Production Systems and Information Engineering
Volume 11 (2), pp. 43-48
doi: https://doi.org/10.32968/psaie.2023.2.4

FEJLETT ÁGENS ALAPÚ BEHATOLÁSÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

ZSUZSA SIMÓ
Doctoral Scool, George Emil Palade
University of Medicine, Pharmacy,
Science and Technology of Targu
Mures, Romania zsuzsa.simo@umfst.ro

LÁSZLÓ BARNA IANTOVICS
George Emil Palade University of
Medicine, Pharmacy, Science and
Technology of Targu Mures, Romania
barna.iantovics@umfst.ro

DÁNIEL TOKODY
NextTechnologies Institute, Óbuda
University, Budapest, Hungary
daniel_tokody@ieee.org

Abstract A behatolás-észlelő rendszer (Intrusion Detection System - IDS) a hálózati forgalmat és a felhasználói tevékenységeket figyeli rosszindulatú adatforgalom felderítéséhez osztott környezetben. Jelen tanulmány néhány előzetes eredményt mutat be, az IDS-ek telepítéséhez javasolt ágens-alapú biztonsági megközelítéssel kapcsolatban. A decentralizált, ágens-alapú IDS feladatokat oszt ki az ágenseknek a fenyegetések felismeréséhez szükséges adatok gyűjtésére, elemzésére és szállítására. Javaslatunk előnyei a következők: nincs egyedi meghibásodási pontja, korlátozza a hálózati terhelést és késést, és megfelelő IDS modellt jelent nagy hálózati környezetek számára. Ilyen például az egészségügyben szereplő páciensek személyes adatainak védelme, amely gépi tanuláson alapuló predikciós algoritmusokkal kombinálva hatékonyabb védelmet biztosíthatnak.

Keywords: intelligens ágens, Ipar 4.0, behatolásérzékelő rendszer, gépi tanulás, egészségügyi predikciók

1. Bevezetés

A behatolás-észlelő rendszer egy olyan szoftveres alkalmazás, amely a hálózat és/vagy rendszer tevékenységeit figyeli annak érdekében, hogy kiszűrje a rosszindulatú tevékenységeket [1, 2]. A behatolás-észlelő rendszerek legfontosabb feladata a lehetséges incidensek beazonosítása, a róluk szóló információk naplózása és a kéretlen behatolási kísérletek jelentése. A behatolás-észlelő rendszerek korlátai általában a következők: a valós támadások száma kevesebb, mint a téves riasztásoké, a szoftverhibák rossz csomagok létrejöttét eredményezhetik, a kiszabadult helyi csomagok téves riasztásokhoz vezethetnek, stb.

A kognitív ágens-alapú rendszerek [3, 4, 5] ígéretes kutatási irányt jelentenek számos bonyolult probléma megoldásához. A bemutatott eredmények [6, 7], azt bizonyítják, hogy az ágens-alapú rendszerek megfelelő megoldást kínálnak a behatolás-érzékelés problémáira is.

Jelen tanulmány egy olyan intelligens ágens-alapú biztonsági megközelítést javasol, amely az osztott környezetben telepített IDS-eknél alkalmazható. A decentralizált,

ágens-alapú IDS feladatokat oszt ki az ágenseknek a fenyegetések felismeréséhez szükséges adatok gyűjtésére, elemzésére és szállítására. Ilyen bizalmas adatok védelme főként az egészségügyi területhez tartozó betegek esetén válik fontossá, ahol olyan iparágban szabályozások betartásában alkalmazzák, mint a HIPAA (U.S. Health Insurance Portability and Accountability Act), azaz az egészségbiztosítás hordozhatóságáról és elszámoltathatóságának törvénye [8].

A tanulmányt a továbbiakban a következők szerint tagoltuk: A 2. fejezetben a legújabb IDS-megoldásokat mutatjuk be, míg a 3. fejezet az általunk javasolt IDS megoldást részletezi. Végül a 4. részben a kutatás eredményeit foglaljuk össze.

2. A legújabb behatolás-észlelő rendszerek

Az IDS-ek két nagy csoportra oszthatók: hálózati behatolás-észlelő rendszerek (lásd [9, 10]) és a Host-alapú behatolás-észlelő rendszerek (lásd [11, 12]). A Host-alapú behatolás-észlelő rendszer egy ágensből áll, amely a megfigyelő szenzor szerepét tölti be egy olyan host-on, amely a rendszerhívások, alkalmazás-naplók és fájl-módosítások elemzésével felismeri a behatolásokat. A hálózati behatolás-észlelő rendszerek a hálózati forgalom vizsgálatával és több host megfigyelésével képesek felismerni a behatolásokat. A hálózati behatolás-észlelő rendszerben speciális szenzorok figyelik a hálózati forgalmat és elemzik az egyes csomagok tartalmát a rosszindulatú adatforgalom észlelése érdekében.

A Jha és Hassan [13] által javasolt megoldás alapjául a Linux platformra épülő szabály-alapú ágensek szolgálnak. A kutatásban ez a megoldás mind megelőző mind pedig reagáló behatolás-észlelésként is szolgál. A megelőző megoldás esetében egy hálózat-alapú ágens figyeli a hálózatba belépő összes csomagot, és egy előre meghatározott szabály szerint keres egy ismert támadást. A második megoldás egy különálló host-alapú ágensen keresztül valósul meg, amely a meghatározott naplófájlok rutinszerű ellenőrzésére specializálódott annak érdekében, hogy észlelje a sikeres támadások eredményeképpen jelentkező rendszer-anomáliákat.

Denning és Dorothy [14] egy olyan IDS modellt javasol, amely különböző statisztikai számításokat alkalmaz az anomáliák észlelésére. Ez a megoldás számos mai IDS-rendszer, mint például az IDES, alapjául szolgált [15].

Wisdom és Sense (W&S) 1989-ben a Los Alamos National Laboratory-ban [16] fejlesztett ki egy statisztika-alapú anomália-észlelő megoldást. W&S statisztikai elemzések alapján állított fel bizonyos szabályokat, majd alkalmazta azokat az anomáliák észlelésében.

Az IDS rendszerek közé tartozik még többek között a Multics [17], az Audit Data Analysis and Mining [18], a Bro [19], a Probabilistic Agent-Based Intrusion Detection (valószínűségi ágens-alapú behatolás-észlelő) rendszer (PAID) [20], és a CIDS [21]. Az iparágban használt különböző IDS-ek leírását a [22-24] tanulmányok tartalmazzák.

Khan és Pi [25] 2019-ben egy olyan hibrid-többszintes anomália predikciós megközelítést valósítottak meg, amelyek a behatolásészleléshez a felügyeleti, szabályozó és adatgyűjtő rendszer (Supervisory Control and Data Acquisitionrendszerek - SCADA) esetén 97%-os pontosságot értek el, mialatt alacsony számítási kapacitásra van szüksége.

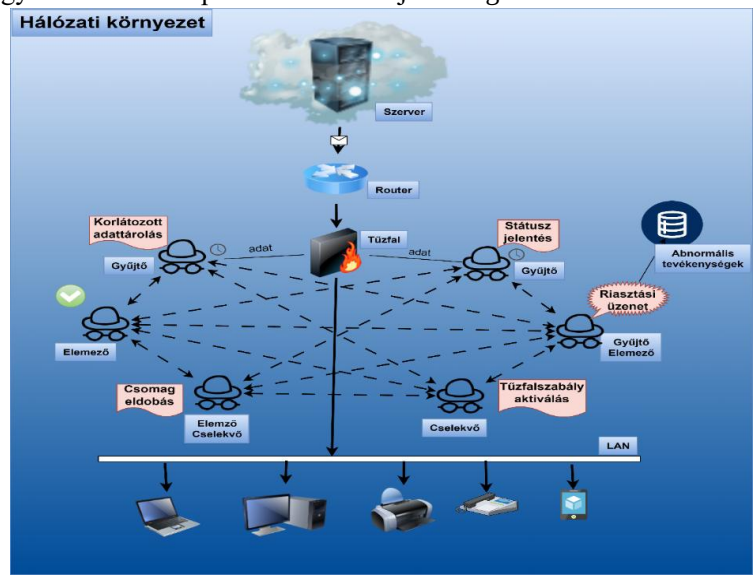
Az egészségügyben számos alkalmazása létezik at IDS rendszereknek. Hady és Gubaish [26] 2020-ban egy olyan orvosi és hálózati adatokra épülő IDS rendszert javasolt, amely valós idejű és egy továbbfejlesztett egészségügyi figyelőrendszer. A betegek megfigyelt biometrikus adatait egy távoli szerverre küldték, amely a továbbiakban diagnózist állíthat fel vagy kezelési döntéseket hozhat. Ehhez közbeékelődéses kibertámadásokat (man-in-the-middle - MITM) alkalmaztak, amely 16 ezer rekordján gépi tanuló módszereket alkalmaztak és bizonyítottan 7-25%-os teljesítménybeli javulást értek el. Egy hasonló rendszert javasolt 2020-ban Saif és Das [27] akik egy metaheurisztikus algoritmusokon alapuló hibrid intelligens behatolásérzékelő rendszert javasoltak a mentett egészségügyi adatok biztonsága és védelme érdekében. Az optimalizáláshoz részecskerajoptimalizációt

(PSO) és genetikus algoritmusokat (GA) használtak, illetve felügyelt algoritmusokkal (kNN, döntési fa) választották ki az adathalmaz legjobb jellemzőit, amely felülmúlta a korszerű megközelítéseket.

Bár számos hatékony IDS áll rendelkezésre, a kutatás iránya még mindig adott, tekintve a kibertámadások növekvő számát és változatosságát. Ennek jegyében szeretnénk bemutatni az elméleti hátterét annak az általunk javasolt IDS-nek, amely az összetett kibertámadások széles skáláját képes beazonosítani.

3. A javasolt IDS

A következőkben az osztott környezetben történő IDS-telepítéseknek egy új, decentralizált, ágens-alapú biztonsági megközelítését szeretnénk röviden bemutatni. Néhány előzetes eredmény a javasolt rendszer kapcsán már megjelent egy korábbi cikkben [1]. A javasolt kooperatív többágenses rendszert a következőképpen jelöljük: $AG=\{Ag_1, Ag_2, ..., Ag_n\}$ (lásd 1. ábra). Az 1. ábrán látható nyilak a meglévő együttműködési kapcsolatokat mutatják az ágensek között.



1. ábra A javasolt IDS rendszer architektúrájának átfogó képe

A környezetben elosztott ágensek mindegyikének megvan a saját szerepe aszerint, hogy milyen speciális feladatokat képes ellátni a behatolás-észlelés támogatásához A következő szerepek lehetségesek: Gyűjtő, Elemző és Cselekvő.

A Gyűjtő szerepű ágens azt jelenti, hogy képes adatokat gyűjteni a környezetből. Az Elemző szereppel rendelkező ágens elemzi az összegyűjtött adatokat. A Cselekvő ágens pedig képes az adatokat szállítani, illetve meghatározott tevékenységeket végrehajtani a környezetben. A rendszerben különböző specializációk, sajátos módszerek léteznek a különböző típusú összetett támadások beazonosítására.

Az IDS első szintjét a Gyűjtő ágensek alkotják, amelyek az osztott rendszer minden egyes csomópontján megtalálhatók. Dinamikusan konfigurálódnak aszerint a csomópont szerint, ahová elhelyezésre kerültek. A Gyűjtő ágensek által begyűjtött adatok elrendezésének formátuma az Elemző ágensekkel előzetesen egyeztetett formátummal. A közvetlen Gyűjtő ágens – Elemző ágens kapcsolatban lévő ágensek együtt határozzák meg az adat formátumát. Többféle adatformátum lehetséges, de csak egyféle kommunikációs protokoll használható a Gyűjtő és Elemző ágensek között. Az egyes Gyűjtő ágensek által összegyűjtött adat elérhetővé válik az összes Elemző ágens számára, és az adathoz történő első hozzáférés után a Gyűjtő ágens korlátozott időtartamig tárolja az adatot.

Az Elemző ágensek feladata az elemzés, melynek segítségével a végső szakaszban eldöntik, hogy a Gyűjtő ágensektől kapott információk közül melyik utal

abnormális tevékenységre, és ezek után megfelelő lépéseket tesznek a rendszer védelmének érdekében. Az Elemző ágensek minden döntést a Gyűjtő ágensektől kapott információk alapján hoznak meg. Az Elemző és Gyűjtő ágens közötti kommunikáció összeköttetés nélküli szolgáltatást használ a riasztási üzenetekhez, és összeköttetés-alapú szolgáltatást a Gyűjtő által összegyűjtött IDS-specifikus adatokhoz. Az Elemző ágensek több Gyűjtő ágenssel is kapcsolatot létesíthet. Ugyanazt az adatot pedig több Elemző ágens is megkaphatja. Ugyanakkor viszont a kritikus feladatokat, mint például a duplikált adatok kezelését az Elemző ágensek együtt oldják meg az IDS hatékony megvalósításának érdekében.

Az Elemző ágens adja át a Cselekvő ágensnek azokat a pontos utasításokat, amelyeket a Cselekvő ágensnek végre kell hajtania. Ezeket az utasításokat a Cselekvő ágens a következő tevékenységek formájában hajtja végre: új tűzfal-szabályok aktiválása, csomagok eldobása, portok és kapcsolatok lezárása, folyamatok befejezése, stb. Az adott utasítást küldő Elemző ágens jelentést kap az egyes tevékenységek státuszáról.

Predikció esetében a Gyűjtőnél lévő adatokban az Elemző azonosítja az egyedi mintákat és jellegzetességeket, amelyet a Cselekvőnek továbbítva, elvégzi a predikciót és végrehajtja az így kapott feladatot. Ilyen például egy kórház prediktív karbantartási és adatbiztonsági rendszere, amely az orvosi gépeken levő szenzorok adatait felhasználva, a lehetséges minták által előrejelzi a szükséges karbantartást, mialatt olyan feladatok hajt végre, amelyek ütemezik a karbantartást vagy épp figyelmezteti a személyzetet az esetleges beavatkozásokról [28-30].

Az *IDS Problémamegoldó algoritmusa* azt írja le, hogy az Ag_h-ként jelölt Elemző ágens hogyan járjon el, amikor egy bonyolult problémával ($Probléma_k$) szembesül (azaz egy olyan bonyolult helyzettel, amely támadásra utalhat). Azt szemlélteti, hogy az Ag_h a többi Elemző ágenssel együttműködve, hogyan tegyen kísérletet a $Probléma_k$ probléma megoldására, és hogyan határozza meg a végrehajtandó tevékenységet (tevékenységeket). A SOL_k jelöli a $Probléma_k$ megoldását.

IDS Problémamegoldó Algoritmusa
BE: *Probléma*$_k$**; KI:** *SOL*$_k$
@Ag$_h$ átveszi *Probléma*$_k$-t. *Ag*$_h$ megbecsüli *Probléma*$_k$ szükséges feldolgozását.
HA (*Ag*$_h$ fel tudja dolgozni *Probléma*$_k$) **akkor**
  @Ag$_h$ feldolgozza *Probléma*$_k$-t az eredmény$_h$ megszerzésével.
  HA (*eredmény*$_h$ a megoldás) **akkor** *@SOL*$_k$*= eredmény*$_h$**;**
    Különben *@Ag*$_h$ továbbítja az *eredmény*$_h$ bejelentését A$_n$ néhány ágensnek.
  Vége Ha
    Különben *@Ag*$_h$ továbbítja *Probléma*$_k$ bejelentését A$_n$ néhány ágensnek.
Vége Ha
Ameddig ((a várakozási idő az *A*$_n$ bejelentéséig nem járt le) **és** (a megoldást nem kapják meg)) **végezd**
@Ag$_h$ fogadja és értékeliaz A$_n$ bejelentésre érkező ajánlatokat.
Vége Ameddig
@Ag$_h$ odaítéli *Probléma*$_k$ egy megfelelő ágensnek, *Ag*$_i$-nek. *Ag*$_h$ megkapja a *Ps* eredményt *Ag*$_i$ ágenstől. Ha szükséges *Ag*$_h$ feldolgozhatja a *Ps* eredmémyt, és megkapja a *SOL*$_k$ megoldást.
VégeProblémamegoldás.

A $Probléma_k$ bejelentése, melyet A_n jelöl, a következő paraméterekkel rendelkezik: A_n=<$Szerepek_k$, $InfLista_k$, $Probléma_k$>. A $Szerepek_k$ egy becsült specializációs listát jelent, amely szükséges a $Probléma_k$ megoldásához. Az $InfLista_k$ pedig az átadott információt jelöli, mint például az alkalmassági (*alkalmassági*) specifikációt, az ajánlat (*ajánlat*) specifikációt és a lejárati időt.

Egy Ag_i ágensnek az A_n problémabejelentésre adott válasza (*Val*) az alábbi paraméterekkel rendelkezik: *Val*=<A_n, Rv_k, $Szerepek_k$, $Ajánlat_k$, $Képesség_k$,

Kapacitás$_k$>. *Ajánlat*$_k$ a problémamegoldásra adott ajánlat (amely lehet “elfogadás” vagy “elutasítás”). *Képesség*$_k$ jelenti az *Ag*$_i$ ágens képességét. *Kapacitás*$_k$ pedig a feldolgozási kapacitását. *Szerepek*$_k$ az ágens által megadott becsült specializációs listát jelenti, amely szükséges az A_n bejelentésben meghatározott probléma megoldásához Az *Rv*$_k$ lista értékei megmutatják a specializációs lista pontosságát.

4. Konklúzió

Jelen tanulmány egy intelligens ágens-alapú biztonsági megoldást mutat be az IDS-ek osztott környezetben való alkalmazásához. Néhány előzetes eredmény egy korábbi tanulmányban [1] már bemutatásra került. A javasolt megoldásban egy decentralizált, ágens-alapú IDS feladatokat oszt ki az ágensek között azoknak az adatoknak a gyűjtésére, elemzésére és szállítására, amelyek szükségesek a fenyegetések felismeréséhez és a hatékony válaszlépések megtételéhez. Ennek a megközelítésnek fő előnyei közé tartozik a skálázhatóság, a hálózati késleltetés és terhelés kezelése, és az egyedi hibapont hiánya. A javasolt megoldás megfelelő IDS modellként szolgál a nagy, heterogén hálózati környezetek számára. Másik fő alkalmazási területe az iparban, például az Ipar 4.0-ban és az okos gyárakban lehet, amelyek az eszközök széles skáláját használják, és ki vannak téve a kibertámadások veszélyének, illetve az egészségügyi területen is fontos szerepet játszik az intelligens egészségügyi alkalmazásokban és az Orvosi Dolgok Internetében (IoMT), mialatt számos megközelítés hangsúlyozza ki az IDS rendszerek együttesének fontosságát a gépi tanulásban, a metaheurisztikus algoritmusokban és az anomáliák korai észlelésében az egészségügyi adatok biztonságának érdekében. A kiber-fizikai rendszerek legfőbb sérülékenységeit egy korábbi tanulmány [31] mutatja be részletesen.

A továbbiakban fontos kiindulási alap lehet az egészségügyi predikciók fejlesztésére szolgáló IDS technológiák a valós idejű anomáliák észlelésében, a fenyegetésre alapuló intelligens algoritmusok kidolgozásában az újonnan megjelenő kiberfenyegetésekkel szembeni ellenálló képesség növelésének biztosításában.

Hivatkozások

[1] Crainicu, B., Iantovics, B. (2011), *“An agent-based security approach for Intrusion Detection Systems”,* in L. Hluchý, et al. (Eds.), 7th Int. W. on Grid Computing for Complex Problems, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, pp. 126-134

[2] Crainicu, B. and Iantovics, B. (2009), *“Cryptanalysis of KSAm-like Algorithms”*, in B. Iantovics, et al. (Eds.), Proc. of the First Int. Conf. on Complexity and Intelligence of the Artificial and Natural Complex Systems. Medical Applications of the Complex Systems. Biomedical Computing, IEEE Computer Society Press, pp. 130-148 https://doi.org/10.1109/CANS.2008.24

[3] Iantovics, B. (2008), *“Agent-Based Medical Diagnosis Systems”*, Computing and Informatics, Vol. 27, No. 4, pp. 593-625

[4] Chandiok, A. and Chaturvedi, D.K. (2018), *“CIT: Integrated cognitive computing and cognitive agent technologies based cognitive architecture for human-like functionality in artificial systems”*, Biologically Inspired Cognitive Architectures, Vol. 26, pp. 55-79 https://doi.org/10.1016/j.bica.2018.07.020

[5] Park, H.S., Tran, N.H. (2012), *“An autonomous manufacturing system based on swarm of cognitive agents”*, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 31, Iss. 3, pp. 337-348 https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2012.05.002

[6] Onashoga, A.S., Akinde A.D. and Sodiya A.S. (2009), *“A Strategic Review of Existing Mobile Agent-Based Intrusion Detection Systems”*, Issues in Informing Science and Inf. Technology, Vol. 6, pp. 1-14

[7] Shamshirband, S. et al. (2013), *“An appraisal and design of a multi-agent system based cooperative wireless intrusion detection computational intelligence technique”,* Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 26, Iss. 9, pp. 2105-2127

[8] Thompson,E.C.(2020),*“HIPAA Security Rule and Cybersecurity Operations”.*In: Designing a HIPAA-Compliant Security Operations. Apress, Berkeley, CA, pp. 23-36

[9] *Snort* http://en.wikipedia.org/wiki/Snort_(software) (*last accessed: 10.09.2023*)
[10] Liu, J., Gao, Y., Hu, F. (2021), *"A Fast Network Intrusion Detection System Using Adaptive Synthetic Oversampling and LightGBM",* Computers & Security, 102289 https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102289
[11] *Ossec* documentation http://www.ossec.net/doc (*last accessed: 10.09.2023*)
[12] Ou, C.M. (2012) *"Host-based intrusion detection systems adapted from agent-based artificial immune systems"*, Neurocomputing, Vol. 88, pp. 78-86 https://doi.org/10.1016/j.neucom.2011.07.031
[13] Jha, S., Hassan, M. (2002), *"Building agents for rule-based intrusion detection system, Computer Communications"*, Vol. 25, Iss. 15, pp. 1366-1373 https://doi.org/10.1016/S0140-3664(02)00038-5
[14] Denning, D.E. (1986), *"An Intrusion Detection Model"*, Proceedings of the Seventh IEEE Symposium on Security and Privacy, May, pp. 119–131
[15] Lunt, T.F. (1990), *"IDES: An Intelligent System for Detecting Intruders",* Proceedings of the Symposium on Computer Security; Threats, and Countermeasures; Rome, Italy, November, 22–23, pp. 110–121
[16] Vaccaro, H.S. and Liepins, G.E. (1989), "*Detection of Anomalous Computer Session Activity*", 1989 IEEE Symposium on Security and Privacy, May, pp. 280-289
[17] Sebring, M.M. et al. (1988) "*Expert systems in intrusion detection: a case study"*, Proc. of the 11th National Computer Security Conf., Baltimore, MD, October 1988, pp. 74–81
[18] Barbara, D. et al. (2001), "*ADAM: Detecting Intrusions by Data Mining*", Proceedings of the IEEE Workshop on Information Assurance and Security United States Military Academy, West Point, NY, June 5–6, pp.11-16
[19] Paxson, V. (1998) *"Bro: A System for Detecting Network Intruders in Real-Time"*, Proceedings of The 7th USENIX Security Symposium, San Antonio, TX
[20] Gowadia V., Farkas C., Valtorta, M. (2005), *"PAID: A Probabilistic Agent-Based Intrusion Detection system"*, Computers & Security, Vol. 24, Iss. 7, pp. 529-545 https://doi.org/10.1016/j.cose.2005.06.008
[21] Dasgupta, D., Gonzalez, F. et al. (2005), *"CIDS: An agent-based intrusion detection system"*, Computers & Security, Vol. 24, Iss. 5, pp. 387-398 https://doi.org/10.1016/j.cose.2005.01.004
[22] Alem, S., Espes, D. et al. (2019), *"A Hybrid Intrusion Detection System in Industry 4.0 Based on ISA95 Standard",* 2019 IEEE/ACS 16th Int. Conf. on Comp. Syst and Appl. (AICCSA), pp. 1-8 https://doi.org/10.1109/AICCSA47632.2019.9035260
[23] Tuptuk, N., Hailes, S. (2018)*"Security of smart manufacturing systems, Journal of Manufacturing Systems"*, Vol. 47, pp. 93-106 https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.04.007
[24] Rubio, J.E., Roman, R, and Lopez, J. (2018) *"Analysis of cybersecurity threats in Industry 4.0: the case of intrusion detection",* The 12th Int. Conf. on Critical Information Infrastructures Security vol. Lecture Notes in Computer Science, 10707, pp. 119-130 https://doi.org/10.1007/978-3-319-99843-5_11
[25] Khan, I.A., Pi, D. et al. (2019), *"HML-IDS: A Hybrid-Multilevel Anomaly Prediction Approach for Intrusion Detection in SCADA Systems",* IEEE Access, Vol. 7, pp. 89507-89521
[26] Hady, A.A., Ghubaish, A. et al. (2020), *"IDS for Healthcare Systems Using Medical and Network Data: A Comparison Study",IEEE Access*, vol. 8, pp. 106576-106584
[27] Saif, S., Das, P. et al. (2022), *"HIIDS: Hybrid intelligent intrusion detection system empowered with machine learning and metaheuristic algorithms for application in IoT based healthcare"*, Microprocessors and Microsystems, 104622
[28] Maktoubian, J., & Ansari, K. (2019), *"An IoT Architecture for Preventive Maintenance of Medical Devices in Healthcare Organizations".* Health and Technology, Vol. 9, pp. 233–243
[29] Iantovics, L.B., Crainicu, B. (2014), *"A Distributed Security Approach for Intelligent Mobile Multiagent Systems*", In: Iantovics, L.B., et al. (Eds.), Advanced Intelligent Computational Technologies and Decision Support Systems, Studies in Comp. Int. (series), pp. 175-189
[30] Crainicu, B**.,** Iantovics**,** B. (2008): *"Securing WEP Cryptosystems through A New RC4 Key Scheduling Algorithm*", In: Iantovics, L.B., et al. (Eds.), Complexity in Artificial and Natural Systems, "Petru Maior" University Publishing House, pp. 93-99
[31] Snehi, M., Bhandari, A. (2021), *"Vulnerability retrospection of security solutions for software-defined Cyber–Physical System against DDoS and IoT-DDoS attacks",* Computer Science Review, Vol. 40 , 100371 https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100371