

Raport științific

Analiza stadiului actual și a posibilităților de dezvoltare a unui sistem integrat pentru gestionarea resurselor de apă în mediul urban prin implicarea cetățenilor

Cuprins

1	INTRODUCERE	3
2	PROBLEME ACTUALE	4
2.1	Importanța apei în societatea modernă	4
2.2	Dezvoltare sustenabilă și mentenanță în rețele de distribuție a apei	5
2.3	Securitatea și confidențialitatea datelor	6
3	ABORDĂRI ȘI TEHNOLOGII EMERGENTE	6
3.1	Sisteme de gestionare a resurselor de apă	7
3.2	Sisteme de suport decizional (DSS)	8
3.3	Crowdsensing și Serious Gaming	9
3.4	Realitate Augmentată (AR)	12
3.5	Blockchain	13
3.6	Procesarea limbajului natural	14
3.6.1	Word Embeddings	16
3.6.2	BERT și alte modele similare	16
3.6.3	RASA	17
3.6.4	Resurse pentru limba română	17
3.6.5	Concluzii	18
4	PROIECTE DE CERCETARE LA NIVEL NAȚIONAL ȘI EUROPEAN	19
5	DIRECȚII DE DEZVOLTARE	19
6	CONCLUZII	20
7	BIBLIOGRAFIE	22

1 Introducere

În acest proiect se urmărește dezvoltarea unei platforme experimentale pentru gestionarea resurselor de apă în mediul urban prin implicarea cetățenilor, pe baza celor mai noi concepte și tehnologii inovatoare precum Serious Gaming (SG), realitate augmentată (AR), Blockchain, Natural Language Processing (NLP) și Machine Learning (ML).

CPSS (Cyber-Physical-Social Systems) reprezintă o paradigmă emergentă care cuprinde lumea cibernetică, fizică și socială, unul dintre principalele sale scopuri fiind acela de a oferi servicii de înaltă calitate, proactive și personalizate pentru oameni (De et al., 2017), contribuind astfel la dezvoltarea de medii inteligente. Proiectul oferă un model experimental (TRL4), care include servicii cloud, o arhitectură descentralizată și servicii de participare a comunității bazate pe o aplicație mobilă de tip Serious Gaming (SG). Serviciile vor fi disponibile pe platforme mobile și vor permite accesul tuturor tipurilor de părți interesate (furnizor, client, autorități) la sistemul de gestionare a distribuției apei într-un cadru de oraș inteligent.

Un oraș inteligent este definit ca un oraș în care există o interconectare la nivel de infrastructură și o participare activă a cetățenilor la nivel de comunitate (Musa, 2016). Un astfel de oraș are capacitatea de a integra tehnologii moderne într-un mod securizat și util pentru a gestiona resursele orașului și a face viața locuitorilor mai ușoară și mai sigură. Tehnologia poate fi utilizată ca instrument pentru îmbunătățirea capacității de gestionare a resurselor și poate ajuta, de asemenea, la protejarea infrastructurii critice, precum transportul, spitalele, centralele electrice și sistemele de distribuție a apei (Musa, 2016).

Conceptul de crowdsensing este un factor important în dezvoltarea soluțiilor pentru orașe inteligente, prin implicarea activă a cetățenilor în rezolvarea problemelor la nivel de comunitate. În acest sens, factorul motivațional este esențial pentru creșterea interesului în rândul populației, fapt pentru care avem în vedere o abordare interactivă pe bază de joc serios (SG) și realitate augmentată.

Gestionarea resurselor de apă în mediul urban prezintă numeroase provocări și standarde, în timp ce infrastructura de apă este în multe cazuri depășită și dispusă la defecțiuni frecvente, cu atât mai mult, în orașele în care există un sistem de încălzire centralizată. În acest sens, există numeroase abordări în domeniu, precum monitorizarea prin sisteme de tip SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) și senzori inteligenți, metode de detecție și localizare a scurgerilor, soluții pe bază de raportări din partea cetățenilor, metode pe bază de analiză a datelor prin algoritmi de învățare automată.

Proiectul prezintă o abordare multidisciplinară, care necesită expertiză din mai multe domenii: managementul infrastructurii de apă, informatică, știința serviciilor, știința datelor și proiectarea jocurilor.

Noutatea propunerii constă în extinderea sistemelor cibernetic-fizice cu o dimensiune socială. Arhitectura propusă este dezvoltată prin integrarea componentelor bazate pe tehnologii informatice avansate. Abordarea de design de tip bidirecțional, din perspectivă atât tehnică (soluția tehnică), cât și de design creativ (elemente de joc) este, de asemenea, un factor cheie al inovației, deoarece obiectivul principal este de a proiecta o soluție care este atât practică pentru rezolvarea problemelor

din lumea reală, cât și motivantă pentru utilizatori (Morganti et al., 2017). Dintr-o perspectivă arhitecturală la scară largă, permiterea inovației prin interoperabilitate și integrarea sistemului reprezintă o adevărată provocare, deoarece majoritatea tehnicienilor obișnuiau să lucreze cu sisteme izolate (De et al., 2017; Muste & Mocanu, 2016). Blockchain, AI, AR și SG reprezintă fiecare concepte de ultimă generație care sunt în prezent în continuă dezvoltare. Integrarea acestor tehnologii într-o platformă de crowdsensing gamificată în contextul orașelor inteligente și al gestionării inteligente a infrastructurii de apă, reprezintă principala valoare adăugată de implementarea acestui proiect.

Relevanța practică a proiectului constă în faptul că oferă o soluție integrată, inteligentă și inovatoare în ceea ce privește:

- combinația dintre variabilele de mediu și observațiile umane;
- spațiu virtual colaborativ pentru părțile interesate;
- asistență pentru diferite categorii de afaceri legate de gestionarea apei prin utilizarea serviciilor electronice disponibile pe platforma creată.

Sistemul permite un comportament proactiv al cetățenilor față de furnizorii și autoritățile implicate în distribuția apei în zona metropolitană.

2 Probleme actuale

În această secțiune sunt descrise problemele actuale în domeniul sistemelor de gestionare a resurselor de apă în mediul urban.

2.1 Importanța apei în societatea modernă

Apa reprezintă o resursă fundamentală pentru majoritatea domeniilor de activitate, iar calitatea serviciilor de furnizare are nevoie atât de sisteme de control tehnic, de monitorizare, cât și de acțiuni umane adecvate. Deoarece apa este atât de importantă pentru umanitate, mai multe studii au fost dedicate analizei sale, iar rezultatele indică faptul că resursa de apă ar putea deveni o adevărată problemă în viitor: „Până în 2025, 50 de țări și mai mult de 3,3 miliarde de oameni se vor confrunta cu lipsa apei. Până în 2050, numărul țărilor afectate de lipsă de apă va crește la 54, iar populațiile lor la 4 miliarde de persoane - 40% din populația globală proiectată, de 9,4 miliarde” (Don Hinrichsen & Tacio, 2002).

În prezent, populația este în creștere și climatul global se schimbă rapid, astfel cererea de apă globală crește. Managementul apei urbane (Larsen & Gujer, 1997) include alimentarea cu apă, tratarea apei uzate și, în final, drenarea urbană. Abordările tradiționale pentru gestionarea apei urbane oferă o mulțime de beneficii, cu toate acestea conceptele de gestionare durabilă a apei urbane (SUWM) vin cu tot mai multe beneficii în acest domeniu, având ca obiectiv principal gestionarea ciclului apei (Marlow et al., 2013).

În trecut, modelul tradițional de luare a deciziilor era axat pe un rezultat, dar acum procesul este mai durabil, bazat pe învățare socială (Pearson et al., 2010). De cele mai multe ori, utilizatorii nu iau deciziile corecte cu privire la tratarea apei, motiv pentru care este o solicitare extrem de importantă pentru a dezvolta sisteme mai bune de sprijinire a deciziilor (Park & Woo, 2014). Un sistem de asistență decizională (DSS) (Teodosiu et al., 2009) reprezintă un sistem informatic care folosește

informațiile ca date de intrare pentru a genera o decizie complexă. Din punct de vedere al proceselor de tratare a apei, există trei etape principale: pe primul plan sunt selectarea și proiectarea proceselor de tratament, urmate de secvențierea proceselor selectate și în final tratamentul este monitorizat (Hamouda et al., 2009). De asemenea, există o relație strânsă între consumul de apă și creșterea economică. În acest fel, teoria economică a afirmat că eficiența constă în alegerea prețului corect (Rogers et al., 2002).

Forumul Economic Mondial (World Economic Forum, n.d.) a plasat această problemă printre cele mai periculoase cinci riscuri pentru bunăstarea globală, semnalând că ar trebui luate în considerare măsurile de guvernare a apei pentru a minimiza risipa de apă și a costurilor de tratare și livrare a apei.

În sistemele de monitorizare și control clasice, problema principală este dată de costul înlocuirii infrastructurii existente și al senzorilor de înaltă precizie, necesari pentru asigurarea unor măsurători precise. Soluțiile pe bază de senzori inteligenți, de înaltă precizie, presupun un cost inițial ridicat pentru a deveni operaționale.

2.2 Dezvoltare sustenabilă și mentenanță în rețele de distribuție a apei

Realizările tehnologice din domenii precum tehnologia informației și a comunicațiilor și în particular internetul obiectelor (IoT) prezintă soluții pentru gestionarea eficientă a resurselor în contextul infrastructurii din prezent (Umar & Uhl, 2016). Există numeroase articole ce tratează abordări teoretice și practice pentru problema detecției scurgerilor în sisteme de distribuție (Geiger, n.d.; Lupu et al., 2016; Oven, 2014; Turner, 1991).

Metodele tradiționale pentru detecția și localizarea scurgerilor sunt de mai multe tipuri:

- A. Metode hardware precum senzori acustici, detectoare de gaz, detectoare de presiune negativă și termografie cu infraroșu, așa cum sunt prezentate în literatura de specialitate
- B. Metode software ce utilizează modelarea și simularea rețelei precum și pentru monitorizare și control în timp real, cum este cazul sistemelor SCADA

În cazul metodelor hardware, există avantajul localizării precise a scurgerilor însă costurile ridicate pentru echipamentele specializate precum și timpul necesar reprezintă dezavantaje semnificative în contextul etapei de localizare rapidă a defecțiunilor.

Metodele de modelare și simulare au în vedere legea conservării maselor și presupun măsurarea debitelor de intrare și de ieșire din sistem și definirea unui prag pentru semnalizarea scurgerilor. Se măsoară în general presiuni sau debite, cu anumite constrângeri date de costul senzorilor și de precizia dorită așa cum este prezentat în (Predescu et al., 2017).

Printre realizările existente sunt prezentate metode de detecție pe baza presiunilor măsurate, metode de optimizare a locației senzorilor inteligenți pentru îmbunătățirea preciziei (Pérez et al., 2009), de optimizare a numărului de senzori instalați în vederea reducerii costurilor de infrastructură (Nejjari et al., 2015; Stachura & Fajdek, 2014). Problema configurației optime a rețelei are la bază o analiză prin matricea de sensibilitate la defecțiuni, în esență o analiză a discrepanțelor în datele măsurate cauzate de existența unei scurgeri în rețea. Această problemă este dificil de validat în

practică, rezultatele fiind în general obținute folosind simulări pe baza unui model hidraulic în care pot fi simulate scurgeri în diferite locații și pot fi urmărite efectele asupra parametrilor (debit, presiune). O astfel de abordare este prezentată în (Pérez et al., 2011), unde se analizează efectele scurgerilor asupra măsurătorilor de presiune în nodurile rețelei.

Utilizarea senzorilor de presiune este considerată a fi mai practică din perspectiva costurilor de infrastructură, în cazul senzorilor de debit fiind în general costuri mai mari pentru instalare (Sanz & Pérez, 2015).

Pe de altă parte, utilizarea senzorilor de presiune necesită o precizie ridicată deoarece variațiile de presiune în cazul unei scurgeri pot fi neglijabile în contextul rețelelor complexe. Din acest motiv, utilizarea măsurătorilor de debit poate fi o soluție mai bună. Prin măsurarea directă a debitelor se pot identifica în mod direct scurgerile, iar costurile de infrastructură pot fi reduse prin optimizarea locației și a numărului senzorilor instalați.

În contextul distribuției apei, sistemele de reprezentare a datelor geospațiale GIS (Geographic Information System) și de monitorizare și control SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) prezintă o importanță deosebită în contextul automatizării și eficientizării proceselor.

În domeniul infrastructurii inteligente, există diferite abordări pentru dezvoltări durabile și mentenanță. Detectia și soluționarea rapidă a problemelor din cadrul unei infrastructuri metropolitane sunt necesare pentru îmbunătățirea eficienței de funcționare și întreținere. Cu toate acestea, este adesea un compromis între constrângerile de timp și cerințele de precizie, precum în cazul detecției scurgerilor.

Pe de altă parte, conștientizarea problemelor la nivel de infrastructură este un factor important în vederea creșterii nivelului de implicare din partea autorităților, furnizorilor de servicii, cât și a beneficiarilor.

2.3 Securitatea și confidențialitatea datelor

Există multe provocări asociate societății utopice în care toată lumea beneficiază de sinergia dintre oameni și dispozitive digitale, cum ar fi confidențialitatea și problemele asociate în ceea ce privește securitatea cibernetică. Colecția de informații de identificare personală (PII) nu au fost până recent acoperite de instrumente legale precum GDPR. Mecanismele de respectare a obligațiilor de confidențialitate includ evitarea utilizării datelor personale, criptografie, anonimat și pseudonime, ofuscarea datelor și mecanisme de control al accesului (Gaire et al., 2019).

3 Abordări și tehnologii emergente

În această secțiune sunt prezentate abordările și tehnologiile actuale și emergente pentru gestionarea resurselor de apă în mediul urban. Tehnologiile de vârf precum și integrarea acestora reprezintă un domeniu de interes pentru dezvoltarea sustenabilă a infrastructurii de apă și un subiect central în cadrul acestui proiect.

Utilizarea tehnologiilor moderne pentru a sprijini sarcinile de zi cu zi a devenit o caracteristică a vieții în secolul XXI. SSD actuale sunt sisteme complexe de asistare a deciziilor ce includ tehnologiile

momentului în ceea ce privește organizarea datelor (depozite de date și tehnologia OLAP), tehnologii de comunicare bazate pe Web (servicii Web), utilizarea datelor spațiale (integrarea sistemelor GIS în SSD), utilizarea inteligenței artificiale (integrarea agenților inteligenți, a rețelelor neuronale în SSD). Folosirea GIS în SSD a dat naștere sistemelor suport de decizii spațiale (SSDS) ce permit definirea și utilizarea hărților tematice care facilitează analiza multicriterială.

3.1 Sisteme de gestionare a resurselor de apă

Experții și factorii de decizie politică lucrează cu tehnologii emergente, precum IoT, Blockchain, SG, pentru a rezolva criza globală a apei. Un exemplu în acest sens este Barcelona, unde o parte din punctele sale de irigații au fost integrate într-un sistem controlat prin internet (un sistem de tip Cyber-Physical). În acest caz, senzorii din sol oferă date în timp real despre umiditate, temperatură, viteza vântului, lumina soarelui și presiunea atmosferică, ceea ce înseamnă, de exemplu, că grădinarii pot decide de ce au nevoie plantele pe baza acestor date și își pot adapta programul pentru a evita supraaglomerarea. S-a estimat că această măsură reduce consumul de apă cu aproximativ un sfert pentru o economie de 555.000 USD pe an (MIT Technology Review, 2013). Alte orașe au dezvoltat măsuri similare, chiar dacă au folosit abordări diferite: orașul Palo Alto, California a dezvoltat o aplicație mobilă (PaloAlto311) care permite cetățenilor să raporteze probleme, cum ar fi defecțiunile la sistemul de iluminat public sau daunele cauzate de apă. O combinație a acestor două abordări este luată în considerare în această propunere, pentru a obține un CPSS.

Alte orașe au apelat la Blockchain pentru a rezolva criza globală a apei. Tehnologia blockchain permite o gestionare a resurselor de apă într-un mod distribuit, ne-birocratic, cu mai puțină dependență de sistemul financiar și, prin urmare, cu o expunere mai mică la crizele economice, fiscale și financiare. De asemenea, permite o mai mare transparență și supraveghere (de exemplu, audituri), precum și atenuarea practicilor ilegale. Un astfel de exemplu este Water Ledger, care își propune să ofere o platformă Blockchain pentru „urmărirea tuturor apelor”, pentru a asigura transparența în utilizarea apei, a calității și a eforturilor de conservare, permițând o piață a apei conectată (Hynes, 2018). Un alt exemplu este programul-pilot WATERIG (Bhatia & Sarin, n.d.) din Hong Kong, un sistem descentralizat de tratare a apei care ar putea fi utilizat și de alte comunități care suferă de infrastructură slabă și acțiuni insuficiente ale municipalității.

O abordare diferită a fost încercată de unii cercetători care au folosit concepte de AR și jocuri pentru a oferi platforme SG pentru economii de energie și comportament pro-mediu. Unele dintre aceste platforme sunt:

- WaterSmart - oferă un WaterScore personalizat, o comparație cu gospodăriile similare, recomandări de economisire a apei și informații despre date pentru a îmbunătăți înțelegerea utilizării apei;
- WATERNOMICS - un DSS pentru economisirea apei, integrând feedback personalizat cu privire la consumul de apă, date de la senzori și sisteme de detectare a defecțiunilor;
- SmartH2O - oferă date privind consumul de apă, campanii de conștientizare, feedback personalizat și recompense, achiziție de date (contoare inteligente), portal pentru

consumatori (conștientizare, feedback), analiza datelor despre apă, modelarea utilizatorilor (clustering, predicție a cererii), implicare și schimbare de comportament (recomandări, obiective, realizări, recompense - stimulente).

În acest domeniu, AR și SG pot fi combinate cu aplicații de tip „Waze” pentru a crea o platformă universală pentru SG în viața de zi cu zi. O astfel de platformă ar trebui să fie prevăzută cu suportul inteligenței artificiale pentru a oferi informații mai profunde asupra efectului fiecărei componente asupra comportamentului general al utilizatorului. Integrarea cu senzori în contextul IoT este un alt scenariu posibil pentru îmbunătățirea calității datelor.

3.2 Sisteme de suport decizional (DSS)

Dacă inițial procesul decizional era considerat în teoria managementului o activitate exclusiv umană, în urma creșterii cantității de date și a dificultății gestionării și procesării acestora, procesul decizional se desfășoară cu sprijinul tehnologiilor informatice și de comunicație. Acest fapt a condus la abordări interdisciplinare în studiul deciziilor, la informatizarea deciziei și la apariția sistemelor informatice de asistare a deciziilor. Apariția primelor aplicații informatice pentru management a constituit o etapă importantă în dezvoltarea de sisteme care să furnizeze informații necesare managementului pentru luarea unor decizii mai bune. Se poate afirma că Sistemele de Suport pentru Decizii aparțin unui mediu cu fundamente multidisciplinare, incluzând cercetarea în baze de date, inteligența artificială, interacțiunea om-calculator, metode de simulare precum și inginerie software.

Un SSD ar trebui să fie suficient de flexibil pentru a se adapta la caracteristicile personale ale individului care utilizează sistemul. Flexibilitatea poate da încredere utilizatorului să recurgă tot mai des la sistem și să folosească mai multe funcții conducând astfel la o evoluție a utilizării.

Efectele utilizării SSD sunt rezultate care se manifestă atât direct asupra celor care contribuie la elaborarea, adoptarea și implementarea deciziilor, cât și indirect asupra celorlalte persoane din organizație care sunt afectate de aplicarea deciziilor și organizației în ansamblul ei.

Această secțiune se concentrează pe dezvoltarea lucrărilor relevante din literatura de profil care au abordat subiectul sistemelor de gestionare a apei. Autorii din (Teodosiu et al., 2009) prezintă o soluție pentru utilizarea senzorilor într-un campus pentru detectarea nivelului apei în rezervoare cu ajutorul unei variații ultrasonice. Se utilizează mai mulți senzori personalizați cu scopul final de a obține o precizie bună la o distanță de 10 metri. Această soluție relevă faptul că Internet of Things este o soluție bună pentru gestionarea apei.

Mai mult, un proiect similar de cercetare este prezentat în (Verma et al., 2015), unde autorii măsoară și controlează nivelul apei într-un puț, cu scopul final de a furniza apă pentru sarcini agricole. O propunere mai complexă pentru distribuția inteligentă a apei este dezvoltată în (Khan, 2016). Soluția utilizează diferite tipuri de senzori: pentru determinarea debitului de apă, pH-ului și a presiunii. Mai mult, o supapă de control și un microcontroler utilizează senzorii menționați anterior pentru a controla debitul de apă, calitatea apei și a detecta apariția scurgerilor.

O abordare diferită este prezentată de autorii (Srihari, 2018). Obiectivul lor este de a proiecta un senzor inteligent cu ajutorul unui microcontroler cu capacitate de calcul scăzută, care să poată detecta un consum de apă normal. Subiectul utilizat în această lucrare se aseamănă cu unul dintre obiectivele noastre, prin detectarea scurgerilor de apă și încercarea de a propune soluții pentru

scăderea costurilor. În (Rivera-Mejía et al., 2011) găsim și asemănări cu propunerea noastră atunci când comparăm obiectivele. Ambele propuneri urmăresc îmbunătățirea gestionării apei prin scăderea scurgerilor de apă și propunerea de soluții pentru costuri diferențiate în funcție de consum. Autorii din (Rivera-Mejía et al., 2011) intenționează să monitorizeze consumul de apă și să trimită date în Cloud pentru analiză. Mai mult, un utilizator poate fi notificat despre consumul său de apă într-o aplicație de pe smartphone.

Pe aceeași notă cu precedentul este (Rajurkar et al., 2017). Este subliniată importanța facturării corecte, pentru a crește conștientizarea consumatorilor. Mai mult, autorii se concentrează pe proiectarea unei soluții pentru măsurarea calității apei cu ajutorul senzorilor de pH și ORP (Potentialul oxido-reducator). Subiectul calității apei este subliniat și în (Anjana S et al., 2015), unde autorii folosesc diferite tipuri de senzori pentru a monitoriza pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat, turbiditatea și temperatura.

O abordare diferită este utilizată în (Salunke & Kate, 2017). Subiectul se concentrează asupra gestionării ciclului apei și a importanței sale în zonele urbane. Studiul lor dezvăluie efectul urbanizării și industrializării asupra ciclurilor apei și propune o metodologie pentru ciclurile apei în zonele urbane. Importanța IoT în gestionarea apei este ilustrată și în (Lim et al., 2018; Mo Xiaocong et al., 2015; Wadekar et al., 2016). Autorii se concentrează pe prezentarea de soluții diferite pentru monitorizarea consumului de apă și a scurgerilor de apă, dar indiferent de tehnologia folosită de fiecare echipă de cercetare, partea importantă este reprezentată de faptul că acest subiect a câștigat popularitate în ultimii ani. În (Sureephong et al., 2016) autorii au inițiat un proiect de joc serios numit Aqua Republica, în care participanții joacă rolul de manager al unui bazin hidrografic nedezvoltat. Scopul jocului este acela de a conștientiza importanța apei și de a educa asupra gestionării integrate a resurselor de apă.

O altă abordare folosește inteligența artificială (AI) și algoritmi de învățare automată pentru a evalua starea de funcționare a rețelei de distribuție a apei și pentru a realiza funcții de suport decizional în vederea prevenirii defecțiunilor, pentru estimarea consumului și funcționarea eficientă a sistemelor de control.

În (Koo et al., 2015), soluția propusă constă în integrarea conceptului de Big Data utilizat pentru colectarea unui număr imens de date de la senzorii instalați pentru a monitoriza performanța sistemului. Arhitectura dezvoltată permite diferitelor tipuri de utilizatori, cum ar fi: autoritățile, furnizorii și consumatorii să gestioneze proactiv consumul de apă.

Tehnologii precum SCADA și GIS (Geographic Information Systems) sunt utilizate în scopul analizei datelor, în timp ce monitorizarea în timp real are și rolul de a detecta scurgerile și alte defecțiuni în rețeaua de distribuție a apei (Liu et al., 2014; Pérez et al., 2011).

Astfel, se pot utiliza datele obținute de la senzori sau din observații umane, într-o strategie de învățare supervizată/nesupervizată, reducând complexitatea luării deciziilor umane în rețele metropolitane, distribuite geografic.

3.3 Crowdsensing și Serious Gaming

Conform Statista, numărul actual de utilizatori de smartphone-uri din lume atinge 3,5 miliarde, ceea ce înseamnă că aproximativ 45% din populația lumii deține un smartphone. Acest procent a crescut

considerabil față de anul 2016, când erau doar 2,5 miliarde de utilizatori de smartphone-uri (*Smartphone Users 2020 | Statista, 2020*). În prezent, smartphone-urile sunt echipate cu diverși senzori (e.g. accelerometrul, giroscopul, magnetometrul, GPS-ul, senzorul de proximitate, senzorul de lumină, microfonul, pedometrul, barometrul, senzorul de puls, termometrul, senzorul de umiditate), tehnologii de comunicații wireless (Wi-Fi, Bluetooth, 3G/4G LTE/5G) și capacități complexe de calcul.

Pe baza acestor tehnologii, au fost concepute diverse aplicații și sisteme pentru a capta diferite fenomene de mediu precum Waze (2016) care utilizează GPS-ul de pe smartphone-uri pentru a capta traficul.

O nouă abordare, fiind stadiul actual al tehnologiei în guvernarea inteligentă, este reprezentată de participarea activă a cetățenilor la nivel comunitar. Conceptul de crowdsensing a apărut ca un subiect larg ce cuprinde implicarea cetățenilor în rezolvarea problemelor la nivel de comunitate. Există multe aplicații care includ jocuri serioase (SG) pentru infrastructura urbană de apă, navigare colaborativă (Waze), partajare a călătoriilor (Uber), livrare la domiciliu (Uber Eats, Glovo), servicii de cazare și călătorie (Airbnb).

În domeniul guvernării inteligente, au fost realizate aplicații pentru a accelera rezolvarea problemelor orașului. Câteva exemple sunt SeeClickFix în America, FixMyStreet în Marea Britanie, care se asigură de bunăstarea drumurilor și FixMyArea în Irlanda. Au fost realizate proiecte la nivel guvernamental precum Bekasi Smart City în Indonezia, prin care s-a urmărit digitalizarea raportării făcute de cetățeni. Aplicația SOROT are la bază 3 tipuri de utilizatori:

- Cetățeni, pot raporta probleme sau oferi sugestii și informații guvernului
- Personalul din teren, o echipă care oferă feedback și rezolvă problemele raportate
- Secretar, face parte din administrația locală și are rol de asistent pentru personalul din teren

Concluziile acestui studiu au reliefat mai multe beneficii ale raportării prin crowdsensing, precum interacțiunea cu autoritățile și soluționarea unor probleme reale. Pe de altă parte, gradul de implicare al cetățenilor a fost relativ redus, din cauze precum strategia de comunicare la nivel guvernamental și posibilități de utilizare a aplicației pentru publicul larg (Novita & Suryani, 2019).

Aceste demersuri arată faptul că guvernele sunt din ce în ce mai preocupate de digitalizarea soluțiilor de raportare și implicarea cetățenilor în procesul de guvernare.

O tendință comună este reprezentată de o descentralizare a serviciilor, în sensul că individul poate fi atât furnizor, cât și consumator.

Aspectul colaborativ reprezintă principala diferență între guvernarea electronică și guvernarea inteligentă. Rețelele sociale, internetul, datele deschise și tehnologiile mobile sunt unele dintre elementele cheie ale unui sistem centrat pe cetățean în contextul Societății 2.0 (Society 2.0).

Conceptul de crowdsensing oferă o alternativă viabilă la potențiala dominație a inteligenței artificiale (AI) în industrie. Scalabilitatea inerentă și costul minim sunt cheia pentru identificarea și gestionarea problemelor în acest sector. Cu toate acestea, o problemă fundamentală pentru această chestiune este reprezentată de factorul motivațional.

Sistemele de tip Mobile CrowdSensing (MCS) necesită un mecanism de recompense pentru încurajarea participării utilizatorilor, asigurând în același timp autenticitatea datelor colectate și

nivelul necesar de încredere între utilizatori și furnizorii de servicii. În (Xu et al., 2018), autorii propun un mecanism hibrid de stimulare bazat pe reputație și recompense, cu un sistem de algoritmi de criptare pentru protecția confidențialității. Există diferite tipuri de stimulente pentru MCS, cum ar fi: stimulente monetare, monede virtuale, gamificare și interacțiuni sociale, în timp ce abordările mai recente propun o strategie hibridă de stimulare (Xiong et al., 2018).

În Mobile CrowdSensing (MCS), utilizatorii partajează date de la senzori integrați în dispozitivele lor mobile, completând adoptarea pe scară largă a dispozitivelor IoT. Cu sprijinul infrastructurii IoT, detectarea oportunistă poate fi integrată pentru a profita de omniprezența dispozitivelor personale, sistemelor GPS și a rețelelor mobile. Detecția participativă este o altă formă de MCS, care necesită o strategie de motivare a utilizatorilor, care atinge aspectul social (rețelele sociale) și gamificarea (teoria jocurilor).

MCS are un potențial neexploatat în gestionarea resurselor de apă atât pentru colectarea datelor, cât și pentru creșterea gradului de conștientizare cu privire la problemele legate de apă. Știința cetățenilor este esențială pentru această problemă, pentru a putea valorifica potențialul dispozitivelor mobile în sfera comunității (Rutten et al., 2017).

Unele dintre principalele provocări ale sistemelor MCS robuste sunt date de aspectele de încredere, fiabilitate și securitate ale datelor multidisciplinare din surse anonime. Soluțiile includ sisteme de reputație (încredere, fiabilitate), stimulente (creșterea participării, compensarea problemelor de confidențialitate)..

Tranziția către o participare proactivă a comunității în diferite aspecte ale guvernului poate fi facilitată de industria jocurilor mobile prin intermediul aplicațiilor AR și SG, prin utilizarea elementelor de proiectare a jocurilor în aplicații serioase, pentru a oferi o punte între oameni și AI. Familiarizarea publicului larg cu aplicații de realitate augmentată și jocuri mobile, oferă o deschidere către o gamă largă de cazuri de utilizare în lumea reală.

În (Predescu & Mocanu, 2019), este prezentată o soluție concept pentru gamificarea procesului de raportare și soluționare a defecțiunilor într-o rețea de distribuție a apei la nivel de oraș. Un mecanism de raportare-soluționare-validare este propus, pe baza aplicației dezvoltate în cadrul studiului. Aplicația are la bază un sistem GIS, conceptul de Serious Gaming prin elemente de joc combinate cu geolocația și vizualizarea datelor în context de realitate augmentată (AR).

Teoria jocurilor poate fi aplicată pentru a defini modelul de stimulare în care sunt implicați mai mulți jucători și interacțiunea dintre jucători sub formă de jocuri cooperative și necooperative.

CPSS sunt esențiale pentru dezvoltări durabile, cum ar fi rețelele inteligente, vehiculele autonome și monitorizarea sănătății. Mecanismele de stimulare pot fi definite pentru CrowdSensing în contextul unui CPSS, cum ar fi clasificarea utilizatorilor pe baza nivelului de încredere.

Se poate realiza o clasificare a modelelor pe baza teoriei jocurilor astfel:

- Cooperativ și necooperativ (alianțe / competiții)
- Jocuri informative (decizii bazate pe informații complete / incomplete)
- Jocuri evolutive (actualizări de strategie, foarte competitive)
- Jocuri statice și dinamice (decizii simultane / secvențiale)
- Jocuri cu sumă zero și non-zero

Astfel, o clasificare a jocurilor se poate realiza pe baza unor caracteristici precum: numărul de jucători, simultan / secvențial, existența informațiilor perfecte (jucătorul știe toate mișcările anterioare), existența informațiilor complete (jucătorii cunosc structura jocului), jocuri cu sumă zero (suma recompenselor este egală cu zero, de exemplu, poker, șah), comunicare, cooperativ / necooperativ. Jocurile din lumea reală sunt rareori jocuri cu sumă zero (Dasari et al., 2020; Prisner, 2014).

Sistemele de tip MCS își asumă o atribuire oportunistă a sarcinilor de detectare, cu scheme pe bază de reputație care pot avea un efect semnificativ asupra utilității platformei. Alocarea optimă a utilizatorilor în funcție de reputație și costul de detectare este o provocare în MCS care implică geolocalizare, fiabilitate (calitatea datelor de detectare, servicii robuste și sigure, criptare, participare corectă) și stimulente (gamificare, teoria jocurilor, modele bazate pe licitații, mecanisme pe bază de recompense) (Pouryazdanpanah et al., 2018).

3.4 Realitate Augmentată (AR)

Tehnologia AR poate fi considerată un factor cheie în contextul Industry 4.0, deoarece poate fi aplicată în multe domenii pentru a oferi o interfață directă și intuitivă cu mediul înconjurător. În timp ce conceptul de realitate augmentată nu este nou, tehnologia a devenit recent accesibilă pentru consumatori.

Termenul de realitate augmentată a fost inventat pentru prima dată de cercetătorul Tom Caudell, la Boeing în 1990, căruia i s-a cerut să îmbunătățească îndrumarea lucrătorilor din fabrică (Caudell & Mizell, 1992). Deoarece smartphone-ul nu exista în acel moment, soluția a fost dezvoltată sub forma unui afișaj montat pe cap și care putea fi controlată de un procesor obișnuit.

Într-un studiu mai recent (Piroozfar et al., 2018) este studiat potențialul dispozitivelor portabile și mobile în experimentele centrate pe utilizator. Vizualizarea în timp real a obiectelor virtuale este încă văzută ca o provocare majoră în dezvoltarea unei soluții AR eficiente pentru cazuri de utilizare din lumea reală.

Principala provocare este, prin urmare, reprezentată de cerințe precise de urmărire pentru o asociere perfectă dintre lumea reală și vizualizarea computerizată. Există mai multe abordări în acest sens, cum ar fi:

- AR bazat pe marker vizual: Procesarea imaginilor este folosită pentru a recunoaște și urmări un marker distinctiv în mediu, unde obiectul AR va fi plasat
- AR bazat pe locație: plasarea obiectelor virtuale și urmărirea locației folosind o combinație de GPS și IMU (Unitate de Măsurare Inerțială) (blippAR, 2018).

La ora actuală, realitatea augmentată este tehnologia care are potențialul de a schimba modul în care interacționăm cu lumea fizică. Aplicațiile actuale variază de la jocuri serioase la navigarea interactivă și fuziunea dintre lumea reală și cea virtuală.

Principala limitare a acestei viziuni este reprezentată de constrângerile fizice și tehnologice. Primele încercări de a crea un produs comercial pentru viziune mărită sub formă de ochelari inteligenți nu s-au dovedit a fi un succes comercial, întrucât potențialii utilizatori nu erau cu adevărat convinși de necesitatea unui astfel de gadget, mai ales având în vedere prețul.

Cu toate acestea, telefonul mobil omniprezent poate fi deja folosit pentru a demonstra utilitatea AR înainte de trecerea la dispozitive mai specializate. Pe de altă parte, bibliotecile software existente au fost până de curând experimentale și extrem de costisitoare în scopul dezvoltării aplicațiilor mobile pe bază de AR.

În (Predescu et al., 2019), sunt prezentate câteva dintre principalele provocări și soluții pentru realizarea unui sistem pe bază de AR pentru dispozitive mobile folosind tehnologii open-source. Soluția are la bază un sistem de tip geospațial (GIS) și utilizarea senzorilor disponibili pe telefon pentru poziționare și orientare în spațiul 3D. Calibrarea și compensarea deviației senzorilor este una din principalele probleme abordate în acest studiu, precum și integrarea într-o aplicație mobilă ce oferă o experiență interactivă pentru utilizator.

3.5 Blockchain

Blockchain a devenit, datorită securității sale, arhitecturii descentralizate și flexibilității, una dintre cele mai importante tehnologii din zilele noastre. Blockchain este o alternativă foarte bună pentru arhitecturile tradiționale de sistem. Cercetătorii din aproape toate domeniile au încercat să adapteze această nouă tehnologie în zona lor și să dezvolte noi soluții. Comunitatea Blockchain a crescut semnificativ, iar soluțiile propuse devin din ce în ce mai complexe. Probleme precum fraudă, integritatea datelor și manipularea datelor, autoritatea distribuită, confidențialitatea informațiilor și securitatea se rezolvă prin Blockchain. Tehnologia poate fi combinată cu succes cu arhitecturi tradiționale centralizate, creând în acest fel sisteme hibride cu complexitate și securitate ridicate.

Există numeroase definiții ale tehnologiei Blockchain. Din punct de vedere tehnic putem spune că Blockchain este un registru distribuit peer-to-peer care este securizat criptografic cu posibilitatea doar de a adăuga informații, imutabil și care poate fi actualizat doar prin consensul tuturor nodurilor (Bashir, 2017). Conform (Acharya et al., 2019), Blockchain este definit ca un lanț de blocuri, iar fiecare bloc conține tranzacții care sunt înregistrate într-un registru care este distribuit pe toate nodurile din rețeaua Blockchain. Tranzacțiile rămân în chain, acestea fiind imutabile, pentru totdeauna. Deoarece registrul este distribuit pe toate nodurile participante, orice nod poate verifica tranzacția și anunța verificarea pentru a se ajunge la un consens. Mult mai simplu, Andreas Antonopoulos definește Blockchain ca fiind „The Internet of Money” în publicația cu același nume (Antonopoulos, 2016).

Prin utilizarea tehnologiei Blockchain, o aplicație de gestionare a resurselor de apă poate beneficia de un flux de date descentralizat, având un nivel ridicat de securitate pentru toate părțile implicate (Poberezhna, 2018). Mai mult, aplicațiile Blockchain permit furnizorilor de apă, diferitelor tipuri de consumatori și persoanelor implicate în luarea deciziilor să acceseze aceleași date în termeni de calitate, cantitate și alte caracteristici esențiale, oferind rezultate consistente (PwC, 2018). Această abordare adaugă valoare datorită faptului că informațiile stocate în blocuri nu pot fi modificate.

Utilizarea tehnologiei Blockchain într-o rețea distribuită, cu noduri descentralizate, asigură o securitate mai bună a datelor (Hutson, 2017; Lin et al., 2017). Cu ajutorul unor senzori inteligenți care pot colecta o cantitate mare de date în timp real, în timp ce conceptul de Blockchain presupune o bază de date distribuită, luarea deciziilor beneficiază de un set larg de informații, care așteaptă să

fie analizate și procesate (Hutson, 2017) . În (Gadekar & Chandgude, 2017), autorii propun o soluție inteligentă de gestionare a apei, utilizând tehnologia Blockchain.

O altă lucrare (Christidis & Devetsikiotis, 2016) propune o abordare a tranzacțiilor utilizate în rețelele de apă, prin contracte inteligente, implementate în Blockchain. Avantajul acestui sistem este realizarea fluxurilor de lucru automatizate. Un alt avantaj al utilizării contractelor inteligente pentru a urmări cantitatea de apă utilizată este reprezentat de stocarea datelor într-un registru public imutabil. Această propunere reduce semnificativ timpul de lucru pentru monitorizarea datelor și verificarea autenticității (EMA NEWS & INSIGHTS, 2018).

Blockchain nu trebuie tratat doar ca soluție pentru criptomonede, ci poate fi folosit ca o platformă de stocare a datelor sau o bază de date, integrându-se cu o aplicație dezvoltată cu scopul de a oferi o securitate sporită a datelor (Poberezhna, 2018). Tehnologia Blockchain poate fi folosită și în domenii precum luarea deciziilor (RICS, 2020) sau guvernanta socială (Herweijer & Swanborough, n.d.). Oferă o bază de date distribuită și descentralizată, având două proprietăți indispensabile unei platforme (CMS, 2018):

- **Transparență** - toate nodurile de rețea împărtășesc aceleași date și conțin istoricul deciziilor luate până la un anumit moment de timp. Avantajul acestei proprietăți este că orice nouă decizie va ține cont de deciziile anterioare. Astfel, fiecare nod al rețelei poate fi tratat ca un agent decisiv, având un rol esențial în procesul de luare a deciziilor.
- **Incoruptibilitate** - a doua proprietate la fel de importantă ca cea dintâi se bazează pe faptul că modificarea datelor nu este permisă. Dat fiind faptul că datele sunt comune tuturor nodurilor, o modificare a datelor unui anumit bloc poate crea un conflict între blocul modificat și celelalte blocuri din rețea. În plus, întrucât datele nu pot fi alterate în niciun moment, deciziile viitoare se bazează pe informații reale.

O abordare care a adus multe avantaje în ceea ce privește optimizarea sistemelor de control al apei este integrarea tehnologiei Blockchain cu sistemele WDN (Water Distribution Network). De exemplu, în zonele rurale, unde agricultura este un factor esențial pentru o economie stabilă, pot apărea probleme dacă nu există un management eficient al resurselor de apă. În (Yang et al., 2015), autorii propun un sistem de control al apei bazat pe arhitectura Blockchain. Cu ajutorul acestei rețele, sunt stabilite reguli privind utilizarea resursei de apă. Toate regulile sunt puse în aplicare folosind un contract inteligent (Shaban, 2008).

Infrastructura constă în valve și pompe, care comunică prin contracte inteligente. În acest fel, toate regulile sunt respectate și aplicate corect. De asemenea, în urma monitorizării și controlului apei, datele stocate în Blockchain pot fi utilizate pentru a aplica algoritmi de luare a deciziilor. În funcție de starea surselor de apă și a exploatațiilor agricole, acești algoritmi pot fi îmbunătățiți.

3.6 Procesarea limbajului natural

Prelucrarea limbajului natural (en. Natural Language Processing - NLP) este un domeniu multidisciplinar, aflat la confluența dintre lingvistică, știința calculatoarelor și inteligența artificială, ce se ocupă cu analiza și generarea unor seturi de date reprezentate în limbaj natural de către un sistem de calcul. Astfel, focusul principal cade pe modul în care oamenii își transmit informația unul altuia, scopul acestui domeniu fiind să proiecteze și implementeze aplicații software care să înțeleagă această comunicare și să o copieze.

Drept urmare, de-a lungul timpului au existat diverse abordări în modelarea unui text. Prima dintre acestea se baza pe o reprezentare sub formă de stivă care conține sub-topice (Grosz & Sidner, 1980): noile subiecte ce apar în text sunt adăugate pe stivă, iar cele care sunt încheiate sunt eliminate de pe stivă. Această abordare are dezavantajul că nu oferă suficientă flexibilitate. Astfel, atunci când un topic este eliminat de pe stivă, tot contextul asociat acestuia este pierdut.

Ulterior, au fost încercate abordări ce se bazau pe structura retorică a discursului (Marcu, 1997) și pe teoria actelor de vorbire (Jurafsky & Martin, 2008). Aceste abordări presupuneau modelarea interacțiunilor din limbaj natural sub forma unui automat de stări cu ajutorul unor metode statistice bazate pe modele Markov ascunse (HMM). În ciuda popularității lor, soluțiile bazate pe HMM aveau nevoie, pentru fiecare limbă, de diverse modele și dicționare cu ajutorul cărora să se calculeze probabilitatea de apariție a fiecărui cuvânt dându-se contextul reprezentat de cuvintele anterioare. Pe lângă asta, fiecare model poate fi specializat pentru un anumit domeniu specific (precum discuții științifice sau legale) și pentru o anumită limbă. Astfel, apărea pentru prima dată problema unui corpus de date de antrenare suficient de mare pentru a permite învățarea acestor probabilități.

În paralel cu metodele statistice, spre sfârșitul secolului trecut au apărut și metode computaționale pentru NLP ce se bazau pe distanțele semantice dintre cuvinte pentru a încerca înțelegerea cât mai corectă a textelor de analizat. Drept urmare, așa a apărut WordNet (Fellbaum, 1998) și diverse variante de a calcula distanțele semantice dintre concepte pe baza acestei baze de date lexicale (Rada et al., 1989; Wu & Palmer, 1994; Lin, 1998; Jiang & Conrath, 1997). Deși înlăturau problema necesității datelor de antrenament, aceste metode aveau 2 mari probleme. Pe de o parte, exista problema construirii și menținerii actualizate a unor baze de cunoștințe corecte, care să reflecte situațiile din lumea reală în ceea ce privește legăturile semantice dintre cuvinte, iar pe de altă parte aplicațiile construite prin astfel de metode aveau complexități de calcul foarte mari, ceea ce conducea la metode foarte lente de procesare.

Odată cu avansul din domeniul rețelelor neuronale a apărut și o nouă abordare în NLP ce implica modelarea unui text prin folosirea unei rețele neurale recurente (en. recurrent neural network - RNN). Această metodă este similară cu soluțiile bazate pe HMM, diferența fiind că metoda de învățare a probabilităților de co-apariție a cuvintelor este diferită. Astfel, având suficiente date de antrenament, rețeaua învață aceste probabilități și le poate utiliza pentru a înțelege textul sau pentru a genera text nou. Totuși, dezavantajul pe care îl are o arhitectură bazată pe o rețea neurală recurentă este că procesează și utilizează întreaga secvență de text anterioară pentru a produce o codificare numerică a acestora. Cum aceste secvențe sunt în general lungi, analiza lor implică trecerea de multe ori prin RNN, ceea ce duce la apariția problemei dispariției gradientilor (en. vanishing gradient problem) și la imposibilitatea antrenării. O îmbunătățire care poate fi adusă acestei metode este antrenarea și folosirea unei celule LSTM (Long Short-Term Memory) (Hochreiter & Schmidhuber, 1997), pentru a nu lua în considerare elementele nerelevante din textul anterior și pentru a scăpa de problema dispariției gradientilor.

În fine, ultima abordare, care conduce la obținerea celor mai bune rezultate în prezent, a venit tot ca urmare a unui nou avans în domeniul rețelelor neuronale și se bazează pe folosirea unei arhitecturi de învățare adâncă (en. deep learning), numite transformers (Vaswani et al., 2017). Avantajul oferit de această arhitectură este că folosește un mecanism numit self-attention, cu ajutorul căruia poate să ia în considerare doar cuvintele care sunt relevante pentru un anumit moment al procesării sau generării textului. Mai mult decât atât, predicțiile următoarelor acțiuni sunt independente după fiecare pas în parte, spre deosebire de o celulă LSTM, care își actualizează starea memoriei interne și transmite starea către pasul următor din analiza textului (White, 2020).

3.6.1 Word Embeddings

Așa cum am menționat, metodele cele mai performante în momentul de față în NLP sunt bazate pe rețele neuronale. Totuși, acestea au fost concepute să lucreze cu date numerice. De aceea, a fost necesară o soluție de reprezentare a cuvintelor sub formă numerică pentru ca rețeaua să le poată recunoaște. Astfel au apărut primele word embeddings, care sunt de fapt reprezentări vectoriale ale unui anumit cuvânt. Pentru a putea genera astfel de embeddings, este nevoie să plecăm de la un vocabular fix, în care fiecare cuvânt are o reprezentare de tipul one-hot și apoi să le modificăm folosind diverse metode pentru a apropia cuvintele regăsite în contexte similare și a le îndepărta pe cele ce se găsesc în contexte diferite în corpusuri de mari dimensiuni (Mikolov et al., 2013; Pennington, Socher, & Manning, 2014).

O limitare a utilizării word embeddings este reprezentată de faptul că acestea nu sunt generate în funcție de context. Multe dintre abordările care produc aceste reprezentări nu iau poziția cuvântului din propoziție în considerare și de aceea mai multe semnificații ale unui cuvânt polisemantic sunt transpuse în același vector.

3.6.2 BERT și alte modele similare

Pentru a elimina limitarea modelelor anterioare de construcție a word embeddings, Google a introdus BERT (en. Bidirectional Encoder Representations from Transformers), un model bazat pe transformers ce permite antrenarea de modele lingvistice pornind de la corpusuri de text ne-adnotat, folosind doar ordinea cuvintelor din textele respective (Devlin et al., 2019). În prezent, BERT este în topul scorurilor obținute pentru o serie de obiective din cadrul NLP.

Arhitectura modelului este una secvențială, fiind formată dintr-un număr specific de niveluri, fiecare dintre acestea încapsulând câte un bloc specific arhitecturii transformers. Numărul de niveluri diferă în funcție de varianta folosită, existând două arhitecturi ce diferă prin dimensiune: BERT-BASE (ce conține 12 niveluri) și BERT-LARGE (ce conține 24 de niveluri).

Având în vedere costul ridicat de antrenare a unui astfel de model - 50.000 USD pentru BERT-BASE, respectiv 200.000 USD pentru BERT-LARGE (Sharir, Peleg, & Shoham, 2020) -, Google pune la dispoziție gratuit niște modele pre-antrenate. Totuși, aceste modele nu sunt adaptate pentru orice domeniu și limbă, și atunci ele trebuie îmbunătățite prin fine-tuning. Acest lucru reprezintă actualizarea sensului cuvântului pe baza domeniului cu care lucrăm. Fiecare sarcină are un domeniu specific, iar cuvintele pot avea semnificații diferite în funcție de context.

Fine-tuning-ul se realizează prin adăugarea unui strat neantrenat deasupra modelului și antrenarea noului model pentru scopul nostru specific. Un beneficiu al fine-tuning-ului este că durează puțin timp pentru a pregăti acest nou model întrucât modelul BERT pre-antrenat (care a fost antrenat inițial pe un corpus de text de mari dimensiuni, precum Wikipedia) a codificat deja o mulțime de informații ce trebuie doar ajustate.

Datorită rezultatelor bune obținute de BERT, numeroși cercetători au început să studieze cu atenție arhitectura propusă și au propus diferite metode de a o îmbunătăți. Astfel au apărut Distill BERT (Sanh et al., 2019), Tiny BERT (Jian et al., 2019), Q8BERT (Zafir et al., 2019) și ALBERT (Lan et al., 2020) care au propus modele de BERT de dimensiuni mai mici, care să poată fi folosite în

aplicațiile reale. De asemenea, Liu et al. (2019) a propus o metodă mai robustă de a antrena BERT - RoBERTa. Sun et al. (2020) a dezvoltat Mobile BERT, un model de 4.3 ori mai mic decât BERT și de 5.5 ori mai rapid, care poate fi rulat direct pe telefon (Pixel 4).

O îmbunătățire a lui BERT este constituită de M-BERT (Pires, Schlinger & Garrette, 2019) care propune îmbunătățirea rezultatelor obținute de BERT pentru fiecare limbă ca urmare a antrenării pe corpusul Wikipedia din limba respectivă prin antrenarea pe o concatenare a textelor din toate limbile în care Wikipedia este disponibilă.

În plus, au apărut și specializări ale lui BERT pentru diferite domenii obținute prin antrenarea BERT doar pe documente specifice domeniului respectiv, nu pe corpusuri generale, ca de exemplu Wikipedia, în cazul BERT. Astfel, au apărut BioBERT (Lee et al., 2020) pentru domeniul bio-medical, SciBERT (Beltagy, Lo & Cohan, 2019) pentru domeniul științific sau ClinicalBERT (Huang, Altsaer & Ranganath, 2019) antrenat pe rapoarte medicale.

O extensie a lui BERT este constituită de învățarea unor reprezentări mai bune ca urmare a combinării textelor cu poze (ViLBERT (Lu et al., 2019)) sau cu video (VideoBERT (Sun et al., 2019)) și învățarea unei reprezentări comune.

BERT nu a fost singurul model construit folosind arhitectura transformers. Modele similare există, ca de exemplu XLNet (Yang et al., 2019), GPT-2 (Radford et al., 2019) sau GPT-3 (Brown et al., 2020), lucru care demonstrează abilitatea acestei arhitecturi de a rezolva o mare varietate de sarcini din domeniul NLP, precum și potențialul de a fi utilizată în construcția de aplicații din lumea reală.

3.6.3 RASA

Rasa (<https://rasa.com/>, 2019) este o soluție open source de unelte de învățare automată și procesare de limbaj natural, ce are scopul de a facilita implementarea de agenți inteligenți care să fie capabili să poarte conversații fluente și coerente cu utilizatorii. Rasa se bazează pe înțelegerea limbajului natural folosind o arhitectură bazată pe transformers pentru a extrage entități și intenții din texte, astfel eliminând nevoia agenților inteligenți care sunt bazați pe un set extins de reguli ce la un moment dat devine greu de întreținut și de extins. Astfel, se poate structura limbajul și se pot folosi tehnici precum monitorizarea evoluției conversației pentru a prevedea posibilele acțiuni ce derivă din comportamentul utilizatorului. Acesta poate fi privit ca o soluție eficientă deoarece nu este nevoie de transmiterea datelor la entități auxiliare în vederea procesării, ceea ce scade spre zero numărul de cereri HTTP care ar trebui executate, și în același timp se poate ajusta modelul creat după propriile nevoi. Rasa oferă și posibilitatea de a implementa acțiuni ca răspuns la mesajele utilizatorului, cum ar fi: răspunderea cu un mesaj, modificarea unei baze de date, apelarea unui API, sau chiar transmiterea legăturii către un operator uman.

3.6.4 Resurse pentru limba română

În ciuda avansului tehnologic din ultimii ani obținut la nivel global prin introducerea transformers, situația actuală din România în privința resurselor lingvistice este aproape la fel ca acum 6 ani, când un studiu aprofundat legat de resursele lingvistice la nivel european (Rehm & Uszkoreit, 2013), a arătat că pentru limba română există doar un „sprijin fragmentar” în ceea ce privește resursele lingvistice disponibile (Dumitrescu & Avram, 2020).

Astfel, în prezent există doar câteva corpusuri ce pot fi folosite, majoritatea neadnotate:

- ROCO (ISLRN: 312-617-089-348-7, ELRA-W0085) – corpus alcătuit din jurnale scrise în limba română ce conține aproximativ 7.1 milioane de cuvinte;
- ROMBAC (ISLRN: 162-192-982-061-0, ELRA-W0088) – corpus de texte românești ce conține 41 de milioane de cuvinte împărțite în mod relativ egal între domenii precum jurnalism, legal, ficțiune, medicină etc.;
- COROLA (<http://corola.racai.ro/>) – corpus ce conține peste 1 miliard de cuvinte;
- OSCAR (Open Super-large Crawled ALMAAnaCH coRpus) (Suárez, Sagot & Romary, 2019) – corpus multilingv de mari dimensiuni obținut prin identificarea automată a limbii și filtrarea corpusului Common Crawl în funcție de această clasificare. Secțiunea pentru limba română conține aproximativ 11 GB de text;
- OPUS (Tiedemann, 2012) – colecție de texte traduse automat de pe web ce formează un corpus paralel open source care nu a fost verificat de experți umani;
- Romanian Wikipedia – varianta în limba română a site-ului Wikipedia, ce este disponibilă în mod gratuit pentru descărcare și care are aproximativ 4 GB de text;
- RONEC (ISLRN: 723-333-596-623-8, <https://github.com/dumitrescustefan/ronec>) – primul corpus adnotat cu entități numite pentru limba română, ce conține 5127 propoziții, având 26377 entități adnotate în 16 clase diferite (Dumitrescu & Avram, 2020).

În afara acestor resurse, Dumitrescu et al. (2018) au dezvoltat Rowordnet, varianta pentru limba română a mult mai cunoscute variante pentru limba engleză WordNet (Fellbaum, 1998).

Ca răspuns la metodele moderne folosite în prelucrarea limbajului natural pentru limba engleză a apărut spaCy (<https://spacy.io/models/ro>) ce conține un tagger, un parser și un identificator de entități numite pentru limba română, ce au acuratețe raportată pentru identificarea de entităților numite cuprinse între 71 % și 78 %. Apariția acestui instrument este de bun augur și pentru integrarea bibliotecii RASA în limba română, întrucât pentru a realiza acest lucru trebuie folosit un model spaCy pe limba română, care nu era disponibil în trecut.

În fine, anul acesta, a fost dezvoltat și un model lingvistic bazat pe transformers - Romanian BERT (Dumitrescu, Avram & Pyysalo, 2020).

3.6.5 Concluzii

În funcție de scenariile identificate în etapa următoare, trebuie alese cele mai potrivite resurse pentru prelucrarea limbajului natural ce pot fi folosite. Astfel, resursele bazate pe rețele neuronale presupun o fază de antrenare sau fine-tuning, lucru ce necesită existența unor date adnotate pentru scopul propus. În lipsa unor astfel de date de antrenare această clasă de resurse / metode nu se poate folosi.

Alternativa, în cazul inexistenței datelor de antrenare, este reprezentată de folosirea unor modele computaționale, bazate pe baza de cunoștințe lexicale Rowordnet, dar care atrage după sine o

complexitate ridicată a procesării și un timp de răspuns ridicat. Dacă este necesară prelucrarea rapidă a informațiilor, o astfel de abordare nu este potrivită.

În fine, o variantă care nu presupune nici date de antrenare și care să furnizeze și răspunsuri rapide, trebuie să se bazeze pe un vocabular specific scenariului identificat și pe potrivirea exactă a cuvintelor menționate de utilizatori peste cele din vocabularul specific sarcinii de rezolvat.

4 Proiecte de cercetare la nivel național și european

În 2018, Proiectul „Watman” (*Water Management System to Reduce Flooding Risks in Romania*, n.d.) - Sistem informațional pentru gestionarea integrată a apei „a fost dezvoltat prin fonduri europene cu principalul obiectiv de reducere a riscurilor cauzate de inundații pentru locuitorii din zonele cele mai vulnerabile din România. Au fost construite 15 stații automatizate cu senzori pentru monitorizarea calității apei, rolul lor fiind de a furniza informații esențiale pentru a asigura creșterea vitezei și eficacității intervențiilor la inundații și pentru a consolida capacitatea autorității naționale „Apele Române”, care este responsabilă cu gestionarea resurselor de apă.

5 Direcții de dezvoltare

Proiectul abordează problema asistenței IT pentru infrastructura de distribuție a apei, care necesită o întreținere regulată și un cost ridicat de funcționare. Obiectivul său principal este dezvoltarea unui sistem de suport decizional (DSS) pentru a crește calitatea serviciilor în sistemele de distribuție a apei, care combină ideea crowdsensing cu inteligența artificială, în forma unei aplicații mobile ce încurajează participarea comunității.

Gestionarea datelor este abordată prin utilizarea tehnologiei Blockchain în vederea asigurării unui nivel de securitate și transparență necesar pentru a crește nivelul de încredere la nivelul utilizatorilor.

Prin realizarea conceptului de crowdsensing cu elemente de joc și participarea activă a cetățenilor, se dorește reducerea costului asociat cu operațiuni de întreținere mai tradiționale care implică echipe dedicate pentru monitorizarea pe teren. În acest sens, Watergame este structurat ca un CPSS.

Pentru a atinge acest obiectiv, este necesar să existe o abordare integrată pentru gestionarea tuturor proceselor implicate, la nivel de concept și implementare. Sistemul va cuprinde:

- servicii pentru autorități, oferind o imagine de ansamblu generală asupra sistemului de distribuție a apei;
- servicii pentru suport decizional pentru administrarea infrastructurii de apă;
- servicii de informare emise de administrația locală / centrală;
- servicii de stocare descentralizată și validare a datelor;
- un mediu de colaborare care să fie utilizat de toți actorii implicați.

Părțile interesate sunt prezentate ca parte a strategiei de guvernare inteligentă care implică interacțiunea gamificată și sigură, pentru rezolvarea problemelor la scară largă în contextul distribuției urbane a apei.

Relevanța platformei propuse va fi demonstrată în contextul studiilor de caz din zona metropolitană a Bucureștiului, unde există unele particularități în ceea ce privește sistemele de distribuție a apei, cum ar fi sistemul de încălzire centralizată.

Cetățenii vor interacționa utilizând aplicația mobilă prin scenarii gamificate și crowdsensing. Platforma va oferi un mod de interacțiune direct și transparent între cetățeni și furnizori, autorități locale și autorități de reglementare, fiecare cu un set specific de capacități de interacțiune. Furnizorii vor putea monitoriza datele privind infrastructura de apă, îmbunătățite prin colectarea de date furnizate de cetățenii care interacționează cu aplicația mobilă, în timp ce DSS va oferi feedback și informații relevante pentru îmbunătățirea gestionării infrastructurii de apă.

Tehnologia AR va fi utilizată pentru interacțiunea vizuală cu infrastructura inteligentă, ca alternativă la vizualizarea pe hartă, în timp ce NLP va fi utilizat pentru a identifica automat natura problemelor din observațiile utilizatorilor.

Un aspect important în tratarea aplicațiilor colaborative este reprezentat de autenticitatea și transparența care sunt necesare într-un sistem bazat pe încredere. În această privință, tehnologia Blockchain va fi utilizată pentru a ține evidența evenimentelor discrete, cum ar fi defecțiunile din sistemul de distribuție a apei, precum și pentru a oferi un sprijin excelent pentru o interacțiune bazată pe recompense din partea autorităților. În contextul DSS, datele înregistrate de contoare inteligente vor fi analizate cu ajutorul tehnicilor ML și îmbunătățite și validate de observațiile umane furnizate folosind platforma. Datele provenite din activitățile de crowdsensing vor fi analizate cu ajutorul NLP pentru a detecta automat tipul problemei raportate și, de asemenea, locația geografică exactă.

Sistemul va beneficia de tehnologia Blockchain care asigură securitate îmbunătățită și validarea datelor, pentru gestionarea activităților distribuite pe scară largă care implică cetățeni și infrastructura de apă inteligentă. Mai mult, tehnicile ML vor fi folosite pentru a identifica anomalii în datele primite de la senzori, care ar putea semnaliza diferite probleme (scurgeri, calitate necorespunzătoare a apei, presiune scăzută / înaltă etc.).

6 Concluzii

Informația reprezintă baza oricărei decizii manageriale de calitate. Posibilitatea de a desfășura un proces decizional de calitate este direct proporțională cu cantitatea informațiilor de care se dispune și de calitatea acestora. Un impact semnificativ în acest sens îl au mijloacele informatice, deoarece acestea permit stocarea și gestionarea informațiilor, respectiv facilitează transmiterea și punerea în practică a deciziilor în timp util.

Luarea unor decizii bune presupune, însă, utilizarea unui volum mare de date și informații a căror manipulare nu se poate face fără un sistem de suport decizional.

Ideea că sistemele inteligente pot îndeplini sarcini considerate până recent exclusiv umane a atras interesul cercetătorilor din toate domeniile, aplicațiile din domeniul inteligenței artificiale devenind numeroase și materializându-se prin tehnologii noi. Un aspect important de subliniat este faptul că în continuare omul deține controlul asupra procesului decizional, iar aceste sisteme doar oferă alternative de decizie, fundamentate cu ajutorul instrumentelor de modelare și analiză a datelor.

În urma analizei efectuate, s-au conturat direcțiile de cercetare și dezvoltare din cadrul acestui proiect. Domeniile și tehnologiile implicate (Crowdsensing, Serious Gaming, Blockchain, AR, NLP) sunt de actualizate și reprezintă factori esențiali de progres în contextul sistemelor inteligente de tip CPSS. Integrarea acestor tehnologii variate necesită o arhitectură de sistem care să permită

WATERGAME

realizarea unei soluții inovatoare pentru gestionarea resurselor de apă în mediul urban prin implicarea cetățenilor.

7 Bibliografie

- Acharya, V., Yerrapati, A. E., & Prakash, N. (2019). *Oracle Blockchain Quick Start Guide*. Packt.
- Anjana S, Sahana M N, Ankith S, Natarajan, K., Shobha, K. R., & Paventhan, A. (2015). An IoT based 6LoWPAN enabled experiment for water management. *2015 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)*, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/ANTS.2015.7413654>
- Antonopoulos, A. M. (2016). *The Internet of Money* (1st ed.). Merkle Bloom LLC.
- Bashir, I. (2017). *Mastering Blockchain*. Packt.
- Bhatia, P., & Sarin, A. (n.d.). *Using LoRa and Blockchain Technology to Monitor Water Parameters*. KEYSIGHT TECHNOLOGIES. Retrieved November 2, 2020, from <https://www.iotchallengekeysight.com/2019/entries/smart-water/86-0501-050130-using-lora-and-blockchain-technology-to-monitor-water-parameters>
- blippAR. (2018). *3 DIFFERENT TYPES OF AR EXPLAINED: MARKER-BASED, MARKERLESS & LOCATION*. <https://www.blippar.com/blog/2018/08/14/marker-based-markerless-or-location-based-ar-different-types-of-ar>
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, ii*, 659–669 vol.2.
<https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303.
- CMS. (2018). *Blockchain technology in the water sector*. Communications and Management for Sustainability. <http://www.cmscoms.com/?p=15406>
- Dasari, V. S., Kantarci, B., Pouryazdan, M., Foschini, L., & Girolami, M. (2020). Game theory in mobile crowdsensing: A comprehensive survey. *Sensors (Switzerland)*, 20(7), 1–23.
<https://doi.org/10.3390/s20072055>
- De, S., Zhou, Y., Larizgoitia Abad, I., & Moessner, K. (2017). Cyber–Physical–Social Frameworks for Urban Big Data Systems: A Survey. *Applied Sciences*, 7(10), 1017.
<https://doi.org/10.3390/app7101017>
- Don Hinrichsen, & Tacio, H. (2002). *The coming freshwater crisis is already here. Finding the Source*.
<https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/popwawa2.pdf>
- EMA NEWS & INSIGHTS. (2018). *Blockchain and the Water Industry – Smart Contracts*. <https://www.ema-inc.com/news-insights/2018/10/blockchain-and-the-water-industry-smart-contracts/>
- Gadekar, G. B., & Chandgude, C. P. (2017). Blockchain And Its Applications. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research (IJRTER)*, 3(4), 143.
<https://doi.org/10.23883/IJRTER.2017.3123.ZS1WM>
- Gaire, R., Ghosh, R. K., Kim, J., Krumpholz, A., Ranjan, R., Shyamasundar, R. K., & Nepal, S. (2019). Chapter 5 - Crowdsensing and Privacy in Smart City Applications. In D. B. Rawat & K.

Z. Ghafoor (Eds.), *Smart Cities Cybersecurity and Privacy* (pp. 57–73). Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815032-0.00005-6>

Geiger, I. G. (n.d.). *Principles of leak detection*.

Hamouda, M. A., Anderson, W. B., & Huck, P. M. (2009). Decision support systems in water and wastewater treatment process selection and design: a review. *Water Science and Technology*, 60(7), 1757–1770. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.538>

Herweijer, C., & Swanborough, J. (n.d.). *8 ways blockchain can be an environmental game-changer*. Retrieved December 3, 2020, from <https://www.weforum.org/agenda/2018/09/8-ways-blockchain-can-be-an-environmental-game-changer/>

Hutson, M. (2017). *Can bitcoin's cryptographic technology help save the environment?*
<https://www.sciencemag.org/news/2017/05/can-bitcoin-s-cryptographic-technology-help-save-environment>

Hynes, C. (2018). *How Blockchain Can Save Water*. LONGHASH.
<https://en.longhash.com/news/how-blockchain-can-save-water>

Khan, S. (2016). Wireless Sensor Network based Water Well Management System for precision agriculture. *2016 26th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)*, 44–46. <https://doi.org/10.1109/ATNAC.2016.7878780>

Koo, D., Piratla, K., & Matthews, C. J. (2015). Towards Sustainable Water Supply: Schematic Development of Big Data Collection Using Internet of Things (IoT). *Procedia Engineering*, 118, 489–497. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.465>

Larsen, T. A., & Gujer, W. (1997). The concept of sustainable Urban Water Management. *Water Science and Technology*, 35(9), 3–10. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00179-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00179-0)

Lim, H., Kim, W., & Jung, J. (2018). Integrated Water Cycle Management System for Smart Cities. *2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)*, 55–58. <https://doi.org/10.1109/ICGEA.2018.8356311>

Lin, Y.-P., Petway, J., Anthony, J., Mukhtar, H., Liao, S.-W., Chou, C.-F., & Ho, Y.-F. (2017). Blockchain: The Evolutionary Next Step for ICT E-Agriculture. *Environments*, 4, 50. <https://doi.org/10.3390/environments4030050>

Liu, Y., Zhang, W., Cui, X., Zhang, G., & Wang, G. (2014). City Pipe Network Intelligent Service Based on GIS and Internet of Things. *2014 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 936–939.

Lupu, C., Iftime, S., & Miclaus, R. (2016). Consideration on real time implementation of fault/leak detection system. *2016 20th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*, 732–737.

Marlow, D. R., Moglia, M., Cook, S., & Beale, D. J. (2013). Towards sustainable urban water management: A critical reassessment. *Water Research*, 47(20), 7150–7161. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.07.046>

MIT Technology Review. (2013). *Ten Breakthrough technologies*.
<http://www.technologyreview.com/lists/breakthrough-technologies/2013/>

Mo Xiaocong, Qiu Xin Jiao, & Shen Shaohong. (2015). An IoT-Based System for Water Resources Monitoring and Management. *2015 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, 2, 365–368. <https://doi.org/10.1109/IHMSC.2015.150>

- Morganti, L., Pallavicini, F., Cadel, E., Candelieri, A., Archetti, F., & Mantovani, F. (2017). Gaming for Earth: Serious games and gamification to engage consumers in pro-environmental behaviours for energy efficiency. *Energy Research & Social Science*, 29, 95–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.05.001>
- Musa, S. (2016). Smart Cities - A Roadmap for Development. *Journal of Telecommunications System & Management*, 05. <https://doi.org/10.4172/2167-0919.1000144>
- Muste, M., & Mocanu, M. (2016). Interjurisdictional collaboration in water resource management. *2016 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/AQTR.2016.7501393>
- Nejjari, F., Sarrate, R., & Blesa, J. (2015). Optimal Pressure Sensor Placement in Water Distribution Networks Minimizing Leak Location Uncertainty. *Procedia Engineering*, 119, 953–962. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.979>
- Novita, D., & Suryani, E. (2019). Smart City on Public Perception. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 248, 12081. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/248/1/012081>
- Oven, S. (2014). *Leak Detection in Pipelines by the use of State and Parameter Estimation*.
- Park, H., & Woo, D.-S. (2014). *Decision support system for multiple water resource blending and water treatment plant*. 214–218. <https://doi.org/10.14257/astl.2014.63.47>
- Pearson, L., Coggan, A., Proctor, W., & Smith, T. (2010). A Sustainable Decision Support Framework for Urban Water Management. *Water Resources Management: An International Journal, Published for the European Water Resources Association (EWRA)*, 24(2), 363–376. <https://econpapers.repec.org/RePEc:spr:waterr:v:24:y:2010:i:2:p:363-376>
- Pérez, R., Puig, V., Pascual, J., Peralta, A., Landeros, E., & Jordanas, L. (2009). Pressure sensor distribution for leak detection in Barcelona water distribution network. *Water Science & Technology: Water Supply*, 9. <https://doi.org/10.2166/ws.2009.372>
- Pérez, R., Puig, V., Pascual, J., Quevedo, J., Landeros, E., & Peralta, A. (2011). Methodology for leakage isolation using pressure sensitivity analysis in water distribution networks. *Control Engineering Practice*, 19(10), 1157–1167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2011.06.004>
- Piroozfar, P., Essa, A., Boseley, S., Farr, E., & Jin, R. (2018). *Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in construction industry: An experiential development workflow*.
- Poberezhna, A. (2018). Chapter 14 - Addressing Water Sustainability With Blockchain Technology and Green Finance. In A. Marke (Ed.), *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains* (pp. 189–196). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00014-8>
- Pouryazdanpanah, M., Kantarci, B., & Dasari, V. (2018). *On the Impact of Selective Data Acquisition in Mobile Crowd-Sensing Performance*.
- Predescu, A., & Mocanu, M. (2019). Increasing Collaboration and Participation Through Serious Gaming for Improving the Quality of Service in Urban Water Infrastructure. In *Lecture Notes in Business Information Processing: Vol. 373 LNBIP*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36691-9_49
- Predescu, A., Mocanu, M., & Lupu, C. (2017). Modeling the Effects of Leaks on Measured Parameters in a Water Distribution System. *Proceedings - 2017 21st International Conference on Control Systems and Computer, CSCS 2017*. <https://doi.org/10.1109/CSCS.2017.89>
- Predescu, A., Mocanu, M., & Lupu, C. (2019). ARMAX: A Mobile Geospatial Augmented Reality

- Platform for Serious Gaming. *Proceedings - 2019 IEEE 15th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, ICCP 2019*.
<https://doi.org/10.1109/ICCP48234.2019.8959671>
- Prisner, E. (2014). *Game Theory through Examples*. MAA Press.
- PwC. (2018). *Building block(chain)s for a better planet*.
<https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>
- Rajurkar, C., Prabakaran, S., & Muthulakshmi, S. (2017). *IoT based water management*. 255–259.
<https://doi.org/10.1109/ICNETS2.2017.8067943>
- RICS. (2020). *Blockchain: an emerging opportunity for surveyors?*
https://www.rics.org/globalassets/blockchain_insight-paper.pdf
- Rivera-Mejía, J., Seáñez-Hernández, C., Hernández-López, A., & López-Pérez, A. (2011). Intelligent sensor with data fusion to improve the care and management of water. *2011 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 1–5.
<https://doi.org/10.1109/IMTC.2011.5944181>
- Rogers, P., de Silva, R., & Bhatia, R. (2002). Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy*, 4(1), 1–17.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1366-7017\(02\)00004-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00004-1)
- Rutten, M., Minkman, E., & van der Sanden, M. (2017). How to get and keep citizens involved in mobile crowd sensing for water management? A review of key success factors and motivational aspects. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(4), e1218.
- Salunke, P., & Kate, J. (2017). Advanced smart sensor interface in internet of things for water quality monitoring. *2017 International Conference on Data Management, Analytics and Innovation (ICDMAI)*, 298–302. <https://doi.org/10.1109/ICDMAI.2017.8073529>
- Sanz, G., & Pérez, R. (2015). Comparison of demand calibration in water distribution networks using pressure and flow sensors. *Procedia Engineering*, 119, 771–780.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.933>
- Shaban, A. (2008). *Water Poverty in Urban India: A Study of Major Cities*.
<https://www.ankurb.info/wp-content/uploads/2013/12/Water-Poverty-in-Urban-India.pdf>
- Smartphone users 2020 | Statista. (2020). <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>
- Srihari, M. M. (2018). Intelligent Water Distribution and Management System Using Internet of Things. *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 785–789. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597325>
- Stachura, M., & Fajdek, B. (2014). *Planning of a water distribution network sensors location for a leakage isolation*. 715–722.
- Sureephong, P., Puritat, K., & Chernbumroong, S. (2016). Enhancing user performance and engagement through gamification: Case study of aqua republica. *2016 10th International Conference on Software, Knowledge, Information Management Applications (SKIMA)*, 220–224. <https://doi.org/10.1109/SKIMA.2016.7916223>
- Teodosiu, C., Ardeleanu, C., & Lupu, L. (2009). An overview of decision support systems for integrated water resources management. *Environmental Engineering and Management Journal*, 8, 153–162. <https://doi.org/10.30638/eemj.2009.023>
- Turner, N. (1991). *Hardware and Software Techniques for Pipeline Integrity and Leak Detection*

Monitoring. *Offshore Europe*.

Umar, M., & Uhl, W. (2016). *Integrative Review of Decentralized and Local Water Management Concepts as Part of Smart Cities (LoWaSmart)*.

Verma, P., Kumar, A., Rathod, N., Jain, P., Mallikarjun, S., Subramanian, R., Amrutur, B., Kumar, M. S. M., & Sundaresan, R. (2015). Towards an IoT based water management system for a campus. *2015 IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISC2.2015.7366152>

Wadekar, S., Vakare, V., Prajapati, R., Yadav, S., & Yadav, V. (2016). Smart water management using IOT. *2016 5th International Conference on Wireless Networks and Embedded Systems (WECON)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/WECON.2016.7993425>

Water management system to reduce flooding risks in Romania. (n.d.). Retrieved May 30, 2020, from https://ec.europa.eu/regional_policy/en/projects/romania/water-management-system-to-reduce-flooding-risks-in-romania

World Economic Forum. (n.d.). *World Economic Forum Annual Meeting*. Retrieved November 2, 2020, from <https://www.weforum.org/events/world-economic-forum-annual-meeting-2019>

Xiong, J., Ma, R., Chen, L., Tian, Y., Lin, L., & Jin, B. (2018). Achieving Incentive, Security, and Scalable Privacy Protection in Mobile Crowdsensing Services. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2018*, 8959635. <https://doi.org/10.1155/2018/8959635>

Xu, Z., Mei, L., Choo, K.-K. R., Lv, Z., Hu, C., Luo, X., & Liu, Y. (2018). Mobile crowd sensing of human-like intelligence using social sensors: A survey. *Neurocomputing*, 279, 3–10.

Yang, S., Chen, X., Chen, X., Yang, L., Chao, B., & Cao, J. (2015). A case study of internet of things: A wireless household water consumption monitoring system. *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 681–686.

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI blog*, 1(8), 9.

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., Hesse, C., Chen, M., Sigler, E., Litwin, M., Gray, S., Chess, B., Clark, J., Berner, C., McCandlish, S., Radford, A., Sutskever, I., Amodei, D. (July 22, 2020). Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv:2005.14165*

Yang, Z., Dai, Z., Yang, Y., Carbonell, J., Salakhutdinov, R. R., & Le, Q. V. (2019). Xlnet: Generalized autoregressive pretraining for language understanding. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 5753-5763).

Daniel Jurafsky and James H. Martin (2008). *Speech and Language Processing*, 2nd edition. Pearson Prentice Hall. ISBN 978-0-13-187321-6

White, K. (21.02.2020). Unpacking the ted policy in rasa open source. [online] <https://blog.rasa.com/unpacking-the-ted-policy-in-rasa-open-source/>. Accesat 22.06.2020.

Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*, NAACL.

- Grosz, B., & Sidner, C. L. (1986). Attention, intentions, and the structure of discourse. *Computational linguistics*, 12(3):175-204, 1986.
- Lin, D. (1998). An information-theoretic definition of similarity. *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning (ICML-98)* Madison, Wisconsin.
- Jiang, J. J. & Conrath, D. W. (1997). Semantic similarity based on corpus statistics and lexical taxonomy. *Proceedings of International Conference on Research in Computational Linguistics (ROCLING X)*, Taiwan.
- Marcu, D. (1997, July). The rhetorical parsing of unrestricted natural language texts. In *35th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and 8th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics* (pp. 96-103).
- Rada, R. et al. (1989). Development and application of a metric on semantic nets. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, 19 (1), 17-30.
- Wu, Z., & Palmer, M. (June 1994). Verb Semantics and Lexical Selection. *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 133–138, Las Cruces, New Mexico.
- Fellbaum, C. (ed.). (1998). *WordNet: an electronic lexical database*. MIT Press, Cambridge, US.
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780, doi:10.1162/neco.1997.9.8.1735
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30, 5998-6008.
- Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., & Dean, J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality. *Advances in NIPS*, 26, 3111-3119.
- Pennington, J., Socher, R., & Manning, C. D. (2014, October). Glove: Global vectors for word representation. *Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP)*, pp. 1532-1543.
- Sharir, O., Peleg, B., & Shoham, Y. (2020). The Cost of Training NLP Models: A Concise Overview. *arXiv preprint arXiv:2004.08900*.
- Sanh, V., Debut, L., Chaumond, J., & Wolf, T. (2019). DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter. *arXiv preprint arXiv:1910.01108*, NeurIPS workshop.
- Jiao, X., Yin, Y., Shang, L., Jiang, X., Chen, X., Li, L., ... & Liu, Q. (2019). Tinybert: Distilling bert for natural language understanding. *arXiv preprint arXiv:1909.10351*.
- Lan, Z., Chen, M., Goodman, S., Gimpel, K., Sharma, P., & Soricut, R. (2019). Albert: A lite bert for self-supervised learning of language representations. *arXiv preprint arXiv:1909.11942*, ICLR.
- Zafir, O., Boudoukh, G., Izsak, P., & Wasserblat, M. (2019). Q8bert: Quantized 8bit bert. *arXiv preprint arXiv:1910.06188*, NeurIPS workshop.
- Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Stoyanov, V. (2019). Roberta: A robustly optimized bert pretraining approach. *arXiv preprint arXiv:1907.11692*.

- Sun, Z., Yu, H., Song, X., Liu, R., Yang, Y., & Zhou, D. (2020). Mobilebert: a compact task-agnostic bert for resource-limited devices. arXiv preprint arXiv:2004.02984, ACL.
- Lee, J., Yoon, W., Kim, S., Kim, D., Kim, S., So, C. H., & Kang, J. (2020). BioBERT: a pre-trained biomedical language representation model for biomedical text mining. *Bioinformatics*, 36(4), 1234-1240.
- Beltagy, I., Lo, K., & Cohan, A. (2019). SciBERT: A pretrained language model for scientific text. arXiv preprint arXiv:1903.10676.
- Huang, K., Altosaar, J., & Ranganath, R. (2019). Clinicalbert: Modeling clinical notes and predicting hospital readmission. arXiv preprint arXiv:1904.05342.
- Pires, T., Schlinger, E., & Garrette, D. (2019). How multilingual is Multilingual BERT?. arXiv preprint arXiv:1906.01502.
- Sun, C., Myers, A., Vondrick, C., Murphy, K., & Schmid, C. (2019). Videobert: A joint model for video and language representation learning. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 7464-7473.
- Lu, J., Batra, D., Parikh, D., & Lee, S. (2019). Vlbart: Pretraining task-agnostic visiolinguistic representations for vision-and-language tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 13-23.
- Rehm, G., & Uszkoreit, H. (2013). *META-NET strategic research agenda for multilingual Europe 2020*. Springer.
- Suárez, P. J. O., Sagot, B., & Romary, L. (2019, July). Asynchronous pipeline for processing huge corpora on medium to low resource infrastructures. In *7th Workshop on the Challenges in the Management of Large Corpora (CMLC-7)*. Leibniz-Institut für Deutsche Sprache.
- Tiedemann, J. (2012, May). Parallel Data, Tools and Interfaces in OPUS. *Lrec*, Vol. 2012, pp. 2214-2218).
- Dumitrescu, S. D., & Avram, A. M. (2020). Introducing RONEC--the Romanian Named Entity Corpus. *Proceedings of the 12th Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2020)*, pages 4436–4443 (arXiv preprint arXiv:1909.01247)
- Dumitrescu, S. D., Avram, A. M., Morogan, L., and Toma, S.-A. (2018). Rowordnet—a python api for the romanian wordnet. In *2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, pages 1–6. IEEE.
- Dumitrescu, S., Avram, A. M., & Pyysalo, S. (2020, November). The birth of Romanian BERT. *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Findings*, pp. 4324-4328 (arXiv preprint arXiv:2009.08712).