

Horváth Gábor*

Forradalmasított hadviselés: Neumann János haditechnikai hagyatéka

AZ ÉVSZÁZAD EMBERE

Idén emlékezünk meg Neumann János születésének 120. évfordulójáról. Ez az alkalom különös aktualitást kölcsönöz egy olyan tanulmánynak, amellyel – az írás szerzőjeként – magyarként, katonaként és doktoranduszként is adózhatom a tudós emlékének. Azok közé tartozom, akik az informatika alapítóatyjaként ismerték meg Neumann Jánost, és ezt az általános magyar nézőpontot jól visszautkrözi a Hungarikumok Gyűjteményében elfoglalt helye is.¹ Katonaként és doktoranduszként azonban azt kell mondanom: nagy kár lett volna, hogy ha a kvantummechanika matematikai alapjait lefektető, a játékelméletet és a numerikus meteorológiát megalapozó és számos egyéb tudományterületen csodálatos eredményeket elérő Neumann csak a számítástechnikára fókuszálta volna kutatásait. Alig több, mint öt évtized elég volt számára, hogy alapjai-

ban befolyásolja a XX. század alakulását; ezt bizonyítja az a tény is, hogy 1999-ben a Financial Times nem az év, hanem egészen egyedülálló módon az évszázad emberének nevezte Neumann Jánost.² A posztumusz elismerést követő több, mint két évtized alatt a tudós jelentősége inkább csak nőtt, így 2022-ben az év könyve díjjal jutalmazott kötetben a jövő embereként hivatkoznak Neumannra. [1] Ettől függetlenül napjainkig csupán néhány olyan magyar, illetve angol nyelvű tanulmány jelent meg, amely célirányosan Neumann János haditechnikai hagyatékának bemutatására törekedett.³ Ez a tény azért is figyelemre méltó, mert a legtermékenyebb éveit gyakorlatilag a haditechnika szolgálatába állította. Ezt támasztja alá a Ballisztikai Kutatólaboratóriumban (Ballistic Research Laboratory – BRL) végzett munkájától kezdve, a Manhattan-tervben betöltött kulcsfontosságú szerepén keresztül, egészen a stratégiai szintű rakétaképességet értékelő, egyben a

ÖSSZEFOGLALÁS: Neumann János nevét sokan ismerik, de életművét – különösen annak részleteit – jóval kevesebben. A tudós rendkívüli szellemi örökségének értékelésével még adós az utókor. A magyar származású géniusz születésének 120. évfordulója alkalmat ad arra, hogy tudományos eredményeit katonai szemszögből is bemutassuk. Nem csak a kvantummechanika matematikai alapjait lefektető, a játékelméletet és a numerikus meteorológiát megalapozó és számos egyéb tudományterületen alkotó tudós volt ő, hanem haditechnikai fejlesztései az elmúlt hat évtizedben a világpolitika alakulását is befolyásolták.

KULCSSZAVAK: Atombomba, Manhattan-terv, Neumann-architektúra, számítógép, Teakanna Bizottság

ABSTRACT: The name of John von Neumann resonates with nearly everyone; however, the intricacies of his life's work remain largely unfamiliar to the majority. Regrettably, during the evaluation of his scientific legacy, the significance of his military technological contributions are frequently underestimated or outright disregarded. Within this context, the present commemoration of Neumann's 120th birth anniversary, as a Hungarian-born genius, offers a prime occasion to enlighten the reader about his remarkable achievements through the lens of this rediscovered dimension.

KEY WORDS: atomic bomb, Manhattan plan, Neumann architecture, computer, Teapot Committee

* Százados, HM Állami Légügyi Főosztály, főtiszt. ORCID: 0000-0002-2939-1426



pontos csapásmérésre alkalmas interkontinentális ballisztikus rakétaeszközök fejlesztését felügyelő bizottság⁴ tevékenységének sikeres vezetése is. [2] Mindezek alapján célokom, hogy a legfontosabb mérföldkövek érintésével bemutatassam, történelmi alapokon helyes kontextusban értelmezzem, majd összefoglalva értékeljem a hagyaték azon elemeit, amelyek elsősorban a haditechnika fejlődésének ívét határozták meg, de végül világtörténelmet alakító tényezőkké váltak.

A LEGFONTOSABB MÉRFÖLDKÖVEK

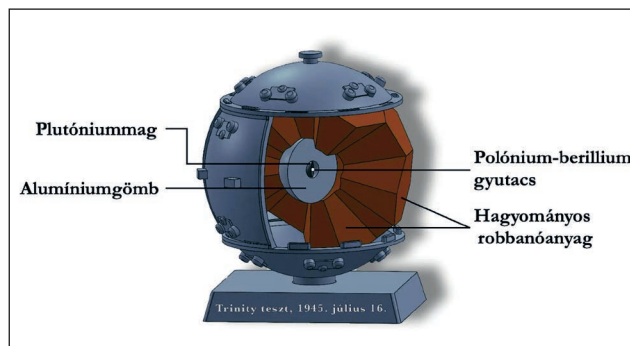
Ahogy Kármán Tódor írta: „...a tudományos eredményeket nem lesznek képesek hatékonyan alkalmazni azok a katonák, akik nem értik azokat, míg a hadműveletekre vonatkozó ismeretek hiányában a tudósok nem lesznek képesek a hadviselésben alkalmazható eredményeket elérni”. [3] Kármán professzor ezt a szemléletet vélhetően átadta az egykor ifjú patronáltjának, későbbi barátjának, Neumann Jánosnak is, aki az amerikai állampolgárság megszerzését (1937) követően – a következő viláégésre történő felkészülés jegyében – szinte azonnal tartalékos tiszt szolgálatra jelentkezett az Egyesült Államok hadseregébe. A rigorózus felvételi eljárás azonban nem tette lehetővé, hogy a katonai követelmények alapján túlkorosnak ítélt Neumann az általános eljárásrend szerint a fegyveres erők kötelékébe kerüljön és rendfokozatot szerezzen, de ez nem akadályozhatta őt abban, hogy később számos olyan tudományos tanácsadói és vezetői posztot töltsön be, amelyek alapjaiban meghatározták a haditechnikai fejlesztések irányát, egyben a hadviselés jövőjét.

BALLISZTIKAI KUTATÓLABORATÓRIUM

Az Amerikai Egyesült Államok szárazföldi haderejének ernyője alatt működő Ballisztikai Kutatólaboratóriumot tekinthetjük Neumann első komoly haditechnikai fejlesztéseket közvetlenül támogató állomásának. A BRL-t abból a célból hozták létre, hogy tudományos eredmények segítségével korrigálják a különböző – leginkább nagyobb űrméretű – lövedékeknek az I. világháborúban tapasztalt pontatlanságát, egyben növeljék azok pusztító erejét. [4] Ez a feladat a kor egyik legkomolyabb számításigényét támasztotta a labor munkatársaival szemben, mivel már egy átlagosnak számító röppálya-kalkuláció is több száz aritmetikai műveletet foglal magába. Ez a munka – a BRL által kínált feltételek között – ideálisnak mutatkozott ahhoz, hogy Neumann egyenruhás közegben is megmutathassa matematikusi zsenialitását. Az akkor elért eredmények azonnal ismertté tették katonai berkekben, és attól kezdve sorozatosan kapta a legkülönlegesebb megbízásokat.

A MANHATTAN-TERV

Szilárd Leó és Enrico Fermi kutatásai alapján, továbbá az Albert Einstein aláírásával Rooseveltnél címzett levelének⁵ köszönhetően, már 1939-ben megkezdődött az atomfegyverek kifejlesztését célzó amerikai projekt, vagyis a Manhattan-terv fundamentumainak lefektetése. A megvalósításra fókuszáló munka megkezdése mégis 1942-ig váratott magára, majd egy év sem telt el, amikor a projekt fegyverkutató laboratóriumának (Manhattan Project Los Alamos Site) vezetője, Robert Oppenheimer az „elit alakulatába” toborozta Neumann Jánost is. A projekten dolgozó



2. ábra. Az első nukleáris fegyver szerkezeti felépítése (A szerző szerkesztése)

újabb magyar származású tudósra leginkább egy test robbanásszerű gyors térfogatcsökkenésével, vagyis az implózió elméletével és az atombombát működtető gyakorlati megvalósításával kapcsolatban volt szükség. Lax Péter⁶ emlékirata azonban bemutatja Neumann közvetlen, kommunikatív karakterét is, hiszen „Őt – nem csak matematikusok, hanem – mindenki nagyon várta Los Alamosba. Neumann Jánosnak mindenki el akarta mondani az aktuális tudományos problémáját vagy eredményét és mindenki odafigyelt arra, amit mondott.” [5] A beszélgetések azonban sokszor munkán kívül is az implózió elméletének megoldhatatlannak tűnő számítási igényére koncentráltak. A legnagyobb kihívás abban rejlett, hogy a bombaszerkezet belsejében elhelyezett hasadóanyag kritikus térfogatát hagyományos robbanóanyag által biztosított egyenletes nyomáseloszlás segítségével elérjék. A roppant kihívásra válaszul kiemelkedő tudós végül megoldást szolgáltatott és rávezette az elméleti szakembereket, hogyan lehet a jelenséget matematikailag modellezni és az eredményül kapott egyenleteket numerikusan megoldani.

A végeredmény a 2. ábrán látható bombaszerkezet, ahol a hasadóanyagot tartalmazó kamrárt egy lencseszerűen elrendezett robbanóanyag-keretbe zárták, amely – a detonációt követően – biztosította a kritikus térfogat eléréséhez szükséges gyors, egyenletes nyomáseloszlást. A Neumann által végzett számításokat visszatükröző implóziós bomba tesztjére – Trinity kódnév alatt – 1945. július 16-án került sor. Az eredmény nyomán megkezdődött az emberi-ség atomkorszaka.

ENIAC, EDVAC és MANIAC

Sem az ENIAC (Electric Numerical Integrator and Computer), sem az EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) nem tekinthető az első számítógépnek, és egyik sem volt Neumann János kizárólagos találmánya. Ettől függetlenül mindkét eszköz megjelenése fontos mérföldkö a számítástechnika történetében, létrejöttük közvetlenül haditechnikai eredetre vezethető vissza, és a fejlesztésük ezer szállal kötődik a magyar származású tudós munkásságához. Neumann számítógépekkel összefüggő érdeklődése egy vasúti pályaudvaron lezajlott beszélgetéshez kötődik, amelyet Herman H. Goldstine⁷-nel, az ENIAC-on dolgozó matematikussal, egyben a BRL egyik prominens kutatójával folytatott. [6] Neumann azonnal felismerte, hogy az ENIAC nemcsak az eredeti fejlesztési célként kitűzött trajektória kalkulációk (röppálya-számítások) során tölthet be döntő fontosságú szerepet, hanem éppúgy hozzájárulhat a magfúziós reakciókkal kapcsolatos szimulációk elvégzéséhez, mint a kriptográfiához. Ezt követően az

ENIAC fejlesztésében szerzett tapasztalatok alapján megírta a modern számítógépek mai napig alkalmazott architektúráját bemutató *First Draft of a Report on the EDVAC* című tanulmányát. [7] További érdekesség, hogy egy Nicholas Metropolis⁸ által vezetett Los Alamos-i kutatókat tömörítő csoport, az ebben a tanulmányban lefektetett neumanni elvek alkalmazásával megépítette a sokatmondó MANIAC (Mathematical and Numerical Integrator and Calculator) néven ismert számítógépet, amelynek első feladata a hidrogénbombával összefüggő szimulációk végrehajtása volt. A „Mániákus” által végrehajtott számítások sikerét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy az Ivy Mike kódnéven ismert első hidrogénbomba-tesztet követően, az Elugelab-sziget közel 80 millió tonna korallal együtt megsemmisült.

Az ATLAS-TERV

A II. világháború haditechnikai kutatásainak és fejlesztésének eredményeként egy korábban elképzelhetetlen nagyságrendű fegyverezéssel összpontosult a vezető nagyhatalmak kezében. A nukleáris csapásmérő képesség egyetlen hordozóplatformja kezdetben a bombázórepülőgép volt. A repülőerők – és a repülőgépek fedélzetén szállított nukleáris fegyverek – alkalmazását azonban az időjárástól kezdve, az infrastruktúrán keresztül, a hatótávolságig számos korlátozó tényező befolyásolja. Ennek a felismerésnek, valamint a neumanni tudásnak és befolyásnak az elegyéből jött létre az első interkontinentális ballisztikus rakéta (Intercontinental Ballistic Missile – ICBM), az Atlas fejlesztési programja. A program célja egy olyan rakétahajtású nukleáris töltettel felszerelt hordozóplatform fejlesztése volt, amely kontinensnyi távolságok leküzdését követően képes a pontos csapásmérésre. Ez a grandiózus kihívás – számos egyéb szempont mellett – magába foglalta az új típusú hajtóművek fejlesztését, illetve a pontos célra vezetés és a hordozórakétával történő kommunikáció megoldását is. A leküzdésre váró problémák sokasága miatt az Egyesült Államok Légierője (United States Air Force – USAF), egyben a program finanszírozója, 10 évben határozta meg a kidolgozás határidejét. Ekkortájt került Neumann János a stratégiai szintű rakétaképességet értékelő bizottság, a „Teáskanna Bizottság” élére, és mindent megtett annak érdekében, hogy az Atlas hordozórakéta fejlesztését az USAF kiemelt prioritással kezelje. Tevékenységének köszönhetően, az első tesztkilövést sikerült az eredetileg tervezetthez képest 5 évvel korábban végrehajtani. [8] Maga Neumann János már nem érthette meg az első Atlasz rakéta levegőbe emelkedését (1958), mivel 1957. február 8-án, mindössze 53 évesen elhunyt.

TÖRTÉNELMI KONTEXTUS

Neumann haditechnikai hagyatékának történelmi kontextusra építkező értelmezése érdekében – az *Encyclopædia Britannica history of technology* szócikkére [9] épülő – technikatörténeti korszakfelosztást alkalmazom, amelyből kiemelem a relevánsnak ítélt időszakokat, és bemutatom az ún. Neumann-metódus elméletét.

GÉPKORSZAK

Ebben az időszakban ért be Neumann János géniusza. A tudós ekkoriban kezdett bele számos olyan tevékeny-

ségbe, amelyek vagy szoros kapcsolatot ápoltak a különböző haditechnikai szegmensekkel, vagy részét képezték azoknak. Érdekes visszautalnunk a BRL-nél megkezdett munkájára, ahol nemcsak első ízben ismerkedett meg a katonai közeggel, de – többek között – megismerte az irányított robbantások elméletét és gyakorlatát. Ebből következett a lökeshullámok bonyolult hidrodinamikájának tanulmányozása, majd a kifejezetten harcokcsik ellen alkalmazott lövedékek fejlesztésének támogatása. A páncélos erők hatékony pusztítását biztosító lövedékek kidolgozása kulcsfontosságú volt a II. világháborúban, mivel a harcocsifejlesztés terén a szövetséges hatalmak lépéshátrányba kerültek a tengelyhatalmakkal szemben. [10] Különleges epizódként tartják számon, hogy a háború egyik legvéresebb periódusában Neumann hat hónapot töltött Nagy-Britanniában, és az ottani munkáját nagyrészt még most is homály fedi. Szinte biztosra vehető, hogy matematikusi elméje segítette a Királyi Haditengerészet munkáját a német aknafektetési minták, és a tengeralattjárók sifrírozó eljárásának visszafejtésében. [11] Utóbbi tevékenységével összefüggésben feltételezhető, hogy nemcsak találkozott, de együtt is dolgozott az Enigmát feltörő briliáns angol matematikussal, Alan Turinggal⁹, akit sokan a modern számítógép-tudomány egyik atyjának tekintenek. Már ebből a felsorolásból is jól kirajzolódik, hogy Neumann nem félt tudását és tehetségét olyan haditechnikai kutatások szolgálatába állítani, amelyek emberéleteket óvtak meg, ugyanakkor emberéleteknek vetettek véget.

ATOMKORSZAK

A sikeres Trinity-tesztet követően még egy hónap sem telt el, és az Amerikai Egyesült Államok elnöke, Harry S. Truman utasítást adott az atomfegyver Japán Császárság elleni bevetésére. A célpontok kiválasztásába Neumann is bevonták, aki – különböző megfontolások mellett – Kiotó, Hirosima, Jokohama és Kokura bombázását javasolta. Egyéb befolyásoló tényezők miatt azonban először Kiotót, majd Jokohamát is eltávolították a célpontok listájáról. [2] Neumann második javaslata azonban a listán maradt, és az Enola Gay-nek nevezett, B-29 Superfortress típusú bombázó 1945. augusztus 6-án sikeresen eljuttatta gyilkos terhet Hirosima légtérébe. A célpontokat kijelölő bizottság – vagy még inkább a lökeshullámok tanulmányozásában nagy tapasztalatot szerzett Neumann János – tanácsa alapján a bombát a pusztítóerő maximalizálása érdekében a város felett detonálták, így a közel 13 kilotonna robbanó-

3. ábra. Hiroshima gombafelhője [12]



erővel bír, Little Boy elnevezésű bomba a becslések szerint legalább 90 ezer hírosimai lakos életét követelte. (3. ábra)

Kokura szintén a célkeresztbe került, de az ott lakókat a bombázókötélék bevetésekor uralgó időjárási viszonyok megkímélték a 21 kilotonnás Fat Man nevű bombától, így ezt a fegyvert végül Nagaszaki felett robbantották. Az 1945. augusztus 9-én 10:58 perckor bekövetkező detonációnak közvetlen eredményeként nem kevesebb, mint 40 ezer emberélet került fel az atombombák áldozatainak listájára. A Hirosima és Nagaszaki pusztulását követően leereszkedő „vasfüggöny” mindkét oldalán katonai teoretikusok, tudósok és mérnökök egész hadserege dolgozott azokon az eszközökön és eljárásokon, amelyek a szembenálló felek totális megsemmisítését célozták. Ebben az armadában – nem meglepő módon – ismét kiemelkedő szerepe volt Neumann Jánosnak, mivel az ICBM-képesség megteremtésével közvetlen, a játékelmélet logikai arzenáljának hadászati interpretációjával közvetett módon járult hozzá a modern nukleáris elrettentés triászának¹⁰ megteremtéséhez. Ennek kapcsán fontos megjegyezni, hogy miután – a hidegháború fegyverkezési versenyében tevékeny szerepet vállaló – RAND Corporation¹¹ kutatói felismerték a játékelméletben rejlő katonai alkalmazás potenciálját, a Neumann – Morgenstern által lefektetett matematikai alapokra épültek fel a hadászati és harcászati modellek.

INFORMÁCIÓS KORSZAK

A Teller Ede¹² által megálmodott és „szuper” néven ismertté vált termonukleáris fegyver, a hidrogénbomba már olyan számítási igényt támasztott a kutatókkal szemben, amelyet az atombomba fejlesztése során leginkább alkalmazott lyukkártyás mechanizmussal képtelenség volt kielégíteni. Ebből a felismerésből származik a hatékonyabb számítógép, hatékonyabb bomba függőségi kapcsolata, amely alapjaiban meghatározta az 1950-es évek számítástechnikai fejlesztéseit. Neumann – aki a katonai preferenciákon túlmutatóan is előre látta a számítógépek alkalmazásában rejlő potenciált – minden szakértelmét és teljes befolyását felhasználta, hogy a különböző mozaikszavak alatt fejlesztett eszközökhöz (pl.: ENIAC, EDVAC, MANIAC, JOHNNIAC) tudás- és forrástóktét rendeljen. Ennek köszönhetően Teller projektje révbe ért, és a már hivatkozott Ivy Mike tesztet siker koronázta. Ezt követően – bár első hallásra némileg ellentmondásosan, de mégis – egyre inkább kitérte az ajtó a számítógépek békésebb, köznapibb célú felhasználása előtt. Ezt az állítást igazolja, hogy a számítógép-tervezéssel foglalkozók „Neumann-architektúráként”¹³ hivatkoznak a modern információs eszközöket meghatározó alapokra.

A NEUMANN-METÓDUS ELMÉLETE

Az elmélet a Neumann által előszeretettel alkalmazott problémamegoldási eljárásrendet értelmezi, amely optimális esetben segítséget is nyújthat minden – nem csak haditechnikai – kutatás-fejlesztésben érintett szereplőnek. Az alap gondolatot az építészekről és tervezőmérnökökről gyakran hallható „a forma követi a funkciót” elv segítségével érdemes bemutatni. Ez az elv egy bostoni szarmazású építészhez, Louis Sullivanhez¹⁴ köthető, aki szerint egy magas épület külső kialakításának (formájának) igazodnia kell a falain belül zajló tevékenységhez (funkciókhoz). [13] Amennyiben nem csak az építészeti felfogást visszatükröző megfogalmazásra koncentrálnunk, akkor univerzális módon megfogalmazva úgy is szavakba önthetjük a lénye-

get, hogy a „kalkulációt követi az eredmény”, vagy „a problémát követi a megoldás” és a hétköznapokban ez a legtermészetesebb problémamegoldási eljárásunk. Ezzel szemben áll a jóval kevésbé természetesnek tűnő sullivani elv inverze, amely szerint „a funkció követi a formát” és ezt – az előbbi analógia alapján – úgy is értelmezzük, hogy „a megoldást követi a probléma”. A Neumann-metódus elmélete mégis erre a gondolatra épül fel, hiszen a névadó nagyon sokszor alkalmazta ezt a megközelítést. Ennek szemléltetéseként kézenfekvő Neumann-nak a Manhattan-terv kapcsán betöltött szerepére visszautalni, ahol a forma, vagyis az implóziós elvre épülő megoldás készen volt, de a funkció, vagyis a probléma még műszaki megoldásra várt.

ÖSSZEGZÉS

Neumann János életének alig több, mint 53 éve elégnek bizonyult ahhoz, hogy neve – közvetve vagy közvetlenül, de – mindörökké egybeforrjon az olyan haditechnikai fejlesztésekkel, amelyek az elmúlt hat évtizedben több milliárd ember életét befolyásolták, sőt napjainkban is befolyásolják. Nélküle talán nem létezne a nukleáris triász alapú elrettentés mechanizmusa, amely alapjaiban határozta meg a szuperhatalmak közötti kényes egyensúly dinamikáját. A jelen sorok írásakor manifesztálódó újabb atomfenyegetés árnyékában Neumann haditechnikai öröksége szomorú aktualitással bír, és ennek kapcsán érdemes felidézni Robert Oppenheimer, a Los Alamos-i kutatásokat vezető elméleti fizikus – egyben Neumann munkatársának – szavait, aki szerint „[az emberiség] egy palackba zárt két skorpíóhoz hasonlítható, amelyek a saját életük kockázatásával képesek egymás életét kioltani”. [14] Oppenheimer félelmét Neumann sokáig nem osztotta, és a szovjet nukleáris elrettentő erő kiépítéséig a megelőző csapás híveként egy ponton elkerülhetetlennek látta az atomháború megvívását. [15] Szerencsére prognózisa nem vált valóra, és mivel az atombombák pusztítását saját bőrükön megtapasztaló hibakusák – vagyis Hirosima és Nagaszaki túlélői – egyre csak fogyatkoznak, így ma már kevésbé tudjuk magunk elé képzelni a nukleáris fegyverek erejét. Ezzel a gondolattal sok szempontból érdekes és értékes kapcsolatot ápol Thomas C. Schelling¹⁵, a játékelmélet területén elért eredményeiért közgazdasági Nobel-díjjal elismert kutató értékelése, amely szerint, ha Hirosima és Nagaszaki rettenete kiesik a köztudatból, akkor semmi sem garantálja, hogy mindannyian osztozunk majd a nukleáris fegyverek bevetését illető egyetemes elutasításban. [16] Vannak azonban olyanok is, akik az aktuális konfliktusoktól függetlenül – és talán tudtukon kívül – máig hűen ápolják Neumann János haditechnikai örökségét. Ők azok a tudósok, akik a neumanni-elvek alapján megalkotott szuperszámítógépek segítségével, a Neumann hozzájárulásával létrehozott atomfegyverek előregedési kérdéskörével összefüggő simulációkat futtatják és értékelik. [17]

Ettől függetlenül mégis hiba lenne csak nukleáris aspektusból értékelni Neumann (haditechnikai) hagyatékát, mivel páratlan matematikai képessége és egészen egyedi analitikus szemlélete arra predesztinálta, hogy mások által megoldhatatlannak tűnő problémákra találjon megoldást, illetve lefektesse az alapokat azok számára, akik később megoldással tudnak szolgálni. Ennek tudatában talán a legfontosabb, hogy az okostelefonoktól kezdve, a modern önjáró lövegek tűzvezető számítógépén keresztül, egészen az űr feltérképezésére indított szondáig, minden Neumann-architektúrára építkező eszköz magában hordozza a magyar származású tudós kiemelkedő tehetségét.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Bhattacharya, A. *The man from the future: the visionary life of John von Neumann*, Egyesült Királyság, Penguin Books, 2022.;
- [2] Macrae, N.: *John von Neumann: the scientific genius who pioneered the modern computer, game theory, nuclear deterrence, and much more*, USA, American Mathematical Society, 1999.;
- [3] Bliet, J. (szerk.) *AGARD The History 1952-1997*, The NATO Research and Technology Organization, 1999.;
- [4] Kott, A. *From Science to Overmatch: A Case Study of the Ballistic Research Laboratory Prior to and during World War 2*. DEVCOM Army Research Laboratory, 2022. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/AD1167361.pdf> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [5] Jéki L. *Neumann János és a nukleáris fegyver*, Fizikai Szemle, LIII. (12), 2003.;
- [6] Mol, L. 'A Pretence of What is Not'? A Study of Simulation(s) from the ENIAC Perspective, N.T.M., 2019, doi: 10.1007/s00048-019-00226-7.;
- [7] Gowers, T. et al. (szerk.) *The Princeton companion to mathematics*, USA, Princeton University Press, 2008.;
- [8] Schuminszky N. *Az amerikai Atlas V hordozórakéta-család*, Haditechnika, LIV (5), 2020, <http://doi.org/10.23713/HT.54.5.09.>;
- [9] Buchanan, R. *History of Technology*, Encyclopædia Britannica, 2023, <https://www.britannica.com/technology/history-of-technology> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [10] Irzyk A. *TANK vs TANK*, US National Archives and Records Administration, 1944, http://www.digitalhistoryarchive.com/uploads/2/5/4/1/25411694/article_by_us_army_tank_battalion_commander_-_tank_versus_tank_1946.pdf (Letöltve: 2023.5.7.);
- [11] Copeland, B. J. és Fan, Z. *Turing and Von Neumann: From Logic to the Computer*, Philosophies, 2023, <http://doi.org/10.3390/philosophies8020022.>;
- [12] *Los Alamos: Beginning of an era, 1943-1945*. Los Alamos National Scientific Laboratory, 1986. <https://www.atomicarchive.com/resources/biographies/vonNeumann.html> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [13] Sullivan, L. *The Tall Office Building Artistically Considered*, Lippincott's Magazine, 1896. <https://ia800200.us.archive.org/34/items/tallofficebuildi00sull/tallofficebuildi00sull.pdf> (Letöltve: 2023. május 11.);
- [14] Oppenheimer, R. *Atomic Weapons and American Policy*, Foreign Affairs, XXXIV. (4), 1953, <http://doi.org/10.2307/20030987.>;
- [15] Blair C. *Passing of a Great Mind*, Life Magazine, 1957, <https://qualiacomputing.com/2018/06/21/john-von-neumann/> (Letöltve: 2023.5.7.);
- [16] Schelling, T. C. *An astonishing 60 years: The legacy of Hiroshima*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, CIII. (16), 2006, <http://doi.org/10.1073/pnas.0600437103>;
- [17] *Techmonitor This New Supercomputer Will be the World's Most Powerful; Will Simulate Nuclear Explosions*, 2022, <https://techmonitor.ai/technology/worlds-most-powerful-supercomputer-cray-doe-nuclear> (Letöltve: 2023.5.7.).

JEGYZETEK

- 1 Hungarikumok Gyűjteménye: Neumann János életműve az informatika és a számítógépek világában, <http://www.hungarikum.hu/hu/neumann-janos-életműve-az-informatika-és-számítógépek-világában>.
- 2 1999. John von Neumann, Polymath and inventor. With contributions to mathematics, the atom bomb and the computer, the FT Person of the Century encompassed the intellectual brilliance and human savagery that defined our times, <https://ig.ft.com/sites/person-of-the-year/>.
- 3 Varga János: János mint hadmérnök – A legsokoldalúbb matematikus. Természet Világa 154. évfolyam 5. lapszám (2023. május) 207. o.
- 4 A Teakanna Bizottság (Teapot Committee) a Strategic Missile Evaluation Committee kódneve volt, amelyet 1953 októberében az Egyesült Államok légierijének kutatási és fejlesztési miniszterhelyettese, Trevor Gardner hozott létre a stratégiai rakéták tanulmányozására.
- 5 A levél egy olyan új német bomba (nukleáris fegyver) kifejlesztésének veszélyére hívja fel figyelmet, amelynek pusztító ereje addig elképzelhetetlen volt, egyben javaslatot tesz arra, hogy az USA is kezdje meg ezirányú fejlesztéseit. Bár magát a levelet Albert Einstein írta alá, de annak tartalmát vélhetően Teller Ede, Szilárd Leó és Wigner Jenő fogalmazta meg. <https://www.atomicarchive.com/resources/documents/beginnings/einstein.html>
- 6 Lax Péter Dávid (Budapest, 1926. május 1. –) Wolf- és Abel-díjas magyar születésű amerikai matematikus, a Courant Institute of Mathematical Sciences emeritus professzora.
- 7 Herman Heine Goldstine (Chicago, Illinois, 1913. szeptember 13. – Bryn Mawr, Pennsylvania, 2004. június 16.) amerikai matematikus és informatikus, az első számítógép, az ENIAC tervező és megvalósító csoport tagja.
- 8 Nicholas Constantine Metropolis (1915. június 11. – 1999. október 17.) görög–amerikai fizikus, az általa vezetett kutatócsoport fejlesztette ki a Monte Carlo-módszert.
- 9 Alan Mathison Turing (Maida Vale, London, 1912. június 23. – Wilmslow, Cheshire, Anglia, 1954. június 7.) angol matematikus, a modern számítógép-tudomány egyik atyja. A második világháború alatt résztvevője volt annak a Bletchley Park-i kódfejtő csoportnak, amely a náci titkosító eszközeit, az Enigmát feltörték, évekkel lerövidítve ezzel a háborút.
- 10 A nukleáris triász szárazföldről indított interkontinentális ballisztikus rakétákból, nukleáris rakéták indítására alkalmas tengeralattjárókból, és nukleáris bombákkal, rakétákkal felszerelt repülőgépekből áll. A triász célja az, hogy bármelyik eszköz akadályoztatása vagy megsemmisülése esetén, a többi képes legyen garantálni a nukleáris válaszcsoport elrettentő erejét.
- 11 RAND Project (1946), később RAND Corporation (1948) egy kutatás-fejlesztésre fókuszáló, mai napig működő, amerikai székhelyű nonprofit szervezet.
- 12 Teller Ede (Budapest, 1908. január 15. – Stanford, Kalifornia, 2003. szeptember 9.) magyar–amerikai atomfizikus, aki a hidrogénbomba-kutatásokban való aktív részvétele miatt „a hidrogénbomba atyjaként” vált ismertté.
- 13 A Neumann János és társai által 1945. június 30-án publikált „*First Draft of a Report on the EDVAC*” című kiadványban a Neumann-architektúra szerint egy digitális számítógép aritmetikai-logikai egységből, vezérlőegységből, operatív tárolókból, háttértárból, illetve a perifériákhoz tartozó be- és kiviteli mechanizmusokból áll.
- 14 Louis Henry Sullivan (1856. szeptember 3. – 1924. április 14.) amerikai építész, akit a „felhőkarcolók atyjának” és a „modernizmus atyjának” is neveznek. Frank Lloyd Wright és Henry Hobson Richardson mellett Sullivan az „amerikai építészet elismert hármásának” egyike.
- 15 Thomas Crombie Schelling (1921. április 14. – 2016. december 13.) amerikai közgazdász, a külpolitika, a nemzetbiztonság, a nukleáris stratégia és a fegyverzetellenőrzés professzora a Marylandi Egyetemen. 2005-ben közgazdasági Nobel-emlékdíjjal ismerték el játékelméleti elemzéseit.