . Тези генератори произвеждат редици, които са пермутации на елементите на  $Z_m$ . Редиците са разработени за различни приложения, но анализът на техните статистически характеристики и експериментите описани в тази статия, показват, че тези редици са подходящи за многократно интегриране. Представени са резултати от числените изследвания, сравняващи представянето на двата предложени генератори с Mersenne Twister.

[8] T. Gurov, S. Ivanovska, A. Karaivanova, N. Manev, Monte Carlo Methods Using a New Class of Congruential Generators, L.Kocarev (Ed.), ICT Innovations 2011, AISC 150, Springer, 2012, pp. 257-267, ISSN: 1867-5662, DOI: [10.1007/978-3-642-28664-3\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28664-3_24), SJR: 0.139 (2013)

В тази статия е предложен нов клас конгруентни генератори на псевдослучайни числа на базата на редици, генериращи пермутации. Редиците са разработени за различни приложения - проведения анализ и експерименти показват, че те са подходящи за приближено пресмятане на многомерни интеграли и интегрални уравнения.

[10] K. S. Shterev, S. Ivanovska, Comparison of some approximation schemes for convective terms for solving gas flow past a square in a microchannel, AIP Conference Proceedings, Volume 1487, 2012, pp. 79-87, ISBN: 978-0-7354-1099-2, ISSN: 0094-243X, DOI: [10.1063/1.4758944](https://doi.org/10.1063/1.4758944), SJR: 0.162 (2013)

Бързо развиващите се технологии за микроелектро-механични устройства създават възможност за нови приложения в областта на микро-флуидни системи. Числените симулации на вътрешни и външни потоци от газ са важни за тяхното проектиране. За малко число на Кнудсен  $Kn < 0.1$ , непрекъснат подход, базиран на модифицирани Навие-Стокс-Фурие модел или на разширен хидродинамичен непрекъснат модел със съответстващите гранични условия от типа "velocity-slip" за скоростта и "temperature-jump" за температурата е приложим и предпочитан. В статията е разглеждан само модела на Навие-Стокс-Фурие за непрекъснатата среда. Разработката на алгоритъм за решаването на определен клас задачи е тясно свързан с числените схеми, използвани за приближено решаване на уравненията. Сравнени са upwind, централна диференчна схема и схемите от типа total variation diminishing (TVD) схеми Min-Mod, QUICK и SUPERBEE. За тестов пример е използвана задачата за движението на газов поток преминаващ през квадратно сечение в микроканал с дозвукова (Число на Мах  $M = 0.1$ ) и свръхзвукова скорост ( $M = 2.43$ ).

[15] E. Atanassov, A. Karaivanova, T. Gurov, S. Ivanovska, M. Durchova, D. Sl. Dimitrov, Quasi-Monte Carlo Integration on the Grid for Sensitivity Studies, Earth Science Informatics Journal, Volume 3, Issue 4, 2010, pp. 289-296, ISSN: 1865-0473, DOI: [10.1007/s12145-010-0069-9](https://doi.org/10.1007/s12145-010-0069-9), IF: 0.694 (2013)

В тази статия е представен анализ на грешката и изпълнението на квази-Монте Карло алгоритми за решаване на многомерни интеграли (до 100 размерни), използвайки грид компютърна архитектура с MPI. В общия случай, изчислителния грид е потенциално хетерогенна среда, където потребителят не знае спецификата на дадената компютърна архитектура. Затова паралелните алгоритми трябва да могат да се адаптират към тази разнородност като осигуряват автоматизирано

балансиране на натоварването (*load-balancing*). Монте Карло алгоритмите могат да бъдат съобразени с тези среди, ако паралелни генератори на псевдослучайни числа са на разположение. Използването на квази-Монте Карло алгоритми поражда повече трудности. И в двата случая ефикасното прилагане на алгоритмите зависи от функционалността на съответните пакети за генериране на псевдослучайни или квазислучайни числа. В статията е предложена ефективна паралелна реализация на Соболев редица за грид среда и са представени числени експерименти върху хетерогенен грид. За постигане на висока паралелна ефективност е използвана нова разработена специална услуга на грид, наречена Job Track Service, която осигурява ефективно управление на наличните изчислителни ресурси чрез резервации.

[13] E. Atanassov, A. Karaivanova, S. Ivanovska, Tuning the Generation of Sobol Sequence with Owen Scrambling, LSSC 2009, LNCS 5910, Springer, 2010, pp. 459-466, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-642-12535-5\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12535-5_54), SJR: 0.310 (2013)

Редицата на Соболев е най-широко използваната редица с малък дискрепанс за числено решаване на многомерни интегрални и други квази-Монте Карло изчисления. Оуен предлага за първи път разбъркване на тази редица чрез пермутация по начин, който поддържа малкия ѝ дискрепанс. Доброто разбъркване на редицата е особено важно за грид приложения. Въпреки това, често разбъркването е трудно приложимо и отнема много време. В тази статия е предложен оригинален алгоритъм за бързо генериране на редицата на Соболев с Оуен разбъркване върху високопроизводителни графични карти. Числените експерименти потвърждават отличните качества на алгоритъма.

[14] M. Ganzha, M. Paprzycki, M. Drozdowicz, M. Senobari, I. Lirkov, S. Ivanovska, R. Olejnik, P. Telegin, Information Flow and Mirroring in an Agent-based Grid Resource Brokering System, LSSC 2009, LNCS 5910, Springer, 2010, pp. 475-482, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-642-12535-5\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-642-12535-5_56), SJR: 0.310 (2013)

В статията се разглежда разработването на система за управление и разпределяне на грид ресурси, базирана на екип от агенти. Един от въпросите на които трябва да се отговори, е за запазване на екипа чрез огледално копие на ключова информация. Вниманието е фокусирано върху информацията, генерирана в рамките на екипа на агент. В тази статия са изследвани източници на информация, генерирани в системата и се разглежда коя информация следва да бъде определена за съхранение чрез огледално копиране на екипа.

[18] M. Ganzha, M. Paprzycki, M. Drozdowicz, M. Senobari, I. Lirkov, S. Ivanovska, R. Olejnik, P. Telegin, Mirroring information within an agent-team-based intelligent Grid middleware; an overview and directions for system development, Journal of Scalable

Computing: Practice and Experience, Volume 10, Number 4, 2009, pp. 397-411, ISSN: 1895-1767, DOI: <http://www.scpe.org/index.php/scpe/article/view/630>, SJR: 0.151 (2013)

Тази работа се отнася за проект, посветен на развитието на система за управление и разпределяне на грид ресурси, базирана на екип от агенти. Откритите въпроси, които трябва да бъдат разгледани в процеса се отнасят до запазването на екипа от агенти. Изследвани са подробно източниците на полезна информация, генерирана в системата (един екип от агенти в частност) и се разглежда коя информация следва да бъде съхранена, кога и къде, за да се увеличи дългосрочната устойчивост на екип на агенти.

[16] I.T. Dimov, R. Georgieva, S. Ivanovska, Tz. Ostromsky, Z. Zlatev, Studying the sensitivity of pollutants' concentrations caused by variations of chemical rates, Journal of Computational and Applied Mathematics, Volume 235, Issue 2, 2010, pp. 391-402, ISSN: 0377-0427, DOI: [10.1016/j.cam.2010.05.041](https://doi.org/10.1016/j.cam.2010.05.041), IF: 1.077 (2013)

Тази работа разглежда системна процедура за анализ на чувствителността на задача в областта на моделирането на замърсяването на въздуха. Съвременните математически модели следва да включват голям набор от химични и фотохимични реакции, за да може да се разглежда като надежден инструмент за числени симулации. Датският Ойлеров модел (Unified Danish Eulerian Model) е във фокуса на нашето научно изследване като един от най-модерните и широкомащабни математически модели, които описват адекватно всички физически и химически процеси. Методи с намалена дисперсия са един от най-често използваните подходи при разглеждането на анализ на чувствителността. За да се измери степента на влияние от промяната на химическите константи в математическия модел върху концентрациите на замърсителите глобалните индекси на чувствителност на Собол се оценяват с помощта на ефективни техники за малки индекси на чувствителността за да се избегне загуба на точност. Проучване на връзките между входните и изходните параметри на модела, както и на вътрешните механизми е много полезно за проверка и подобрене на модела, както и за разработване на стратегии за наблюдение и контрол на вредните емисии, за надеждно предвиждане на крайния резултат от сценарии, когато нивата на концентрация на замърсители са надвишени. Предложената процедура може да се прилага, също така когато се използват и други широкомащабни математически модели.

[9] R. Georgieva, S. Ivanovska, Visualization Tool of Sensitivity Studies Results, BGSIAM'11 Proceedings, pp. 50-55, ISSN: 1313-3357.

В тази статия е разработен софтуерен инструмент за визуализация на резултати, получени от прилагането на анализ на чувствителността на големи математически модели. Разработеният апарат използва резултатите от изследване на

чувствителността на озоновите концентрации спрямо измененията на скоростните константи на някои химични реакции в модела UNI-DEM.

[20] R. Georgieva, S. Ivanovska, Numerical Study of Sensitivity Analysis Techniques, BGSIAM'09 Proceedings, pp. 45-50, ISSN: 1313-3357.

Проведен е и сравнителен експериментален анализ на резултатите за индексите на чувствителността за разглеждания модел, получени с разработения адаптивен алгоритъм Монте Карло за числено интегриране и софтуер за анализ на чувствителността SIMLAB. Сравнението е направено за алгоритми, реализиращи модификация на метода на Соболев и Fourier Amplitude Sensitivity Test (FAST), включени в софтуерния пакет. Получените резултати показват предимство за адаптивния алгоритъм Монте Карло - по-малка относителна грешка при фиксиран брой реализации на съответната случайна величина, което е очаквано, поради намаляването на дисперсията, характерно за адаптивната процедура.

[22] I. Dimov, R. Georgieva, S. Ivanovska, Tz. Ostromsky, Zahari Zlatev, Sensitivity Analysis of Air Pollution Models, BGSIAM'08 Proceedings, pp. 28-31, ISSN: 1313-3357.

Проведени са числени експерименти с два подхода за пресмятане на малки индекси на чувствителността, които се наблюдават в изследвания модел. Стандартният алгоритъм Монте Карло за пресмятане на глобалните индекси на чувствителността, които представляват многомерни интеграли, се оказва неефективен в случая на малки (по стойност) индекси на чувствителността, поради загуба на точност. Идеята на първия подход се състои в замяната на оригиналната подинтегрална функция, което води до намаляване на съответното математическо очакване (предложен от Соболев, 1990). Вторият подход е наречен комбиниран, тъй като обединява подхода за намаляване на средната стойност и подход, наречен "корелираща извадка". За апроксимацията е използван Matlab, а за пресмятането на интегралите – софтуер за символни пресмятания Mathematica. Резултатите, получени с втория подход, са по-надеждни - стойностите на пълните индекси напълно съответстват на очакваните тенденции спрямо резултатите от предварителните изследвания с модела UNI-DEM.

[17] A. Karaivanova, S. Ivanovska, Matrix Computations Using Quasi-Monte Carlo with Scrambling, Proceedings of the 33rd International Convention MIPRO/GVS 2010, pp. 249-252, ISSN: 1847-3938, SJR: 0.130 (2013)

Квази-Монте Карло методите са мощни инструменти за ускоряване на сходимостта на Монте Карло методите. Нещо повече, квази-Монте Карло методи дават по-гладка сходимост с увеличаване на дължината на траекторията, което е важно при приближено пресмятане на собствените стойности. В същото време Монте Карло и квази-Монте Карло методи имат същата изчислителна сложност. Недостатъкът на

квази-Монте Карло метода е липсата на практическа оценка на грешката. Този недостатък може да се преодолее чрез разбъркване на използваната редица. Разбъркването дава също по естествен начин да се паралелизират редиците. В тази статия се изучават матрично-векторни изчисления използващи разбъркани редици в грид среда.

[23] E. Atanassov, A. Karaivanova, T. Gurov, S. Ivanovska, M. Durchova, Using Sobol Sequence in Grid Environment, Proceedings of the 32nd International Convention MIPRO/GVS 2009, pp. 290-294, ISBN: 978-953-233-044-1, SJR:0.1 (2012)

В тази статия е представен анализ на грешката и на ефективността на квази-Монте Карло алгоритми с намалена дисперсия, за решаване на многомерни интегрални в грид среда, използвайки редица на Соболев. Ефективното прилагане на алгоритмите зависи от функционалността на съответните пакети за генериране на псевдослучайни или квазислучайни числа. Предложено е ефективно паралелно изпълнение на редицата на Соболев в грид среда и са представени числени експерименти върху хетерогенна среда.

[30] R. Georgieva, S. Ivanovska, Importance Separation for Solving Integral Equations, LSSC 2003, LNCS 2907, Springer, 2004, pp. 144-152, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/978-3-540-24588-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-540-24588-9_15), SJR: 0.310 (2013)

В тази статия е описан и проучен Монте Карло метод на разделяне по важност за интегрални уравнения. Въз основа на известните резултати за интегрални, този метод е разширен за решаване на интегрални уравнения. Методът съчетава идеята за разделяне на областта на равномерно малки подобласти (адаптивна техника) с подхода на Кан за съществената извадка. Грешката е анализирана и резултатите са сравнени с обикновения Монте Карло метод.

[31] I. Dimov, A. Karaivanova, R. Georgieva, S. Ivanovska, Parallel Importance Separation and Adaptive Monte Carlo Algorithms for Multiple Integrals, NMA 2002, LNCS 2542, Springer, 2003, pp. 99-107, ISSN: 0302-9743, DOI: [10.1007/3-540-36487-0\\_10](https://doi.org/10.1007/3-540-36487-0_10), SJR: 0.310 (2013)

Разработен е адаптивен Монте Карло метод, който се основава на метод на разделяне по важност. Последният съчетава разделяне на областта на равномерно подобласти с подхода на Кан за съществената извадка. Грешката е анализирана и резултатите са сравнени с обикновения Монте Карло метод и метода на съществената извадка. Предложени са паралелни реализации на метода на разделяне по важност и адаптивния Монте Карло метод. Числените експерименти са реализирани на PowerPC клъстер като се използва MPI стандарт.