

# Servicii de eGuvernare în era Blockchain

Mihail DUMITRACHE<sup>1,2</sup>, Ionuț-Eugen SANDU<sup>1,3</sup>, Carmen-Ionela ROTUNĂ<sup>1,4</sup>, Antonio COHAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București

<sup>2</sup> Universitatea din București – Facultatea de Litere

<sup>3</sup> Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu

<sup>4</sup> Universitatea Politehnică din București

mihail.dumitrache@ici.ro, ionut.sandu@ici.ro, carmen.rotuna@ici.ro, antonio.cohal@ici.ro

**Rezumat:** Tranziția la sistemele de guvernare electronică creează provocări în ceea ce privește confidențialitatea și securitatea datelor sensibile ale cetățenilor și organizațiilor. Sistemele informaționale necesită implementarea unor mecanisme de securitate adecvate pentru a asigura confidențialitatea, integritatea și disponibilitatea datelor. Tehnologia blockchain are potențialul de a transforma serviciile publice, oferind administrațiilor noi modalități de organizare a proceselor și de manipulare a informațiilor. Gradul ridicat de securitate al tehnologiei reprezintă un atu față de alte instrumente și tehnologii utilizate în tranzacționarea și procesarea datelor. Acest studiu analizează modul în care tehnologia blockchain poate contribui la dezvoltarea noii generații de servicii de eGuvernare și propune un model de ecosistem bazat pe autentificarea SSI (Self-Sovereign Identity) și contracte inteligente (Smart Contracts) între cetățeni și administrații. Rezultatele pot fi un punct de plecare pentru inițiativele naționale de utilizare a blockchain-ului ca platformă de comunicații și tranzacții în sectorul public. Serviciile electronice bazate pe un astfel de registru oferă securitate sporită pentru guverne, cetățeni și întreprinderi.

**Cuvinte cheie:** Blockchain, POS, POW, Smart Contracts, eGovernment, eID, SSI.

## Blockchain-era eGovernment services

**Abstract:** The transition to eGovernment creates challenges in terms of the confidentiality and security of sensitive data of citizens and organizations. Information systems require the implementation of appropriate security mechanisms to ensure the confidentiality, integrity and availability of data. Blockchain technology has the potential to transform public services, enabling administrations to organize processes and manipulate information in an innovative way. Blockchain's high level of security is an advantage over other tools and technologies used in data processing. This study examines how blockchain technology can contribute to the development of the new generation of eGovernment services and proposes an ecosystem model based on SSI (Self-Sovereign Identity) authentication and Smart Contracts between citizens and administrations. The results can be a starting point for the development of national initiatives to use the blockchain as a platform for communications and transactions in the public sector. Blockchain based electronic services provide enhanced security for governments, citizens and businesses.

**Keywords:** Blockchain, POS, POW, Smart Contracts, eGovernment, eID, SSI.

## 1. Introducere

Datorită notorietății pe care au dobândit-o cryptomonedele în ultimii ani, tehnologia Blockchain capătă tot mai multă popularitate de la an la an. La finalul anului 2021 existau 14.906 de cryptomonedele și token-uri.

Prima implementare de succes a tehnologiei blockchain Bitcoin a avut ca obiectiv dezvoltarea unei rețele globale care să tranzacționeze și să schimbe valori în siguranță, fără să fie necesar un intermediar. Printr-o combinație inovativă între criptografie și teoria jocurilor, rețeaua Bitcoin are capacitatea de a ajunge la un consens cu privire la starea reală a registrului său distribuit la intervale regulate.

Blockchain-ul reprezintă o rețea peer-to-peer, în care tranzacțiile sunt executate între noduri securizat, fără a fi nevoie de aprobarea unei autorități centrale (Zein et al., 2019). Fiecare nod din rețea poate deține o copie completă a registrului iar fiecare tranzacție este validată prin mecanismul de consens.

Sistemele de eGuvernare presupun integrarea electronică a serviciilor publice într-un mod sigur, transparent și descentralizat, cu scopul de a elimina birocrăția. Datorită cererii tot mai mari

de servicii online din partea cetățenilor, în special în ultimii 2 ani de context pandemic, tot mai multe guverne au luat măsuri pentru digitalizarea serviciilor publice.

Problemele generice cu care se confruntă sistemele de eGuvernare în prezent includ date inconsistente salvate în bazele de date locale de către organizații diferite, procese business costisitoare și greoaie pentru companii și instituții de stat, lipsa transparenței între indivizi și organizații și faptul că nu există o singură sursă centralizată pentru date.

## 2. Tehnologia Blockchain

Un blockchain reprezintă o listă de înregistrări numite blocuri, care sunt legate între ele folosind mecanisme criptografice (ONU, 2018), (Komninos, 2002). Fiecare bloc conține un hash criptografic al blocului anterior, o marcă temporală (timestamp) și date ale tranzacției. Marca temporală dovedește că datele tranzacției existau atunci când blocul a fost publicat. Întrucât fiecare bloc nou conține informații despre blocul anterior, se formează un lanț în care fiecare bloc adăugat îi validează pe predecesorii săi. În consecință, este extrem de dificil de modificat date într-un blockchain deoarece, odată înregistrate, acestea nu pot fi modificate fără a altera toate blocurile ulterioare.

Tehnologia blockchain încorporează o serie de concepte de bază (Singh, 2019). Nodurile sunt cele mai rudimentare elemente din Blockchain. Din punct de vedere logic, Blockchain-ul este alcătuit dintr-o rețea de noduri iar fizic, nodurile sunt computere. Tranzacția reprezintă orice acțiune dintr-un Blockchain. Spre exemplu, pentru a modifica o valoare în blockchain, se va crea o nouă tranzacție, iar pentru ca aceasta să fie acceptată este necesar să fie aprobată de cel puțin 50% +1 din nodurile existente (Pal et al., 2019). În blockchain datele sunt stocate în bloc-uri. Fiecare bloc este legat de cel anterior printr-un hash criptografic. Conturile Blockchain sunt formate din două variabile: o cheie privată și o cheie publică. Un cont aparține deținătorului cheii private. Spre deosebire de alte tehnologii centralizate, în Blockchain dacă s-a pierdut cheia privată, nu există nicio procedură pentru recuperarea parolei.

Principalele caracteristici ale unui blockchain sunt (Viriyasitavat & Hoonsopon, 2019) sunt:

- descentralizarea - datele sunt reținute în mai multe locuri din rețea, egal cu numărul de noduri (Lee, 2019);
- autonomia - nu există o organizație sau agenție centrală care să administreze blockchain-ul și să dețină cheile pentru corectarea datelor;
- auditabilitatea – întrucât fiecare bloc este legat de blocul anterior printr-un hash toate modificările sunt trasabile cronologic;
- operarea continuă - datele din sistem sunt copiate simultan pe mii de computere, astfel încât să fie disponibile chiar dacă 99% dintre computere sunt off-line;
- scalabilitatea - o rețea poate include un număr infinit de noduri;
- siguranța - codul sursă utilizat este open-source și nu a fost niciodată compromis;
- extensibilitatea - codul permite dezvoltarea de noi servicii și produse;
- securitatea - pentru ca o tranzacție să fie aprobată, jumătate plus unul dintre nodurile din rețea trebuie să o accepte.

Dacă un atacator reușește să modifice un blockchain sau o secțiune de date, se creează un nou bloc care trebuie verificat de către toate dispozitivele din rețeaua blockchain. Jumătate de noduri plus un nod ar trebui modificate pentru ca o tranzacție frauduloasă să fie acceptată și toate ar trebui să fie modificate în același timp. Dacă un nod a răspuns diferit față de celălalt, hash-ul criptografic al nodului este verificat și nodul va fi ignorat de rețea până când revine la o versiune reală de date (Hebert, 2019).

Conceptul de „Contracte Inteligente” (Smart Contracts) a fost definit de Nick Szabo ca o posibilă metodă de formalizare a relațiilor de afaceri și a acordurilor comerciale în context online, într-un mod mult mai eficient decât clasicele contracte pe hârtie (Szabo, 1996). Smart Contracts sunt contracte digitale executate automat, care necesită îndeplinirea sarcinilor de către două entități

pentru a iniția o tranzacție. În blockchain, un astfel de contract nu poate fi modificat de niciuna dintre părți și termenii acestuia sunt monitorizați continuu, concomitent cu executarea pașilor necesari pentru îndeplinirea lui. Dacă sunt necesare modificări trebuie creat un contract complet nou. Contractele inteligente sunt mici programe, identificate printr-o adresă și stocate în blockchain ca orice altă tranzacție, care se execută automat atunci când sunt îndeplinite condiții predefinite. Codul sursă al contractelor este scris într-un limbaj de programare specific, ca de exemplu Solidity, un limbaj de nivel înalt, orientat pe obiecte, dezvoltat pentru modelul Ethereum Virtual Machine (EVM) (Boncea et al., 2019).

### 3. Servicii de eGuvernare și contextul european

Tranziția la sistemele de guvernare electronică creează provocări în ceea ce privește confidențialitatea și securitatea datelor sensibile ale cetățenilor și organizațiilor (Cîrnu, Rotună, 2020). Sistemul de guvernare electronică necesită stocarea și schimbul de date în formă digitală. Guvernul menține centre de date uriașe pentru stocarea informațiilor sensibile, cum ar fi: identitatea, veniturile, dosarele medicale etc. (Dumitrache, 2015).

Sistemele informaționale necesită implementarea unor mecanisme de securitate adecvate pentru a asigura confidențialitatea, integritatea și disponibilitatea datelor (Dumitrache, Sandu, 2020). Frecvent există pierderi de date cu caracter personal datorită unor erori în proiectarea și implementarea sistemelor tehnice și adoptarea unor măsuri de securitate insuficiente (Salamat et al., 2021).

eGuvernarea reprezintă efortul guvernelor de a automatiza serviciile publice și de a facilita utilizarea acestora de către cetățeni. Comisia Europeană, recunoscând necesitățile cetățenilor, întreprinderilor și Guvernelor a elaborat un plan de acțiune pentru următoarea decadă (Dumitrache et al., 2017).

Comisia Europeană a propus patru direcții principale de a transpune ambițiile digitale ale UE pentru anul 2030 în obiective concrete și pentru a se asigura că aceste obiective vor fi îndeplinite (EC Communication, 2021):

- populație cu calificare digitală și profesioniști instruiți corespunzător;
- infrastructuri digitale sustenabile, sigure și performante;
- transformarea digitală a afacerilor și a întreprinderilor va depinde de capacitatea acestora de a adopta rapid noile tehnologii digitale, inclusiv în ecosistemele industriale și de servicii;
- digitalizarea serviciilor publice, furnizarea de servicii publice online accesibile pentru toți cetățenii, servicii și instrumente cu standarde ridicate de securitate și confidențialitate.

Printre obiectivele propuse de Comisia Europeană pentru anul 2030 se numără și construirea unei infrastructuri paneuropene de procesare a datelor interconectate comune, dezvoltarea capacităților de vârf în timp real (latență scăzută) pentru a satisface nevoile utilizatorilor finali, proiectarea de platforme middleware securizate și interoperabile pentru utilizări trans-sectoriale și facilitarea schimbului de date (Banciu, 2020).

Comisia menționează totodată, necesitatea unei infrastructuri Europene a serviciilor blockchain, și anume: dezvoltarea, implementarea și operarea unei infrastructuri europene bazate pe blockchain, care este ecologică, sigură, în deplină conformitate cu valorile UE și cu cadrul legal al UE, prin intermediul căreia să se furnizeze servicii publice transfrontaliere și naționale de înaltă calitate.

### 4. Servicii de eGuvernare bazate pe Blockchain

Sistemele blockchain pot fi implementate în funcție de anumite caracteristici precum: numărul de beneficiari, volumul datelor, domeniul de aplicare etc. În funcție de modul de implementare, blockchain-urile sunt clasificate în: public, privat și de top consorțiu (Bocek et al., 2017).

**Blockchain-ul public** permite oricui să participe la executarea și verificarea tranzacțiilor. Protocolul de consens asigură integritatea conținutului registrului. Blockchain-ul public este

„complet descentralizat” și oferă cel mai înalt nivel de securitate. Exemple de blockchain public sunt Ethereum și Bitcoin.

**Blockchain-ul privat** funcționează într-o rețea închisă creată de o organizație. Organizația are dreptul de a decide care sunt entitățile cu permisiuni de citire/scriere în blockchain. Acest model este folosit în special pentru gestionarea bazelor de date.

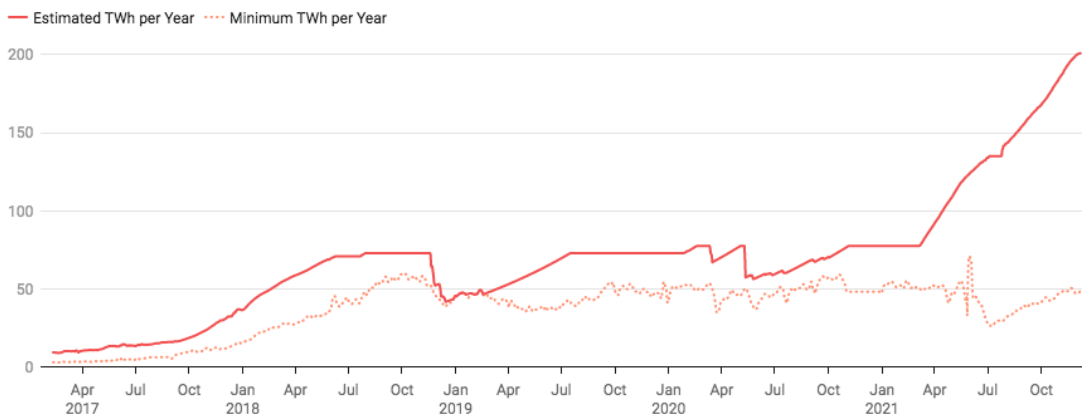
**Blockchain-ul de tip consorțiu** este constituit și administrat de mai multe organizații (Stakeholderi). Blockchain-ul consorțiului este „parțial descentralizat” și oferă o platformă sigură pentru tranzacții între organizații.

#### 4.1. Modelele PoW și PoS

Algoritmul Proof of Work (PoW) presupune ca fiecare nod din rețea să rezolve o problemă matematică complexă. Primului nod care rezolvă problema i se acordă permisiunea de a adăuga un nou bloc, iar minerilor li se acordă recompensa pentru munca lor. Nodurile sunt punctele administrative ale blockchain-ului și verifică legitimitatea tranzacțiilor din fiecare bloc. Odată ce un bloc de tranzacții a fost verificat, datele sunt scrise în blockchain. PoW este algoritmul de consens original într-o rețea blockchain. Într-o rețea, utilizatorii își trimit reciproc token-urile digitale. Un registru descentralizat adună toate tranzacțiile în blocuri. Cu toate acestea, trebuie avut grijă la confirmarea tranzacțiilor și la aranjarea blocurilor.

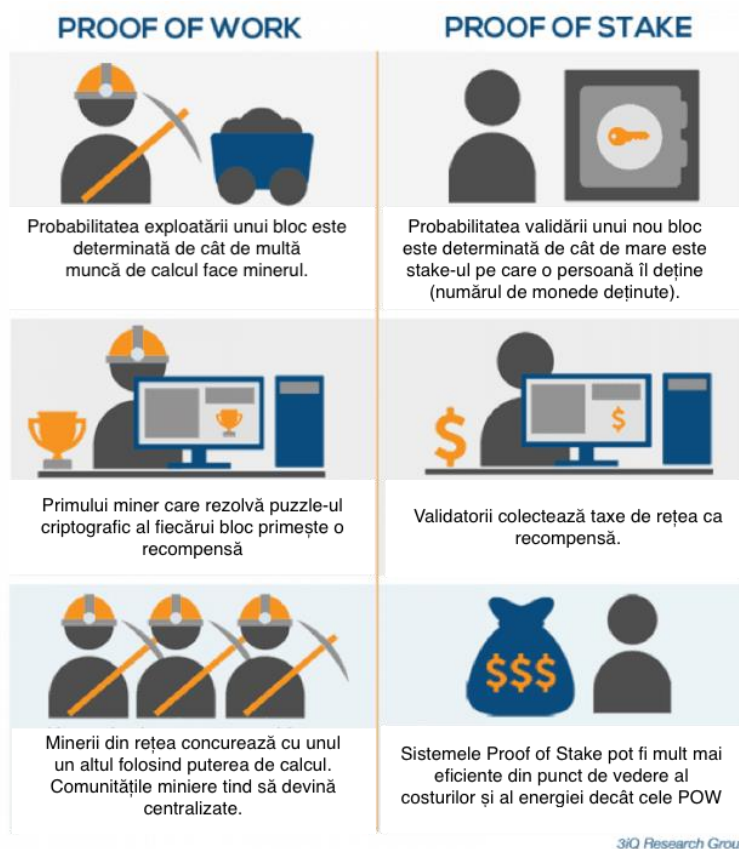
Problema matematică complexă pe care minerii trebuie să o rezolve necesită resurse de calcul din ce în ce mai mari și implicit resurse energetice pe măsură ce rețeaua crește. Rezultatul rezolvării acestor probleme se numește hash. Complexitatea sarcinii este o problemă sensibilă deoarece de aceasta depinde acuratețea și viteza de scriere în blockchain. Dacă generarea blocurilor durează prea mult, tranzacțiile sunt blocate și nu se mai execută iar fluxul de lucru este oprit pentru o perioadă de timp. În cazul în care problema este ușoară, rețeaua este predispusă la atacuri DoS și Spam.

Modelul PoW consumă o cantitate semnificativă de energie (Figura 1), astfel încât pentru întreținerea rețelei Bitcoin este necesară o cantitate de energie electrică echivalentă cu consumul unei țări de dimensiunile Argentinei.



**Figura 1.** Consumul de energie al rețelei blockchain Bitcoin pe an (Bitcoin Energy Consumption Index, 2021)

Protocolul de consens Proof of Stake (PoS) a fost creat ca un algoritm alternativ care urmărește să abordeze preocupările legate de scalabilitate și sustenabilitate din jurul Proof of Work (PoW). Algoritmul PoS încearcă să rezolve problema consumului mare de energie din abordarea PoW prin înlocuirea efectivă a necesității puterii de calcul cu Stake-ul, prin care puterea de exploatare a unui individ este limitată la procentul de Stake deținut. Aceasta înseamnă o reducere drastică a consumului de energie. Proof of Stake (PoS) încearcă să abordeze această problemă atribuind puterea de minare la proporția de monede deținute de un miner (Figura 2).



**Figura 2.** Modelele PoW și PoS (Forkast, 2020)

Cei care dispun de un număr însemnat de resurse financiare își pot permite, evident, să mizeze o cantitate mai mare de token-uri și, astfel, să obțină mai mult control asupra rețelei și să câștige mai multe comisioane. Cu toate acestea sistemul PoS este mai puțin susceptibil la centralizare în comparație cu un blockchain PoW în care câteva entități controlează cea mai mare parte a puterii de minare.

În cazul PoS securitatea este mai scăzută ca în cazul abordării PoW. În cazul PoS, atacatorul ar trebui să obțină 51% din criptomonede pentru a efectua un atac.

În continuare, pe baza criteriilor prezentate anterior (scalabilitate, securitate, sustenabilitate și consum), vom sumariza performanțele PoW și PoS. În Tabelul 1 este marcat cu X protocolul cu performanță maximă, pentru fiecare criteriu.

**Tabelul 1.** POW vs POS

Criterii	PoW	PoS
Scalabilitate		X
Securitate	X	
Sustenabilitate		X
Consum		X

Întrucât PoS are performanță maximă pentru 3 din cele 4 criterii definite, rezultă că un blockchain bazat pe PoS este de preferat în contextul sistemelor de eGuvernare.

## 4.2. Servicii de eGuvernare bazate pe blockchain

Tehnologia Blockchain are potențialul de a transforma activitățile guvernamentale, oferind noi modalități de organizare a proceselor și de manipulare a informațiilor.

În ultimii ani, guvernele din mai multe țări au dezvoltat multiple soluții aplicând această tehnologie la o mare varietate de funcții și servicii, în domenii precum educație, sănătate, achiziții publice, securitate cibernetică, transport și managementul identității. Dar, în ciuda potențialului blockchain, experimentele și studiile ilustrează faptul că mai sunt necesare dezvoltări înainte de a fi utilizat la scară largă în contextul serviciilor de eGuvernare.

O implementare de succes este KSI, o tehnologie blockchain concepută în Estonia și utilizată la nivel global, care are capacitatea de a asigura securitatea rețelelor și sistemelor IT și confidențialitatea datelor. Prin implementarea acestei soluții, Estonia a devenit prima țară care implementează o infrastructură blockchain utilizată la scară națională (KSI Blockchain, 2021).

După un val de atacuri cibernetice în anul 2017, oamenii de știință din Estonia și-au propus să regândească securitatea datelor prin proiectarea unui sistem de etichetare pentru datele electronice care ar putea dovedi corectitudinea datelor, rețelelor și proceselor fără a se baza pe autorități centralizate. KSI Blockchain a fost inventat de Guardtime, o alternativă masiv scalabilă la PKI.

În anul 2020, KSI a devenit primul sistem blockchain care deține acreditarea eIDAS - marca de încredere a UE pentru servicii calificate pentru tranzacțiile electronice pe Piața Unică Europeană. Prin implementarea KSI în rețelele guvernamentale estoniene nici o persoană rău intenționată (hacker), administrator de sistem sau reprezentant al guvernului nu poate manipula sau modifica datele. Autenticitatea acestora poate fi dovedită matematic în fiecare moment.

Autoritatea Estoniană pentru Sisteme Informaționale (RIA) este un furnizor intern de servicii pentru Guvern care garantează accesul la rețeaua blockchain pentru agențiile de stat prin infrastructura X-Road. Agențiile de stat implementează tehnologia blockchain folosind SDK-uri și instrumente prestabilite. Arhitectura sistemului este ilustrată în Figura 3.

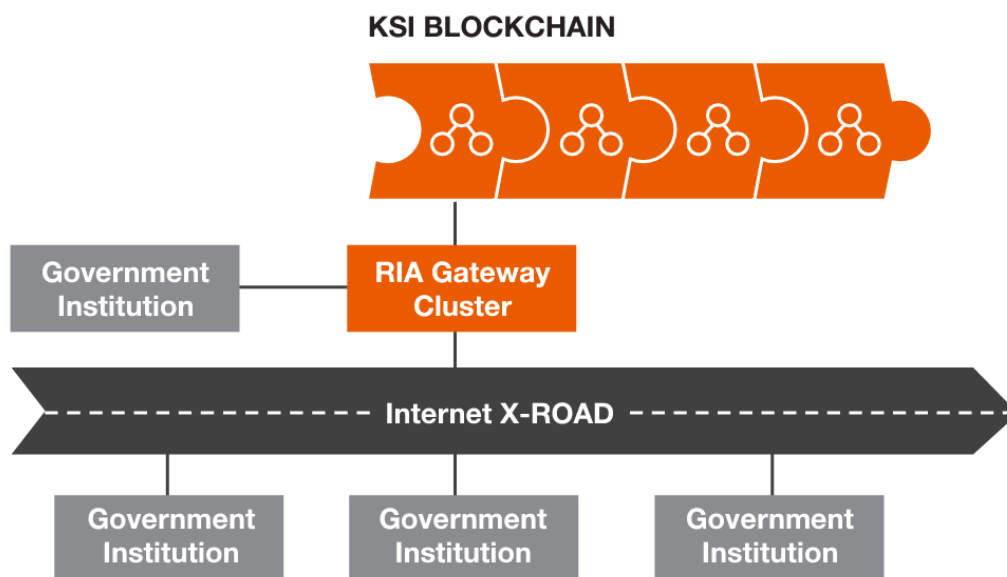


Figura 3. KSI Blockchain în Estonia (KSI Blockchain, 2021)

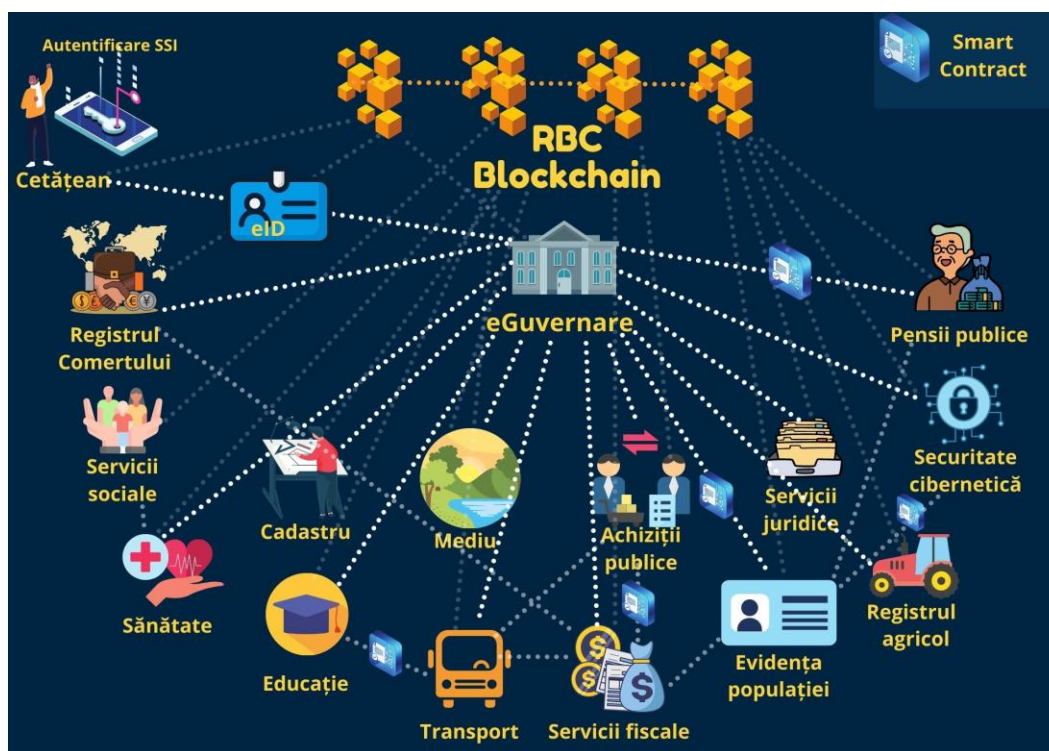
### 4.3. Arhitectura generică a unui sistem de eGuvernare bazat pe Blockchain

Figura 4 ilustrează un model conceptual de eGuvernare bazat pe tehnologia blockchain. Serviciul eGuvernare este accesat de un cetățean care se autentifică folosind identitatea electronică eID combinată cu autentificarea SSI (Self Sovereign Identity), disponibilă prin intermediul telefonului mobil printr-o aplicație dedicată. Procesul de autentificare în sine este o tranzacție care este înregistrată în blockchain. După autentificarea cu succes, alege un serviciu public din lista serviciilor disponibile, de exemplu plata taxei de studii și este redirecționat către formularul de plăți electronice, unde introduce numele instituției de învățământ, suma și obiectul plății (de exemplu taxă studii master) și datele cardului bancar. Plata este procesată cu succes și primește confirmarea electronică pe email. Operația este înregistrată ca tranzacție în blockchain. Pe baza unui contract inteligent (Smart Contract) între instituția de învățământ și Serviciul Plăți, instituția primește suma

în cont și confirmarea plății taxei, iar tranzacția este salvată în blockchain. Pot fi definite contracte inteligente (Smart Contracts) de tip cetățean-cetățean, instituție-instituție și cetățean-instituție.

Gradul ridicat de securitate al tehnologiei blockchain reprezintă un atu față de alte instrumente și tehnologii utilizate în tranzacționarea și procesarea datelor. Datorită combinației dintre criptografie și rețea distribuită, implementarea bazată pe blockchain are ca rezultat un registru imuabil, rezistent la intruziuni, care conține tranzacții confirmate și validate.

Avantajul unui astfel de ecosistem este un grad ridicat de securitate, transparență și trasa-bilitate a tranzacțiilor. Dacă într-un sistem clasic documentele pot fi pierdute sau distruse, într-un sistem digital bazat pe tehnologia blockchain există șanse minime de pierdere totală a datelor.



**Figura 4.** Model conceptual Blockchain pentru servicii de eGuvernare

Un ecosistem de eGuvernare ce utilizează blockchain oferă multiple beneficii precum:

- descentralizare;
- securitate, tranzacții sigure;
- scalabilitate;
- eficiență;
- costuri reduse pentru sincronizarea datelor;
- interoperabilitate.

## 5. Concluzii

Odată cu extinderea tehnologiei blockchain în alte domenii decât criptomonede, eforturile de cercetare s-au extins radical în ultimii ani. Tehnologia blockchain este considerată o abordare revoluționară în domeniul serviciilor publice și al guvernării electronice și acționează ca un factor care permite cetățenilor, întreprinderilor și guvernelor să interacționeze cu ușurință reciproc, într-un mod transparent.

Inovația Blockchain este un rezultat al combinației dintre transparență, integritate, confidențialitate și responsabilitate, atunci când sunt proiectate cu acuratețe. În plus, o rețea blockchain distribuită, sporește încrederea între toți participanții, deoarece tranzacțiile sunt executate în siguranță, fără aprobarea unei autorități centrale.

Blockchain-ul ca tehnologie disruptivă are potențialul de a contribui în mod semnificativ la dezvoltarea de servicii de eGuvernare transparente și sigure. În următoarea perioadă este necesar ca activitățile de cercetare în domeniu să fie intensificate pentru a proiecta servicii viabile de eGuvernare prin utilizarea tehnologiei blockchain.

Studiul curent a elaborat o analiză comparativă a protocoalelor PoW și PoS, a ilustrat o implementare blockchain de succes în zona de eGuvernare și a dezvoltat o arhitectură generică bazată pe blockchain, Smart Contracts, eID și SSI dedicată serviciilor de eGuvernare.

În viitorul apropiat se preconizează că tehnologia blockchain va perturba, transforma și inova modul actual în care se desfășoară afacerile. Contractele inteligente vor conduce automatizarea proceselor, iar digitalizarea absolută va prelua controlul (Frommelt, 2021).

## BIBLIOGRAFIE

1. Banciu, D., Rădoi, M., Belloiu, S. (2020). *Information Security Awareness in Romanian Public Administration: An Exploratory Case Study*. Studies in Informatics and Control, ISSN 1220-1766, vol. 29(1), 121-129. <https://doi.org/10.24846/v29i1y202012>.
2. Bitcoin Energy Consumption Index (2021). <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>.
3. Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., Stiller, B. (2017). *Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain*. In 2017 IFIP/IEEE symposium on integrated network and service management (IM), pp. 772-777.
4. Boncea, R., Petre, I. & Vevera, V. (2019). *Building trust among things in omniscient Internet using Blockchain Technology*. Romanian Cyber Security Journal, Vol. 1, Issue 1.
5. Cîrnu, C. E., Rotună, C. I. (2020). *Servicii electronice transfrontaliere pentru administrația publică bazate pe principiul „Once-Only”*. Revista Română de Informatică și Automatică (Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control), ISSN 1220-1758, vol. 30(4), 2020, 99-110.
6. Dumitrache, M., Sandu, I., Barbu, D. (2017). *An Integrated Cloud Computing Solution for Romanian Public-Sector Entities: ICIPRO Project*. Studies in Informatics and Control, ISSN 1220-1766, vol. 26(4), 481-487.
7. Dumitrache, M., Sandu, I. (2020). *Securitatea rețelelor și sisteme de comunicații în medii Smart*. Revista Română de Informatică și Automatică (Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control), ISSN 1220-1758, vol. 30(1), 61-70.
8. Dumitrache, M. (2015). *Servicii publice electronice oferite instituțiilor publice prin proiectul ICIPRO (Infrastructură de tip Cloud pentru Instituțiile Publice din România)*. Revista Română de Informatică și Automatică (Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control), vol. 25, nr. 4, București, ISSN: 1220-1758, 27-32.
9. EC Communication (2021). *2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0118>.
10. Forkast (2020). <https://forkast.news/wp-content/uploads/2020/02/POS4.png>.
11. Frommelt, O. (2021). *Blockchain technology and business opportunities*. <https://ottocfrommelt.li/Blockchain/>.
12. Hebert, C., Di Cerbo, F. (2019). *Secure blockchain in the enterprise: A methodology*. Pervasive and Computing, 101038.



13. Komninos, N. (2002). *Intelligent The Cities: Innovation, knowledge systems and digital spaces*. London and New York, Spon Press.
14. KSI Blockchain (2021). <https://e-estonia.com/solutions/cyber-security/ksi-blockchain/>.
15. Lee, J. Y. (2019). *A decentralized token economy: How blockchain and cryptocurrency can revolutionize business*. *Business Horizons*, 62(6), 773-784.
16. Pal, O., Alam, B., Thakur, V., Singh, S. (2019). *Key management for blockchain technology*. ICT Express.
17. Salam, S., Kumar, K. (2021). *Survey on Applications of Blockchain in E-Governance*. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*. 11. 3807-3822. 10.47059/revistageintec.v11i4.2409.
18. Singh, I. (2019). *6 Key Features of Blockchain*. <https://thefintechway.com/6-keyfeatures-of-blockchain/>. Accessed: October.
19. Szabo, N. (1996). *Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets*. *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought*, vol. 16.
20. United Nations Organization (ONU) (2018). *2018 Revision of World Urbanization Prospects*, <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-worldurbanization-prospects.html>.
21. Viriyasitavat, W., Hoonsopon, D. (2019). *Blockchain characteristics and consensus in processes*. *Journal modern of business Industrial Information Integration*, 13, 32-39.
22. Zein, R. M., Twinomurinzi, H. (2019). *Towards Blockchain Technology to Support Digital Government. Electronic Government and the Information Systems Perspective*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 207–220.



**Mihail DUMITRACHE** este absolvent al Facultății de Electrotehnică, Universitatea Politehnica din București, specializarea „Inginerie Asistată de Calculator”, inginer și doctor în Inginerie Electrică. Deține studii masterale în specializarea „Inginerie Electrică”, Universitatea Politehnica din București și în specializarea „Administrație Publică Electronică”, Universitatea din București. Și-a început activitatea profesională în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București în anul 2002, ca programator. În prezent este Cercetător Științific gradul III, Șef la Departamentul „Administrare domenii RoTLD” – ICI București și Lector Universitar la Universitatea din București. Este autor și coautor al unor studii și articole de specialitate.

**Mihail DUMITRACHE** PhD graduated from Politehnica University of Bucharest, Faculty of Electrical Engineering, with an Engineer’s Degree and, later on, a PhD in Computer Assisted Engineering. In between, he obtained two Master’s Degrees, one in Electrical Engineering, at “Politehnica” University of Bucharest and one in Electronic Public Administration, at Bucharest University. His professional career started at the National Institute for Research and Development in Informatics – ICI Bucharest in 2002 as a computer programmer. Currently, he is Scientific Researcher grade III and Head of the .ro Domain Administration Department (RoTLD) – ICI București, and also Lecturer at the University of Bucharest. He is author and co-author of several scientific studies and articles.



**Ionuț-Eugen SANDU** este licențiat în Știința Sistemelor și a Calculatoarelor (2006), obține master în Administrație Publică Electronică în anul 2007. Din anul 2010 devine Cercetător Științific în cadrul Departamentului de Administrare Domenii .ro din cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București, iar începând cu anul 2015 devine Șef Serviciu Tehnic RoTLD și Cercetător Științific gradul III în cadrul aceluiași Institut. Domeniile sale principale de interes sunt administrare sisteme, dezvoltare de noi servicii, dezvoltare și mentenanță a infrastructurii de comunicații, precum și relația cu partenerii RoTLD. În prezent este Director Tehnic al Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București.

**Ionuț-Eugen SANDU** graduated university with a BS in Computer and Systems’ Science (2006) and obtained a Master’s Degree in Electronic Public Administration in 2007. In 2010, he became Scientific Researcher within the .ro Domain Administration Department (RoTLD) of the National Institute for Research and Development in Informatics - ICI Bucharest, and since 2015 is Scientific Researcher grade III and Head of the Technical Division of RoTLD, with responsibilities in systems’ administration, development of new services, development and maintenance of

communication infrastructures. He is also in charge with maintaining a close relationship with RoTLD's Partners. Currently, he is Technical Director of National Institute for Research & Development in Informatics – ICI Bucharest.



**Carmen ROTUNĂ** este Doctorand la Universitatea Politehnică din București, domeniul „Ingineria Sistemelor” și a absolvit programul de master la Facultatea de Matematică și Informatică din cadrul Universității din București. În prezent, este Cercetător Științific în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București, unde desfășoară activități de cercetare în domeniile: eGovernment, eServices, Cloud, Big Data și IoT, fiind autor și coautor al unor articole publicate în reviste de specialitate și volume de conferință recunoscute la nivel național și internațional precum și livrabile de proiect. Totodată a participat în proiecte naționale și europene din aria IT&C: SPOCS – Simple Procedures Online for Cross-border Services (CIP-ICTPSP), eSENS - Electronic Simple European Networked Services (CIP ICT), Cloud for Europe C4E (FP7), iar în prezent participă în proiectul TOOP - The “Once-Only” Principle Project (H2020), unde are rolul de coordonator la nivel național pentru pachetul de lucru WP2 Arhitectură și coordonator național pe zona de pilotare.

**Carmen ROTUNĂ** is a PhD student at the Polytechnic University of Bucharest, in the field of Systems Engineering and graduated with a master's degree from the Faculty of Mathematics and Computer Science, University of Bucharest. Currently she is a Scientific Researcher at the National Institute for Research and Development in Informatics – ICI Bucharest, where she conducts research activities in eGovernment, eServices, Cloud, Big Data and IoT, being the author and co-author of articles published in specialized journals and conference volumes recognized nationally and internationally as well as project deliverables. She was also a team member in national and european projects in the IT&C area: SPOCS - Simple Procedures Online for Cross-border Services (CIP-ICTPSP), eSENS - Electronic Simple European Networked Services (CIP ICT), Cloud for Europe C4E (FP7), and currently participates in TOOP - The "Once-Only" Principle Project (H2020), where she has the role of national coordinator for the WP2 Architecture work package and national coordinator for piloting.



**Antonio COHAL** este în prezent Cercetător Științific în cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI București, unde desfășoară activități de cercetare în domeniile: eGovernment, eServices, Cloud, Big Data și IoT, fiind autor și coautor al unor articole publicate în reviste de specialitate și volume de conferință recunoscute la nivel național precum și livrabile de proiect. Totodată a participat în proiecte naționale și europene din aria IT&C: SPOCS –

Simple Procedures Online for Cross-border Services (CIP-ICTPSP), Sistem optic integrat de gestionare a defectelor din industria textilă - TexDef. Participă la elaborarea, dezvoltarea și întreținerea aplicațiilor software și a bazelor de date.

**Antonio COHAL** graduated from the Polytechnic University, Faculty of Nuclear Power Plants. Currently he is a Scientific Researcher at the National Institute for Research and Development in Informatics – ICI Bucharest, where he carries out research activities in eGovernment, eServices, Cloud, Big Data and IoT, being the author and co-author of articles published in specialized journals and conference volumes recognized nationally as well as project deliverables. He was also a team member in national and European projects in the IT&C area: SPOCS - Simple Procedures Online for Cross-border Services (CIP-ICTPSP), Integrated optical defect management system in the textile industry - TexDef. Participate in the development, use and maintenance of software applications and a databases.