Резюмета на публикациите на български език и на английски език на Венелин Любомиров Тодоров за участие в конкурса за доцент в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки, научна специалност „Информатика“ (Моделиране на сложни системи с голяма размерност)

1. **B1** I. Dimov, R. Georgieva, V. Todorov, Tz. Ostromsky: (2017) Efficient stochastic approaches for sensitivity studies of an Eulerian large-scale air pollution model, AIP Conference Proceedings 1895(1):050004,· October 2017 DOI: 10.1063/1.5007376, ISBN 978-0-7354-1579-9, ISSN 0094-243X,

   SJR(2017):0.165

   https://doi.org/10.1063/1.5007376

   AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: Направено е цялостно експериментално изследване на Монте Карло алгоритми, основани на редиците на Собол за многомерно числово интегриране. Направено е сравнение с резултатите, получени с алгоритми, използващи специално избрани точкови множества - извадка “латински хиперкуб” и обобщена редица на Фибоначи, които са приложени за първи път за екологичния модел. Алгоритмите са успешно приложени за приближеното пресмятане на глобалните индекси на чувствителността на Собол за конкретната задача, съответстващи на влиянието на концентрациите на различни замърсители във въздуха, описани чрез математическия модел UNI-DEM, спрямо нивата на емисиите на четири групи замърсители (амоняк, азотни оксиди, серен диоксид, антропогенни хидрокарбони), както и спрямо скоростните константи на шест химични реакции. В първия случай в числените експерименти е изследвана концентрацията на амоняк в Милано, а във втория случай – концентрацията на озон в Генуа. В изследването са приложени три оптимални за определени класове от функции алгоритми Монте Карло за многомерно числено интегриране, използващи “изместени” квазислучайни редици на Собол. Числените експерименти потвърждават, че разгледаните стохастични алгоритми са ефективни за многомерно числено интегриране и по-специално за пресмятането на малки по

стойност индекси на чувствителността. Това е изключително важно за цялостната процедура на анализ на чувствителността на математически модели, както и за надеждната интерпретация на резултатите от тези модели.

Abstract: A comprehensive experimental study of Monte Carlo algorithms based on Sobol sequences for multidimensional numerical integration has been done. A comparison is made with the results obtained with algorithms using specially selected point sets - a Latin hypercube sampling and a generalized Fibonacci numbers, which were applied for the first time to the ecological model. The algorithms have been successfully applied to compute global Sobol sensitivity measures corresponding to the influence of various pollutants in the air, described by the mathematical model UNI-DEM, to the emission levels of four groups of pollutants (ammonia, nitrogen oxides, sulfur dioxide, anthropogenic hydrocarbons) and to the rate constants of six chemical reactions were analyzed. In the first case, the concentration of ammonia in Milan was studied in numerical experiments, and in the second case - the concentration of ozone in Genoa. The study applied three optimal Monte Carlo algorithms for multidimensional numerical integration for certain classes of functions, using "shifted" quasi-random Sobol sequences. Numerical experiments confirm that the considered stochastic algorithms are effective for multidimensional numerical integration and in particular for the calculation of small value indices of sensitivity. This is extremely important for the overall procedure of sensitivity analysis of mathematical models, as well as for the reliable interpretation of the results of these models.

2. **B2** Venelin Todorov, Ivan Dimov, Tzvetan Ostromsky, and Zahari Zlatev. (2021) Advanced Quasi-Monte Carlo Algorithms for Multidimensional Integrals in Air Pollution Modelling. In: Dimov I., Fidanova S. (eds) Advances in High Performance Computing. HPC 2019. Studies in Computational Intelligence, vol 902. Springer, SCI 902, pp. 155–167, 2021. DOI; 10.1007/978-3-030-55347-0_14, Print ISBN978-3-030-55346-3 Online ISBN 978-3-030-55347-0,
   SJR(2019):0.215 Q4
   https://doi.org/10.1007/978-3-030-55347-0_14
   Studies in Computational Intelligence (scimagojr.com)

Резюме: В статията е направено сравнение между редицата на Холтън и квази-Монте Карло методи, базирани на точкови множества от тип решетка с различни генериращи вектори за пресмятане на пълните индекси на чувствителност. Първият генериращ вектор се състои от членовете на обобщената редица на Фибоначи от съответната размерност. Той дава най-добри резултати за многомерни интеграли от 4 и 6-рамерност. За 8 и 12-мерните многомерни интеграли най-добри резултати дава стохастичния метод с оптимален генериращ вектор получен по метода на бързата конструкция, които имат оптимален порядък на сходимост за разглеждания клас задачи. Третият стохастичен метод, основан на специален генериращ вектор, базиран на трансформираща полиномиална функция, се оказва по неточен от редицата на Холтън за високи размерности на подинтегралната функция и се влияе от гладкостта на функцията.

Abstract: The paper compares the quasi Monte Carlo method based on Halton sequence and quasi-Monte Carlo methods based on several lattice point sets with different generating vectors for calculating the total sensitivity indices. The first generating vector is based on the generalized Fibonacci numbers of the corresponding dimension. It gives the best results for multidimensional integrals of 4 and 6-dimensionality. For the 8 and 12-dimensional multidimensional integrals the best results are given by the stochastic method with an optimal generating vector obtained by the method of fast construction, which have an optimal order of convergence for the considered class of problems. The third stochastic method, based on a special generating vector based on a transforming polynomial function, turns out to be more inaccurate than Halton sequence for high dimensions and is affected by the smoothness of the integrand function.

3. **B3** Tzvetan Ostromsky, Venelin Todorov, Ivan Dimov, and Zahari Zlatev. Sensitivity Studies of an Air Pollution Model by Using Efficient Stochastic Algorithms for Multidimensional Numerical Integration. (2021) In: Dimov I., Fidanova S. (eds) Advances in High Performance Computing. HPC 2019. Studies in Computational Intelligence, vol 902. Springer, SCI 902, pp. 184-195, 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-55347-0_16, Print ISBN978-3-030-55346-3, Online ISBN 978-3-030-55347-0, **SJR(2019):0.215 Q4**
   https://doi.org/10.1007/978-3-030-55347-0_16
   Studies in Computational Intelligence (scimagojr.com)

Резюме: Извършено е приближено пресмятане на пълните индекси на чувствителността посредством точково множество от тип решетка с генериращ вектор обобщената редица на Фибоначи и извадката латински хиперкуб. Резултатите са сравнени с модифициран адаптивен алгоритъм Монте Карло с различни входни параметри. Метода не използва никаква предварителна информация за гладкостта на подинтегралната функция, но използва апостериорна информация за дисперсията. Метода генерира повече точки в подобластите, където дисперсията е по-голяма или там където функцията приема по големи стойности. Подходът се основава на рекурсивно разделяне на областта, използвайки апостериорна информация за грешката при текущото разделяне. Резултатите показват, че адаптивния метод Монте Карло дава по точни резултатите за малките по-стойност индекси на чувствителността, с увеличаване на размерността на интеграла и при малък брой реализации на случайната величина.

Abstract: An approximate calculation of the total sensitivity indices was performed using a lattice point set with generating vector the generalized Fibonacci numbers and the Latin hypercube sampling. The results were compared with a modified adaptive Monte Carlo algorithm with different input parameters. The method does not use any preliminary information about the smoothness of the integrand function, but uses a posteriori information about the variance. The method generates more points in the subdomains where the variance is larger or where the function assumes larger values. The approach is based on recursive division of the area, using a posteriori information about the error in the current division. The results show that the adaptive Monte Carlo method gives more accurate results for small in value sensitivity indices, with increasing the dimensionality of the integral and with a small number of realizations of the random variable.

4. **B4** V. Todorov, I. Dimov and Tz. Ostromsky, (2020) A comparison of advanced quasi Monte Carlo methods for multidimensional integrals in air pollution modeling, AIP Conference Proceedings 2302, 030005, 2020, DOI: 10.1063/5.0034850

   SJR(2019):0.19

   https://doi.org/10.1063/5.0034850

   AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: Анализът на чувствителността на изходните резултати на модела към вариация или естествената несигурност на входните параметри на модела е много важен за подобряване на надеждността на големите математически модели. Няколко ефективни квази-Монте Карло алгоритми – редицата на ван дер Корпут, нейна модификация и точково множество тип решетка, базирани на различни генериращи вектори, са използвани в нашите проучвания за анализ на чувствителността на резултатите от изхода на модела за някои замърсители на въздуха по отношение на нивата на вредни емисии и някои скоростни константи на химични реакции. Алгоритмите са успешно приложени за изчисляване на глобалните индекси на чувствителността на Собол, съответстващи на влиянието на няколко входни параметъра (шест скоростни константи на химични реакции и четири различни групи замърсители) върху концентрациите на важни замърсители на въздуха. Числените експерименти показват, че разглежданите редици на ван дер Корпут са ефективни за разглежданите многомерни интеграли и особено за изчисляване на малки по стойност индекси на чувствителност.

Abstract: Sensitivity analysis of model outputs to variation or natural uncertainties of model inputs is very significant for improving the reliability of the mathematical models. Several efficient quasi-Monte Carlo algorithms – the van der Corput sequence, its modification and lattice rules based on different generating vectors have been used in our sensitivity studies of the model output results for some air pollutants with respect to the emission levels and some chemical reactions rates. The algorithms have been successfully applied to compute global Sobol sensitivity measures corresponding to the influence of several input parameters (six chemical reactions rates and four different groups of pollutants) on the concentrations of important air pollutants. The numerical tests show that the van der Corput sequences under consideration are efficient for the multidimensional integrals under consideration and especially for computing small by value sensitivity indices.

5. **B5** Todorov V., Ikonomov N., Apostolov S., Dimov I., Georgieva R., Dimitrov Y. (2020) An Improved "Walk on Equations" Monte Carlo Algorithm for Linear Algebraic Systems, Recent Advances in Computational Optimization, In: Fidanova S. (eds) Recent Advances in Computational Optimization. Studies in Computational Intelligence, vol 838. Springer, Cham, DOI: 10.1007/978-3-030-22723-4_14, Print ISBN978-3-030-22722-7, Online ISBN978-3-030-22723-4,
   SJR(2019):0.215 Q4
   https://doi.org/10.1007/978-3-030-22723-4_14
   Studies in Computational Intelligence (scimagojr.com)

Резюме: Разработен е нов алгоритъм Монте Карло за решаване на системи от линейни алгебрични уравнения. Алгоритъмът се основава на наскоро разработения метод Монте Карло ,,случайно блуждаене по уравненията“. Алгоритъмът е оптимизиран чрез избиране на подходящи стойности на релаксационния параметър, което води до намаляване на изчислителната сложност и на повишаване на точността за даден брой итерации. Извършени са числени експерименти за примери с разредени и плътни матрици с различна размерност и за система с матрицата NOS4 с фундаментално приложение, взета от апроксиамция по метода на крайните елементи на модел, описващ гредова структура в конструктивната механика и важна за екологията. Предимствата на алгоритъма могат да бъдат наблюдавани особено за системи с много голяма размерност.

Abstract: A new Monte Carlo algorithm for solving systems of Linear Algebraic (LA) equations is presented and studied. The algorithm is based on the “Walk on Equations” Monte Carlo method recently developed by Dimov et al. The algorithm is improved by choosing the appropriate values for the relaxation parameters which leads to dramatic reduction in time and lower relative errors for a given number of iterations. Numerical tests are performed for examples with matrices of different size and on a system with the matrix NOS4 with fundamental applications, coming from a finite element approximation of a problem describing a beam structure in constructive mechanics and very important for environmental safety. The advantages of the algorithm can be observed especially for systems with very large dimensions.

6. **B6** Venelin Todorov, Ikonomov Nikolay, Dimov Ivan, Georgieva Rayna. (2018) A New Monte Carlo Algorithm for Linear Algebraic Systems Based on the "Walk on Equations" Algorithm. Proceedings of the 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, Annals of Computer Science and Information Systems, 15, **IEEE**, 2018, ISSN:2300- 5963, pp. 257-260, DOI: 10.15439/2018F121
   http://dx.doi.org/10.15439/2018F121
   https://ieeexplore.ieee.org/document/8511284
   https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85057237566&origin=resultslist

Резюме: Разработен е нов подобрен алгоритъм Монте Карло за линейни системи на базата на метода ,,случайно блуждаене по уравненията“. Алгоритъмът е използван за намиране на всички компоненти на решението на реални линейни системи с голяма размерност. Направено е сравнение с метода на спрегнатия градиент и със съществуващите досега методи Монте Карло за линейни системи. Поведението на предложения алгоритъм Монте Карло не зависи от плътността на матрицата и от нейната размерност. Благодарение на направените оптимизации новият метод дава много по-добри резултати от стандартния метод Монте Карло и е установен като един от най-бързите и точни алгоритми Монте Карло за решаване на големи системи от линейни алгебрични уравнения.

Abstract: A new improved Monte Carlo algorithm has been developed for linear systems based on the "walk on equations algorithm" method. The algorithm was used to find all components of the solution of real linear systems of large dimension. A comparison is made with the conjugate gradient method and with the existing Monte Carlo methods for linear systems. The behavior of the proposed Monte Carlo algorithm does not depend on the density and the dimension of the matrix. Thanks to the optimizations made, the new method gives much better results than the standard Monte Carlo method and has been established as one of the fastest and most accurate Monte Carlo algorithms for solving large systems of linear algebraic equations.

7. **B7** Dimov I., **V. Todorov**, Tz. Ostromsky. (2020) Advanced Quasi Monte Carlo Methods for Sensitivity Analysis in Air Pollution Modeling. Knowledge, Language and Models, Volume in Honour of Prof. Galia Angelova on Her 65th Birthday. Milena Slavcheva, editor. INCOMA Ltd. Shoumen, BULGARIA. INCOMA (IIKT), 2020, ISSN:978-954-452-062-5, 74-90

Резюме: Направено е приближено пресмятане на пълните индекси на чувствителността посредством квази случайнта рецица на Собол, Холтън и Фор. Разработено е точково множество тип решетка със специален оптимален генериращ вектор, получен по метода на бързата конструкция. В някои случай точковото множество тип решетка дава по-добри резултати от квази-случайната редица на Собол. За големите по-стойност индекси на чувствителност точковото множество показва по-добра относителна грешка от редицата на Собол. Редицата на Холтън дава с един порядък по-лоша относителна грешка, а редицата на Фор дава ненадеждни резултати за малките по-стойност индекси на чувствителността. Проведения анализа на чувствителността се очаква да има изключително важна двустранна роля: за тестване и подобряване на математическите модели, и за надеждна интерпретация на числените резултати от страна на съответните специалистите.

Abstract: An approximate calculation of the total sensitivity indices is made by the quasi-random sequences of Sobol, Holton and Faure. A lattice point set with a special optimal generating vector, obtained by the method of fast construction, has been developed. In some cases, the lattice point set gives better results than the quasi-random sequence of Sobol. For larger values of the sensitivity indices the lattice method achieves higher accuracy and better relative error than the Sobol sequence. Halton sequence gives one order of magnitude worse relative error, and Faure sequence gives unreliable results for small-value sensitivity indices. The conducted sensitivity analysis is expected to have an extremely important bilateral role: for testing and improving the mathematical models, and for reliable interpretation of the numerical results by the relevant specialists.

8. **B8 Todorov V.**, Dimitrov V., Tsvetkov I.. A NUMERICAL STUDY ON QUASI MONTE CARLO METHODS BASED ON RANDOMLY SHIFTED LATTICE RULE FOR COMPUTATION OF MULTIPLE INTEGRALS (2018) Journal Scientific and Applied Research, Konstantin Preslavsky Publishing House, vol. 13, 2018, ISSN:1314-6289, 21-30.
   journal-scientific-and-applied-research-vol-13.pdf (rst-tto.com)

Резюме: Направено е сравнение между три квази-Монте Карло алгоритъма. Разглеждат се точкови множества тип решетки с различни генериращи вектори. Показано е, че оптималния генериращ вектор получен по метода на бързата конструкция има предимство спрямо генериращия вектор базиран на обобщената редица на Фибоначи от съответната размерност. Направени са сравнения и с квази-случайната редица на Собол. Разгледани са многомерни интеграли с ниска и висока размерност, съответно 4,10 и 25-мерни, които намират приложение при пресмятането на числените индикатори на чувствителността на големи екологични модели.

Abstract: A comparison between three quasi-Monte Carlo algorithms has been made. Lattice type point sets with different generating vectors are considered. It is shown that the optimal generating vector obtained by the fast construction method has an advantage over the generating vector based on the generalized Fibonacci numbers of the corresponding dimensions. Comparisons have also been made with the quasi-random sequence of Sobol. Multidimensional integrals with low and high dimensionality, respectively 4, 10 and 25-dimensional, are considered, which are used in the calculation of numerical indicators of sensitivity analysis of large air pollution models.

9. **Г1** Tz. Ostromsky, V. Todorov and I. Dimov, (2020) Monte Carlo methods for sensitivity studies of large-scale air pollution model, AIP Conference Proceedings 2302, 060009, 2020; DOI: 10.1063/5.0034848

   SJR(2019):0.19

   https://doi.org/10.1063/5.0034848

   AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: В наши дни анализа на чувствителността се прилагат към някои от най-сложните математически модели от различни интензивно развиващи се области с широк обхват на приложение. Един от най-усъвършенстваните модели в областта на моделирането на замърсяването на въздуха е Датският Ойлеров модел, мощен широко мащабен модел, описващ далечен модел на преноси на замърсители на въздуха с дълга история на развитие. През годините се използва успешно в различни дългосрочни екологични проучвания за Европейския регион. В тази статия се дискутира систематичен подход за анализ на чувствителността на последната версия на датския Eulerian Model, UNI-DEM. Направено е цялостно експериментално проучване на стохастични алгоритми Монте Карло, базирани на извадка латински хиперкуб и адаптивен подход за многомерно числено интегриране. Разгледани са две различни модификации за получаване извадката латински хиперкуб. Направени са сравнения с точковото множество тип решетка, базирано на обобщената редица на Фибоначи. Алгоритмите са успешно приложени за изчисляване на глобални индекси на чувствителност на Собол, съответстващи на влиянието на няколко входни параметъра върху концентрациите на някои от замърсителите на въздуха от най-голямо значение. Числените експерименти показват, че разглежданите алгоритми Монте Карло са ефективни за многомерните интеграли от висока размерност, използвани в изследването.

Abstract: Sensitivity studies are nowadays applied to some of the most complicated mathematical models from various intensively developing areas of application. Such a sophisticated model in the area of air pollution modeling is the Danish Eulerian Model, a powerful large scale air pollution model with a long development history. Over the years it was used successfully in different long-term environmental studies for the European region. In this talk we discuss systematic approach for sensitivity analysis of the latest version of the Danish Eulerian Model, UNI-DEM. A comprehensive experimental study of Monte Carlo

algorithms based on Latin hypercube sampling and Adaptive approach for multidimensional numerical integration has been done. Two different modifications were considered to obtain the Latin hypercube sampling. Comparisons have been made with the lattice rule based on the generalized Fibonacci numbers. The algorithms have been successfully applied to compute global Sobol sensitivity measures, corresponding to the influence of several input parameters on the concentrations of some of the air pollutants of highest importance. The numerical tests show that the Monte Carlo algorithms under consideration are efficient for the multidimensional integrals with higher dimensions used in this study.

10. **Г2** Venelin Todorov, Ivan Dimov, Yuri Dimitrov, Tzvetan Ostromsky and Rayna Georgieva. (2019) A comparison of quasi-Monte Carlo methods based on Faure and Sobol sequences for multidimensional integrals in air pollution modelling, AIP Conference Proceedings 2164, 030002, 2019, DOI: 10.1063/1.5130792, ISBN 978-0-7354-1745-8, ISSN 0094-243X, **SJR(2019):0.19**
https://doi.org/10.1063/1.5130792
AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: Замърсяването на въздуха и метеорологичните модели са примери за математически модели с много несигурности в техните входни данни и параметри. Анализът на чувствителността е мощен инструмент за изучаване и подобряване на надеждността на такива модели. В тази статия представяме резултатите от глобален анализ на чувствителността на Датски Ойлеров модел (UNI-DEM). Една от най-важните характеристики на UNI-DEM е усъвършенстваната химическа схема CBM IV, която разглежда голям брой химични замърсители и различни реакции между тях, от които озонът е най-важният замърсител, тъй като се използва в много практични приложения. Стохастичните методи, базирани на редиците на Фор и Собол, се използват за изчисляване на индексите на чувствителност от първи и втори ред. Числените експерименти показват, че квазислучайната редица на Собол и нейните модификации са по ефективни методи от редицата на Фор за изчисляване на малките по стойност индекси на чувствителност.

Abstract: Air pollution and meteorological models are examples of mathematical models with a lot of natural uncertainties in their input data sets and parameters. Sensitivity analysis is a powerful tool for studying and improving the reliability of such models. In this paper we present the results of a global sensitivity study of the Unified Danish Eulerian Model (UNI-DEM). One of the most important features of UNI-DEM is its advanced chemical scheme the Condensed CBM IV, which considers a large number of chemicals, and various reactions between them, of which the ozone is the most important pollutant because it is used in many practical applications. The stochastic methods based on Faure and Sobol sequences are used for computing the first and second order sensitivity indices. The numerical experiments show that the stochastic algorithms for the multidimensional integrals based on quasirandom Sobol sequence and its modifications are more efficient than the Faure sequence for computing the small value sensitivity indices.

11. **Г3** Tzvetan Ostromsky, Venelin Todorov, Ivan Dimov, and Zahari Zlatev. (2020) Efficient Stochastic Algorithms for the Sensitivity Analysis Problem in the Air Pollution Modelling. In: Lirkov I., Margenov S. (eds) Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11958. Springer, Cham, pp. 420-428, DOI: 10.1007/978-3-030-41032-2_48, Print ISBN978-3-030-41031-5, Online ISBN978-3-030-41032-2

    SJR(2019):0.427 Q2

    https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_48

    Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: Анализът на чувствителността за големи и сложни математически модели е доста трудна и отнемаща време задача. Има много такива приложения в областта на моделирането на замърсяване на въздуха. От друга страна, има много естествени несигурности във входните данни и параметри големи модели, описващи далечен пренос на замърсители във въздуха и един такъв модел е Датският Ойелров модел с неговите актуални високоефективни реализации, които се разглеждат в тази работа. Разработена е систематизирана схема за анализ на чувствителността, като се използва Датския Ойлеров модел. Направено е приближено пресмятане на пълните индекси на чувствителността посредством квази случайнта рецица на Собол и Холтън. Разгледани са две различни модификации за получаване на редицата на Собол чрез разбъркване (scrambling). Разглежданата редица на Собол е основана на алгоритмите INSOBL и GOSOBL в ACM TOMS Algorithm 647 и ACM TOMS Algorithm 659. Редицата на Собол дава с 1 порядък по-добра относителна грешка от редицата на Холтън. Проведения анализа на чувствителността се очаква да има изключително важна двустранна роля: за тестване и подобряване на математическите модели, и за надеждна интерпретация на числените резултати от страна на съответните специалистите.

Abstract: Sensitivity analysis of the results of large and complicated mathematical models is rather tuff and time-consuming task. There are many such applications in the area of air pollution modelling. On the other hand, there are lots of natural uncertainties in the input data sets and parameters of a large-scale air pollution model. Such a model, the Danish Eulerian Model with its up-to-date high-performance implementations, is under consideration in this work. A systematic scheme for sensitivity analysis has been developed using the Danish Euler model. An approximate calculation of the total sensitivity indices in

the model was performed using a quasi-random sequences of Sobol and Halton. Two different modifications for obtaining the Sobol sequence by scrambling techiques are considered. The implemented Sobol sequence in the paper is based on the algorithms INSOBL and GOSOBL in ACM TOMS Algorithm 647 and ACM TOMS Algorithm 659. The Sobol sequence produce with one order better relative errors than the Halton sequence. The conducted sensitivity analysis is expected to have an extremely important bilateral role: for testing and improvement of mathematical models, and for reliable interpretation of numerical results by the relevant specialists.

12. **Г4** Ostromsky T., Dimov I., Todorov V., Zlatev Z. (2019) Sensitivity Analysis of an Air Pollution Model by Using Quasi-Monte Carlo Algorithms for Multidimensional Numerical Integration. In: Nikolov G., Kolkovska N., Georgiev K. (eds) Numerical Methods and Applications. NMA 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11189, pp 281-289, Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-10692-8_31, Print ISBN 978-3-030-10691-1, Online ISBN 978-3-030-10692-8
SJR(2019):0.427 Q2
https://doi.org/10.1007/978-3-030-10692-8_31
Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: Анализът на чувствителността е мощен инструмент за изучаване и подобряване на надеждността на сложните математически модели с голяма размерност. Замърсяването на въздуха и метеорологичните модели са на първо място сред примерите за такива модели, с много естествени несигурности във входните параметри и данни. В статията са представени някои резултати от нашето глобално проучване на анализ чувствителността на Унифицирания Датски Ойлеров модел (UNI-DEM). Използвани са различни ефективни Монте Карло и квази Монте Карло алгоритми, а именно квази-случайните редици на Собол и Холтън, точково множество тип решетка с генериращ вектор обобщената редица на Фибоначи и Монте Карло алгоритъма, базиран на извадката латински хиперкуб по отношение на изследване на чувствителността на озона и амоняка спрямо входните емисиии и скоростните константи на някои химични реакции. Числените експерименти показват, че разглежданите стохастични алгоритми са ефективни за тази цел, особено за оценка на приноса на малките по стойност индекси на чувствителност. За многомерни интеграли с ниска размерност най-ефективно е точковото множество с генериращ вектор обобщената редица на Фибоначи, докато за високи размерности квазислучайната редица на Собол постига най-малка относителна грешка.

Abstract: Sensitivity analysis is a powerful tool for studying and improving the reliability of large and complicated mathematical models. Air pollution and meteorological models are in front places among the examples of such models, with a lot of natural uncertainties in their input data sets and parameters. We present here some results of our global sensitivity study of the Unified Danish Eulerian Model (UNI-DEM). Different efficient Monte Carlo and quasi-Monte Carlo algorithms, namely Sobol QMC, Halton QMC, Fibonacci lattice rule and Latin hypercube sampling have been used and compared by their accuracy in studying the

sensitivity of ammonia and ozone concentration results with respect to the emission levels and some chemical reactions rates. The numerical experiments show that the stochastic algorithms under consideration are quite efficient for this purpose, especially for evaluating the contribution of small by value sensitivity indices. For lower dimensional integrals the Fibonacci point set is the most effective, while for higher dimensions the quasi-random Sobol sequence achieves the smallest relative errors.

13. **Г5** Dimitrov S., Dimov I., Todorov V. (2017) Latin Hypercube Sampling and Fibonacci Based Lattice Method Comparison for Computation of Multidimensional Integrals. In: Dimov I., Faragó I., Vulkov L. (eds) Numerical Analysis and Its Applications. NAA 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 10187, Springer, Cham, pp. 302-310, DOI: 10.1007/978-3-319-57099-0_32, Print ISBN 978-3-319-57098-3 Online ISBN 978-3-319-57099-0,
SJR(2017):0.295 Q2
https://doi.org/10.1007/978-3-319-57099-0_32
Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: Извършени са числени експерименти за сравняване на ефективността на Монте Карло метода, базиран на извадката латински хиперкуб (метод LHS) и точковото множество тип решетка, базирано на обобщената редица на Фибоначи (метод FIBO) за интегриране многомерни интеграли на гладки функции с различни размерности. Двата метода не са сравнявани преди и двата се препоръчват при многомерни интеграли от гладки подинтегрални функции. Числените резултати показват, че методът FIBO е по-добър от LHS за многомерни интеграли с ниска размерност, докато LHS превъзхожда FIBO с увеличаване на размерността на подинтегралната функция. Квази-случйната редица на Собол, която е дадена като ориентир, е превъзхождана от поне един от двата метода във всеки един от разглежданите примери на многомерни интеграли с ниска и висока размерност.

Abstract: We perform computational investigations to compare the performance of Latin hypercube sampling (LHS method) and a particular QMC lattice rule based on generalized Fibonacci numbers (FIBO method) for integration of smooth functions of various dimensions. The two methods have not been compared before and both are generally recommended in case of smooth integrands. The numerical results suggest that the FIBO method is better than LHS method for low-dimensional integrals, while LHS outperforms FIBO when the integrand dimension is higher. The Sobol nets, which performance is given as a reference, are outperformed by at least one of the two discussed methods, in any of the considered examples.

14. **Г6** Todorov V., Dimov I, Dimitrov Y. (2018) Efficient quasi-Monte Carlo methods for multiple integrals in option pricing. AIP Conference Proceedings, 2025, 1, AIP, 2018, 110007-1-110007-10, DOI: 10.1063/1.5064950, ISSN 0094-243X ISBN: 978-0-7354-1909-4

    SJR(2018):0.182

    https://doi.org/10.1063/1.5064950

    AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: Разглеждат се Европейски опции с експоненциална функция на падеж. Задачата за цената на Европейските опции се свежда до пресмятане на многомерни интеграли от експоненциалната функция върху единичния куб. В статията сравняваме ефективността и точността на квази-Монте Карло методите базирани на точкови множества от тип решетка за числено пресмятане на многомерните интеграли с размерност до 30. Точността на точковите множества от тип решетка зависят от избора на подходящ генериращ вектор. Когато подинтегралната функция е достатъчно гладка, точковите множества тип решетка превъзхождат не само обикновения метод Монте Карло, но и други квази-Монте Карло редици с нисък дискрепанс. Предимствата и недостатъците на разлежданите квази-Монте Карло алгоритми за многомерно интегриране, базирани на различни генериращи вектори, включително и ново точковото множество тип решетка, получена с помощта на отражение, са проучени за оценка на Европейски опции в настоящето изследване.

Abstract: In the present paper we consider European style options with an exponential payoff function. The problem is transformed to evaluation of multidimensional integrals of the exponential function over the unit cube. We compare the performance of quasi-Monte Carlo methods based on lattice rules for multiple integrals up to 30 dimensions. The performance of a lattice rule depends on the choice of the generator vectors. When the integrand is sufficiently regular the lattice rules outperform not only the standard Monte Carlo methods, but also other types of methods using low discrepancy sequences. The advantages and disadvantages of the different quasi-Monte Carlo methods, based on different generating vectors, including the new lattice rule obtained with a reflection method, related to evaluation of European options are studied in the paper.

15. **Г7** Venelin Todorov, Dimov I. (2020) Efficient Stochastic Approaches for Multidimensional Integrals in Bayesian Statistics. In: Lirkov I., Margenov S. (eds) Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11958. Springer, Cham, pp. 454-462, DOI: 10.1007/978-3-030-41032-2_52, Print ISBN978-3-030-41031-5 Online ISBN978-3-030-41032-2
SJR(2019):0.427 Q2
https://doi.org/10.1007/978-3-030-41032-2_52
Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: Основен проблем в Бейсовската статистика е точната оценка на многомерни интеграли от два типа, разгледани в статията. Представено е цялостно експериментално проучване на квази-Монте Карло алгоритмите, основани на редицата на Собол, нейно линейно разбъркване по метода на Матусек и сравнение с адаптивен подход Монте Карло и точково множество тип решетка с генериращ вектор обощената редица на Фибоначи. Числените експерименти показват, че разглежданите стохастични алгоритми са ефективни за многомерно интегриране и особено за изчисляване на интеграли с голяма размерност. Това е важен елемент, за да се постигне по-точна и надеждна интерпретация на резултатите в Бейсовската статистика, която е основа във важни приложения в машинното самообучение и изкуствения интелект.

Abstract: A fundamental problem in Bayesian statistics is the accurate evaluation of multidimensional integrals of two types, which are studied in the paper. A comprehensive experimental study of quasi-Monte Carlo algorithms based on Sobol sequence, its modification combined with Matousek linear scrambling and a comparison with adaptive Monte Carlo approach and a lattice rule based on generalized Fibonacci numbers has been presented. The numerical tests show that the stochastic algorithms under consideration are efficient for multidimensional integration and especially for computing high dimensional integrals. It is a crucial element since this may be important to be estimated in order to achieve a more accurate and reliable interpretation of the results in Bayesian statistics which is foundational in applications such as machine learning and artificial intelligence.

16. **Г8** I. Dimov, J. Kandilarov, V. Todorov, L. Vulkov (2018) Time Discretization/Linearization Approach Based on HOC Difference Schemes for Semilinear Parabolic Systems of Atmosphere Modelling. In: Lirkov I., Margenov S. (eds) Large-Scale Scientific Computing. LSSC 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10665. Springer, Cham, pp. 450-457. DOI: 10.1007/978-3-319-73441-5_49, Print ISBN 978-3-319-73440-8 Online ISBN 978-3-319-73441-5
SJR(2018):0.283 Q2
https://doi.org/10.1007/978-3-319-73441-5_49
Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: Разгледан е опростен, но реалистичен, модел на три компонентна химична система, която моделира химични процеси, протичащи в атмосферата. Въпреки, че реалистичен атмосферен модел може да съдържа дузина от реагиращи вещества, разгледания модел описан тук съдържа основните свойства на атмосферния модел като полиномиална нелинейност и числени особености. Докато в един реалистичен атмосферен модел в екологията могат да участват концентрации на много реагиращи вещества, опростеният модел тук притежава основните свойства на големите практически модели. Приложена е компактната схема с четвърти ред на точност по пространствената променлива за реална физична параболична транспортна система, описваща атмосферен модел, базиран на цикъла на Чапман. Приложени са различни явно-неявни методи за дискретизация по времето- Implicit Explicit Euler Backward method-BDF1, IMEX-BDF2, Crank-Nicolson-Leap-Frog. Особена трудност при разглежданата система са високите нива на скоростните константи на химичните реакции, което е затруднявало досега съществуващите методи и е постигнат сериозен научно-приложен принос за този важен атмосферен модел. Най-добри резултати дава схемата с втори ред на точност по времето IMEX-BDF2, а най-лоши резултати според очакваното диференчната схема с първи ред на точност IMEX-BDF1.

Abstract: A simple but realistic model of a three-component chemical system that describes chemical processes occurring in the atmosphere is considered. Although a realistic atmospheric model may contain a dozen reactants, the considered model described here contains the main properties of the atmospheric model such as polynomial nonlinearity and

numerical features. While concentrations of many reactants may be involved in a realistic atmospheric model in ecology, the simplified model here has the basic properties of large practical models. A compact scheme with a four order of accuracy on the spatial variable for a real physical parabolic transport system, describing an atmospheric model based on the Chapman cycle, is applied. Various explicit and implicit methods in time have been applied - Implicit Explicit Euler Backward method-BDF1, IMEX-BDF2, Crank-Nicolson-Leap-Frog. A special difficulty in the considered system are the high levels of the rate constants of the chemical reactions, which has complicated the existing methods and has made a serious scientific and applied contribution to this important atmospheric model. The best results are given by the scheme with the second order in time accuracy IMEX-BDF2, and the worst results according to the expected results is IMEX-BDF1.

17. **Г9** Dimov I., Kandilarov J., Todorov V., Vulkov L. (2019) Numerical Analysis of a Pollution and Environment Interaction Model. In: Nikolov G., Kolkovska N., Georgiev K. (eds) Numerical Methods and Applications. NMA 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11189. Springer, Cham, pp. 383-391, DOI: 10.1007/978-3-030-10692-8_43, Print ISBN 978-3-030-10691-1 Online ISBN 978-3-030-10692-8

    SJR(2019):0.427 Q2

    https://doi.org/10.1007/978-3-030-10692-8_43

    Lecture Notes in Computer Science (scimagojr.com)

Резюме: В тази статия са предложени и обсъдени методи на базата на крайните разлики и крайните елементи за числено решаване на системи от частни диференциални уравнения, чрез които се изучават подробно сложни екологични системи с голяма размерност. Първо установяваме дискретен принцип на максимума за диференциалната задача и след това неотрицателност на решението. Приложени са явно-неявни и напълно явни схеми за дискретизация по времето. Представени са числени експерименти, които илюстрират ефективността на алгоритмите.

Abstract: Finite difference and finite element approximations for solving numerically the systems of partial differential equations, by which comprehensive models for studying complex large-scale environmental problems are studied, are proposed and discussed in this paper. First, we establish a minimum principle for the differential problem and then nonnegativity of the semidiscrete solutions. Algorithms of explicit-implicit and fully explicit schemes are realized for space discretization in time. Numerical experiments are provided to illustrate the efficiency of the algorithms.

18. **Г10** I. Dimov, J. Kandilarov, V. Todorov, L. Vulkov (2017) Numerical determination of the right-hand side of parabolic systems with point measurements, IN: 43rd International Conference “Applications of Mathematics in Engineering and Economics” (AMEE’17), AIP Conference Proceedings 1910 (1), 2017, DOI: 10.1063/1.5013966, ISBN:978-0-7354-1602-4, ISSN 0094-243X
SJR(2017):0.165
https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5013966
AIP Conference Proceedings (scimagojr.com)

Резюме: Изследвана е обратната задача за възстановяване на дясната страна на система от параболични частни диференциални уравнения с предефинираност, зададена от точкови източници. Точковите източници се описват от делта-функции. Числения метод се основава на специална декомпозиция на численото решение, което е изучено в предишни статии за уравнението на топлопроводността. Извършени са числени експерименти, които демонстрират ефективността на разработения алгоритъм за системи от параболични частни диференциални уравнения.

Abstract: In this paper, we study the inverse problem for the reconstruction of the right-hand side of parabolic systems of equations with overdeterminations, given by point measurements. Point sources are described by delta functions. The numerical algorithm is based on a special decomposition of the numerical solution first proposed for the heat equation. Numerical experiments show the capacity of the numerical algorithm for parabolic systems.

19. **Г11** Venelin Todorov, Yuri Dimitrov and Ivan Dimov. Second Order Shifted Approximations for the First Derivative. In: Dimov I., Fidanova S. (eds) Advances in High Performance Computing. HPC 2019. Studies in Computational Intelligence, vol 902. Springer, SCI 902, 2021., pp. 428-437, DOI: 10.1007/978-3-030-55347-0_36, Print ISBN 978-3-030-55346-3 Online ISBN 978-3-030-55347-0, **SJR(2019):0.215 Q4**

https://doi.org/10.1007/978-3-030-55347-0_36

Studies in Computational Intelligence (scimagojr.com)

Резюме: В статията са изследвани числени апроксимации с втори ред на точност за първата производна с приложения. Подхода се основава на логаритмични и експоненциални генериращи функции. Методът може да се приложи за приближено пресмятане на числено решение на обикновени диференциални уравнения от първи ред и за частното диференциално уравнение, описващо преноса на топлина.

Abstract: In the present paper we construct second order shifted approximations for the first derivative. The method is based on exponential and logarithmic generating functions. Applications of the approximations for numerical solution of first order ordinary differential equations and the heat equation are studied in the paper.

20. **Г12** Yuri Dimitrov, Ivan Dimov and Venelin Todorov: Numerical Solutions of Ordinary Fractional Differential Equations with Singularities, In: Georgiev K., Todorov M., Georgiev I. (eds) Advanced Computing in Industrial Mathematics. BGSIAM 2017. Studies in Computational Intelligence, vol 793. Springer, Cham, 77-93, 2019, DOI: 10.1007/978-3-319-97277-0_7, Print ISBN: 978-3-319-97276-3, Online ISBN: 978-3-319-97277-0,

    SJR(2019):0.215 Q4

    https://doi.org/10.1007/978-3-319-97277-0_7
    Studies in Computational Intelligence (scimagojr.com)

Резюме: Разработен е нов метод за подобряване на решението на обикновени линейни дробни диференциални уравнения с константни коефициенти, които се използват дробните полиноми на Тейлър. Разглеждат се линейни дробни диференциални уравнения, чиито решения имат особеност. Въвеждат се дробните полиноми на Тейлър. Предлага се метод за подобряване на точността на числените решения на линейни обикновени дробни диференциални уравнения с константни коефициенти. Методът използва дробните полиноми на Тейлър за трансформиране на уравненията в дробни диференциални уравнения, които имат гладки решения. Методът е обобщен и е доказана неговата сходимост.

Abstract: A new method has been developed to improve the solution of ordinary linear fractional differential equations with constant coefficients, which use Taylor fractional polynomials. Linear fractional differential equations whose solutions have a natural singularities are considered. Taylor's fractional polynomials are introduced. A method for improving the accuracy of numerical solutions of linear ordinary fractional differential equations with constant coefficients is proposed. The method uses Taylor fractional polynomials to transform the equations into fractional differential equations that have smooth solutions. The method is generalized and its convergence is proved.