

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în subprogram în anul 2024**Inovații în Ingineria Biomedicală: Tehnologii și Aplicații Avansate de
Achiziție, Prelucrare și Analiză a Datelor***(denumirea subprogramului)*Codul subprogramului **020404**

Lucrările în cadrul subproiectului **020404**, planificate pentru anul 2024, au fost îndeplinite integral și în termenii stabiliți, astfel:

S-au studiat două seturi de senzori de gaz hibrid stratificat și anume cu un strat superior de polimer care conține ciclotetrasiloxan, iar cel de-al doilea cu un strat superior de polimer de silsesquioxan. S-a demonstrat performanța că stratul de silsesquioxan a permis un răspuns semnificativ crescut la H_2 de la ~256% la ~709%. Aceste rezultate oferă noi căi pentru dezvoltarea senzorilor hibridi de gaz pentru domeniul medical și, în special, detectării biomarkerilor în respirația umană. S-a demonstrat că proba din TiO_2S/CdS are un răspuns pronunțat de ordinul a zecimilor de promile la lungimile de undă 450 nm și 500 nm. În baza acestui rezultat a fost elaborat și cercetat materialul, în calitate de traductor de radiație ultravioletă, în dispozitive portabile, care ar permite detectarea rapidă a impulsurilor ultraviolete. Senzorii de $CuO:Al$ au demonstrat o sensibilitate deosebită la etanol și propanol, cu cele mai mari valori de răspuns înregistrate la temperaturile de 250 °C și 300 °C. Această adaptabilitate la diferite condiții de operare sugerează potențialul acestor nanostructuri în variate domenii, precum industria alimentară, farmaceutică, sectorul auto și securitatea la locul de muncă.

Au fost deduse, cercetate și lansate trei noi modele/distribuții probabiliste privind durata de viață, acestea fiind aplicate la calcularea fiabilității unor rețele uzuale. Formulele de calcul ale indicatorilor de performanță a rețelor abordate au fost validate prin Analiza exploratorie a datelor statistice, simulate prin Metoda Monte-Carlo.

S-a dezvoltat un cadru metodologic robust care să permită analiza genomică precisă a virusurilor în mediul urban, pe modelul virusului SARS-CoV-2 din probele de ape uzate, integrând date simulate și evaluări ale instrumentelor bioinformatic. Au fost create amestecuri *in-silico* realiste de SARS-CoV-2, utilizând date temporale din GISAIID și Nextstrain, care reflectă abundențele relative ale liniilor și subliniilor virale. În plus, au fost evaluate 18 instrumente bioinformatic, incluzând algoritmi de deconvoluție și clasificare, pentru a estima abundențele relative ale liniilor virale. Aceste rezultate au identificat cele mai precise metode pentru analiza datelor de secvențiere din apele uzate, contribuind la un cadru scalabil și rentabil pentru supravegherea genomică a SARS-CoV-2.

Sunt descrise vulnerabilitățile majore, amenințările posibile, incidentele de securitate și unele efecte de impact al atacurilor cibernetice asupra rețelor informatice biomedicale, argumentând necesitatea iminentă de securizare cibernetică avansată a acestora. Respectiv, sunt caracterizate și sistematizate aspectele de bază de securizare a rețelor informatice biomedicale, serviciile majore de securizare cibernetică și unele acțiuni oportune de implementare a acestora, cu luarea în considerație a cerințelor avansate de confidențialitate a datelor cu caracter personal și a urgențelor de colaborare operativă la distanță a unor specialiști de la diferite instituții pe cazuri aparte.

Au fost identificate un șir de metode, utilizate în modelarea proceselor din ingineria biomedicală și s-a stabilit că cele mai bune rezultate au fost obținute în urma aplicării metodelor parametrice și a algoritmului genetic. S-a dezvoltat procedura de sinteză a algoritmului de conducere (regulatorului) pentru modele de obiecte cu inerție de ordinul unu, doi, trei și patru după metoda polinomială cu impunerea gradului de amortizare și timpului de reglare sistemului automat proiectat.

S-a realizat o clasificare și o analiză detaliată a metodelor, modelelor, algoritmilor și tehnicilor existente pentru proiectarea sistemelor de procesare și interpretare a datelor bazate pe inteligența artificială. Obiectivul principal a fost implementarea acestor tehnici în Ingineria Biomedicală ca soluții pentru suportul deciziei. S-a dezvoltat o nouă clasă de rețele Petri stocastice (RPTS)

reconfigurabile cu attribute matriceale (RPSRM). Aceasta reprezintă o soluție inovatoare pentru modelarea matematică, simularea vizuală și evaluarea comportamentală a proceselor biomedicale. Extensia RPSRM permite descrierea realistă a incertitudinii epistemice, variabilității stocastice și impreciziei parametrilor numerici în aplicații precum sistemele IoT medicale și platformele de calcul cloud.

Rezultatele cercetărilor au fost publicate în 120 lucrări științifice.

The tasks within **020404** subproject, planned for the 2024 year were completed in established terms, so:

Two sets of layered hybrid gas sensors were studied, i.e. with a top polymer layer containing cyclotetrasiloxane and the second with a top polymer layer of silsesquioxane. The performance was demonstrated that the silsesquioxane layer allowed a significantly increased H₂ response from ~256% to ~709%. These results provide new input for the development of hybrid gas sensors for the medical field and in particular the detection of biomarkers in human respiration. It has been demonstrated that the TiO₂S/CdS sample has a pronounced response on the order of tenths of a promile at wavelengths 450 nm and 500 nm. Material as an ultraviolet radiation detector in portable devices, which would enable fast detection of ultraviolet pulses, has been developed and investigated. The CuO:Al sensors have shown particular sensitivity to ethanol and propanol, with the highest response values recorded at temperatures of 250 °C and 300 °C. This adaptability to different operating conditions suggests the potential of these nanostructures in fields as diverse as food processing, biomedical, pharmaceuticals, automotive and safety.

Three new probabilistic models/distributions regarding the lifetime were deduced, researched and launched, these being applied to the calculation of the reliability of some common networks. The calculation formulas of the performance indicators of the networks approached were also validated through the Exploratory Analysis of the simulated statistical data using the Monte-Carlo Method.

A robust methodological framework has been developed to enable precise genomic analysis of viruses in urban environments, using the SARS-CoV-2 model from wastewater samples, integrating simulated data and evaluations of bioinformatics tools. Realistic *in-silico* mixtures of SARS-CoV-2 were created using temporal data from GISAID and Nextstrain, reflecting the relative abundances of viral lineages and sublineages. Additionally, 18 bioinformatics tools were evaluated, encompassing deconvolution and classification algorithms, to estimate the relative abundances of viral lineages. These results identified the most accurate methods for analyzing wastewater sequencing data, contributing to a scalable and cost-effective framework for SARS-CoV-2 genomic surveillance.

Major vulnerabilities, possible threats, security incidents and some impact effects of cyber attacks on biomedical information networks are described, arguing the imminent need for their advanced cyber security. Respectively, the basic aspects of securing biomedical information networks, major cyber security services and some opportune actions for their implementation are characterized and systematized, taking into account the advanced requirements for confidentiality of personal data and the emergencies of remote operational collaboration of specialists from different institutions on special cases.

A number of methods used in modeling biomedical processes were identified and it was established that the best results were obtained following the application of parametric methods and the genetic algorithm. The procedure for synthesizing the control algorithm (controller) for models of objects with first, second, third and fourth order inertia was developed using the polynomial method with the imposition of the degree of damping and the settling time of the designed automatic control system.

A detailed classification and analysis of existing methods, models, algorithms, and techniques for designing AI-based data processing and interpretation systems has been conducted. The main objective was to implement these techniques in Biomedical Engineering as decision support solutions. A new class of stochastic Petri nets (RPTS) with reconfigurable matrix attributes (RPSRM) has been developed. This innovation provides an advanced solution for mathematical

modeling, visual simulation, as well as behavioral evaluation of biomedical processes. The RPSRM extension enables realistic modeling of epistemic uncertainty, stochastic variability, and numerical imprecision in applications such as medical IoT systems and cloud-based platforms.

The research results were published in 120 scientific papers.

**Coordonatorul subprogramului
de cercetare**

dr. Ion FIODOROV

(numele, prenumele)

(semnătura)

Data: _____