

**RECEȚIONAT**

Agenția Națională pentru Cercetare  
și Dezvoltare \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

**AVIZAT**

Secția de științe exacte și ingineresti a AȘM  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2021

**RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL**

**privind implementarea proiectului din cadrul Programului de Stat (2020-2023)**

**Sisteme Informatice inteligente pentru soluționarea problemelor slab structurate și  
procesarea cunoștințelor și volumelor mari de date**

**de volum mare cifrul 20.80009.5007.22**

Prioritatea Strategică 5. **Competitivitate economică și tehnologii inovative**

Conducătorul proiectului

Constantin Gaidric

Directorul organizației

Inga Țițchiev

Consiliul științific/Senatul

Inga Țițchiev



Chișinău 2021

## 1. Scopul etapei anuale conform proiectului depus la concurs

Proiectarea structurilor sistemelor informatice inteligente, a bazelor de date și bazelor de cunoștințe pentru aplicațiile de triere și diagnosticare medicală, e-learning și digitizare a documentelor eterogene

Adaptarea și integrarea conținutului și softului din elaborările existente în conceptul sistemelor informatice inteligente. Cercetarea capacității modelelor paralele de a rezolva eficient probleme dificile, începând de la clasa de complexitate NP.

## 2. Obiectivele etapei anuale

- Baza de cunoștințe destinată diagnosticării ecografice a patologiilor, anomaliilor și leziunilor toracelui și abdomenului.
- Agenți software inteligenți (spre exemplu, chatbots) pentru accesul la baza de cunoștințe destinată diagnosticării ecografice a patologiilor.
- Instrumentar pentru procesarea paralelă masivă a datelor nestructurate, care realizează diverse concepte și modele de procesare paralelă a unor volume mari de date imagistice.
- Module adaptate și dezvoltate pentru clasificarea componentelor eterogene.
- Algoritm backtracking pentru generarea lexicoanelor.
- Cursuri de instruire asistată de calculator posibilitățile oferite de sistemele de management al învățării, sistemele educaționale adaptive bazate pe web
- Proiect de structură a sistemului de generare automată a conținutului pentru învățarea asistată de calculator.
  - Tehnologii augmentate implementate în aplicația GeoMe. Resursele lexicale necesare.
- Cadru formal pentru sistemele Spiking Neural P ce includ și sistemele P neuronale și corespund sistemelor de adăuție vectorială în care aplicarea regulilor este controlată de seturi semiliniare.
- Formularea ipotezei unității homeostatice a Universului și a naturii informaționale a materiei întunecate, care rezultă din ontologia echivalenței informației / energiei / materiei
- Metode de stabilire a dependențelor formale bazate pe procesarea limbajului natural în unele sisteme economice și sociale semi-structurate.
- Algoritmi de paralelizare a calculelor. Grupoizi de ordin mic cu identități de tip Bol-Moufang

- Module de diagnosticare ecografică inteligentă adaptată pentru cazurile de triere și examinare a victimelor în masă
- Algoritm de inferență pentru diagnosticarea de urgență, care ar permite confirmarea /infirmarya prezenței colecțiilor lichidiene în cavitatea abdominală și pleurală și/sau a unui pneumotorax;
- Instrumente de inferență statistică și logică în algoritmul pentru diagnosticarea de urgență, ce ar permite confirmarea / infirmarya diagnosticului
  - Concept sistemic al platformei multi-cloud eterogen și metodelor de realizare a mediului de execuție a aplicațiilor de procesare a informației imagistice.

- Module pentru suportul verificării manuale a documentelor procesate. Set de date pentru testarea modelelor destinate clasificării componentelor eterogene.
- Arhitectura unui sistem de e-learning adaptiv distribuit. Sistem adaptiv de monitorizare. Proiectarea algoritmilor paraleli prin metode formale
  - Algoritmi euristici de reducere a numărului de intersecții ale muchiilor pentru imagini generate în procesul instruirii asistate de calculator (*e-learning*).
- Semantici de capacitate limitată care permit simulări în timp real ale mașinilor cu regiștri parțial oarbe și obținerea completitudinii de calcul.
- Metode de adaptare a instrumentelor software din elaborările existente pentru evaluarea credibilității informației online.
- Algoritmi pentru generarea automată a conținutului pentru învățarea asistată de calculator.
  - Generalizarea schemei lui El Gamal folosind algoritmul Markovsky.

### 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei anuale

- Adaptarea pentru cazurile de triere și examinare a victimelor în masă a modulelor de diagnosticare ecografică inteligentă, achiziție și formalizare de cunoștințe elaborate în cadrul platformei tehnologice SonaRes (IMI), care a fost concepută pentru aplicații informatice medicale în condiții clinice. Alinierea sistemului la protocolul de examinare ultrasonografică EFAST.
- Elaborarea algoritmului examinării prealabile în baza faptelor privind localizarea fluidelor libere, volumul fluidului, volumul de aer toracic.
- Elaborarea algoritmului de inferență pentru diagnosticarea de urgență, care permite confirmarea /infirmarea presupunerii prezenței lichidului liber în cavitatea abdominală și/sau a unui pneumotorax; reevaluarea priorităților de triaj pentru victime.
- Dezvoltarea sistemului pentru selectarea instrumentarului OCR adecvat pentru recunoașterea fragmentelor izolate ale unei pagini, urmată de verificarea rezultatelor recunoașterii și evidențierea metadatelor.
- Elaborarea conceptului sistemic și desfășurarea infrastructurii adaptive de calcul bazate pe arhitectura open source de orchestrare și management al resurselor platformelor multi-cloud eterogene orientate spre dezvoltarea și testarea sistemelor informatice inteligente de prelucrare a informației imagistice.
- Cercetarea capacității P sistemelor de a rezolvare problemelor computațional dificile. Studierea puterii de calcul, și eficienței, complexității descriptive și altor proprietăți (de exemplu determinismului).
- Organizarea conferinței internaționale Workshop on Intelligent Information Systems (WIIS2021), octombrie 2021

### 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei anuale

- Baza de cunoștințe destinată diagnosticării ecografice a patologiilor, anomaliilor și leziunilor toracelui și abdomenului.
- Corpusuri diacronice românești.

- Proiect de structură a sistemului de generare automată a conținutului pentru învățarea asistată de calculator.
- Module de diagnosticare ecografică inteligentă adaptată pentru cazurile de triere și examinare a victimelor în masă.
- Algoritm de inferență pentru diagnosticarea de urgență, care ar permite confirmarea /infirmarea presupunerii prezenței lichidului liber în cavitatea abdominală și/sau a unui pneumotorax.
- Instrumentar OCR adecvat pentru recunoașterea fragmentelor izolate ale unei pagini și evidențierea metadatelor.
- Organizarea conferinței internaționale Workshop on Intelligent Information Systems (WIIS2021), 14-15 octombrie 2021
- Participare la organizarea conferinței internaționale VI International Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020 (Kiev, 13-15 ianuarie 2021, parteneri: Universitatea de Națională “Taras Shevchenko”, Kiev, Ucraina, Universitatea “A.I.Cuza”, Iași, România)
- Organizarea seminarului internațional “Lecturile Iurie Rogojin”, ediția VII, 11 noiembrie, 2021 (parteneri: Louisiana Scholars College at Northwestern State University, USA, Sobolev Institute of Mathematics at RAN, Moscow, Russia, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia); în conexiune cu 8th International Conference Knowledge-Ontology-Theory (KONT-2021), Novosibirsk, Rusia.

## 5, Rezultatele obținute

**Abrevieri:** IMI – Institutul de Matematică și Informatică „Vladimir Andrunachievici”,  
 USARB- Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți,  
 USMF- Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”.

### ***Proiectarea structurilor sistemelor informatice inteligente, a bazelor de date și bazelor de cunoștințe pentru aplicațiile de triere și diagnosticare medicală.***

Obținerea rezultatelor adecvate pentru studiul de caz al sistemului informatic pentru dezastre cu multiple victime necesită atât cunoștințe relevante din domeniu, cât și cunoștințe din știința datelor despre proprietățile datelor, algoritmi de analiză profundă și de învățare automată. Pe lângă tipuri (numerice, nominale și ordinale), există și o clasificare a datelor nu mai puțin importantă de a distinge datele structurate și cele nestructurate.

- Specificul cercetărilor a constat în necesitatea îmbinării trierii victimelor atât în baza semnelor vitale, cât și a faptelor/semnelor ultrasonografice (obținute cu ajutorul scannerelor portabile), în condiții limitate de timp și respectarea exhaustivă a prevederilor protocolelor naționale și internaționale reieșind, din experiența medicilor-experti (executanți - IMI, USMF).
- A fost identificat setul minim de parametri necesar pentru înregistrare, astfel ca în formularul, care va însoți victima, să se conțină informația, ce va da posibilitatea medicilor din centrele specializate să intervină operativ la tratament. Acești parametri acoperă toate etapele de evaluare inițială a victimei și organizării datelor medicale primare. În rezultat a fost creată structura nucleului bazei de cunoștințe. Au fost selectate atributele de bază, care determină deciziile de triaj pe baza semnelor vitale și permit clasificarea rapidă a victimelor (executanți

- IMI, USMF). Aceste attribute/valori permit crearea regulilor decizionale pentru a distinge prioritatea I și prioritatea II în categoria Roșu de triaj. Algoritmul de inferență în formă de tabel decizional reprezintă acțiunile diagnosticării de urgență și permite trierea victimelor.
- Modulul corespunzător va oferi utilizatorului final (ca opțiune) posibilitatea de a stabili o prioritate în cadrul fiecărei categorii de triaj, ajutând să urmărească mai precis starea victimei, evitând trierea nemotivată, și sugerând intervenții de salvare a victimelor, necesare în fiecare caz specific.
- Platforma tehnologică SonaRes, fiind adaptată la EFAST, a fost completată cu attribute/valori, care permit localizarea fluidelor libere. Au fost create reguli de diagnosticare corespunzătoare protocolului EFAST.
- Abordarea descrisă pentru triere reprezintă baza pentru elaborarea diferitelor aplicații cu scopuri multiple:
  - Fiind dezvoltată ca instrument asistat de calculator pe dispozitive mobile, aceasta poate fi folosit de membrii echipelor de salvare în practică, la locul dezastrului.
  - Fiind implementată ca o aplicație web, poate fi folosită atât pentru instruirea paramedicilor, cât și pentru evaluarea acestora (determinarea nivelului de cunoștințe și abilități practice).
- Gestiunea informațiilor legate de algoritmul pentru diagnosticarea de urgență presupune analiza informațiilor incerte și/sau para-consistente. Inferența logică clasică presupune că în cadrul unui sistem logic nu este posibil de dedus simultan atât afirmația A, cât și negația afirmației A. În realitate în viața de zi cu zi, și în particular, în cazul algoritmului pentru diagnosticarea de urgență, avem deseori nevoie să gestionăm informații para-consistente, adică informații aparent contradictorii. Una din metodologiile propuse pentru gestionarea informațiilor inconsistente reprezintă utilizarea conceptului de negație para-consistentă. Din punctul de vedere al logicii, asta presupune că în cadrul sistemului logic considerat avem un operator pentru negația para-consistentă, notată cu  $\sim$ , astfel încât atât afirmația A, cât și afirmația  $\sim A$  să fie simultan adevărate în sistemul logic considerat. S-a studiat și s-au obținut condițiile necesare și suficiente pentru ca un sistem de formule, să zicem S, în logica para-consistentă 4-valentă (care este o extensie a logicii modale S5 și care conține o variantă a unei negații para-consistente) și S conține negația para-consistentă, să fie funcțional complet. Acest rezultat posibil ar putea să ne ajute la posibilitatea de a confirma / infirma un diagnostic.

### ***Platformă pentru digitizarea documentelor eterogene***

În pofida multiplelor realizări, recunoașterea automată a documentelor eterogene rămâne o problemă dificilă. Prin urmare, platforma pe care o elaborăm în cadrul proiectului va funcționa în regim semiautomat, iar problema, pe care o soluționăm, constă în maximizarea proceselor pasibile de automatizare și oferirea unui suport în cazurile, când este solicitată intervenția manuală.

Una dintre sarcinile platformei în curs de dezvoltare este de a verifica și controla calitatea rezultatelor recunoașterii fragmentelor documentului procesat. Abordarea generală constă în verificarea manuală cu ajutorul unui software de editare. În cazul textelor tipărite, această problemă este rezolvată automat prin utilizarea programelor de verificare ortografică (spell-checker) pe baza

unor dicționare create apriori sau obținute recursiv din documentul supus recunoașterii. Pentru imagini (pe care nu le recunoaștem) îmbunătățirea calității se realizează prin utilizarea unui software de prelucrare a imaginilor. Pentru documentele cu conținut eterogen, calitatea recunoașterii este verificată în funcție de tipul de semantică a fiecărui fragment cu conținut omogen. În cazul acestei utilizări, rezultatele recunoașterii întregului document sunt întotdeauna furnizate utilizatorului "pentru corectare".

Suportul pentru verificările și redactările manuale este constituit din anumite componente, interacțiunea cu care este efectuată prin intermediul blocului de frontend, cu apelarea ulterioară a unor module din blocul de backend. Verificarea manuală poate fi efectuată fie de către experți în domeniile corespunzătoare, fie direct de către utilizator, în funcție de cerințele specifice. Corectarea de către experți unește procesele frontend și backend. Modulul de verificare manuală asigură principala funcționare interactivă a platformei.

Procesul de recunoaștere se desfășoară în backend, dar există etape, în care verificarea/corecția manuală poate economisi timp și resurse. În fiecare dintre aceste etape, platforma oferă posibilitatea de a recunoaște din nou orice element de prezentare a documentului sau însuși documentul în ansamblu. La finalizarea procesului de recunoaștere, verificarea/corecția de către utilizator este necesară pentru aprobarea finală a rezultatelor.



În urma acțiunii de recunoaștere a documentului, se obțin fragmente de text, scripturi, imagini fără script și metadata. Etapele procesului de recunoaștere, în timpul cărora este permisă verificarea/corecția manuală sunt următoarele:

1. Îmbunătățirea calității imaginii;
2. Verificarea/corectarea machetei documentului recunoscut;
3. Pentru elementele de text – corecția de fonturi;
4. Editarea metadatelor;
5. Verificarea/corectarea scripturilor;
6. Previzualizarea și salvarea documentului reconstruit.

Majoritatea limbajelor de scripting nu sunt concepute pentru editarea directă în format text, deși acest lucru ar trebui să fie posibil, iar editorul ar trebui să ia în considerare formatul scriptului, de exemplu prin evidențierea cuvintelor-cheie sau a structurilor înglobate. Editoarele de text moderne oferă un suport adecvat pentru astfel de operațiuni. Cu toate acestea, editarea directă este foarte rară. În cazul nostru, ne-am concentrat pe două domenii pentru testare: formule matematice și note muzicale. Inițial scriptul se deschide într-un editor vizual relevant obiectelor examinate.

În cazul formulelor matematice am operat cu editorul LaTeX. Trebuie remarcat și faptul că, în cazul formulelor matematice, este posibilă automatizarea procesului de verificare. Algoritmii de verificare este statistic și ar trebui să fie efectuat pe un număr mare de imagini, descriind cât mai complet posibil setul de imagini reale.

În cazul notelor muzicale am experimentat digitizarea unei partituri folosind SharpEye [<http://www.visiv.co.uk/>] pentru recunoașterea optică a muzicii (OMR). După recunoaștere, rezultatul a fost testat pentru vizualizare, redare și editare în SharpEye. L-am exportat ca un script MusicXML, am închis SharpEye și am deschis acest script cu Musescore [<https://musescore.org/en>]. Chiar și la o primă privire superficială am observat erori precum lipsa glissando-ului și a notei de la sfârșitul măsurii a 9-a (Fig. 1). Fișierul a fost verificat și corectat vizual și auditiv.

	Rezultatul scanării
	Rezultatul recunoașterii
<p>Fig. 1. Eroare în recunoașterea notelor dintr-un fragment din valsul compozitorului Eugen Doga.</p>	

Adițional, s-a elaborat și implementat un algoritm backtracking care generează lexiconul chirilic românesc utilizat în perioada 1967 – 1989. Pentru generarea lexiconului s-au stabilit și argumentat reguli de transliterare a cuvintelor din lexiconul român modern în echivalentele lor scrise în grafie chirilică. Algoritmul elaborat reprezintă, de fapt, un instrument pentru a facilita lucrul expertului. Activitatea expertului se reduce la verificarea variantelor transliterate și la modificarea regulilor de transliterare.

#### ***Sisteme de generare automată a conținutului pentru instruirea asistată de calculator (e-learning)***

- S-a extins sistemul de generare automată a conținutului pentru instruirea asistată de calculator (e-learning) prin realizarea transformărilor echivalente asupra automatelor cu memorie stivă și gramaticilor independente de context.
- Au fost cercetate și analizate posibilitățile oferite de sistemele de management al învățării, sistemele educaționale adaptive bazate pe web. S-au analizat platformele de e-learning existente. Pentru aceasta au fost selectate criteriile de evaluare, cu ajutorul cărora a fost efectuată o analiză comparativă a celor mai populare platforme și 8 sisteme de management al învățării. Toate acestea susțin utilizarea elementelor multimedia, crearea și editarea conținuturilor, posibilități de evaluare.
- Prin intermediul rețelelor Petri a fost cercetat managementul progresului învățării și problemele de colaborare, care pot apărea în învățământul la distanță. După modelarea procesului de învățare prin colaborare, efectuând analiza rețelelor obținute prin intermediul arborilor de accesibilitate/acoperire, s-a estimat existența blocajelor în sistem, traseul de învățare pentru a îmbunătăți procesul.

- S-au aplicat, în particular, rețelele Petri ierarhice (HLPN) pentru a construi diverse secvențe de control în învățământul la distanță. În funcție de comportamentul cursantului se propun diferite modalități de învățare. Pentru a le identifica, se specifică mai multe secvențe de control care pot apărea. Pe baza aceluiași conținut al cursului, se propun diferite strategii de instruire: liniară, la alegere și arbitrară (care combină primele două).
- Au fost elaborați algoritmi pentru generarea automată a conținutului pentru învățarea asistată de calculator (USARB).

***Cercetarea capacității modelelor paralele de a rezolva eficient probleme dificile, începând de la clasa de complexitate NP.***

- A fost extins cadrul formal al P sistemelor de tip rețea de celule. S-a arătat că pentru sisteme spiking se obțin reguli simple.
- Multiplicitatea fiecărui obiect din fiecare membrană poate fi reprezentată prin numere binare, reducând astfel spațiul necesar. S-au definit clasele de complexitate corespunzătoare și s-au comparat atât cu clasele standard de complexitate spațială, cât și cu clasele de complexitate definite în cadrul P sistemelor cu definiția originală a spațiului.
- A fost propusă o variantă de P sisteme, în care membranele au capacitate limitată: numărul de obiecte pe care le pot deține este limitat static. S-au propus diferite semantici de capacitate limitată și s-a arătat că una dintre ele permite simulări în timp real ale mașinilor cu registre parțial oarbe, și cealaltă atinge completitudinea de calcul.
- S-a demonstrat că P sistemele catalitice generează toate mulțimi recursive enumerabile cu doar un singur catalizator, sau cu prioritatea slabă ale regulilor catalitice peste reguli necatalitice, sau cu modul de derivare “maxobjects”. Cercetarea s-a prelungit cu moduri de derivare prin multiseturi neextensibile de reguli, care generează un număr maxim de obiecte sau diferența maximă între configurații consecutive.
- S-a demonstrat că P sistemele pur catalitice generează toate mulțimile recursive enumerabile cu doar doi catalizatori cu moduri de derivare care generează un număr maxim de obiecte sau diferența maximă între configurații consecutive.

***Concept sistemic al platformei multi-cloud eterogen și al metodelor de realizare a mediului de execuție a aplicațiilor de procesare a informației imagistice.***

- Au fost investigate metode de organizare a stocării datelor nestructurate sub formă de imagini medicale. Metodele de stocare propuse sunt utilizate pentru implementarea memoriei pe mai multe niveluri pentru arhivarea datelor.
- Au fost analizate și propuse conceptele sistemice pentru organizarea stocării datelor într-un mediu de calcul eterogen distribuit, bazat pe aplicarea conceptului de cloud Multi-Zone folosind diverse platforme de organizare a stocării și arhivării datelor (NextCloud, FreeNAS, alte sisteme de management al memoriei ierarhice - inclusiv Oracle SAM-QFS, HPE Data Management Framework, Quantum StorNext).
- Au fost testate metode de organizare a procesului de stocare și arhivare a informației, bazate pe platforme ierarhice de stocare, prelucrare și vizualizare a informației imagistice în sisteme de calcul distribuite, bazate pe utilizarea subsistemelor specializate.



- Au fost studiate platformele și instrumentele software cele mai potrivite pentru crearea repozitoriilor Open Science pentru stocarea datelor imagistice. Pentru a organiza stocarea, prelucrarea și gestionarea datelor imagistice în conformitate cu principiile FAIR, au fost studiate și propuse spre utilizare următoarele instrumente și platforme: Elasticsearch (un sistem de organizare a stocării distribuite, indexare și căutare scalabilă orizontal cu suport multithreading), Kibana (interfață de utilizator gratuită și deschisă care permite vizualizarea datelor Elasticsearch și navigarea în Elastic Stack) și Juniper Notebook (o aplicație web open-source, care permite crearea și partajarea documentelor care conțin cod live, ecuații, vizualizări și text narativ) . Instrumentele selectate vor fi folosite pentru a organiza stocarea și căutarea datelor imagistice în arhive pe mai multe niveluri.
- S-au stabilit tehnologiile de creare ale agenților software: agenți Jade, agenți de tip chatbot. Agenții Jade se bazează pe un standard industrial FIPA elaborat și promovat de către compania Italia Telecom și utilizează limbajul de programare Java. Agenții de tip chatbot se bazează pe platformele existente și folosite de către utilizatori: Facebook, Telegram, Discord, WhatsApp, etc. Limbajele de programare: Python, Java, JavaScript, etc. Utilizarea chatboților pe platformele menționate diminuează mult perioada de învățare a utilizatorului chatbotului dat. În calitate de experiment am folosit chatboți pe platforma Telegram. Alegerea este determinată de multitudinea de limbaje de programare care pot fi utilizate, precum și de existența librăriilor destinate pentru crearea și manipularea chatboților.

### ***Concepte și instrumente pentru interpretarea și evaluarea informației***

- Au fost elaborate metode de adaptare a instrumentelor software din elaborările existente pentru evaluarea credibilității informației online (IMI, USARB).
- Au fost analizate caracteristicile de bază ale mai multor instrumente pentru verificarea credibilității surselor Web (USARB, IMI).
- Pentru crearea unei teorii a unității ontologice a Informației/Materiei/Energiei s-a formulat și descris conceptul de informație ca un tip natural (information of natural kinds), conceptul de informație evolutivă (Evolutionary Information) – Plyrophoria, conceptul de informație emergentă (emergent information) și informație încorporată în materie (embedded in matter information) bazate pe stările cuantice care alcătuiesc materia sistemelor.

## **6. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații**

*Lista publicațiilor din anul 2021 în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect, perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea anexa)*

**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice publicate în anul de referință în cadrul proiectului din Programul de Stat *Sisteme Informatice inteligente pentru soluționarea problemelor slab structurate și procesarea cunoștințelor și datelor de volum mare***

1. **Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul instituției acreditate la profilul respectiv)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

2. Capitole în monografii naționale/internaționale

3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale

1. Mykola NIKITCHENKO, Svetlana COJOCARU, Adrian IFTENE, Ioachim DRUGUS (Eds.) Conference on Mathematical Foundations of Informatics: Proceedings MFOI-2020; 12-16 Jan. 2021, Kyiv: Interservice, 2021, 446 p. ISBN 978-966-999-143-0

2. I. ȚIȚCHIEV, C. GAINDRIC (Eds.) Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, 214 p. ISBN 978-9975-68-438-5,

4. Articole în reviste științifice

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

1. ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S.; OSWALD, M. Relations between Control Mechanisms for Sequential Grammars. Fundamenta Informaticae 181 (2-3), IOS Press, 2021, 239-271. <https://content.iospress.com/articles/fundamenta-informaticae/fi2058> **FI=1.333**

2. BUMBU, T. *On Classification of 17th Century Fonts using Neural Networks*. Computer Science Journal of Moldova, vol. 29, N.3 (87), 2021, ISSN 1561-4042. pp.291-298

<http://www.math.md/publications/csjm/>

3. COJOCARU, S.; GAINDRIC, C.; VERLAN, T. Artificial Intelligence Strategies: Republic of Moldova relative to European Union countries, Computer Science Journal of Moldova, vol. 29, N.3 (87), 2021, ISSN 1561-4042.

pp.299-319, <http://www.math.md/publications/csjm/>

4. CIUBOTARU, C. Backtracking algorithm for lexicon generation. Computer Science Journal of Moldova, vol.29, no.1(85), 2021, pp. 135-152. <http://www.math.md/publications/csjm/>

5. G. HOROSH, V. SHCHERBACOV, A. TCACHENCO, T. YATSKO. On groupoids with Bol-Moufang type identities, CSJM v.28, n.3 (84), 2020, p. 314-327

<http://www.math.md/publications/csjm/>

6. ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S., P Systems with Limited Number of Objects. Journal of Membrane Computing 3(1), Springer, 2021, 1-9.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s41965-020-00068-6>

7. ALHAZOV, A.; LEPORATI, A.; MANZONI, L.; MAURI, G.; ZANDRON, C., Alternative Space Definitions for P Systems with Active Membranes. Journal of Membrane Computing 3(2), Springer, 2021, 87-96.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s41965-021-00074-2>

8. ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S., When Catalytic P Systems with One Catalyst Can Be Computationally Complete. Journal of Membrane Computing 3(3), Springer, 2021, 170-181.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s41965-021-00079-x>

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

**5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

1.ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S.; VERLAN, S. New Derivation Modes for Catalytic P Systems with One Catalyst. In: A. Maletti (Ed.) 31. Theorietag Automaten und Formale Sprachen, Univ. Leipzig, 2021, 5-8. <http://www.informatik.uni-leipzig.de/alg/pub/theotag21.pdf>

2.ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S.; VERLAN, S.,\_New Derivation Modes for Purely Catalytic P Systems, In: A. Maletti (Ed.) 31. Theorietag Automaten und Formale Sprachen, Univ. Leipzig, 2021, 9-12. <http://www.informatik.uni-leipzig.de/alg/pub/theotag21.pdf>

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

## 6. Articole în materiale ale conferințelor științifice

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1.ALHAZOV, A.; LEPORATI, A.; MANZONI, L.; MAURI, G.; ZANDRON, C. Evaluating Space Measures in P Systems. In G. Vaszil, C. Zandron, G. Zhang (Eds.): ICMC 2021, International Conference on Membrane Computing, Debrecen-Chengdu, Faculty of Informatics of the University of Debrecen, ISBN 978-963-490-329-1, 2021, 54-68. [https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload\\_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf](https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf)

2.ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S.; VERLAN, S., Variants of Simple P Systems with One Catalyst Being Computationally Complete, In G. Vaszil, C. Zandron, G. Zhang (Eds.): ICMC 2021, International Conference on Membrane Computing, Debrecen-Chengdu, Faculty of Informatics of the University of Debrecen, ISBN 978-963-490-329-1, 2021, 21-38 [https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload\\_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf](https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf)

3.Olesea CAFTANATOV, Daniela CAGANOVSKI. Lucia ERHAN, Ecaterina HILEA *State of the Art: Augmented Reality Business Cards*. Proceedings of the Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020, January 12-16, 2021, Kyiv, Ukraine, pp.46-61. ISBN 978-966-999-143-0 . [http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings\\_MFOI\\_2020.pdf](http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings_MFOI_2020.pdf)

4.ALHAZOV, A.; FREUND, R.; IVANOV, S.; OSWALD, M., Variants of Simple Purely Catalytic P Systems with Two Catalysts, In G. Vaszil, C. Zandron, G. Zhang (Eds.): ICMC 2021, International Conference on Membrane Computing, Debrecen-Chengdu, Faculty of Informatics of the University of Debrecen, ISBN 978-963-490-329-1, 2021, 39-53 [https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload\\_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf](https://konferencia.unideb.hu/sites/default/files/upload_documents/icmc-2021-proceedings-august-2021.pdf)

5.STRATULAT, S.; PRIJILEVSKI, D.; MORARI, G.; BUMBU, T. *A Disambiguation Model for Natural Language Processing*. Proceedings of the Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020, January 12-16, 2021, Kyiv, Ukraine, pp.361-381. ISBN 978-966-999-143-0. [http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings\\_MFOI\\_2020.pdf](http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings_MFOI_2020.pdf)

6.BUMBU, T.; CERNEI, I. *Ensuring Access to the Moldovan Legacy using Elements of Artificial Intelligence*. Proceedings of the Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020, January 12-16, 2021, Kyiv, Ukraine, pp.35-45. ISBN 978-966-999-143-0. [http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings\\_MFOI\\_2020.pdf](http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings_MFOI_2020.pdf)

7.COLESNICOV, A.; MALAHOV, L.; COJOCARU, S.; BURTSEVA, L. *Development of a platform for processing heterogeneous printed documents*. Proceedings of the Conference on

Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020, January 12-16, 2021, Kyiv, Ukraine, pp.108-122, ISBN 978-966-999-143-0. [http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings\\_MFOI\\_2020.pdf](http://mfoi2020.inf.ua/documents/Proceedings_MFOI_2020.pdf)

## 6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

1. CIUBOTARU, C. Generation and visualization of graphical representations of finite automata. Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2020, December 04-05, 2020, Chisinau, Republic of Moldova, p.52-60.  
[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).
2. Petru BOGATENCOV, Grigore SECRIERU, Boris HÎNCU, Nichita DEGTEARIOV. Development of computing infrastructure for support of Open Science in Moldova. In Workshop on Intelligent Information Systems (WIIS2021) Proceedings, Chisinau, IMI, 2020, pp. 34-45,  
<http://www.math.md/wiis2021/proceedings.html>
3. CAFTANATOV. O., BUMBU. T., ERHAN. L., CERNEI. I., IAMANDI. V., LUPAN. V., CAGANOVSKI. D., CURMEI. M. *Discover the Moldovan Cultural Heritage through e-Moldova Portal by Using Crowdsourcing Concept*. Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 65-75.  
<http://www.math.md/wiis2021/proceedings.html>
4. CAFTANATOV. O. *Enhancing Print Media in E-Learning by using Augmented Reality*. Conferința științifică internațională „Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale, (concept steam)” dedicată aniversării a 70 de ani de la nașterea profesorului universitar Anatol GREMALSCHI Republica Moldova, Chișinău, 29 - 30 octombrie 2021.
5. COLESNICOV, A.; MALAHOV, L.; COJOCARU, S.; BURTSEVA, L. *On XML Standards to Present Heterogeneous Data and Documents*. Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp.112-117.  
[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).
6. BUMBU, T. *On Classification of 17th Century Fonts using Neural Networks*. Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova. pp. 58-64.  
[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).
7. COJOCARU, S.; GAINDRIC, C.; VERLAN, T. *Considerations on the Artificial Intelligence Strategies*. Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova. pp. 87-111.  
[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).
8. DRUGUS, I.; BUMBU, T.; BOBICEV, V.; DIDIC, V.; BURDUJA, A.; PETRACHI, A.; ALEXEI, V. *Punctilog: A New Method of Sentence Structure Representation*. Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova. pp. 118-129. [http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf)
9. Constantin GAINDRIC, Sergiu ȘANDRU, Sergiu PUIU, Olga POPCOVA, Iulian SECRIERU, Elena GUȚULEAC. *Advanced pre-hospital triage based on vital signs in mass casualty situations”* Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 130-134.

[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf)

10. ALBU V. The Plirophoria: The Missing Puzzle of the Ultimate Picture of the Universal Information, Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, pp.26-33

11. Vladimir CHERNOV, Valentina DEMIDOVA, Nadeghda MALYUTINA, Victor SHCHERBACOV. Groupoids up to isomorphism of order three with some Bol-Moufang identities. Proceedings WIIS2021, Vladimir Andrunachievici Institute of Mathematics and Computer Science October 14-15, 2021, Chisinau, p. 85-88.

[http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).

12. TITCHIEV, I. Collaborative learning modelled by High-Level Petri nets, Proceedings WIIS2021, Workshop on Intelligent Information Systems, October 14-15, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, 178-184. [http://www.math.md/wiis2021/Composed\\_Proc\\_WIIS2021\\_25\\_10\\_2021.pdf](http://www.math.md/wiis2021/Composed_Proc_WIIS2021_25_10_2021.pdf).

13. PARAHONCO, A.; PETIC, M. Generation and use of educational content within adaptive learning. În: Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021, October 14-15, 2021, Chisinau, ISBN 978-9975-68-438-5, pp. 156 – 167.

<http://www.math.md/wiis2021/proceedings.html>

14. PETIC, M.; GOREA, A.; TITCHIEV, I. Approaches in Assessing the Credibility of Online Information. In: Proceedings of the 15th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural language processing”, online, 14-15 december 2020. 151-160. ISSN 1843-911X.

### 6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

1. CIUBOTARU, C. Generarea și utilizarea imaginilor la studierea automatelor finite. International Symposium „Actual Problems of Mathematics and Informatics” dedicated to the 90th Birthday of Professor Ion Valuța, SIPAMI2020, November 27-28, 2020, Chisinau, Republic of Moldova, p.104-111.

### 6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

## 7. Teze ale conferințelor științifice

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

1. BURTSEVA, L.; COJOCARU, S.; MALAHOV, L.; COLESNICOV, A. Heterogeneous document processing: Case study of mathematical texts. Abstracts of International Conference Mathematics & It: Research and Education (MITRE-2021) dedicated to the 75th anniversary of Moldova State University, July 1-3, 2021, pp. 96–97. ISBN 978-9975-158-19-0

<http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

2. BUMBU., T. *On Classification of 17th Century Fonts using Neural Networks*. Abstracts of International Conference Mathematics & It: Research and Education (MITRE-2021) dedicated to the 75th anniversary of Moldova State University, July 1-3, 2021, pp. 95–96, ISBN 978-9975-158-19-0.

<http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

3. BURTSEVA, L.; COJOCARU, S.; MALAHOV, L.; COLESNICOV, A. *Platform for processing heterogeneous documents*. In: Authentication and Conservation of Cultural Heritage. Research and Technique. **Special issue:** Book abstracts from International scientific conference Yesterday’s heritage: implications for the development of tomorrow’s sustainable society, 3rd edition held in the

context of International Women's Day with activities in the field of science, Chisinau, February 11-12, 2021, Vol.1, Issue 1, Iasi, 2021, pp. 22-23. ISSN 2558 – 894X,

<https://acchrt.com/pdf/2021-Yesterdays-heritage.pdf>

4.Olesea CAFTANATOV *Intelligent Interfaces*. Proceedings. Conferință științifică internațională patrimoniul cultural de ieri – implicații în dezvoltarea societății durabile de mâine, ediția a III-a. Februarie 11, 2021. Chișinău, ASM, pp.23-24. ISSN 2558 – 894X.

5.CIUBOTARU, C. Utilizarea imaginilor la studierea automatelor finite. In: Abstracts of International Conference „Mathematics & IT: Research and Education” (MITRE-2021), Chișinău, July 01–03, 2021, p.120-121. <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

6.CORLAT Andrei, JARDAN Ion, Aplicațiile numerelor complexe în rezolvarea diferitor probleme. *International Conference Mathematics & Information Technologies: Research and Education (MITRE-2021)*, July 01-03, 2021, Chișinău, Moldova, p. 121. <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

7.Olesea CAFTANATOV, Veronica IAMANDI. *Evaluarea e-learning cu ajutorul listelor de verificare* Proceedings. Conferința virtuală internațională „Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021)", Iunie 1-3, 2021. USM, Chișinău. <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

8.V. D. CHERNOV, N.N. MALYUTINA, V. A. SHCHERBACOV. Groupoids of order three with Bol-Moufang identities up to isomorphisms. Abstract of International conference Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021) Moldova State University July 01 - 03, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, p. 24-25. <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

9.TITCHIEV, I.; IAMANDI V., Analysis of learning management systems features, International Conference Mathematics & IT: Research and education (MITRE -2021) dedicate to the 75 th anniversary of Moldova State University. Abstracts, July 01-03, 116-117, Chișinău, 2021, ISBN 978-9975-158-19-0 <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

10.PARAHONCO, A.; PETIC, M. Steps in content generation for e-cources. In: Abstracts of International Conference Mathematics & It: Research and Education (MITRE-2021) July 1-3, 2021, 109-110. ISBN 978-9975-158-19-0 <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

11.GOREA, A.; PETIC, M. Some particularities in assessment of online information credibility. Abstracts of International Conference Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021) July 1-3, 2021, 105-106. ISBN 978-9975-158-19-0 <http://cecmi.usm.md/mitre/ro/node/475>

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

1. CAFTANATOV, O.; CAGANOVSKI, D. *Gamificare, noi tendințe în educație*. Proceedings. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, UST. Martie 23-25, 2021.

2.МАЛЮТИНА,Н.; ЩЕРБАКОВ, В. Роль математики в криптологии, Совершенствование математического образования - 2020: состояние и перспективы развития. Материалы XI Международной научно-методической конференции 5-6 ноября 2020 года Тирасполь, р. 15-19.

## 8. Alte lucrări științifice (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

8.1.cărți (cu caracter informativ)

8.2. enciclopedii, dicționare



8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

## **9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

1. Constantin GAINDRIC, Svetlana COJOCARU, Iulian SECRIERU, Olga POPCOVA, Elena GUȚULEAC, Mircea PETIC, Ivan BUDANAIEV, Olesia CAFTANATOV, Tudor BUMBU. *Gestionarea Accidententelor în Masă pe Baza unui Sistem de Inteligență Artificială*. EIS „INFOINVENT”, ediția a XVII-a, din 17-20 noiembrie 2021 (medalie de aur).

2. Tudor BUMBU, Liudmila BURȚEVA, Svetlana COJOCARU, Alexandru COLESNICOV, Ludmila MALAHOV. *Digitizarea textelor românești vechi tipărite în alfabet chirilic*. EIS „INFOINVENT”, ediția a XVII-a, din 17-20 noiembrie 2021 (medalie de bronz).

3. Alexandr PARAHONCO, MIRCEA PETIC. *Sistem de testare adaptivă pe platforma de învățare Moodle*. EIS „INFOINVENT”, ediția a XVII-a, din 17-20 noiembrie 2021.

### **10. Lucrări științifico-metodice și didactice**

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific)

10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

## **7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului**

În contextul globalizării curente economice, culturale, tehnologice și informaționale promovarea patrimoniului cultural național a devenit o parte integrantă a strategiei de dezvoltare durabilă a societății moderne în mai multe aspecte, inclusiv cel academic, științific și economic. Impactul proiectului propus constă în furnizarea pentru un public larg, specialiști și cercetători a accesului direct la texte vechi românești în calitate de element al patrimoniului cultural, susținut de tehnologia, instrumentele și platforma Web inteligentă dezvoltate în cadrul proiectului. În acest mod se vor promova activități interdisciplinare de cercetare și dezvoltare prin formarea unor colective virtuale din cercetători din diverse domenii. Textele procesate vor fi depozitate pentru acces comun. Managementul dezastrelor cu multiple victime necesită îmbinarea trierii victimelor în baza semnelor vitale, cât și a faptelor obținute cu ajutorul scannerelor ultrasonografice portabile, în condiții limitate de timp și identificarea setului minim de parametri necesar ce dă posibilitate medicilor din centrele specializate să intervină operativ la tratament și să minimizeze decesele.

## **8. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului**

Fiecare participant la proiect dispune de calculator personal (laptop sau desktop). Institutul de Matematică și Informatică este dotat cu aparatajul necesar pentru organizarea conferințelor video (proiector, microfoane, tablă interactivă etc.). Institutul asigură serviciile de suport și administrare a rețelei locale de calculatoare. Fiind conectat la rețeaua RENAM, IMI are acces de viteză și capacitate înaltă la resursele informaționale și serviciile rețelei pan-europene GEANT. Pentru stocarea și schimbul de informații este disponibil serviciul cloud al institutului. Institutul dispune de un cluster din 6 servere (procurate din proiecte internaționale anterioare), care asigură funcționalitatea diverselor aplicații, necesare pentru derularea proiectului. Este disponibil și echipamentul periferic necesar (scanere, imprimante).

## **9.Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului**

Universitatea de Stat Alecu Russo din Bălți, Universitatea de Medicină și Farmacie "Nicolae Testemițanu

## **10.Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului**

### **Instituții**

- Universitatea Alexandru Ioan Cuza din Iași;
- Institutul de Informatică teoretică, Iași;
- Universitatea Taras Șevcenko din Kiev;
- Institutul de Informatică teoretică, Matematică și Cercetări operaționale, COMTESSA al Universității din München.

Colaborarea internațională este realizată și prin intermediul participării în diverse proiecte internaționale, cu tematică tangență la cea a proiectului, anume:

- 2017–2021 European Network for Combining Language Learning with Crowdsourcing Techniques, COST Action.
- 2018–2022 A network for Gravitational Waves, Geophysics and Machine Learning, COST action.
- 2018–2022 Prospective European Drug-Induced Liver Injury Network, COST action.
- 2017–2021 European Network for Game Theory, COST action.
- 2020–2023 European Network For Gender Balance in Informatics, COST action.
- 2020–2023 Language In The Human-Machine Era, COST action.
- 2020–2023 Connecting Education and Research Communities for an Innovative Resource Aware Society, COST action.

## **11.Dificultățile în realizarea proiectului**

Deoarece la planificarea cheltuielilor pentru anul viitor este imposibil de prevăzut ce noi provocări și impedimente vor apărea, este extrem de greu să se efectueze modificări în devizul de cheltuieli. S-ar cere o posibilitate de manevră (în anumite limite stabilite de ANCD) pe responsabilitatea directorului de proiect, cu obligativitatea de a da lămuririle necesare în raportul anual.

Problema tinerilor în proiecte necesită acceptarea posibilității de a include studenții din ultimii ani de facultate, fapt ce le-ar trezi interes pentru cercetare și ar fi mai bine direcționați în lucrările de licență și mai apoi de masterat.

Pe parcursul primilor doi ani de realizare a proiectului un impediment l-a constituit imposibilitatea procurării bunurilor de valoare mică, care erau clasificate drept echipament. Sperăm că aprobarea modificării la HG 382/2019, care a fost operată recent, va îmbunătăți situația.

**12.Diseminarea rezultatelor obținute în proiect** în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor, reflectate în p. 6)

*Lista forurilor la care au fost prezentate rezultatele obținute în cadrul proiectului de stat*

- Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

Inga ȚIȚCHIEV, COST CA19122 European Network For Gender Balance in Informatics am participat



la evenimentul "Annual Workshop Women in Informatics Research and Education Workshop in conjunction with ECSS", 26-29 octombrie.

A RUSU, Digital Information Forum, 5th edition, (DIF V) - Artificial Intelligence: Global perspectives and strategic partners, București, organizat de Smart Everything Everywhere, 29-30 sept. 2021

A RUSU, EclipseCon 2021 Virtual Event | October 25 - 28, 2021 - <https://www.eclipsecon.org/2021>

M.PETIC, COST „European Network for Combining Language Learning with Crowdsourcing Techniques (enetCollect)”, COST Action (CA16105), March 2017- April 2021

M.PETIC, COST „Connecting Education and Research Communities for an Innovative Resource Aware Society”, COST action (CA 19135), March 2020- April 2023.

M.PETIC, S.COJOCARU. COST „Language In The Human-Machine Era”, COST action (CA 19102), March 2020- April 2023.

- Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)
- Manifestări științifice naționale

Țițchiev Inga, e - ICT summit, 23 septembrie.

Gaindric Constantin, e - ICT summit, 23 septembrie.

Petic M., Conferința Științifică a Studenților INTERUNIVERSITARIA, Ediția a XVII-a (Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți), 23 aprilie 2021.

- Manifestări științifice cu participare internațională

Țițchiev Inga, dr., ‘Stronger neighbours, stronger global R&E partners: ‘Spectrum’ digital highways interconnect Moldova, Ukraine and European partners’, 28 September (eveniment în cadrul programului EaP Connect).

### **13. Aprecierea și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect** (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri).

- Gaindric Constantin, m.c. – medalia Academiei de Științe a Moldovei “Meritul Științific” clasa a II-a, Hotărârea Prezidiului AȘM nr.225 din 4 iunie 2021.
- Țițchiev Inga, dr - Diplomă aniversară de grațitudine a Academiei de Științe a Moldovei, pentru realizări științifice valoroase în activitatea de cercetare, pregătirea cadrelor de înaltă calificare, promovarea științei și a imaginii AȘM pe plan național și internațional, precum și cu prilejul aniversării a 60-a de la fondarea Academiei de Științe a Moldovei și împlinirea a 75 de ani de la crearea primelor instituții științifice de tip academic. Hotărârea Prezidiului AȘM nr.139 din 26 mai 2021.
- Gaindric Constantin, m.c. - Diplomă aniversară de grațitudine a Academiei de Științe a Moldovei, pentru realizări științifice valoroase în activitatea de cercetare, pregătirea cadrelor de înaltă calificare, promovarea științei și a imaginii AȘM pe plan național și internațional, precum și cu prilejul aniversării a 60-a de la fondarea Academiei de Științe a Moldovei și împlinirea a 75 de ani de la crearea primelor instituții științifice de tip academic. Hotărârea Prezidiului AȘM nr.109 din 26 mai 2021.
- Cojocaru Svetlana, m.c. - Diplomă aniversară de grațitudine a Academiei de Științe a Moldovei, pentru realizări științifice valoroase în activitatea de cercetare, pregătirea cadrelor de înaltă calificare, promovarea științei și a imaginii AȘM pe plan național și internațional, precum și cu prilejul aniversării a 60-a de la fondarea Academiei de Științe a Moldovei și

împlinirea a 75 de ani de la crearea primelor instituții științifice de tip academic. Hotărârea Prezidiului AȘM nr.107 din 26 mai 2021.

- Membri din echipa proiectului au obținut o medalie de aur și una de bronz la Infoinvent-2021

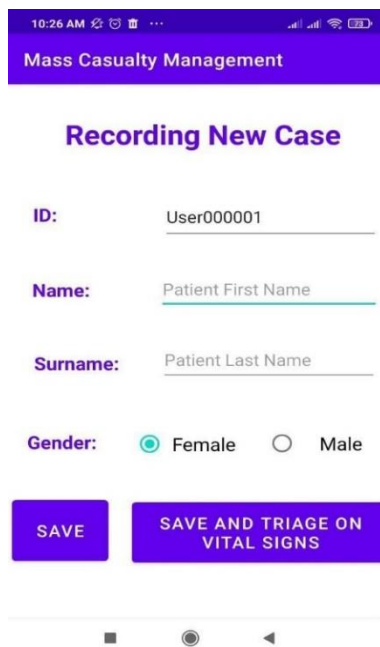
#### 14.Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media :

- Emisiuni radio/TV de popularizare a științei –  
Cojocaru Svetlana/ Radio Moldova/ Prezentarea rezultatelor ce țin de digitizarea textelor vechi/ 05.09.2021.

**15.Teze de doctorat / postdoctorat susținute și confirmate în anul 2021 de membrii echipei proiectului**

#### 16. Materializarea rezultatelor obținute în proiect

- Bază de cunoștințe pentru trierea bazată pe semne vitale ce permite atribuirea codului de clasificare pacientului.
- Modul de inferență logică în baza cunoștințelor domeniului de triere a victimelor conform semnelor vitale achiziționate analogic celor sistematizate și formalizate în formă de tabel decizional și a tehnologiei SonaRes (produs program).
- Prototipul interfeței utilizatorului final – paramedici/ofițeri de triere, destinată suportului procesului de înregistrare și Prototipul interfeței trierii primare a victimelor accidentelor în masă (produs program).



- Modul pentru clasificarea fonturilor utilizate în tiparul cărților românești cu caractere chirilice, elaborat cu utilizare tehnicilor bazate pe rețele neurale (produs program).
- Modul pentru segmentarea unui document scanat în componente cu același tip de conținut (produs program).

## 17. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei în anul 2021

- Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor
  - Gaidric Constantin, președinte al consiliului pentru susținerea publică a tezei de doctor în informatică „Direcții și metode de dezvoltare și optimizare a rețelelor de comunicații electronice” a dlui Varanița Grigore
  - Gaidric Constantin, referent la susținerea tezei de doctor habilitat în științe medicale a dlui Arnaut Oleg Traumatismele severe: modele de predicție a evoluției și rezultatelor tratamentului 312.01. Fiziologie normală și patologică și 321.19. Anesteziologie și terapie intensivă
  - Gaidric Constantin, Membru al comitetului de program " International Conference On Computing, Communication And Control System " on 7th and 8th June 2021 at Bharath University, India.
  - Gaidric Constantin- membru al Comisiei pentru susținerea tezei de doctorat a dnei CUJBA Rodica cu titlul „Organizarea și autoorganizarea sistemului de cercetare, dezvoltare și inovare în Republica Moldova. Aspecte sinergetice”, 521.03. Economie și management în domeniul de activitate
  - Constantin Gaidric// Computer Science Journal of Moldova (cotată în Clarivate Analytics, SCOPUS)/ Redactor șef
  - Svetlana Cojocaru/ Computer Science Journal of Moldova (cotată în Clarivate Analytics, SCOPUS)/ Redactor adjunct
  - Magariu Galina/ Computer Science Journal of Moldova (cotată în Clarivate Analytics, SCOPUS)/ Redactor executiv
  - Verlan Tatiana/ Computer Science Journal of Moldova (cotată în Clarivate Analytics, SCOPUS)/ Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience (cotată în Clarivate Analytics)/ Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ Revista Română de Automatică și Informatică/ Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ International Journal of Computers Communications & Control (cotată în Clarivate Analytics, IF=2.093, SCOPUS, Q2) / Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ Akademos / Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ Bulletin of the International Membrane Computing Society/ Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ Curtea de la Argeș/ Membru al colegiului de redacție
  - Svetlana Cojocaru/ The International Centre for Black Sea Studies/ Reprezentant al Republicii Moldova în consiliul directorilor

- Svetlana Cojocaru/ EIS “INFOINVENT 2021”/ Membru al Comitetului de organizare, Președinte al juriului internațional.
- Svetlana Cojocaru/ International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing”, 2021, Iasi, Romania”/ Membru al Comitetului științific
- Svetlana Cojocaru/ International conference Mathematics & IT: Research and Education (MITRE-2021), Chișinău, 2021/ Membru al comitetului de program
- Svetlana Cojocaru/ International Conference on Mathematical Foundations of Informatics MFOI-2020, January 12-16, 2021, Kyiv, Ukraine/ Co-președinte
- Svetlana Cojocaru/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de program
- Alexandru Colesnicov/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de program
- Liudmila Burțeva/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de program
- Tatiana Verlan/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de organizare
- Ludmila Malahov/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de organizare
- Tudor Bumbu/ Workshop on Intelligent Information Systems WIIS2021/ membru al Comitetului de organizare
- Ludmila Malahov/ Lecturile Iurie Rogojin, ediția VII / coordinator al seriei de seminare Secieru Iulian MC membru al proiectului CA17112 - Prospective European Drug-Induced Liver Injury Network. MC membru supleant al proiectului COST CA17137 - A network for Gravitational Waves, Geophysics and Machine Learning
- Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale
  - Gaidric Constantin, Computer Science Journal of Moldova, Chișinău, redactor șef;
  - Gaidric Constantin, Buletinul A.S.M. Matematica, Chișinău; membru
  - Gaidric Constantin, Studies in Informatics and Control, publicație a Academiei Române. București; membru
  - Gaidric Constantin, International Journal on Information Theories and Applications, Academia de Științe a Bulgariei, Sofia; membru
  - Gaidric Constantin, Управляющие системы и машины (Academia Națională de Științe a Ucrainei), Kiev; membru
  - Gaidric Constantin, Известия Орловского Государственного Технического Университета, серия Информационные системы и технологии, Орел, Россия; membru
  - Gaidric Constantin, International Journal of Computers, Communication and Control (IJCCC), Gaidric Constantin, Universitatea AGORA, Oradea membru

## **18. Summary of results project *Intelligent information systems for solving ill-structured problems, processing knowledge and big data***

The project is carried out in partnership by research teams from the Vladimir Andrunachievici Institute of Mathematics and Informatics (IMCS), Nicolae Testemiteanu State University of Medicine and Pharmacy (SUMP), and Alecu Russo University of Balti (BSUAR).

The objectives of the project for 2021 are fully achieved and consist in developing methods for extracting structured data from the unstructured ones using artificial intelligence techniques including natural language processing, machine learning, knowledge extraction, etc.

A brief enumeration of the results obtained in the project in 2021 includes:

- Modules adapted and developed for the classification of heterogeneous components. Data set for models testing;
- Knowledge base intended for ultrasound diagnosis of victims' injuries under limited conditions of time and comprehensive compliance with the provisions of national and international protocols, based on the experience of physicians-experts (IMCS, SUMP), that will be incorporated into the information system for managing the disasters with multiple victims;
- Tools for parallel massive processing of unstructured data that realizes various concepts and models of parallel processing of large volumes of imaging data;
- Backtracking algorithm for lexicons generating and expert's work facilitation;
- The system of automatic generation of content for computer-assisted training (e-learning) has been extended by the implementation of equivalent transformations on automata with stack memory and context-independent grammars;
- Algorithms for the automatic generation of content for computer-assisted learning and methods for adapting software tools from existing developments to assess the credibility of online information (IMCS, BSUAR) have been developed;
- Augmented technologies implemented in the GeoMe application. A test version of the virtual interface with the augmented interaction and gamification elements has been created;
- Intelligent software agents (e.g. chatbots) for access to the knowledge base for pathologies ultrasound diagnosis;
- The formal framework of the P systems of the cell-network type has been extended. It has been shown that simple rules can be obtained for spiking systems. A variant of P systems has been proposed in which the membranes have limited capacity: the number of objects they can hold is statically limited.

Dissemination of the results obtained in the project in the form of publications:

Editor collection of articles, materials of national / international conferences 2, articles in scientific journals from the Web of Science and SCOPUS databases- 5, in other recognized foreign journals - 3, articles in international scientific collections - 2, articles in the works of international scientific conferences (abroad) - 7, in the papers of the international scientific conferences (Republic of Moldova) - 14, theses of the international scientific conferences (Republic of Moldova) - 11, materials at the invention salons - 3.

The research results, in addition to the theoretical aspects, are promising in future applications for solving ill-structured problems; processing knowledge and data about old book retention and introducing in the cultural heritage research circuit; for applications in medical information systems; and improving computer-assisted training management for both children and adults in lifelong learning

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'M. T. ...', located below the main text block.

## **18. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiectul *Sisteme Informatice inteligente pentru soluționarea problemelor slab structurate și procesarea cunoștințelor și volumelor mari de date***

Proiectul ce efectuează în parteneriat de către colective de cercetare din Institutul de Matematică și Informatică Vladimir Andrunachievici (IMI), Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie Nicolae Testemițeanu (USMF), și Universitatea Alecu Russo din Bălți (USARB).

Obiectivele proiectului pentru anul 2021 sunt realizate complet și constă în elaborarea metodelor de extragere a datelor structurate din cele nestructurate folosind tehnici de inteligență artificială inclusiv procesarea limbajului natural, învățarea automată, extragerea cunoștințelor etc.

O enumerare succintă a rezultatelor obținute în cadrul proiectului în a.2021 include:

- Module adaptate și dezvoltate pentru clasificarea componentelor eterogene. Set de date pentru testarea modelelor
- Baza de cunoștințe destinată diagnosticării ecografice a leziunilor victimelor în condiții limitate de timp și respectarea exhaustivă a prevederilor protocoalelor naționale și internaționale reieșind din experiența medicilor-experti (IMI, USMF), ce va fi incorporată în sistemului informatic pentru managementul dezastrelor cu multiple victime
- Instrumentar pentru procesarea paralelă masivă a datelor nestructurate, care realizează diverse concepte și modele de procesare paralelă a unor volume mari de date imagistice.
- Algoritm backtracking pentru generarea lexicoanelor și a facilita lucrul expertului,
- S-a extins sistemul de generare automată a conținutului pentru instruirea asistată de calculator (e-learning) prin realizarea transformărilor echivalente asupra automatelor cu memorie stivă și gramaticilor independente de context.
- Au fost elaborați algoritmi pentru generarea automată a conținutului pentru învățarea asistată de calculator și metode de adaptarea a instrumentelor software din elaborările existente pentru evaluarea credibilității informației online (IMI, USARB).
- Tehnologii augmentate implementate în aplicația GeoMe. A fost creată o versiune de testare a interfeței virtuale cu interacțiune augmentată și elemente de gamificare
- Agenți software inteligenți (spre exemplu chatbots) pentru accesul la baza de cunoștințe destinată diagnosticării ecografice a patologiilor.
- A fost extins cadrul formal a P sistemelor de tip rețea de celule. S-a arătat că pentru sisteme spiking se obțin reguli simple. A fost propusă o variantă de P sisteme în care membranele au capacitate limitată: numărul de obiecte pe care le pot deține este limitat static.

Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații :

- Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale-2, articole în reviste științifice din bazele de date Web of Science și SCOPUS- 5, . în alte reviste din străinătate recunoscute -3, articole în culegeri științifice internaționale -2, articole în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) – 7, . în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) – 14, teze ale conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) – 11, materiale la saloanele de invenții -3.

- Rezultatele cercetărilor, pe lângă aspectele teoretice, sunt promițătoare în viitoarele aplicații pentru soluționarea problemelor slab structurate, procesarea cunoștințelor și datelor de păstrare și introducerea în circuitul de cercetare a patrimoniului cultural de carte veche, aplicații în sistemele informatice medicale, perfecționarea managementului instruirii asistate de calculator atât pentru copii, cât și pentru adulți în procesul de învățare continuă pe parcursul vieții.

### **19.Recomandări, propuneri**

În programele Digital Europe și Horizon Europe, adoptate de către Comisia Europeană, se acordă o mare atenție inteligenței artificiale, aceasta fiind considerată drept un instrument capabil să ofere mai multe beneficii cetățenilor și întreprinderilor din întreaga Europă, inclusiv o mai bună prevenire a bolilor, o siguranță cibernetică sporită, și multe altele. Mai multe țări ale UE au adoptat strategii de promovare a Inteligenței Artificiale, programe de cercetare în domeniu, programe de masterat de specializare pentru aplicații în inteligența artificială. Considerăm că aceste exemple ar merita de urmat, în caz contrar țara noastră riscă să rămână fără capacitatea utilizării tehnologiilor performante în toate domeniile de activitate: economie, educație, sănătate, cultură etc.

Conducătorul de proiect



Gaidric Constantin

Data

L.S.





**Componența echipei proiectului “Sisteme informatice inteligente pentru soluționarea problemelor slab structurate, procesarea cunoștințelor și volumelor mari de date.”**

**Cifrul proiectului 20.80009.5007.22**

<b>Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului)</b>						
<b>Nr</b>	<b>Nume, prenume (conform contractului de finanțare)</b>	<b>Anul nașterii</b>	<b>Titlul științific</b>	<b>Norma de muncă conform contractului</b>	<b>Data angajării</b>	<b>Data eliberării</b>
1.	C. Găindric	1941	d.h. m.c.	1	01.2020	-
2.	P. Bogatencov	1953	dr.	1	01.2020	-
3.	E.Guțuleac	1979	dr.	1	01.2020	-
4.	A. Rusu	1968	dr.	0,5	01.2020	-
5.	O. Popcova	1979		1	01.2020	-
6.	V. Albu	1960	dr.	0,5	01.2020	-
7.	Șcerbacov V.	1954		1	01.2021	09.2021
8.	Iu. Secrieru	1971		1	01.2020	-
9.	D. Macari	1980		1	01.2020	-
10.	N. Degteariov	1988		1	01.2020	-
11.	Parahonco Alexandr	1994		0,5	02..2021	11.2021
12.	Bruc N	1984		0,5	09.2021	10.2021
13.	C. Ciubotaru	1949	dr.	1	01.2020	-
14.	S. Cojocaru	1952	dr.h.	0,5	01.2020	-
15.	A. Alhazov	1979	dr.h.	1	01.2020	-
16.	G. Magariu	1947	dr.	1	01.2020	-
17.	A. Colesnicov	1947	dr.	1	01.2020	-
18.	L. Burțeva	1967	dr.	1	01.2020	-
19.	I. Titchiev	1977	dr.	0,5	01.2020	-
20.	M. Petic	1983	dr.	0,5	01.2020	-
21.	L. Malahova	1947		1	01.2020	-
22.	T. Verlan	1962		1	01.2020	-
23.	V. Demidova	1955		1	01.2020	-
24.	V. Iamandi	1985		1	01.2020	-
25.	O.Caftanatov	1986		1	01.2020	-
26.	T.Bumbu	1992		1	01.2020	-
27.	A. Corlat	1957	dr.	0,5	01.2020	-

<b>Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare</b>	<b>18,5</b>
--	-------------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Parahonco Alexandr	1994		0,5	02.2021
2.	Bruc N	1984		0,5	09.2021
3.					

Ponderea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	18,5
---	------

Conducătorul organizației  Țițchiev Inga

Contabil șef  / Reabova Irina

Conducătorul de proiect  Constantin Gaidric

