

## Virtual-Physical Space

### “Bulgarian Cultural and Historical Heritage”

Stanimir Stoyanov, Asya Stoyanova-Doycheva, Todorka Glushkova

“Paisii Hilendarski”, University of Plovdiv, Bulgaria

**Abstract:** The article presents a virtual physical space for storage and presentation of digitized Bulgarian cultural, historical and similar sites. The space is realized with the help of integrated technology, including means of artificial intelligence, enhanced with modern technologies such as IoT (Internet of Things) and CPSS (Cyber-Physical-Social System). The advantages of space compared to the usual approaches for developing this type of systems are discussed. The objects digitized in accordance with the CCO standard (Cataloging Cultural Objects) are stored in a distributed knowledge base, implemented mainly as ontologies. The space provides users with a personal travel guide who is able to understand and fulfill their wishes and preferences.

**Keywords:** Virtual-Physical Space (ViPS); Cataloging Cultural Objects (CCO)

## Виртуално-физическо пространство

### „Българско културно-историческо наследство“

Станимир Стоянов, Ася Стоянова-Дойчева, Тодорка Глушкова

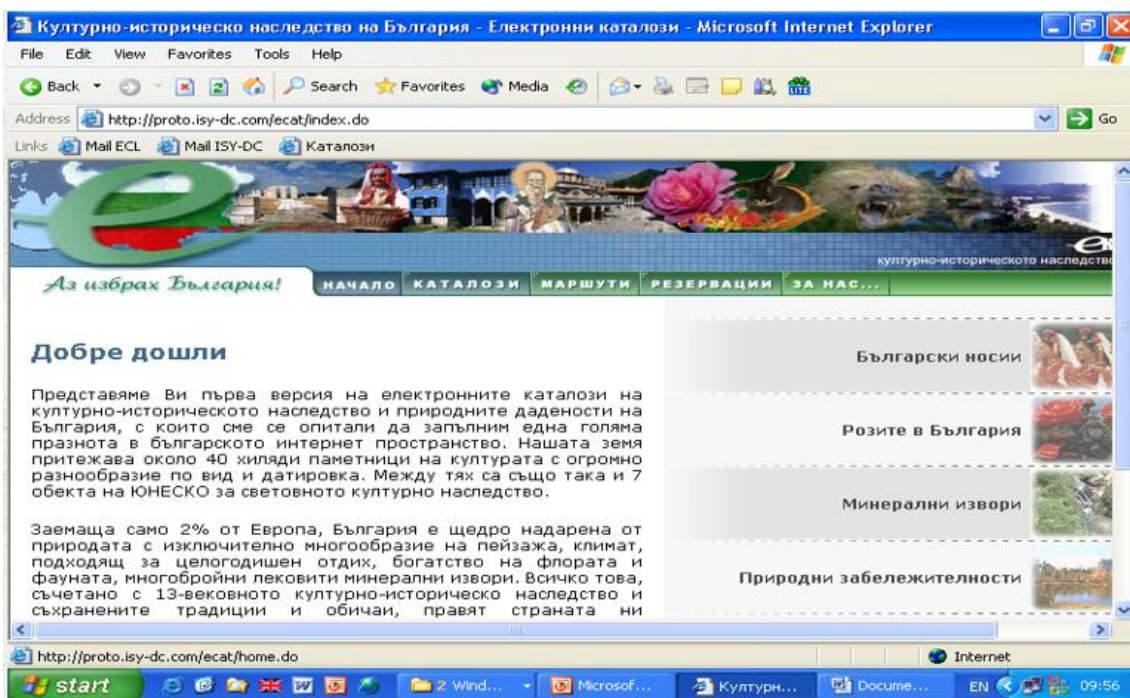
Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“, България

**Резюме:** В статията е представено виртуално-физическо пространство за съхраняване и представяне на дигитализирани български културно-исторически обекти. Пространството е реализирано с помощта на интегрирана технология, включваща средства от изкуствения интелект, усилен със съвременни технологии като IoT (Internet of Things) и CPSS (Cyber-Physical-Social System). Дискутират се предимствата на пространството в сравнение с обичайните подходи за разработването на такъв вид системи. Дигитализираните в съответствие със стандарта CCO (Cataloging Cultural Objects) обекти се съхраняват в разпределени бази знания, имплементирани основно като онтологии. Пространството предоставя на потребителите персонален туристически гид, който е в състояние да разбира и изпълнява техните желания и предпочитания.

**Ключови думи:** Virtual-Physical Space (ViPS); Cataloging Cultural Objects (CCO).

Поради уникалното си географско разположение регионът ни е бил кръстопът на много националности в продължение на хиляди години. Той е бил люлка на една от най-старите култури в Европа и света. Нашата земя има около 40 000 паметника на културата с огромно разнообразие по вид и

произход, включително тринадесетте места за културно, природно и нематериално световно наследство. Заемайки само 2% от Европа, България е щедро надарена с природа със забележително разнообразие от пейзажи, подходящ за целогодишен отдиш климат, богатство на флора и фауна и множество лечебни минерални извори. Всичко това, съчетано с 13-вековно културно-историческо наследство и съхранени традиции и обичаи, прави страната ни привлекателна дестинация за различни видове туризъм. За съжаление, въпреки усилията и напредъка в последните години, това огромно културно наследство все още е недостатъчно представено (и с това малко известно) във виртуалното глобално пространство. Възможностите, предоставяни от съвременните информационни и комуникационни технологии, не се използват в пълния си потенциал за неговото популяризиране и реклама. Същевременно всяка нововъзникваща технология разкрива нови възможности за дигитализация и виртуализация на културно-историческото ни наследство - така напр. комбинация на изкуствен интелект с Интернет на нещата (IoT) (Vermesan et al., 2013) и кибер-физически-социални системи (CPSS) (Wang, 2010).



Фигура 1. Заглавна страница BULCHINO

В тази статия се представя виртуално-физическо пространство за дигитализация на културно-исторически обекти, наречено „Българско културно-историческо наследство“. Виртуално-физическото пространство е наследник на проекта BULCHINO (Cultural Historical and Natural Objects of Bulgaria), реализиран преди 15 години. BULCHINO е електронният каталог (Фиг.1.), в който са представени различни обекти с фундаментално значение за нашето културно-историческо наследство, разпределени в 23 тематични каталога и 5

категории (Trendafilova, 2007). Класификацията е изготвена на основата на определението на ЮНЕСКО за културно-историческо наследство. Представянето на обектите е в съответствие със стандарта ССО (Cataloguing Cultural Objects) (Basa et al., 2006). Основната цел на BULCHINO беше да се анализират възможностите на стандарта за представяне на обекти, свързани с българския фолклор и природни забележителности. За съжаление, поради различни причини проектът не беше продължен в следващите години. Едва в последно време, като се използва опитът с каталога BULCHINO, беше възобновена работата по темата. Мотивацията за неговото възстановяване е възникването на ViPS (Virtual-Physical Space). ViPS е генетична инфраструктура за разработване на интелигентни системи със CPSS и IoT поведение (Stoyanov et al., 2019), която може да се адаптира за различни приложни области (Glushkova et al., 2019). Пространството поддържа интеграцията на виртуалния и физическия свят и предоставя възможности за виртуализация на физически обекти. Специално внимание се отделя на подкрепата на различни групи от потребители (особено на тези в неравностойно положение), които ще работят с приложения, създадени с помощта на адаптирани версии на генетичната инфраструктура.

Дигитализацията на културно-историческото наследство може да има много аспекти и широко приложение. Актуално, нашият проект се фокусира върху дигитализация на българския фолклор и старата българска архитектура. Пространството поддържа помощни средства за туристи и възможности за реализиране на различни видове електронно обучение.

Статията е структурирана, както следва: в следващия раздел е направен опит за кратък преглед на някои особености на дигитализацията на културно-историческите обекти; архитектурата на пространството е представена в третия раздел; в четвъртия раздел са дадени технологиите, използвани за реализация на пространството; заключението обобщава актуалното състояние на пространството.

### **Кратък преглед на състоянието на проблематиката**

В последните години се обръща изключително внимание на дигитализацията на културно-историческото наследство на народите. За това говори огромният брой проекти на международно, национално и особено на регионално и на местно ниво. Може би е обяснимо, че е изключително трудно да бъдат обхванати такъв внушителен брой обекти и огромно наследство. Освен това, интересите (напр. в културния туризъм) обикновено имат регионален и местен характер. Резултатите от такива проекти са предимно

сайтове, посветени на тематиката – напр. проект за дигитализация на културното наследство в община Пловдив<sup>1</sup> (Plovdiv Municipality, 2021).

Съществуват също голям брой специализирани разработки. Историческите архиви представляват огромно богатство, чийто потенциал е застрашен от липсата на ефективно управление и инструменти за достъп. Този проблем може да бъде решен чрез предоставяне на архивни каталози със семантичен слой, съдържащ богат набор от семантични метаданни, представляващи съдържанието на документите в пълноценен формален машинно четим формат. За справяне с такова предизвикателство в (Goy et al., 2020) е представен проекта PRiSMHA, ядрото на който е концептуален семантичен речник, имплементиран като онтологии. Придобиването на семантични знания обаче е добре известно тясно място за системи, основани на знания – за да реши този проблем, PRiSMHA разчита на съвместен модел за краудсорсинг, т.е. онлайн общност от потребители, които си сътрудничат в изграждането на семантични представяния на съдържанието на архивни документи въз основа на лексика, предоставена от онтологията.

Нарастващата дигитализация на исторически архиви предоставя нови, често специфични за дадена област, текстови ресурси, които отчитат факти и събития, които са се случили в миналото – сред тях мемоарите са много често срещан тип първоизточник. Основавайки се на семантичното представяне на събития, участници и роли, в (Rovera et al., 2021) се представя подход за извличане на информация от италианските исторически военни мемоари и превръщането ѝ в структурирано знание.

В (Cena et al., 2020) е представен персонален туристически пътеводител за хора в неравностойно положение, който е в състояние да предлага избор на „безопасни точки на интерес“, т.е. места, които са интересни за потребителя и имат „безопасни“ характеристики от сензорна гледна точка, като напр. тихи и слабо посетени или с подходящо осветление. По-специално, туристическите карти са съобразени с потребители с разстройство в аутистичния спектър.

В (Diaz-Rodriguez, Pisoni, 2020) се разглеждат предимствата и предизвикателствата, отнасящи се към най-новите техники на обяснителния изкуствен интелект. Демонстрират се възможностите на тези техники за доближаване до изкуството на нови групи от потребители.

Пандемичната обстановка се използва, за да се подчертае важноста на достъпа до цифрови копия на културно-историческото наследство (Guarneri et al., 2020). Изследването се фокусира върху определени аспекти на процесите за изучаване и документирание на произведения на изкуството и по-специално на събиране, предварителна обработка и синтез на данни.

---

<sup>1</sup> Община Пловдив. (2021). ПРОЕКТ „ДИГИТАЛНО КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКО НАСЛЕДСТВО НА ОБЩИНА ПЛОВДИВ“, <http://digital.plovdiv.bg/BG/Pages/default.aspx> (Plovdiv Municipality, 2021).



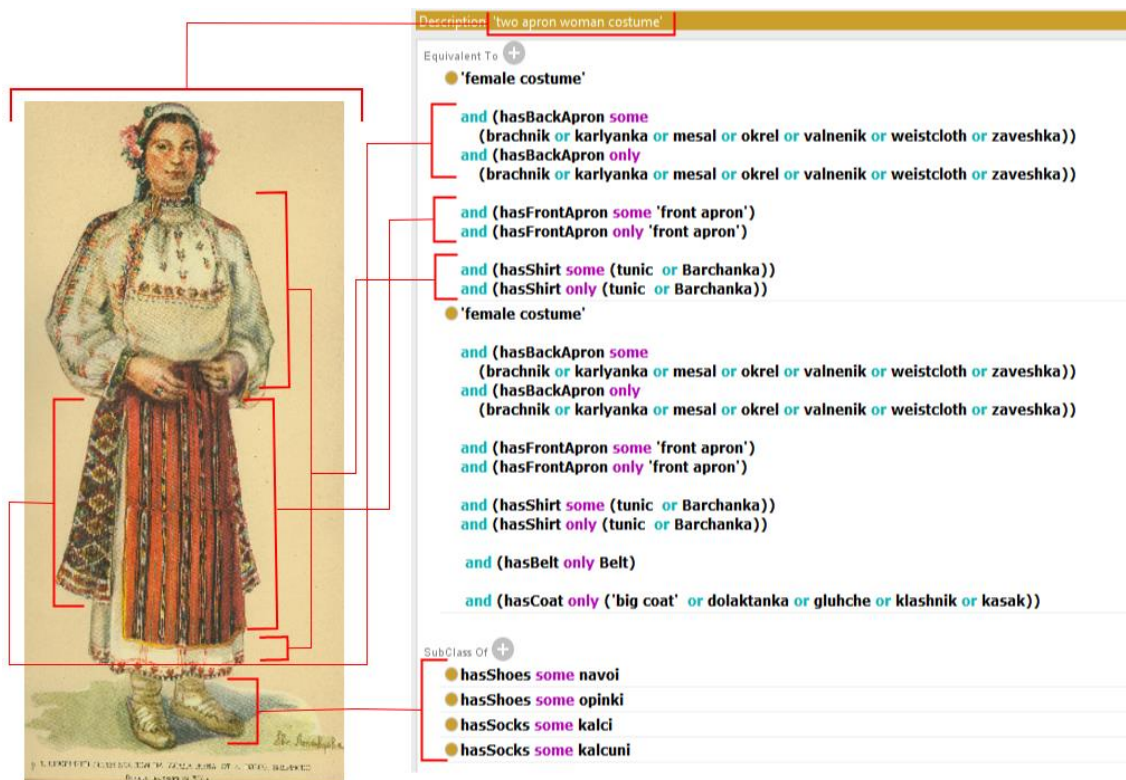
## Архитектура на пространството

Пространството е реализирано с помощта на интегрирана технология, която сме нарекли КИН (Културно-историческо наследство) платформа, включваща методи на изкуствения интелект и съвременни технологии като IoT и CPSS. Основните активни компоненти на платформата са реализирани като интелигентни автономни агенти, наречени асистенти. Смятаме, че основното предимство на този подход е, че при дигитализацията отчитаме не само присъщите атрибути на културно-историческите обекти, но също така и свързаните с тях пространствени, времеви и събитийни аспекти. Основни информационни единици на пространството са виртуализираните образи на културно-исторически обекти и културно-историческите маршрути. Виртуализираните образи се състоят от два компонента – присъщи образи и динамични образи. Присъщите образи представят характерните, обикновено неизменчиви (статични) атрибути на обектите. Динамичните образи моделират променливите пространствени, времеви и събитийни аспекти, кореспондиращи с културно-историческите обекти, съхранявани в пространството. Освен това основно предимство на така предложеното пространство е, че то става особено чувствително към проблемите на туристите в неравностойно положение. Архитектурата на пространството (Фиг. 2.) включва четири базови компонента, имплементирани като подпространства (ПП).

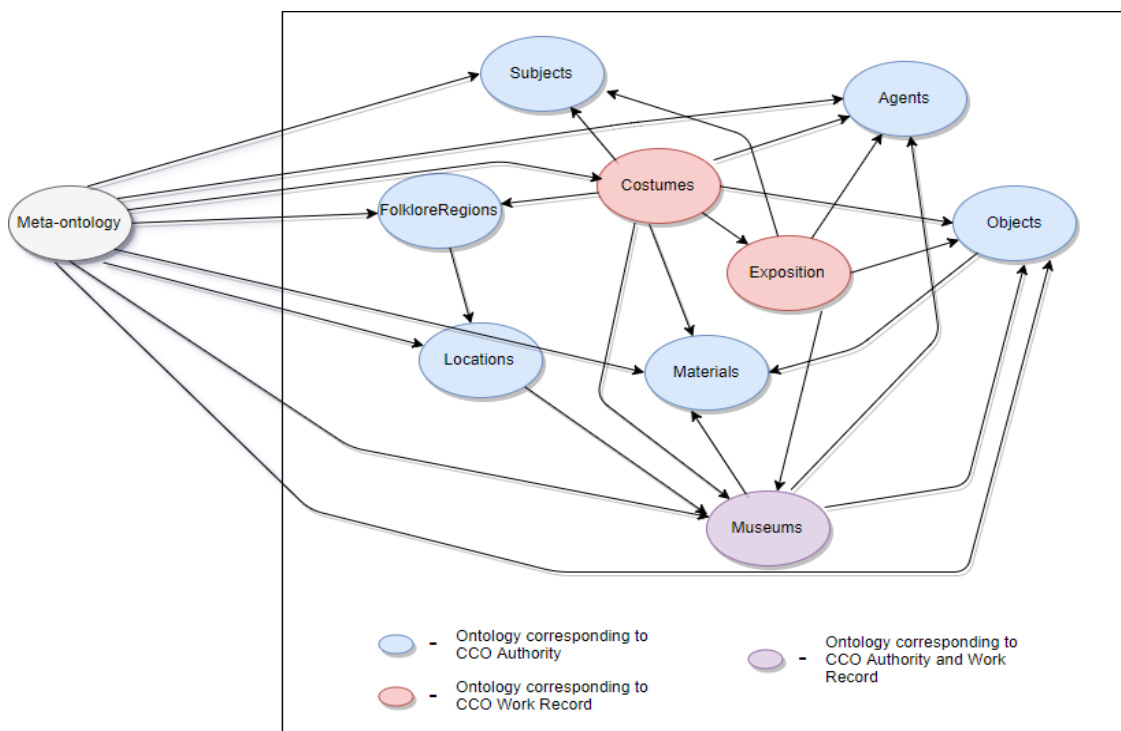


Фигура 2. Обща архитектура на пространството

ПП „БЗ-КИН“ е разпределено хранилище, наречено СНН OntoNet (Cultural and Historical Heritage-Ontology Network), за дигиталните присъщи статични образи на културно-историческите обекти. В актуалната версия на това подпространство са представени предимно обекти, свързани с българския фолклор. Пример за присъщ образ на фолклорен обект е даден на Фиг. 3.



Фигура 3. Женска двупрестилчена носия



Фигура 4. Схема на интегрирани онтологии

Отделните хранилища са разработени основно като специализирани онтологии с поддържащи реляционни бази данни. Така напр. българските носии са представени посредством интегрирани помежду си онтологии (Фиг.4). Интегрираната онтология представя знания за най-често срещаните видове носии, техните характеристики, които включват задължителни или

допълнителни елементи (дрехи), в зависимост от региона, в който се използват. Актуалното съдържание на онтологията е дадено на Фиг. 5.

Ontology metrics:	
<b>Metrics</b>	
Axiom	941
Logical axiom count	419
Declaration axioms count	261
Class count	196
Object property count	32
Data property count	4
Individual count	29
Annotation Property count	2
<b>Class axioms</b>	
SubClassOf	300
EquivalentClasses	6
DisjointClasses	46
GCI count	0
Hidden GCI Count	6

Фигура 5. Статистика от Protégé за онтологията Costumes

Продължихме изследванията за търсене на възможности за използване на стандарта ССО за представяне на фолклорни обекти. Кореспонденциите могат да бъдат видени на Фиг.4.

Една от целите ни е да свържем материалното с духовното и да използваме структурираната информация за формално и неформално обучение. Изграждането на модела на данните дава възможност да се свържат изкуствени артефакти с видни личности и тяхната дейност. Създадохме онтология за българските писатели и възрожденци.

Аналитичното ПП представя дигиталните динамични мета-образи на културно-историческите обекти, които изразяват пространствени, времеви и събитийни характеристики. Мета-образите кореспондират с присъщите образи, като по този начин се получава пълната виртуализация на физическите обекти. Съществен елемент на това подпространство е оперирация в него персонален асистент, изпълняващ ролята на персонален туристически екскурзовод (ПТЕ). ПТЕ взаимодейства с туриста и в зависимост от неговите желания и възможности (напр. времето с което разполага туристът) подготвя препоръчителен туристически маршрут. Маршрутите са основна структура, с която борави пространството. Възможни са следните три вида туристически маршрута: виртуален, физически или смесен. Всеки вид е свързан с решаване на различни предизвикателства – виртуалните маршрути нямат пространствени ограничения, което налага анализиране на голям брой обекти; при физическите маршрути е необходима прецизна селекция в общите хранилища; при смесените маршрути е необходимо динамично генериране на подпомагащи обяснения за посещаваните обекти.

ПП „Оперативни асистенти“ включва интелигентни активни компоненти, наречени оперативни асистенти (ОА), които подпомагат ПТЕ за генериране на

туристическите маршрути. ОА осъществяват контролиран достъп до информационните ресурси на цялото пространство. В това пространство се поддържат и някои услуги, като напр. разпознаване на елементи на културно-историческото наследство посредством невронни мрежи. Актуално реализираната услуга разпознава шевици (Toskova, Penchev, 2020) и народни носии (Staynov et al., 2020).

ПП „Гардове-КИН“ изпълнява функцията на своеобразен интерфейс между виртуалния и физическия свят. За гардовете физическият свят представлява мрежа от IoT възли. Обикновено IoT възлите са отделни сензори, сензорни групи, контролери или изпълняващи механизми. Сензорните данни се предават в аналитичното ПП за по-нататъшна обработка и анализ.

КИН-платформата предоставя допълнителни възможности за реализиране на интерфейси към външни системи за услуги (напр. хотели, ресторанти, места за отдих и др.) или бази данни с туристическа информация.

## Реализация на пространството

КИН-платформата се изгражда с технологията JaCaMo (Boissier et al., 2020). Персоналните и оперативните асистенти се разработват с технологията Jason (Bordini et al., 2007). Онтологиите се разработват със средата Protégé<sup>2</sup> (Protégé, 2021). Амбиент-ориентиран подход и поддържащият го формализъм ССА (Siewe et al., 2010) се използват за моделиране на пространствените аспекти. Интервална темпорална логика (Moszkowski, 1998) и средата jTempura се използват за моделиране на времевите аспекти. За представяне и обработка на събития са разработени Event Model и негов интерпретатор Event Engine (Guglev, Stoyanov, 2018).

## Заклучение

В текущата версия на пространството се фокусираме предимно върху дигитализация на обекти, свързани с българския фолклор. Също така правим реинженеринг на базите данни на BULCHINO, за да реализираме интегрирано разпределено хранилище между релационните бази данни и онтологии.

Пространството може да се използва, както като съответстваща система за туристи, така и за провеждане на различни форми на електронно обучение – смесено, продължаващо, приобщаващо и др.

---

<sup>2</sup> Protégé. (2021). A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems, <https://protege.stanford.edu/> (Protégé, 2021)



## Литература (References)

- Baca, M. et al.** (2006). *Cataloging Cultural Objects: A Guide to Describing Cultural Works and Their Images*, ALA Editions.
- Boissier, O. et al.** (2020). *Multi-Agent Oriented Programming. Programming Multi-Agent Systems Using JaCaMo*. MIT Press, London.
- Bordini, R. H. et al.** (2007). *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason*. John Wiley & Sons Ltd, 2007.
- Cena, F. et al.** (2020). Personalized Tourist Guide for People with Autism, UMAP '20 Adjunct, Workshop on Personalized Access to Cultural Heritage: PATCH'20, July 14–17, 2020, Genoa, Italy, 347-351.
- Diaz-Rodriguez, N., Pisoni, G.** (2020). Accessible Cultural Heritage through Explainable Artificial Intelligence, UMAP '20 Adjunct, Workshop on Personalized Access to Cultural Heritage: PATCH'20, July 14–17, 2020, Genoa, Italy, 317-324.
- Glushkova, T. et al.** (2019). *Cyber-Physical-Social Systems and Applications. Part II: Applications*, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019.
- Goy, A. et al.** (2020). Building Semantic Metadata for Historical Archives through an Ontology-driven User Interface, *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, Vol. 13, No. 3, Article 25, August 2020.
- Guarneri, M. et al.** (2020). The Importance of Artworks 3D Digitalization at the Time of COVID Epidemy: Case Studies by the Use of a Multi-wavelengths Technique," 2020 IEEE 5th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC), Beijing, China, 113-117.
- Guglev, Z., Stoyanov, S.** (2018). Hybrid approach for manipulation of events in the Virtual Referent Space, International Scientific Conference "Blue Economy and Blue Development", 1-2 June, 2018, BFU, Burgas.
- Moszkowski, B.** (1998). *Compositional reasoning using Interval Temporal Logic and Tempura*, Lect. Notes in Comp. Sci., 1536, 1998, Springer, 439-464.
- Plovdiv Municipality.** (2021). Proekt "Digitalno kulturno-istorichesko nasledstvo na obshtina Plovdiv" <http://digital.plovdiv.bg/BG/Pages/default.aspx> // [Община Пловдив. (2021). ПРОЕКТ „ДИГИТАЛНО КУЛТУРНО-ИСТОРИЧЕСКО НАСЛЕДСТВО НА ОБЩИНА ПЛОВДИВ“].
- Protégé.** (2021). A free, open-source ontology editor and framework for building intelligent systems, <https://protege.stanford.edu/>
- Rovera, M. et al.** (2021). Event-based Access to Historical Italian War Memoirs, *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, Vol. 14, No. 1, Article 2., January 2021.
- Siewe, F. et al.** (2010). *The calculus of context-aware ambients*, *Journal of Computer and System Sciences*, 2010.
- Stoyanov, S. et al.** (2019) *Cyber-Physical-Social Systems and Applications. Part I: Reference Architecture*, LAP LAMBERT Academic Publishing.

- Staynov, S., Milev, K., Kostadinov, G., Stoyanova-Doycheva, A.** (2020). Traditional Bulgarian Costume Classification in a Tourist Guide application, 2020 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICAI50593.2020.9311384.
- Toskova, A., Penchev, G.** (2020). Recognition of Bulgarian Embroidery with Recurrent Neural Network, 2020 IEEE 10th International Conference on Intelligent Systems (IS), Varna, Bulgaria, 252-257.
- Trendafilova, M.** (2007). Development Environment for Building Common Catalogue for Representation of the Culture-Historical Heritage of Bulgaria, CYBERNETICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES, Vol. 7, No 1., 95-105.
- Vermesan, O. et al.** (2013). Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems, Denmark: River Publishers, 2013. European Research Cluster on the Internet of Things.
- Wang, F.-Y.** (2010). The emergence of intelligent enterprises: From CPS to CPSS, IEEE Intelligent Systems, vol. 25, no. 4, pp. 85–88.

---

**Dr. Stoyanov, Stanimir, Prof.**

“Paisii Hilendarski”, University of Plovdiv, Bulgaria  
stani@uni-plovdiv.net

**Dr. Stoyanova-Doycheva, Asya, Assoc. Prof.**

“Paisii Hilendarski”, University of Plovdiv, Bulgaria  
astoyanova@uni-plovdiv.net

**Dr. Glushkova, Todorka, Assoc. Prof.**

“Paisii Hilendarski”, University of Plovdiv, Bulgaria  
glushkova@uni-plovdiv.bg

AUTHOR'S DATA WERE PUBLISHED ACCORDING GDPR RULES AND PUBLICATION ETHICS OF THE JOURNAL (<http://www.math.bas.bg/vt/kin/>)

Received: 31 March 2021

Accepted: 22 June 2021

Published: 07 December 2021

DOI: [www.doi.org/10.26615/issn.2367-8038.2021\\_2\\_005](http://www.doi.org/10.26615/issn.2367-8038.2021_2_005)



## **KIN Journal, 2021, Volume 07, Issue 2**

*Science Series Cultural and Historical Heritage: Preservation, Presentation, Digitalization*

*Научна поредица Културно-историческо наследство: опазване, представяне, дигитализация*

*Научная серия Культурное и историческое наследие: сохранение, презентация, оцифровка*

### **Editors Съставители**

*Prof. PhD. Petko St. Petkov*

*проф. д-р Петко Ст. Петков*

*Prof. PhD. Galina Bogdanova*

*проф. д-р Галина Богданова*

### **Copy editors Технически редактори**

*Assist. prof. PhD. Nikolay Noev*

*гл. ас. д-р Николай Ноев*

*Assist. prof. PhD. Kalina Sotirova-Valkova*

*ас. д-р Калина Сотирова-Вълкова*

*Paskal Piperkov*

*Паскал Пиперков*

**© Editors, Authors of Papers, 2021**

**© Редколегия, Авторски колектив, 2021**

### **Published by Издание на**

*Institute of Mathematics and Informatics*

*Институт по математика и*

*at the Bulgarian Academy of Sciences,*

*информатика при Българска академия на*

*Sofia, Bulgaria*

*науките, София, България*

<http://www.math.bas.bg/vt/kin/>

**ISSN: 2367-8038**