



Национална научна програма
«Електронно здравеопазване в България (е-Здраве)»
Споразумение Д01-200/16.11.2018 г.

РП 1 Определяне и анализ на съществени изисквания към системи за обработка и обмен на клинични данни. Разработване на формален модел на тези системи на базата на извършените анализи. Дефиниране и демонстриране на базирани на модела характеристики, осигуряващи приложение на проблемно-ориентиран подход и висока степен на абстракция.

<p>Отчет по: Работен пакет No. 1 (задачи 2, 3 и 4)</p>	<p>Автори: проф. д-р Евгений Кръстев проф. д-р Димитър Чаръкчиев (МУ-София) проф. д-р Калинка Калоянова проф. д-р Мария Нишева проф. д-р Георги Бояджиев проф. д-р Камен Делчев проф. д-р Румен Василев Кастелов, д. м. доц. д-р Димитър Василев доц. д-р Павел Павлов доц. д-р Любомир Киров доц. д-р Йоаннис Патиас докт. Емануил Марков (ТУ-София) докт. Христо Кюркчиев докт. Илиан Михайлов ас. Мария Колева ас. Емануела Митрева докт. Петко Ковачев докт. Симеон Абанос маг. Никола Кирилов Александрина Ламбова (студент, ФН 25963)</p>
	<p>Дата: Изготвен на 15.11.2021 г.</p>
<p>Име на файла: РП1 Отчет 2020-2021.pdf</p>	<p>Задача 2. Определяне на съществени изисквания към компонентите на система-ми за обработка и обмен на клинични данни. Задача 3. Създаване на метод и технология за реализация на системи за обмен, съхранение и обработка на клинични данни (СОСОКД) Задача 4. Изграждане на виртуални модели на елементи описващи клинично-диагностичния процес Вид на отчета: годишен (работен вариант) Отчетен период: 16.11.2020 г. – 15.11.2021 г.</p>

СЪДЪРЖАНИЕ

1	ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 2	4
2	ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 3	9
3	ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 4	14

Използвани съкращения**Table 1**

Съкращение	Пълно наименование
БД	Бази данни
БДС	Български държавен стандарт
БИС	Български институт за стандартизация
ЕЗ	Електронно здравеопазване
ЕЗЗ	Електронен здравен запис
ИБМП	Извънболнична медицинска помощ
ИС	Информационна система
ИТ	Информационни технологии
КП	Клинична пътека
ЛЗ	Лечебно заведение
МЗ	Министерство на здравеопазването
МКБ	Международна класификация на болестите
НЗОК	Национална здравноосигурителна каса
РБД	Релационни бази данни
CDR	Clinical data repository / Клинично хранилище на данни
EHR	Electronic Health record / Електронен здравен запис
GP	General Practitioner / Общопрактикуващ лекар
HISA	Health Informatics Service Architecture / Здравна информационна архитектура ориентирана към услуги
HL7	Health level 7 / Здравно ниво 7
HTML	HyperText Markup Language / Език за маркиране на хипертекст
ISO	International Organization for Standardization / Международна организация по стандартизация
MSSQL	Microsoft Structured Query Language / Език за структурирани запитвания на Microsoft
NHIS	National health information system / Национална здравна информационна система
PACS	Picture archiving and communication system / Система за архивиране и пренос на медицински изображения
RUP	Rational Unified Process / Рационализиран унифициран процес
SMS	Short Message Service / Услуга за кратки съобщения
SNOMED	Systematized Nomenclature of Medicine / Систематизирана медицинска номенклатура
SOA	Service-oriented architecture / Архитектура ориентирана към услуги
UML	Unified modeling language / Унифициран език за моделиране
XML	eXtensible Markup Language / Разширяем маркиращ език

1 ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 2

Докладът съдържа данни за изпълнението дейностите от Работен пакет 1 (РП1) по задача 2 от утвърдения Работен план за първо шестмесечие на **третата година** (16.11.2020 – 15.11.2021 г) от подписването на договора за изпълнение на ННП Е-Здраве. Задача 2 има следните основни характеристики.

Наименование на Задачата

Определяне и анализ на съществени изисквания към системи за обработка и обмен на клинични данни

Начало: 16.12.2018 г

Продължителност: 30 месеца. (в процес на изпълнение)

Докладът съдържа описание на резултатите от изпълнение на следните дейности:

- 1 Създаване на модел на бизнес процесите, осигуряващи обмен на данни между системите в областта на здравеопазването с цел изграждане на първични псевдонимизирани анонимни бази данни и осигуряване на първичен източник за провеждане на научни изследвания.
- 2 Анализ на ISO 13606 и техническия доклад ISO/TR 22221 за пълнота на описанието и консистентност на данните, използвани в болничната и доболничната помощ.
- 3 Изграждане на онтологичен модел за избрани социално значими заболявания.
- 4 Определяне на съществени изисквания към компонентите на системи за обработка и обмен на електронни здравни записи.
- 5 Създаване на модел за анализ съхраняваните клинични данни и извличане на закономерности от тях.
- 6 Дефиниране и демонстриране на базирани на модела характеристики, осигуряващи приложение на проблемно-ориентиран подход и висока степен на абстракция.

Резултати:

- **Разработен е прототип (уеб приложение)** за генериране на данни за електронна рецепта по изискванията на eHDSI (eHealth Digital Service Infrastructure) за трансграничен обмен на електронни рецепти в ЕС
- **Създаден е модел (XML scheme)** на основното множество от данни в електронна рецепта по изискванията на eHDSI

- **Разработена е компютърна програма** за съхраняване в QR код на основното множество от данни в електронна рецепта по изискванията на eHDSI
- **Проведено е изпитване на методика** за извличане на елементи на клинични данни от **клинични данни** в анонимизирани отчети в НЗОК за изпълнение на клинични пътеки
- **Проведени са компютърни експерименти(изпитване)** на методиката за генериране на съдържание на електронни рецепти с реални данни.
- **Проведени са компютърни експерименти(изпитване)** на съхранение на и декодиране на съдържание на електронна рецепта в QR код с реални данни.
- **Разработена е методика за трансграничен обмен на електронни рецепти в ЕС** на основата на предаване на съдържание на електронна рецепта в QR код. Методиката отговаря изцяло на функционалните изисквания на eHDSI и свързани с тях стандарти в ЕС.
- **Разработена е компютърна програма** за извличане на **основни категории от клинични данни** в анонимизирани отчети в НЗОК за изпълнение на клинични пътеки
- **Научни доклади и публикации:**

- [1] Evgeniy Krastev, Petko Kovachevachev, Dimitar Tcharaktchiev, Simeon Abanos, Using QR Code for Uniform Representation of Content in Cross-border Exchange of ePrescriptions in the EU, 31th Medical Informatics Europe conference ([MIE 2021](#)), May 29 – 31 (2021), Athens, Greece, pp. 684 – 68, **SJR= 0.3, Q3**. DOI:10.3233/SHTI210259
- [2] Maria Nisheva-Pavlova, Stoyan Hadzhiyski, Iliyan Mihaylov, Dimitar Vassilev, Implementation of an ontology-based decision support system for dietary recommendations for diabetes mellitus, Proceedings of the Information Systems and Grid Technologies ([ISGT2021](#)) Edited by: Vladimir Dimitrov, Vasil Georgiev, <http://ceur-ws.org/Vol-2933/>, May 28 – 29 (2021) pp. 144-154. **SJR=0.18**
- [3] Nisheva-Pavlova M., Mihaylov I., Hadzhiyski S., Vassilev D. Ontology-Based Decision Support System for Dietary Recommendations for Type 2 Diabetes Mellitus. In: Paszynski M., Kranzlmüller D., Krzhizhanovskaya V.V., Dongarra J.J., Sloot P.M. (eds) Computational Science – ICCS 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12744. Springer, Cham. (2021), pp 735-741 **IF= 1.36, SJR= 0.249, Q3**. DOI: 10.1007/978-3-030-77967-2_61,
- [4] Mihaylov I, Kańduła M, Krachunov M, Vassilev D. A novel framework for horizontal and vertical data integration in cancer studies with application to survival time prediction

- models. *Biol Direct*. 2019 Nov 21;14(1):22. doi: 10.1186/s13062-019-0249-6. PMID: 31752974; PMCID: PMC6868770. **IF=2.913, SJR = 1.52, Q1, Citations: 26**
- [5] Mihaylov I., Nisheva M., Vassilev D. (2018) Machine Learning Techniques for Survival Time Prediction in Breast Cancer. In: Agre G., van Genabith J., Declerck T. (eds) Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications. AIMS 2018. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 11089. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99344-7_17 **IF= 1.36, SJR= 0.249, Q3, Citations: 3**
- [6] Mihaylov, I.; Nisheva, M.; Vassilev, D. Application of Machine Learning Models for Survival Prognosis in Breast Cancer Studies. *Information*, MDPI, **2019**, *10*, 93. <https://doi.org/10.3390/info10030093> **IF= 2.38, SJR= 0.35, Q3, Citations: 8**
- [7] Serafimova K., Mihaylov I., Vassilev D., Avdjieva I., Zielenkiewicz P., Kaczanowski S. (2020) Using Machine Learning in Accuracy Assessment of Knowledge-Based Energy and Frequency Base Likelihood in Protein Structures. In: Krzhizhanovskaya V.V. et al. (eds) Computational Science – ICCS 2020. ICCS 2020. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 12139. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50420-5_43 **IF= 1.36, SJR= 0.249, Q3, Citations: 1**
- [8] M. Nisheva-Pavlova, S. Hadzhiyski, I. Mihaylov, I. Avdjieva and D. Vassilev, "Linking Data for Ontology Based Advising in Healthcare," 2020 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), **IEEE Xplore**, 07 January 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICAI50593.2020.9311382. **Citations: 1**
- [9] Mihaylov I., Nisheva-Pavlova M., Vassilev D. An Approach for Semantic Data Integration in Cancer Studies. In: Rodrigues J.M.F. et al. (eds) Computational Science – ICCS 2019. ICCS 2019. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 11538. Springer, Cham. (2019) https://doi.org/10.1007/978-3-030-22744-9_5, **IF= 1.36, SJR= 0.249, Q3 Citations: 2**
- [10] Zhelyazkova M, Yordanova R, Mihaylov I, Kirov S, Tsonev S, Danko D, Mason C, Vassilev D. Origin Sample Prediction and Spatial Modeling of Antimicrobial Resistance in Metagenomic Sequencing Data. *Front Genet*. **2021** Mar 4;12:642991. doi: 10.3389/fgene.2021.642991. PMID: 33763122; PMCID: PMC7983949. **IF= 4.27, SJR= 1.413, Q2 Citations: 1**

- **Публичност на научните резултати:**

Научният колектив е моделирал, разработил и публикувал е уеб сайт <https://ehealth.fmi.uni-sofia.bg/> за представяне на научните и приложните резултати, постигнати в изпълнение на Работен пакет No. 1 от ННП еЗдраве

- **Защитен дисертационен труд**

Илиян Недков Михайлов, *Интелигентни информационни системи в биоинформатиката: семантично интегриране, анализ и класификация на*

биомедицински данни Факултет по математика и информатика, Софийски университет Св. Климент Охридски, **септември 2021**

- **Патент**

H. Sabev, **I. Mihaylov**, and R. Rashidov, “Distributed persistent virtual machine pooling service,” Patent: US10824461B2, Nov. 03, 2020.

В обобщение:

1. Направен е обзор на утвърдени международни здравни информационни стандарти, осигуряващи семантична оперативна съвместимост на разнотипни данни, обменяни при осъществяването на клинично-диагностичния процес.
2. Формирани са критерии и е представен сравнителен анализ на предимства и недостатъци на БДС 13606, Health Level Seven, Fast Healthcare Interoperability Resources стандарти, съответните им технически спецификации и отворената спецификация openEHR (целеве функционални и нефункционални изисквания) спрямо софтуерни проекти и продукти в България.
3. Представена е методология за трансформиране спрямо Референтния модел на БДС 13606 на XML отчетите на Общо практикуващи лекари, Клинични пътеки към НЗОК, а също и обмен на данни между регистри за социално значими заболявания.
4. Избрана е методология за моделиране, разработка и имплементиране на архетипи по БДС 13606 и openEHR.
5. Създаден е подход и негова софтуерна реализация, използваща методите на машинно самообучение, за предсказване на преживяемост на болни от раково заболяване.
6. Защитен е патент за изграждане на облачна платформа за интелигентно интегриране на хетерогенни био-медицински данни.

Участници:

професор, доктор Евгений Христов Кръстев
професор, доктор Калинка Михайлова Калоянова
доцент, доктор Димитър Иванов Василев
доцент, доктор Любомир Киров

доцент, доктор Йоаннис Парменион Патиас

Млади научни работници и докторанти

докторант Петко Ковачев

асистент, Емануела Димитрова Митрева

докторант Илиян Недков Михайлов

докторант Симеон Абанос

студенти в магистърска програма БиоМедицинска информатика

бакалавър Александрина Георгиева Ламбова ФН 25963

2 ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 3

Докладът съдържа данни за изпълнението дейностите от Работен пакет 1 (РП1) по задача 3 от утвърдения Работен план от договора за изпълнение на ННП Е-Здраве(16.11.2020 – 15.11.2021 г) . Задача 3 има следните основни характеристики.

Наименование на Задачата

Създаване на метод и технология за реализация на системи за обмен, съхранение и обработка на клинични данни (СОСОКД)

Начало: 16.06.2019 г

Продължителност: 18 месеца

Основни дейности:

- 1 Разработване на формален модел на системи за обмен, съхранение и обработка на клинични данни.
- 2 Разработване на метод и технология за реализация на системи за обмен, съхранение и обработка на клинични данни.
- 3 Разработване на правила за интегриране на нови външни и вътрешни компоненти и потребители

Докладът съдържа описание на резултатите от изпълнение на тези дейности:

Очакван краен резултат:

- **Доклад:** Формален модел и съответни на него метод и технология за реализация на семантична оперативна съвместимост на системи за обмен, съхранение и обработка на клинични данни.
- **Научни доклади и публикации за целия период на изпълнение на задачата:**
[1] Tcharaktchiev D, Krastev E, Petrossians P, Abanos S, Kyurkchiev H, Kovatchev P. “Cross-Border Exchange of Clinical Data Using Archetype Concepts Compatible with the International Patient Summary”. *Stud Health Technol Inform*. IOS Press 2020 Jun 16; 270:552-556., doi: 10.3233/SHTI200221. PMID: 32570444 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32570444/> SCOPUS, SJR 2019 0.440(open access)
[2] Evgeniy Krastev, Dimitar Tcharaktchiev, Lyubomir Kirov, Petko Kovatchev, Simeon Abanos, and Alexandrina Lambova, "Software Implementation of the EU Patient Summary with Archetype Concepts", In Proceedings of GLOBAL HEALTH 2019, The Eighth International Conference on Global Health Challenges, Porto, Portugal, from September 22, 2019 to September 26, 2019 pp. 8- 13 ISSN:

- 2308-4553, ISBN: 978-1-61208-742-9
(http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=global_health_2019_1_30_70059)
- [3] Evgeniy Krastev, Challenges in the Implementation of a Standard International Patient Summary (IPS) Across EU Countries, In Poster session New Trends in Citizen- oriented Services in GLOBAL HEALTH 2019, The 8th International Conference on Global Health Challenges, Porto, Portugal, from September 22, 2019 to September 26, 2019
- [4] Evgeniy Krastev, Dimitar Tcharaktchiev, Kalinka Kaloyanova, Lyubomir Kirov, Petko Kovatchev, Simeon Abanos, Nonka Mateva: **Standards Based Adaptation of Clinical Documents for Interoperability of e-Health Services**, Proceedings of the Information Systems and Grid Technologies (ISGT 2020), Sofia, Bulgaria, May 29 – 30, 2020, pp. 14-29, ISSN 1613-0073 CEUR-WS.org, online CEUR-WS/Vol-2656/paper2.pdf, SCOPUS, SJR 2019 0.18 (open access)
- [5] Evgeniy Krastev, Dimitar Tcharaktchiev, Petko Kovatchev, Simeon Abanos, “International Patient Summary Standard Based on Archetype Concepts” *International Journal on Advances in Life Sciences*, ISSN 1942-2660 vol. 12, no. 1 & 2, year 2020, 34 :46, http://www.iariajournals.org/life_sciences/ SCOPUS, SJR 2019 0.140(open access)
- [6] Krastev E, Tcharaktchiev D, Markov E. “System of Criteria for Treatment Evaluation of Acromegaly in Bulgaria”. *Stud Health Technol Inform.* 2020 Jun;272:413-416. doi:10.3233/shti200583. PMID: 32604690, <http://ebooks.iospress.nl/publication/54683>, SCOPUS, SJR 2019 0.440(open access)
- [7] Mihaylov I., Nisheva-Pavlova M., Vassilev D. (2019) An Approach for Semantic Data Integration in Cancer Studies. In: Rodrigues J. et al. (eds) *Computational Science – ICCS 2019. ICCS 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11538. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22744-9_5
<https://www.iccs-meeting.org/iccs2019/> (SJR, 3 цитирания)
- [8] Maria Nisheva, Hristo Georgiev and Pavel Pavlov, “**Building a Semantic Repository for Outpatient Sheets**”, Proceedings of the Information Systems and Grid Technologies (ISGT 2020), Sofia, Bulgaria, May 29– 30, 2020, pp. 14-29, ISSN 1613-0073 CEUR-WS.org, online CEUR-WS/Vol-2656/paper3.pdf , SCOPUS, SJR 2019 0.18(open access)

- [9] Kalinka Kaloyanova, **“Improving Medical Data Modeling Using Standards”** In the book: Knowledge, Languages, Models), ISBN:978-954-452-062-5, INCOMA Ltd, 2020, pp.122-129
- [10] P. Kovachev and E. Krastev, **"Modelling and Management of ePrescriptions on openEHR Platform in Bulgarian eHealth"**, in The Ninth International Conference on Global Health Challenges (25- 29 October), Nice, France, 2020. Available: http://www.thinkmind.org/articles/global_health_2020_1_30_78003.pdf . [retrieved: October, 2020]. ISSN: 2308-4553 (ThinkMind Digital Library open access)
- [11] S. Abanos, E. Krastev and D. Tcharaktchiev, **"Management of Clinical Concepts in Bulgarian Healthcare Using openEHR Specifications"**, in The Ninth International Conference on Global Health Challenges (25- 29 October), Nice, France, 2020. Available: http://www.thinkmind.org/articles/global_health_2020_1_20_78002.pdf . [retrieved: October, 2020]. ISSN: 2308-4553 (ThinkMind Digital Library open access)
- [12] D. Tcharaktchiev, E. Krastev, E. Markov and I. Ivanov, **"Semantic Interoperability of Medical Information Systems and Scientific Repositories"**, in The Ninth International Conference on Global Health Challenges (25- 29 October), Nice, France, 2020. Available: http://www.thinkmind.org/articles/global_health_2020_1_10_78001.pdf. [retrieved: October, 2020]. ISSN: 2308-4553 (ThinkMind Digital Library open access)
- [13] Петко Ковачев, **“Моделиране на електронни рецепти в българското здравеопазване”**, Доклад на 20-та Юбилейна Асамблея на ИМАБ (<https://www.imab-bg.org/>), 18 - 21 октомври 2020
- [14] Симеон Абанос; Евгений Кръстев **“Управление на данни от клинични пътеки на openEHR платформа“** Доклад на 20-та Юбилейна Асамблея на ИМАБ (<https://www.imab-bg.org/>), 18 - 21 октомври 2020
- **Резултати**
 1. Разработени са модели на софтуерни приложения за обмен, съхранение и обработка на клинични данни в два значими потребителски случая от здравеопазването:

Обмен на клинични данни между регистри със социално значими заболявания, при което данните са моделирани с EN 13606 архетип, чиято структура следва предложенията на ЕК за Международно Медицинско Досие(IPS). За пример са използвани данни от регистър за заболяването *Acromegaly*.

Обмен на клинични данни за отчетени клинични пътеки от Общински болници в София, при което данните са моделирани с openEHR архетипи.

Създадени са EN 13606 архетипи, които са публикувани на уеб сайта на Работен пакет 1 (<https://ehealth.fmi.uni-sofia.bg/>)

- На секция Medication Summary за Международно Медицинско Досие(IPS) IPS , изготвено по стандарта EN 17269
- На Регистър с клинични данни за рядко заболяване (Акромегалия), чиито модел е произведен на модела за Международно Медицинско Досие по стандарта по стандарта EN 17269

Създадени са openEHR архетипи за изграждане на модел на Отчет на болница по клинична пътека, които са публикувани на уеб сайта на Работен пакет 1 (<https://ehealth.fmi.uni-sofia.bg/>):

2. Разработени са **методика и технология** за създаване на примерни софтуерни приложения за реализация на тези два модела, където клиентските приложения използват RESTful уеб услуги за достъп до бази от данни. Софтуерните резултати са публикувани на уеб сайта на Работен пакет 1 (<https://ehealth.fmi.uni-sofia.bg/>):
3. Посредством нерелационна база от данни exist-DB и XML технологии, където е разработен метод за генериране на инстанция на архетип по стандарта EN 13606, която има важното свойство да съхранява семантичния контекст на обменяната информация.
4. Посредством релационна база от данни MySQL, XML технологии за изпълнение на потребителския интерфейс и изпълнение на заявките с AQL на openEHR. Приложението може да изчита група от анонимизирани записи на клинични пътеки, изпратени до НЗОК, и да ги съхранява на openEHR платформа за управление на съдържанието им. Реализирана е функционалност за въвеждане на

тези данни посредством уеб приложен интерфейс, както и визуализация на резултати от изпълнени заявки с AQL върху openEHR платформа.

- **Дипломни работи:**

[1] **Петко Валетинов Ковачев ФН 25808**, “Компютърно моделиране и управление на електронен здравен запис за лекарствена терапия /електронна рецепта/ по openEHR технология“ (2019)

[2] **Симеон Абанос ФН 25779** “Моделиране на архетипи за обработка на отчети по клинични пътеки в НЗОК с openEHR сървър“ (2020)

- **Докторантури:**

Докторантура, заявена от Петко Валетинов Ковачев за специалност Информатика(Бази от данни) на ФМИ по тематиката на ННП еЗдраве

Участници:

професор, доктор Евгений Кръстев

професор, доктор Димитър Чаръкчиев

професор, доктор Мария Нишева

професор, доктор Калинка Калоянова

доцент, доктор Димитър Иванов Василев

Докторанти и млади научни работници

докторант Петко Валетинов Ковачев

докторант Христо Кюркчиев

докторант Илиян Недков Михайлов

докторант Мартин Красимиров Костов

асистент, Мария Петкова Колева

асистент, Емануела Димитрова Митрева

докторант Симеон Абанос

Студенти в магистърска програма БиоМедицинска информатика

бакалавър Александрина Георгиева Ламбова ФН 25963

бакалавър Елена Росенова Чапарова ФН 26075

3 ДОКЛАД ПО ИЗПЪЛНЕНИЕ НА ДЕЙНОСТИТЕ ПО ЗАДАЧА 4

Докладът съдържа данни за изпълнението дейностите от Работен пакет 1 (РП1) по задача 4 от утвърдения Работен план за първо шестмесечие на **третата година** (16.11.2020 – 15.11.2021 г) от подписването на договора за изпълнение на ННП Е-Здраве. Задача 4 има следните основни характеристики.

Наименование на Задача 4

Изграждане на виртуални модели на елементи описващи клинико-диагностичния процес

Начало: 16.06.2019 г

Продължителност: 24 месеца (в процес на изпълнение)

Основни дейности:

- 1 Обзор на съществуващите методи за създаване на виртуални модели (дигитални близнаци)
- 2 Създаване правила за конструиране на виртуална реалност, описваща елементи на клинико-диагностичния процес.

Цел на задачата: Задачата има за цел:

1. Да се изследват методи за създаване на виртуални модели (дигитални близнаци);
2. Да се разработят алгоритми за преобразуване на обекти и дейности от реалния свят във виртуални модели

Резултати:

- Разработен е абстрактен модел на процеса по пробиване на кост в ортопедичната хирургия
- Разработен е алгоритъм за управление на скоростта при пробиване на кост в ортопедичната хирургия
- Разработено е роботизирано устройство за пробиване на кости с приложения в ортопедичната хирургия.
- Разработена е компютърна програма изследване на рентгенови изображения с приложение на конволюционна невронна мрежа(convolutional neural network)
- Получени са резултати, потвърждаващи основната хипотеза, от компютърни експерименти за предсказване на плътността кости при изследване на рентгенови изображение с методи на машинно самообучение

Резултатите са представени в научни доклади и публикации:

- [1] Tony Boiadjiev, George Boiadjiev, Kamen Delchev, Ivan Chavdarov, Roumen Kastelov, "Orthopedic Bone Drilling Robot ODRO – basic characteristics and areas of applications" (In book chapter: Medical Robotics ISBN: 978-3-902613-18-9, E-ISBN: 978-953-51-5820-2) IntechOpen (March 19th 2021), [open access](#) (Web of Science Core Collection (BKCI) , Crossref, Google Scholar, WorldCat, BASE, EBSCO, Open AIRE, CNKI Scholar, RePEc, ExLibris SFX) **IF= 0.02, SJR= 0.101**. DOI: 10.5772/intechopen.96768
- [2] Nikola Kirilov, Elena Kirilova, Evgeniy Krastev, Using Machine Learning to Predict Bone Mineral Densi-ty from Dual-energy X-ray Absorptiometry Images of the Lumbar Spine, Proceedings of the Information Systems and Grid Technologies ([ISGT2021](#)) Edited by: Vladimir Dimitrov, Vasil Georgiev, <http://ceur-ws.org/Vol-2933/>, May 28 – 29 (2021). pp. 220- 226. **SJR=0.18**

Участници:

проф. д-р Димитър Чаръкчиев (МУ-София)
проф. д-р Георги Бояджиев
проф. д-р Камен Делчев
проф. д-р Евгений Кръстев
проф. д-р Румен Василев Кастелов, д. м.
маг. Никола Кирилов

Докторанти и млади научни работници

докторант Петко Валетинов Ковачев
докторант Симеон Абанос
докторант Илиян Михайлов