

Резюмета на научните публикации на доц. Иван Георгиев  
за участие в конкурса за академичната длъжност „професор“  
обявен в ДВ бр. 103/12.12.2023 г.

*Georgiev, I., Harizanov, S., Vutov, Y.. Supervised 2-Phase Segmentation of Porous Media with Known Porosity. Lecture Notes in Computer Science, 9374, Springer, 2015, ISSN:0302-9743, DOI:10.1007/978-3-319-26520-9\_38, 343-351.*

Porous media segmentation is a nontrivial and often quite inaccurate process, due to the highly irregular structure of the segmentation phases and the huge interaction among them. In this paper we perform a 2-class segmentation of a gray-scale 3D image under the restriction that the number of voxels within the phases are a priori fixed. Two parallel algorithms, based on the graph 2-Laplacian model are proposed, implemented, and numerically tested.

Сегментирането на порьозни среди е нетривиален и често доста неточен процес поради силно неравномерната структура на фазите на сегментиране и голямото взаимодействие между тях. В тази статия представяме двуфазова сегментация на 3D изображение в сивата скала при ограничението, че броят на вокселите в рамките на фазите е априори фиксиран. Два паралелни алгоритъма, базирани на модел на граф 2-Лапласиани са предложени, реализирани и тествани числено.

*Georgiev, I., Ivanov, E., Margenov, S., Vutov, Y.. Numerical Homogenization of Epoxy-Clay Composite Materials. LNCS, 8962, Springer, 2015, ISSN:0302-9743, DOI:10.1007/978-3-319-15585-2\_15, 130-137*

The numerical homogenization of anisotropic linear elastic materials with strongly heterogeneous microstructure is studied. The developed algorithm is applied to the case of two-phase composite material: epoxy resin based nanocomposite incorporating nanoclay Cloisite. The upscaling procedure is described in terms of six auxiliary elastic problems for the reference volume element. A parallel PCG method is implemented for efficient solution of the arising large-scale systems with sparse, symmetric, and positive semidefinite matrices. Then, the bulk modulus tensor is computed from the upscaled stiffness tensor and its eigenvectors are used to define the transformation matrix. The stiffness tensor of the material is transformed with respect to the principle directions of anisotropy which gives a canonical (unique) representation of the material properties. Numerical upscaling results are shown. The voxel microstructure of the two-phase composite material is extracted from a high resolution computed tomography image.

Изследва се числената хомогенизация на анизотропни линейни еластични материали със силно хетерогенна микроструктура. Разработеният алгоритъм е приложен към случая на двуфазен композитен материал: нанокompозит на основата на епоксидна смола, включващ наноглината Cloisite. Процедурата за ъпскейлинг (upscaling) е описана по отношение на шест спомагателни еластични задачи за референтния обемен елемент. Приложен е паралелен PCG метод за ефективно решаване на възникващите големи системи с разредени, симетрични и положителни полуопределени матрици. След това тензорът на обемния модул (bulk modulus) се изчислява от тензора на коравина, а неговите собствени вектори се използват за определяне на матрицата на трансформация. Тензорът на коравината на материала се трансформира по отношение на принципните посоки на анизотропия, което дава канонично (уникално) представяне на свойствата на материала. Представени са резултати от числена хомогенизация, като микроструктурата на двуфазния композитен материал е извлечена от компютърна томография с висока разделителна способност.

*Blaheta, R., Kolcun, A., Jakl, O., Soucek, K., Stary, J., Georgiev, I. HPC in Computational Micromechanics of Composite Materials. Proceedings of the Second International Workshop on Sustainable Ultrascale Computing Systems (NESUS 2015), 2015, ISBN:978-84-608-2581-4, 143-146.*

By micromechanics we understand analysis of the macroscale response of materials through investigation of processes in their microstructure. Here by the macroscale, we mean the scale of applications, where we solve engineering problems involving materials. Examples could be analysis of aircraft constructions with different composite materials and analysis of rock behaviour and concrete properties in geo- and civil engineering applications.

Под микромеханика разбираме анализ на макромасщабната реакция на материалите чрез изследване на процесите в тяхната микроструктура. Тук под макромасщаб разбираме мащаба на приложенията, където решаваме инженерни проблеми, свързани с материалите. Примери за това могат да бъдат анализът на конструкциите на самолети с различни композитни материали и анализът на поведението на скалите и свойствата на бетона в геоинженерството и гражданското строителство.

*Mirronova, M., Ivanova, M., Naidenov, V., Georgiev, I., Stary, J.. Advanced study of fiber-reinforced self-compacting concrete. AIP Conference Proceedings, 1684, AIP Publishing, 2015, ISSN: 0094-243X, DOI:10.1063/1.4934293, 030009*

Incorporation in concrete composition of steel macro- and micro – fiber reinforcement with structural function increases the degree of ductility of typically brittle cement-containing composites, which in some cases can replace completely or partially conventional steel reinforcement in the form of rods and meshes. Thus, that can reduce manufacturing, detailing and placement of conventional reinforcement, which enhances productivity and economic

efficiency of the building process. In this paper, six fiber-reinforced with different amounts of steel fiber cement-containing self-compacting compositions are investigated. The results of some of their main strength-deformation characteristics are presented. Advance approach for the study of structural and material properties of these type composites is proposed by using the methods of industrial computed tomography. The obtained original tomography results about the microstructure and characteristics of individual structural components make it possible to analyze the effective macro-characteristics of the studied composites. The resulting analytical data are relevant for the purposes of multi-dimensional modeling of these systems. Multifactor structure-mechanical analysis of the obtained with different methods original scientific results is proposed. It is presented a conclusion of the capabilities and effectiveness of complex analysis in the studies to characterize the properties of self-compacting fiber-reinforced concrete.

Включването в състава на бетона на стоманена макро- и микро-фибърна армировка със структурна функция повишава степента на дуктилност на обикновено крехките цимент-съдържащи композити, които в някои случаи могат да заменят изцяло или частично конвенционалната стоманена армировка под формата на пръти и мрежи. Това може да намали производството, детайлизирането и поставянето на конвенционалната армировка, което повишава производителността и икономическата ефективност на строителния процес. В тази статия са изследвани шест самоуплътняващи се състава, армирани с различни количества стоманени фибри. Представени са резултатите за някои от основните им якостно-деформационни характеристики. Предложен е авангарден подход за изследване на структурните и материалните свойства на този тип композити чрез използване на методите на индустриалната компютърна томография. Получените оригинални томографски резултати за микроструктурата и характеристиките на отделните структурни компоненти дават възможност да се анализират ефективните макрохарактеристики на изследваните композити. Получените аналитични данни са от значение за целите на многомащабното моделиране на тези системи. Предложен е многофакторен структурно-механичен анализ на получените с различни методи оригинални научни резултати. Представен е извод за възможностите и ефективността на комплексния анализ в изследванията за характеризирание на свойствата на самоуплътняващия се фиброармиран бетон.

*Ivanova, Y., Partalin, T., Georgiev, I. Comparison of NDT Techniques for Elastic Modulus Determination of Laminated Composites. Studies in Computational Intelligence, 728, Springer, 2018, ISSN:1860-949X, DOI:10.1007/978-3-319-65530-7\_8, 79-89*

The study of dependence of elasticity modulus on the type, shape and structure of the fillers in the composites is an important task. By theoretical point of view, different models are developed to describe the relation between geometrical, mechanical and physical parameters of the fillers and matrix with the macroscopic effective properties of composites. It is reasonably the Young's modulus of the composites to be determined both experimentally and theoretically. In the present study non-destructive techniques are used for characterization of elastic modulus. NDT methods, static and dynamic ultrasonic and vibration methods are applied to find the relations between internal structure of composites and their elastic properties. For investigating of the elastic

properties in different directions of composites are used a methodology based on combination of different kind of vibrations. The bar shaped specimens are examined by free longitudinal, flexural and torsional vibrations.

Изследването на зависимостта на модула на еластичност от вида, формата и структурата на пълнителите в композитите е важна задача. От теоретична гледна точка са разработени различни модели за описание на връзката между геометричните, механични и физични параметри на пълнителите и матрицата с макроскопичните ефективни свойства на композитите. Основателно е модулет на Юнг на композитите да се определя както експериментално, така и теоретично. В това изследване са използвани безразрушителни техники за характеризирание на модула на еластичност. Методите за безразрушителен контрол, статичните и динамичните ултразвукови и вибрационни методи се прилагат за установяване на връзките между вътрешната структура на композитите и техните еластични свойства. За изследване на еластичните свойства в различни направления на композитите се използва методика, основана на комбинация от различни видове вибрации.

*Blaheta, R., Georgiev, I., Georgiev, K., Jakl, O., Kohut, R., Margenov, S., Stary, J.. High Performance Computing in micromechanics with an application. Cybernetics and Information Technologies, Volume 17, No 5, 2017, ISSN:1314-4081, DOI:10.1515/cait-2017-0050, 5-16.*

High Performance Computing (HPC) is required for many important applications in chemistry, computational fluid dynamics, etc.. In this paper we shortly describe an application (a multiscale material design problem) that requires HPC for several reasons. The problem of interest is analysis of the fiber-reinforced concrete and we focus on modelling of stiffness through numerical homogenization and computing local material properties by inverse analysis. Both problems require a repeated solution of large-scale finite element problems up to 200 million degrees of freedom and therefore the importance of HPC computing is evident.

Високопроизводителните изчисления (HPC) са необходими за много важни приложения в областта на химията, изчислителната динамика на флуидите и др. В тази статия описваме накратко едно приложение (задача за многомашабно проектиране на материали), което изисква HPC по няколко причини. Проблемът, който ни интересува, е анализ на бетон, армиран с фибри, и ние се фокусираме върху моделирането на коравината чрез числена хомогенизация и изчисляването на локалните свойства на материала чрез обратен анализ. И двата проблема изискват многократно решаване на големи крайноелементни задачи с до 200 милиона степени на свобода и затова значението на HPC изчисленията е очевидно.

*Iankov, R., Georgiev, I., Kolosova, E., Chalakova, G., Datcheva, M., Evaluation of the Effective Material Properties of Media with Voids Based on Numerical Homogenization and Microstructure Data, Lecture Notes in Computer Science, 13858, Springer, 2023, ISSN:0302-9743 [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32412-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32412-3_16), 181–187*

This work is devoted to a 3D hybrid numerical-experimental homogenization strategy for determination of elastic characteristics of materials with closed voids. The performed homogenization procedure employs micro-computed tomography (micro-CT) and instrumented indentation testing data (IIT). Based on the micro-CT data a 3D geometrical model of a cubic representative elementary volume (RVE) is created assuming periodic microstructure of the material with closed voids. Creating the RVE respects the following principle of equivalence: the porosity assigned to the RVE is the same as the porosity calculated based on the micro-CT images. Next, this geometrical model is used to generate the respective finite element model where, for simplicity, the voids are considered to have a spherical form. The numerical homogenization technique includes proper periodic boundary conditions with unit force applied in normal and shear directions. The employed constitutive model for the solid phase is the linear elastic model whose parameters are determined based on IIT data. It is performed a validation and verification study using simplified geometries for the RVE and under different assumptions for modelling the voids.

Тази работа е посветена на 3D хибридна числено-експериментална стратегия за хомогенизация за определяне на еластичните характеристики на материали със затворени кухини. Извършената процедура за хомогенизиране използва данни от микрокомпютърна томография (micro-CT) и инструментално изпитване с идентификация (ИТ). Въз основа на micro-CT данните се създава 3D геометричен модел на кубичен представителен елементарен обем (RVE), като се приема периодична микроструктура на материала със затворени кухини. При създаването на RVE се спазва следният принцип на еквивалентност: порьозността, определена за RVE, е същата като порьозността, изчислена въз основа на micro-CT изображенията. След това този геометричен модел се използва за генериране на съответния модел на крайните елементи, в който за опростяване се счита, че кухините имат сферична форма. Техниката за числена хомогенизация включва подходящи периодични гранични условия с единична сила, приложена в нормална посока и в посока на срязване. Използваният конститутивен модел за твърдата фаза е линейният еластичен модел, чиито параметри са определени въз основа на данни от ИТ. Извършено е изследване за валидиране и верифициране, като са използвани опростени геометрии за RVE и при различни допускания за моделиране на кухините.

*Raykovska, M, Georgiev, I. A new surface treatment method for simplifying and enhancing the segmentation of open space pore object. e-Journal of Nondestructive Testing Vol. 28(3), NDT.net, 2023, ISSN:1435-4934, DOI:<https://doi.org/10.58286/27713>*

This paper aims to present a new method for surface treatment of open pore materials and specimens to aid and fasten the segmentation process. The study is divided into two parts. In the first part of the investigation, three materials were tested on a plastic surface under laboratory conditions: X-ray contrast dental adhesive, wax, and zinc spray. After careful observation of the results, the zinc spray was selected for the purposes of the study. In the second part, the experiment was repeated with zinc contrast layers on a single-rooted tooth in two and three layers, zinc spray on sintered glass and a multirooted tooth in three layers. Region growing method was selected for the segmentation. The selected specimens were covered with a contrast

layer, scanned, and images were reconstructed and analysed. After both the scanning and reconstruction stages, success was achieved in the samples with three layers. As a next step, the volumes of the root canal and the sintered glass were calculated successfully. In conclusion, using zinc spray as an X-ray contrast coating may be a successful approach in micro-computed tomography.

Целта на настоящата статия е да представи нов метод за повърхностна обработка на материали и образци с отворени пори, за да се подпомогне и ускори процесът на сегментиране. Изследването е разделено на две части. В първата част на изследването три материала са тествани върху пластмасова повърхност в лабораторни условия: рентгеново контрастно стоматологично лепило, восък и цинков спрей. След внимателно наблюдение на резултатите за целите на изследването е избран цинковият спрей. Във втората част експериментът беше повторен с контрастни цинкови слоеве върху еднокоренов зъб в два и три слоя, цинков спрей върху синтеровано стъкло и многокоренов зъб в три слоя. За сегментирането беше избран методът за израстване на региони. Избраните образци бяха покрити с контрастен слой, сканирани и изображенията бяха реконструирани и анализирани. Както след етапа на сканиране, така и след етапа на реконструкция беше постигнат успех при образците с три слоя. Като следваща стъпка успешно бяха изчислени обемите на кореновия канал и синтерованото стъкло. В заключение, използването на цинков спрей като рентгеново контрастно покритие може да бъде успешен подход в микрокомпютърната томография.

*Harizanov, S., Georgiev, I. Fast Algorithm for Optimal Graph-Laplacian Based 3D Image Segmentation. AIP Conference Proceedings, 1773, 2016, ISSN:0094-243X, DOI:10.1063/1.4965010, 110006*

In this paper we propose an iterative steepest-descent-type algorithm that is observed to converge towards the exact solution of the  $l^0$  discrete optimization problem, related to graph-Laplacian based image segmentation. Such an algorithm allows for significant additional improvements on the segmentation quality once the minimizer of the associated relaxed  $l^1$  continuous optimization problem is computed, unlike the standard strategy of simply hard-thresholding the latter. Convergence analysis of the algorithm is not a subject of this work. Instead, various numerical experiments, confirming the practical value of the algorithm, are documented.

В тази статия предлагаме итеративен алгоритъм от типа на най-бързото спускане, за който се наблюдава сходимост към точното решение на дискретната  $l^0$  оптимизационна задача, свързана със сегментиране на изображения с използване на граф-Лапласиани. Такъв алгоритъм позволява значителни допълнителни подобрения на качеството на сегментацията, за разлика от стандартната стратегия на просто прагово сегментиране. Анализът на сходимостта на алгоритъма не е предмет на тази работа. Вместо това са документирани различни числени експерименти, които потвърждават практическата стойност на алгоритъма.

*Liolios, K., Tsihrintzis, V., Georgiev, K., Georgiev, I. A computational investigation of the optimal reaction type concerning BOD removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands, Studies in Computational Intelligence, 648, Springer Verlag, 2016, ISSN:1860949X, DOI:http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-32207-0\_3, 29-45*

A numerical simulation of Biochemical Oxygen Demand (BOD) removal in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands (HSF CW) is presented. Emphasis is given to select the optimal type of the reaction concerning the BOD removal. For this purpose, a computational investigation is realized by comparing the most usual reaction type, the first-order one, and the recently proposed Monod type, with simulated experimental data obtained from five pilot-scale HSF CW units. These units were operated for 2 years in the facilities of the Laboratory of Ecological Engineering and Technology (LEET), Democritus University of Thrace (DUTH), Xanthi, Greece. For the numerical simulation the Visual MODFLOW family computer code is used, and especially the RT3D code.

Представена е числена симулация на редуцията на Биохимичното потребление на кислород (BOD) в изкуствени влажни зони с хоризонтален подземен поток. Набляга се на избора на оптимален тип реакция по отношение на премахването на BOD. За тази цел е извършено числено изследване чрез сравняване на най-обичайния тип реакция, тази от първи ред, и наскоро предложения тип на Моно, със симулирани експериментални данни, получени от пет пилотни инсталации. Тези инсталации са експлоатирани в продължение на 2 години в съоръженията на Лабораторията за екологично инженерство и технологии към Тракийски университет "Демокрит" в гр. Ксанти, Гърция. За числените симулации е използван компютърният код Visual MODFLOW, и по-специално кодът RT3D.

*Liolios, K., Tsihrintzis, V., Angelidis, P., Georgiev, K., Georgiev, I. Total phosphorus removal in horizontal subsurface flow constructed wetlands: A computational investigation for the optimal adsorption model. Studies in Computational Intelligence, 728, Springer, 2018, ISSN:1860-949X, DOI:10.1007/978-3-319-65530-7\_11, 109-121*

A numerical simulation concerning Total Phosphorus (TP) removal in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands (HSF CWs) is presented. For the phenomenon of absorption, a comparison between the results of a linear and a non-linear model is realized. The purpose is to investigate which one of these two adsorption models is the optimal one for the computational simulation of TP removal. The simulations concern five pilot-scale HSF CWs units, which were constructed and operated in the facilities of the Laboratory of Ecological Engineering and Technology (LEET), Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace (DUTH), Xanthi, Greece. Concerning the numerical simulation, the Visual MODFLOW computer code is used, which is based on the finite difference method. Finally, a comparison between computational and available experimental results is given.

Представена е числена симулация за отстраняване на тоталния фосфор в изкуствени влажни зони с хоризонтален подзамен поток. За явлениято абсорбция е направено сравнение между резултатите от линеен и нелинеен модел. Целта е да се проучи кой от

тези два модела на адсорбция е оптимален за компютърно моделиране на отстраняването на тоталния фосфор. Симулациите се отнасят до пет пилотни единици, които са изградени и експлоатирани в съоръженията на Лабораторията за екологично инженерство и технологии към Катедрата по екологично инженерство на Тракийски университет "Демокрит" в гр. Ксанти, Гърция. По отношение на числената симулация е използван компютърният код Visual MODFLOW, който се основава на метода на крайните разлики. Накрая е направено сравнение между получените числени резултати и наличните експериментални данни.

*Fenz, W., Dirnberger, J., Georgiev, I. Blood flow simulations with application to cerebral aneurysms. Simulation Series, 48, 6, The Society for Modeling and Simulation International, 2016, ISSN:07359276, 12-19*

Cerebral aneurysms are dilations of arterial walls that can grow and rupture. We present a novel simulation system of the blood flow through intracranial aneurysms including its interaction with the surrounding vessel. It enables physicians to estimate rupture risks by calculating the distribution of blood pressure, velocity and wall stresses, in order to support the planning of clinical interventions. For the numerical simulation, the computational domain is extracted from medical image data of the patient's cerebrovascular system. The blood is modeled as an incompressible Newtonian fluid, and the surrounding vessel wall as an isotropic linear elastic material. Both the Navier-Stokes equations for the fluid domain and the Lamé equations for the solid domain are handled with a finite element method, and the resulting linear equation systems are solved via an algebraic multigrid algorithm. Implicit coupling between blood flow and wall elasticity is achieved using an iterative fluidstructure interaction technique deforming the fluid mesh according to the wall displacement in each step. Boundary conditions are applied by prescribing measured waveforms of blood velocity and pressure at inlet and outlet areas. Due to the time-critical nature of the application, we exploit state-of-the-art numerical methods on heterogeneous CPU/GPU extremely parallel architectures.

Мозъчните аневризми са разширения на артериалните стени, които могат да нараснат и да се спукат. Представяме нова система за симулация на кръвотока през вътречерепни аневризми, включително взаимодействието му със заобикалящия го съд. Тя дава възможност на лекарите да оценяват рисковете от разкъсване чрез изчисляване на разпределението на кръвното налягане, скоростта и напреженията на стените, за да се подпомогне планирането на клинични интервенции. За целите на числената симулация изчислителната област се извлича от данни от медицински изображения на мозъчната кръвоносна система на пациента. Кръвта се моделира като несвиваем нютонен флуид, а заобикалящата я стена на съда - като изотропен линеен еластичен материал. Уравненията на Навие-Стокс за флуидната област и уравненията на Ламе за твърдата област се решават с метода на крайните елементи, а получените системи линейни уравнения се решават чрез алгебричен мултигрид алгоритъм. Имплицитното свързване между кръвния поток и еластичността на стената се постига чрез итеративна техника за взаимодействие между флуид и твърдо тяло, която деформира флуидната мрежа в зависимост от преместването на стената на всяка стъпка. Прилагат се гранични условия, като се предписват измерените форми на вълната на скоростта и налягането на кръвта в зоните на входа и изхода. Поради



критичния характер на приложението във времето, ние използваме съвременните числени методи върху хетерогенни паралелни изчислителни архитектури.

*Toneva D., Nikolova S., Georgiev I., Tchorbadjieff A.. Accuracy of linear craniometric measurements obtained from laser scanning created 3D models of dry skulls. Studies in Computational Intelligence, 681, Springer, 2017, ISSN:1860949X, DOI:10.1007/978-3-319-49544-6, 215-229*

The aim of this study was to establish the reliability of directly taken linear measurements on dry skulls and corresponding measurements taken on the 3D digital models created by laser scanning as well as to assess the agreement between both measuring methods. Four skulls were measured in two competitive methods—a direct measuring, based on the conventional craniometric method, and a digital measuring, accomplished on 3D models created by laser scanning. Thirteen cranial measurements were taken on both dry skulls and 3D models. The intraand inter-examiner reliability was estimated using intraclass correlation coefficient. The agreement between both measuring methods was assessed applying the Bland-Altman method for replicated measurements. A Bland-Altman plot was constructed for each of the 13 parameters. The 3D model and directly taken measurements were assessed as highly reliable and reproducible, excepting the orbital height. Our results showed that 96% of all digital measurements differ from the directly taken ones with less than 2mm and respectively 67.6% differ with less than 1mm. Based on the results of the Bland-Altman plots, most of the measurements obtained by both measuring methods could be accepted as comparable, since the majority of differences were within the constructed limits of agreement. However, there were digital measurements, particularly these with landmarks situated on bone margins, which systematically overestimated the directly taken ones.

Целта на това проучване е да се установи надеждността на директно направените линейни измервания върху сухи черепа и съответните измервания, направени върху 3D цифрови модели, създадени чрез лазерно сканиране, както и да се оцени съответствието между двата метода на измерване. Четири черепа бяха измерени по два конкурентни метода - пряко измерване, основано на конвенционалния краниометричен метод, и цифрово измерване, извършено върху 3D модели, създадени чрез лазерно сканиране. Бяха направени 13 краниални измервания както на сухи черепа, така и на 3D модели. Съответствието между двата метода на измерване беше оценено чрез прилагане на метода на Бланд-Алтман. За всеки от 13-те параметъра е построена диаграма на Бланд-Алтман. 3D моделът и директно направените измервания бяха оценени като високо надеждни и възпроизводими, с изключение на орбиталната височина. Резултатите ни показаха, че 96 % от всички дигитални измервания се различават от директно направените с по-малко от 2 мм и съответно 67,6 % се различават с по-малко от 1 мм. Въз основа на резултатите от графиките на Бланд-Алтман повечето от измерванията, получени чрез двата метода на измерване, могат да се приемат за сравними, тъй като повечето разлики са в рамките на границите на съответствие. Въпреки това, имаше дигитални измервания, които системно надхвърляха директно направените измервания.

*Kyovtorov, V., Georgiev, I., Margenov, S., Stoychev, D., Oliveri, F., Tarchi, D.. New antenna design approach – 3D polymer printing and metallization. experimental test at 14–18 GHz. AEU - International Journal of Electronics and Communications, 73, Elsevier, 2017, ISSN:1434-8411, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.aeue.2016.12.017>, 119-128*

This paper proves a new approach for rapid prototyping of radio antennas through 3D printing and chemical metallization. For this purpose, a standard metal pyramidal horn prototype is compared with its 3D printed replica. Three different 3D polymer printers are tested. The printed samples are assessed nondestructively by an X-ray Industrial Computed Tomography (CT) scanner, and then metalized via chemical deposition and chemical-electrochemical deposition. Copper with two different layer thicknesses and nickel materials are deployed and verified as a metallization opportunity. Again the CT scanner, X-ray fluorescent analysis and nanoindentation technique were used to perform the metallization quality estimation. As a result, a qualitative polymer prototype was produced having weight of 13 g – ten times lighter than the original. The prototype was successfully metalized and was able to be soldered. The radiomeasurement comparison with the metal original for frequencies 14–18 GHz showed no significant differences. Finally, a simple dynamometric test confirmed the bonding between the metal and the polymer. To the best of our knowledge this is the first known comprehensive analysis of the possibility to print 3D lightweight wideband polymer antenna prototypes with a stable chemical metallization and radio properties very close to the original at 14–18 GHz.

Тази статия доказва нов подход за бързо създаване на прототипи на радиоантени чрез 3D печат и химическо метализиране. За тази цел се сравнява прототип на стандартна метална пирамидална антена с нейно 3D отпечатано копие. Тествани са три различни 3D полимерни принтера. Отпечатаните образци се оценяват неdestructивно чрез индустриална рентгенова компютърна томография, след което се метализират чрез химическо и електрохимично отлагане. Като възможни материали за метализация са изследвани мед с две различни дебелини на слоя и никел. За да се извърши оценка на качеството на метализацията са използвани: микро-компютърна томография, рентгенов флуоресцентен анализ и наноиндентация. В резултат на това е произведен качествен полимерен прототип с тегло 13 g - десет пъти по-лек от оригинала. Прототипът беше успешно метализиран и можеше да се запоява. Сравнението на радиоизмерванията с металния оригинал за честоти в интервала 14 - 18 GHz не показва значителни разлики. Накрая, прост динамометричен тест потвърди свързването между метала и полимера. Доколкото ни е известно, това е първият известен цялостен анализ на възможността за отпечатване на 3D леки ширококолентови полимерни антенни прототипи със стабилна химическа метализация и радиосвойства, много близки до тези на оригинала при честоти 14 - 18 GHz.

*Spassov, N., Hristova, L., Ivanova, S., Georgiev, I. First record of the “small cave bear” in Bulgaria and the taxonomic status of bears of the Ursus savini ANDREWS – Ursus rossicus BORISSIAK group. Fossil Imprint, 73, 3-4, De Greuter, 2017, ISSN:2533-4050, DOI:10.1515/if-2017-0015, 275-291.*

The discovery of rich, well preserved skull material in the latest Middle Pleistocene deposits of Mishin Kamik cave (N-W Bulgaria) presents an opportunity for a new analysis of the taxonomy and the phylogeny of the so called "small cave bears". Not all the small cave bears known would have necessarily had a common origin, the size decrease could be related in a number of cases to a parallelism. The bear from Mishin Kamik is identical with "*Ursus rossicus*" Borissiak from Krasnodar (S. Russia). Both these samples must be referred to *U. savini* Andrews from Bacton near Cromer (England). The specimens from Krasnodar and Mishin Kamik could be classified as *U. sa. rossicus*, a late form of the species. This species may have affinities with some Middle Pleistocene Siberian forms. *U. savini* is a small but very robust spelaeoid bear which is more advanced in a number of features than *U. deningeri*. In several aspects it attained the evolutionary adaptations of the cave bears of the *U. spelaeus*- *U. ingressus* group and represents an independent lineage of spelaeoid bears. The Mishin Kamik population was adapted to a mosaic landscape of forests and open areas in hilly terrain. This bear had well developed grazing adaptations but had weak motor abilities.

Откриването на богат, добре запазен черепен материал в най-късните средноплейстоценски отложения на пещерата Мишин камик (Северозападна България) дава възможност за нов анализ на таксономията и филогенията на така наречените "малки пещерни мечки". Не е задължително всички известни малки пещерни мечки да са имали общ произход, като намаляването на размерите в редица случаи би могло да се свърже с паралелизъм. Мечката от Мишин камик е идентична с "*Ursus rossicus*" на Борисяк от Краснодар (С. Русия). И двата образеца трябва да бъдат отнесени към *U. savini* Andrews от Bacton край Cromer (Англия). Екземплярите от Краснодар и Мишин камик могат да бъдат класифицирани като *U. sa. rossicus*, късна форма на вида. Този вид може да има родство с някои средноплейстоценски сибирски форми. *U. savini* е малка, но много здрава пещерна мечка, която е по-развита в редица характеристики от *U. deningeri*. В няколко аспекта тя е достигнала еволюционните адаптации на пещерните мечки от групата *U. spelaeus*- *U. ingressus* и представлява самостоятелна линия на спелеоидните мечки. Популацията от Мишин камик е адаптирана към мозаичен ландшафт от гори и открити площи в хълмист терен.

Zolotarev, S., Vengrinovich, V., Mirzavand, M., Mukhtar, M., Georgiev, I. *Bayesian reconstruction of images of objects with high-density inclusions with suppression of artifacts*. *MATEC Web of Conferences*, 145, EDP Sciences, 2018, ISSN:2261-236X, DOI:10.1051/mateconf/201814505017, 05017

The technology of three-dimensional Bayesian tomographic reconstruction of homogeneous objects with high-density inclusions is developed. The approach is based on preliminary correction of projections by extracting the data corresponding to X-rays passing through a high-density region, and replacing it with synthesized data obtained by two-dimensional interpolation. An original method for selecting interpolation points is proposed and a mathematical algorithm is described that ensures the implementation of two-dimensional interpolation correction of projections.

Разработена е технология за тримерна Бейсова томографска реконструкция на хомогенни обекти с висока плътност на включванията. Подходът се основава на предварителна корекция на проекциите чрез извличане на данните, съответстващи на рентгеновите лъчи, преминаващи през област с висока плътност, и замяната им със синтезирани данни, получени чрез двуизмерна интерполация. Предложен е оригинален метод за избор на точки за интерполация и е описан математически алгоритъм, който осигурява прилагането на двуизмерна интерполационна корекция на проекциите.

*Liolios, K., Skodras, G., Georgiev, K., Georgiev, I. Analysis of Contaminant Removal in a Constructed Wetland Operating Under Step-Feeding: A Monte Carlo Based Stochastic Treatment Accounting for Uncertainty,. Studies in Computational Intelligence, 1111, Springer, Cham., 2023, ISSN:1860-949X, DOI:10.1007/978-3-031-42010-8\_11, 103-111*

The ability of a Constructed Wetland (CW) to remove effectively pollutants, while operating under the alternative feeding technique of step-feeding, is investigated in a stochastic way. The procedure is analyzed by taking into account uncertainty for input parameters, by using the Monte Carlo method. Available experimental data are taking into account during the numerical simulation. As the relevant results show, step-feeding seems not to improve the performance of CWs to remove pollutants, in comparison with the corresponding results when the tank is operating without this feeding technique.

Способността на изградената влажна зона (CW) да отстранява ефективно замърсители, докато работи с алтернативната техника на хранване - стъпаловидно хранване, се изследва по стохастичен начин. Процедурата се анализира, като се взема предвид неопределеността на входните параметри, като се използва методът Монте Карло. Наличните експериментални данни се вземат предвид по време на числената симулация. Както показват съответните резултати, стъпаловидното хранване изглежда не подобрява работата на КС за отстраняване на замърсители в сравнение със съответните резултати, когато резервоарът работи без тази техника на хранване.

*Liolios, K., Skodras, G., Georgiev, K., Georgiev, I. Effluent Recirculation for Contaminant Removal in Constructed Wetlands Under Uncertainty: A Stochastic Numerical Approach Based on Monte Carlo Methodology, Lecture Notes in Computer Science, 13127, Springer, Cham, 2022, ISSN:0302-9743, 148-155*

The problem of the alternative operational technique concerning effluent re-circulation in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands (HSF CW), and the possibility of this technique to remove efficiently pollutants under uncertainty, is investigated numerically in a stochastic way. Uncertain-but-bounded input-parameters are considered as interval parameters with known upper and lower bounds. This uncertainty is treated by using the Monte Carlo method. A typical pilot case of an HSF CW concerning Biochemical Oxygen Demand (BOD) removal is presented and numerically investigated. The purpose of the present study is to

compare the relevant numerical results obtained under parameter uncertainty and concerning HSF CW operation with and without the effluent recirculation technique.

Проблемът с алтернативната оперативна техника за рецикулация на отпадъчните води в изкуствените влажни зони с хоризонтален подземен поток и възможността тази техника да отстранява ефективно замърсители при наличие на неопределености е изследван числено. Неопределени, но ограничени входни параметри се разглеждат като интервални параметри с известни горни и долни граници. Тази неопределеност се третира чрез метода Монте Карло. Представен и изследван числено е типичен пилотен случай на изкуствена влажна зона с хоризонтален подземен поток за отстраняване на биохимичното потребление на кислород. Целта на настоящото изследване е да се сравнят съответните числени резултати, получени при неопределеност на параметрите и отнасящи се до работата на влажната зона с и без техника за ефективна рецикулация.

*Jordanov, N., Georgiev, I., Karamanov, A.. Sintered Glass-Ceramics, Self-Glazed Materials and Foams from Metallurgical Waste Slag, Materials, 14,(9), Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), 2021, ISSN:1996-1944, DOI:10.3390/ma14092263, 2263*

The materials used for the synthesis of parent glass are 70% wt. metallurgical slag and 30% wt. industrial quartz sand. The initial batch is melted at and then quenched in water. The resulting glass frit is milled below 75 microns and pressed 1400 °C into “green” samples. In a next stage, they are heat treated at different temperatures with various heating rates and holding times. As a result, it is demonstrated the possibility for production variations, allowing the manufacture of three types of new materials by using the same pressed glass powders. We highlight the flexibility of the synthesis obtaining namely well densified glass-ceramics at about 950 °C, self-glazed glass-ceramics at about 1000 °C or glass-ceramic foams at approximately 1100 °C. The first set of materials is characterized by very well sintered structure combined with reasonable crystallinity; the second one—by smooth self-glazed surface with an attractive appearance and good properties and the third one—by 80 - 90% closed porosity and very good thermal stability above 1000 °C.

Материалите, използвани за синтеза на изходно стъкло, са 70% металургична шлака и 30% промишлен кварцов пясък. Първоначалната партида се разтопява и след това се охлажда във вода. Получената стъклена фрита се смела до 75 микрона и се пресова на 1400°C в "зелени" образци. На следващия етап те се подлагат на термична обработка при различни температури с различни скорости на нагряване и време на задържане. В резултат на това се демонстрира възможността за производствени вариации, позволяващи производството на три вида нови материали чрез използването на едни и същи пресовани стъквени прахове. Подчертаваме гъвкавостта на синтеза, като получаваме добре уплътнена стъклокерамика при около 950 °C, самозагладена стъклокерамика при около 1000 °C или стъклокерамична пяна при около 1100 °C. Първият набор от материали се характеризира с много добре спечена структура, съчетана с разумна кристалност; вторият - с гладка

самоглазирана повърхност с привлекателен външен вид и добри свойства, а третият - с 80-90% затворена порьозност и много добра термична стабилност над 1000 °С.

*Karamanov, A., Georgiev, I, Relationship among structure, properties and appearance of sintered glass-ceramics and composites from hazardous industrial wastes, International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2021, ISSN: 1314-2704, Vol: 21, Issue: 4.1, Page: 165-174, <https://doi.org/10.5593/sgem2021/4.1/s18.31>*

The largest manufactures of glass-ceramics in the last decades are related to the luxurious Japanese tiling material "Neoparies" and its replicas, developed in China. These marble-like materials are produced by sintering and surface crystallization of glass grains (frit) with original composition, placed in large refractory moulds (up to 1-2 m<sup>2</sup>) and the subsequent grinding and polishing of final panels in use. Since these products are manufactured in high volumes, the technology seems to be very appropriate for synthesis of tiling materials using frits from different vitrified industrial wastes. In addition, due to the immobilization of heavy metals from the waste into the stable glass structure, this approach is also very suitable for the inertization of harmful industrial wastes. Here are presented some examples, studied by the authors, about sintered glass-ceramics with an attractive appearance obtained by glass frits, based on fly ashes from municipal incinerator, blast furnace slag and residues from Zn and Cu productions. The possibility to produce composites with addition of crushed ceramics rejects in the main frit is also demonstrated and discussed. The sintering and the crystallization are elucidated by DTA and XRD, while the structure of specimens is observed with optical microscopy. Special attention is paid on the distribution of residual porosity and the pore size and shape; these results are obtained by detailed scanning with X-Ray Micro Computed Tomography. Then the effect of particles size or the simultaneous usage of various fractions on the appearance of final materials and on their mechanical and thermal properties are discussed in details. The studied samples are characterized with both high chemical durability and mechanical properties, which significantly surpasses the characteristics of natural stones and traditional tiling ceramics.

Най-големите производства на стъклокерамика през последните десетилетия са свързани с луксозния японски материал за плочки "Neoparies" и неговите реплики, разработени в Китай. Тези материали, наподобяващи мрамор, се произвеждат чрез синтероване и повърхностна кристализация на стъклени зърна (фрита) с оригинален състав, поставени в големи огнеупорни форми (до 1-2 m<sup>2</sup>), и последващо шлифоване и полиране на крайните панели при употреба. Тъй като тези продукти се произвеждат в големи обеми, технологията изглежда много подходяща за синтез на материали за плочки, като се използват фрити от различни стъклокерамични промишлени отпадъци. Освен това, поради имобилизирането на тежките метали от отпадъците в стабилната структура на стъклото, този подход е много подходящ и за инертност на вредни промишлени отпадъци. Тук са представени някои примери, изследвани от авторите, за спечена стъклокерамика с атрактивен външен вид, получена от стъклени фрити, на базата на летяща пепел от общински инсинератор, доменна шлака и остатъци от производства на Zn и Cu. Демонстрирана и обсъдена е и възможността за получаване на композити с добавяне на натрошени керамични отпадъци в основния фрит. С помощта на DTA и XRD са изяснени

синтероването и кристализацията, а структурата на образците е наблюдавана с оптична микроскопия. Специално внимание е отделено на разпределението на остатъчната порьозност, както и на размера и формата на порите; тези резултати са получени чрез подробно сканиране с рентгенова микрокомпютърна томография. След това се разглежда подробно влиянието на размера на частиците или едновременното използване на различни фракции върху външния вид на крайните материали и върху техните механични и термични свойства. Изследваните образци се характеризират както с висока химическа трайност, така и с механични свойства, които значително превъзхождат характеристиките на естествените камъни и традиционната керамика за облицовки.

*Koprinkova-Hristova, P., Georgiev, I., Raykovska, M, Echo State Network for Features Extraction and Segmentation of Tomography Images, Computer Science and Information Systems, , 2024, 21(1), 379-393, ISSN: 2683-3867, <https://doi.org/10.2298/CSIS230128045K>*

The paper proposes a novel approach for gray scale images segmentation. It is based on multiple features extraction from a single feature per image pixel, namely its intensity value, via a recurrent neural network from the reservoir computing family - Echo state network. The preliminary tests on the benchmark gray scale image Lena demonstrated that the newly extracted features - reservoir equilibrium states - reveal hidden image characteristics. In present work the developed approach was applied to a real life task for segmentation of a 3D tomography image of a bone whose aim was to explore the object's internal structure. The achieved results demonstrated the novel approach allows for clearer revealing the details of the bone internal structure thus supporting further tomography image analyses.

В статията се предлага нов подход за сегментиране на изображения в сива скала. Той се основава на извличането на множество признаци от един-единствен признак за пиксел на изображението, а именно стойността на интензитета му, чрез рекурентна невронна мрежа от семейството на резервоарните изчисления - *Echo state network*. Предварителните тестове върху еталонно сиво скално изображение Lena показаха, че новоизвлечените характеристики - резервоарни равновесни състояния - разкриват скрити характеристики на изображението. В настоящата работа разработеният подход е приложен към реална задача за сегментиране на 3D томографско изображение на кост, чиято цел е да се изследва вътрешната структура на обекта. Постигнатите резултати показаха, че новият подход позволява по-ясно разкриване на детайлите на вътрешната структура на костта, като по този начин подпомага по-нататъшните анализи на томографски изображения.