

Dunaújváros

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2021. IX. évfolyam IX. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

KADOCSA LÁSZLÓ
A tanulás és a tanítás új útja a digitális korszakban



GUBÁN GYULA
A szaktantárgyi módszertan fejlődése



JUHÁSZ LEVENTE ZSOLT
Az emberi és a gépi tanulás



HÜSEYİN KORKUT
Smart city application practices in Turkey: Challenges and opportunities



Dunakavics

A Dunaújvárosi Egyetem online folyóirata 2021. IX. évfolyam IX. szám

Műszaki-, Informatikai és Társadalomtudományok

MEGJELENIK ÉVENTE 12 ALKALOMMAL

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

András István, Bacsa-Bán Anetta, Balázs László,
Nagy Bálint, Németh István, Pázmán Judit, Rajcsányi-Molnár Mónika.

Felelős szerkesztő Németh István
Tördelés Duma Attila

Szerkesztőség és a kiadó címe 2400 Dunaújváros, Táncsics M. u. 1/a.

Kiadja DUE Press, a Dunaújvárosi Egyetem kiadója
Felelős kiadó Dr. habil András István, rektor

<http://dunakavics.uniduna.hu/>

ISSN 2064-5007

Tartalom

KADOCSA LÁSZLÓ

A tanulás és a tanítás új útja a digitális korszakban

5

GUBÁN GYULA

A szaktantárgyi módszertan fejlődése

19

IUHÁSZ LEVENTE ZSOLT

Az emberi és a gépi tanulás

33

HÜSEYİN KORKUT

Smart city application practices in Turkey: Challenges and opportunities

55

Galéria

(Németh István fotói)

70



A tanulás és a tanítás új útja a digitális korszakban

Összefoglalás: Az emberiség az ezredforduló táján új korszakba lépett, az ipari társadalomból a tudásalapú társadalom és gazdaság korszakába. A digitalizáció és a technológiai forradalom a globalizálódó világunkban a társadalom és a gazdaság minden szféráját átalakítja egyre fokozódó mértékben, így az oktatást is. A kihívásokra világszerte fogalmazódnak meg a válaszok, cselekvési tervek, stratégiák formájában. A COVID-19 előhozta a hiányosságokat, de fel is gyorsította a digitális átalakulás folyamatát. Ma már jól látható, hogy a digitális korszak kihívásaira a hagyományos felsőoktatási modell nem tud megfelelő, kellően hatékony választ adni. Szükségserűvé válik a tanulásszervezési modellváltás. Az előadások anyaga döntően az online térbe kerül át, oly módon feldolgozva, hogy a gyakorlatra (labor, konzultáció) felkészülten érkező hallgatóság elmélyült tanulást valósíthat meg. A tanulási tevékenység a 21. században alapvetően a digitális tanulási környezetben zajlik. A tanulás, a tudásszerzési folyamat elemei: információ keresése, elérése (nyitottság, érdeklődés, önmotiváció); információk szűrése, értékelése (kritikai gondolkodás); információk tárolása (rendszerzés); információk előhívása; információk alkalmazása, átalakítása, új létrehozása (kreativitás, innováció); információk átadása, megosztása (kommunikációs készség, együttműködés).

Fontos megjegyeznünk, hogy a digitális tanulási környezet, minden technológiai eszköz ugyan nélkülözhetetlen feltétele a korszerű oktatási rendszernek, de továbbra is a lényeg a tanár és a tanuló/hallgató tevékenységén, pedagógiai-módszertani tudatosságán van.

Kulcsszavak: Digitális átalakulás; tanulásszervezési modellváltás; tanulási tevékenység; digitális tanulási környezet; technológiai eszköz.

Abstract: Around the turn of the millennium, humanity entered a new era, from an industrial society to an era of a knowledge-based society and

* *Dunaiújvárosi Egyetem,
Tanárképző központ*
E-mail: kadocsa@uniduna.hu

economy. In our globalizing world, digitalisation and the technological revolution are transforming all spheres of society and the economy to an increasing extent, including education. Challenges to challenges are articulated worldwide in the form of action plans and strategies. COVID-19 highlighted the shortcomings, but also accelerated the process of digital transformation. It is now clear that the traditional higher education model cannot provide an adequate, sufficiently effective response to the challenges of the digital age. A change in the model of learning organization becomes necessary. The material of the lectures is mainly transferred to the online space, processed in such a way that the audience, prepared for the practice (laboratory, consultation), can implement in-depth learning. Learning activities in the 21st century are essentially taking place in a digital learning environment. Elements of the learning, knowledge acquisition process: searching for and accessing information (openness, interest, self-motivation); filtering and evaluating information (critical thinking); storage of information (systematization); retrieval of information; application, transformation, creation of new information (creativity, innovation); transfer and sharing of information (communication skills, cooperation). It is important to note that the digital learning environment, although all technological tools are an indispensable condition for a modern education system, but the essence is still the activity and pedagogical-methodological awareness of the teacher and the pupil / student.

Keywords: Digital transformation; change in the model of learning, learning activities; digital learning environment; technological tools.

A 21. század kihívásai

Az emberiség az ezredforduló táján új korszakba lépett, az ipari társadalomból a „tudásalapú társadalom/gazdaság” korszakába, melyben a tudás és annak előzménye, a tanulás, illetve következménye/hasznosulása, az innováció, felértékelődik!

A korszakunkra jellemző információrobbanás és a digitalizáció egészen más tudást, képességeket és kompetenciákat igényel a most végzős hallgatóktól, mint az előző generációktól.

A lexikális tudás oly mértékben növekszik, hogy nem szabad azt gondolnunk, elsajátítható. Önmagában az ismeretek tudása elértéktelenedik, ugyanakkor nem nélkülözhető. A tudásalapú társadalomban, gazdaságban a tények és eljárások ismerete, memorizálása kulcsfontosságú, de nem elégséges a fejlődéshez és a sikerhez. A gyorsan változó társadalmakban – az új ismeretek, ötletek termékek létrehozása érdekében – az olyan képességek, mint a problémamegoldás, az együttműködési képesség, a kreativitás, a számítási gondolkodás, az önszabályozás, minden eddiginél elengedhetlenebbek. Ez az eszköz ahhoz, hogy a tanultak valós időben működjenek. Az élethosszig tartó tanulóshoz (LLL) a megoldás tehát a biztos alaptudás és a kompetenciafejlesztés.

Globalizálódó világunkban a digitalizáció és a technológiai forradalom a társadalom és a gazdaság minden szféráját egyre fokozódó mértékben hatja át. A Dunaiújvárosi Egyetemen (DUE) folyó kutatási (oktatási) tevékenységünket számos ígéretes innováció érinti, ilyenek: mesterséges intelligencia (MI); robotika; anyagtudomány; nanotechnológia; biotechnológia; hálózatok, szenzorok; 3D-nyomatás; kiterjesztett valóság (AR); virtuális valóság (VR); az IPAR 4.0 pillérei; stb. Ezek az egymásra ható, konvergáló, exponenciálisan fejlődő új technológiák, melyek átalakítják az életünket, új piacokat teremtenek, a meglévő termékeket, szolgáltatásokat, iparágakat, piacokat pedig felforgatják. Jövőnk tervezése ezeknek a hagyományos mérnöki gondolkodásmód meghaladását igénylő tendenciáknak a figyelembevétele nélkül nem lehetséges.

A (MI-) Mesterséges Intelligencia-alkalmazások és -fejlesztések szerepe az ipar versenyképességének növelése és a társadalmi szolgáltatások területén egyre nélkülözhetetlenebbé válik. A MI szerepe már az élet minden területén, így az oktatásban is jelen van. Az „okos megoldások” hasznosak lehetnek pl. az SNI-s tanulókkal való bánásmód, az „egyéni szabott” tanulási utak stb. kialakítása során, vagy a fordítás/tolmacsolás területén. Fontos kutatási téma lehet, hogy a mesterséges intelligencia hogyan tudja segíteni az egyéni kognitív képességek fejlődését az egyéni tanulási utak kialakításával. A „Big Data” akkor válhat hasznossá, ha a tanulás minőségét segítő mintázatokat mutat ki.

A digitális átalakulás/transzformáció a társadalom minden területét/szféráját érinti, ilyenek többek között az e-kereskedelem; az e-egészségügy; az e-közigazgatás; az „okosváros”; az „okosgyár” az „önvezető járművek”, az intelligens robotok, az e-Learning; stb.

Témánk szempontjából tipikus megjelenési formája a negyedik ipari forradalom [1], illetve az oktatás digitális átalakulása (DOS).

A negyedik ipari forradalom [2] hálózatosodást jelent, az információs technológiák és az automatizálás egyre szorosabb összefonódását, ami a gyártási módszerek alapvető megváltozását eredményezi. Legfontosabb meghatározó tényezői, pillérei között tartják számon a gépek közötti, emberi közreműködés nélkül megvalósuló kommunikációt (M2M); a felhőalapú szolgáltatásokat; a dolgok internetét (IoT); a szolgáltatások internetét (IoS); a Big Data-t, ami a nagymennyiségű adatok feldolgozását jelenti; a mesterséges intelligenciát (MI),

[1] IPAR 4.0 – Főoldal
<https://www.ipar4.hu/>

[2] IPAR 4.0: *Az elkerülhetetlen forradalom – IoT, M2M, AI, Big Data*
<https://www.tablázat.hu/ipar-4-011>

az „okos” gépek gondolkodásra és tanulásra való képességét; az intelligens robotokat; és az 5G mobilinternetet, ami kiterjesztettség- (AR-) és virtuálisvalóság- (VR-) megoldásokra is képes.

Várható a munkaerőpiac gyors átrendeződését igénylő, ún. „diszruptív technológiák” – a piacokat, életünket „felforgató”, átrendező/átalakító digitális technológiák – megjelenése. Ilyenek pl. a vizuális kommunikációban és a gyártástechnológiában jelen lévő 3D-s technológiák.

Már a 2016-os Davosi Világgazdasági Fórumon is megfogalmazódott, hogy a mai tanulók fele (mára ezt 75%-ra becsülik) olyan munkakörökben fog dolgozni, amelyek még nem is léteznek.

A negyedik ipari forradalom korszakában az emberi tevékenység zöme más dimenzióba kerül át, a termelési feladatokról a digitális kompetenciákat igénylő tervezői, irányítói, ellenőrző, szolgáltató funkciókra.

Várhatóan mindezek a folyamatok nem munkanélküliséghez vezetnek (ahogy ezt korábban jósták), az emberi tevékenység zöme más dimenzióba kerül: a termelési feladatokról, amelyeket átvesznek az intelligens robotok, az átalakuló, többnyire digitális kompetenciákat igénylő, munkakörökben hasznosul.

A robotok nem elveszik a munkát, hanem megteremtik nekünk, „az emberi munkavégzés nem vész el, csak átalakul”!

Az ÚJ GENERÁCIÓK jellemzői, igényei:

Mára a „Z”-generáció (az 1995–2007 között születettek) képviselői töltik meg az egyetemek padsorait. Ők ennek a korszaknak a „digitális bennszülöttjei”, akik beleszülettek az internet, a web2-es technológiák, a 3D-s videojátékok, az „okos” eszközök korába. Az alfageneráció pedig, amelyre mindezek a megállapítások fokozottan érvényesek, az általános iskola felső tagozatán kopogtat.

Az őket körülvevő környezet és a környezettel való interakciók formája és gyakorisága miatt a mai diákok másképpen gondolkodnak és tanulnak, mint elődeik (a „kütyű”-használat még nem digitális kompetencia).

Jellemző rájuk a gyors információszerzés, igazi ingerfalók, immunisak a szürkébbre, a hagyományos oktatási technológiákra. Sokcsatornás figyelemmegosztás (*multitasking*) jellemző rájuk, a verbális kommunikációval szemben a 3D-s videó- és a képformátumokat részesítik előnyben. A multitasking akkor lehet hasznos, ha a másodlagos feladat a kognitív erőforrások megosztása során nem terheli túl a memóriát, ha nem tereli el a figyelmet a fő tevékenységről, egyébként ronthatja a tanulási teljesítményt.

Szembetűnő, és talán a legfontosabb sajátosság, az állandó készenlét a kapcsolódásra, az „okos” eszközök használatára, ugyanakkor a tanórákról ezek ma még legtöbbször ki vannak tiltva.

A frontális, merev oktatás helyett olyan tanórákra van szükség, amelyek az együttműködést, az információk megosztását, megbeszélését és a hálózatosodást igénylik.

Az eredményes tanítási tanulási folyamat megkívánja, hogy tekintettel legyünk az új generációk jellemzőire, igényeire annak érdekében, hogy médiaműveltségüket, kompetenciáikat, érdeklődésüket az eredményes tanulás érdekében tudatosan tudjuk fejleszteni.

A 21. század képességei

Az Európai Parlament és az Európai Unió Tanácsa 2006-ban Ajánlást fogadott el („Kulcskompetenciák az egész életen át tartó tanulás – európai referenciakeretet”), mely a kompetenciaorientált oktatás és képzés fejlesztését határozta meg.

Napjainkra megváltoztak a körülmények, a technológiák egyre nagyobb szerepet játszanak a munka világában és az élet minden területén. A felgyorsult változásokhoz való alkalmazkodás képessége érdekében egyre nagyobb szerepe van a digitális, a vállalkozói és társadalmi-tanulási kompetenciáknak. A magas színvonalú oktatás megvalósítása érdekében az (olvasási/szövegértési, matematikai és természettudományos) alapkészségekbe való befektetés minden eddiginél fontosabbá vált.

2018-ban a Tanács, reagálva a társadalmi-gazdasági változásokra, a kulcskompetenciákról szóló 2006. évi ajánlás felülvizsgálatát követően új Ajánlást fogadott el.

Az EU Tanács és Bizottság Ajánlása a kicsi kortól egész életen át tartó tanuláshoz szükséges kompetenciákról szól, amelyek a személyes kiteljesedéshez, az egészséges és fenntartható életmódhoz, a foglalkoztathatósághoz, az aktív állampolgársághoz és a társadalmi befogadáshoz elengedhetetlenek (2018).

A Kulcskompetenciák azoknak az ismereteknek, készségeknek, és attitűdöknek a dinamikus kombinációja, amelyekre minden embernek szüksége van, és amelyeket a tanulóknak és a felnőtteknek egész életen át fejlesztenie kell.

Mind a nyolc kulcskompetencia meghatározott ismeretekből, képeségekből és attitűdökből áll. Ismeretek alatt azokat a megalapozott tényeket, számokat, koncepciókat, ötleteket és elméleteket értjük, amelyek az adott téma megértéséhez szükségesek.

A készségeket a folyamatok végrehajtására és a meglévő ismeretek eredményeinek felhasználására való képességként határozzák meg. Az attitűdök pedig leírják azt a beállítottságot és gondolkodásmódot, hogy hogyan cselekedjenek vagy reagáljanak ötletekre, személyekre vagy helyzetekre. A kulcskompetenciák az alábbiak (amelyek részletes leírását az Ajánlás tartalmazza):

- Írástudási kompetencia.
- Többszempélyű kompetencia.
- Matematikai kompetencia és alapvető kompetencia a tudomány, a technológia és a mérnöki tudás terén.
- Digitális kompetencia.

[3] A *Tanács ajánlása* (2018. május 22.) az egész életen át tartó ...
eur-lex.europa.eu ›
legal-content › TXT ›
PDF › from...

[4] Transzverzális kompetenciák (UNESCO Bangkok 2016, Asia-Pacific)
<https://bangkok.unesco.org/content/unesco-bangkok>

- Személyes, társadalmi és tanulási kompetencia.
- Állampolgársági kompetencia.
- Vállalkozói kompetencia.
- Kulturális tudatosság és kifejezési kompetencia.

Az egész életen át tartó tanulás keretében a kompetenciaorientált oktatás, képzés és tanulás támogatása érdekében a Tanács Ajánlása [3] három kihívást azonosított:

- a különféle tanulási megközelítések, összefüggések használatát;
- a tanárok és más oktatási személyzet támogatását; valamint
- a kompetenciafejlesztés értékelését és validálását.

A kulcskompetenciák mindegyike egyformán fontos, mindegyikük hozzájárul a sikeres élethez. A kulcskompetenciákba – szinergikus hatásukat érvényre juttatva – beépülnek az úgynevezett „transzverzális készségek, illetve kompetenciák”.

A „transzverzális kompetenciák” alatt értjük azokat a készségeket, képességeket, amelyek nem egy adott feladathoz, tudásterülethez kötődnek, hanem sokféle helyzetben és munkakörben alkalmazhatóak. Ezekre a készségekre a változashoz való alkalmazkodás, az értelmes és eredményes élet és a munkaadói elvárások szempontjából egyre nagyobb az igény.

A transzverzális kompetenciák az alábbiak (UNESCO, Bangkok 2016, Asia-Pacific)[4]:

- Kritikus és innovatív gondolkodás
- Interperszonális/személyközi készségek (Prezentációs és kommunikációs, illetve szervezési készségek, csapatmunka stb.)
- Intraperszonális/személyen belüli készségek (önfegyelem, lelkesedés, kitartás, önmotiváció stb.)
- Globális állampolgárság (tolerancia, nyitottság, a sokféleség tiszteletben tartása, interkulturális megértés stb.)
- Média- és információs műveltség (az információ elérésének, a médiatartalom elemzésének és értékelésének képessége)
- „Mások” (pl. a testi egészség vagy a vallási értékek, amelyek nem tartoznak az előzőek egyikébe sem)

A digitális oktatási cselekvési terv (EU Bizottság 2021–2027) [5]

Az új cselekvési tervnek két stratégiai prioritása van:

1. A nagy teljesítményű digitális oktatási ökoszisztéma fejlődésének elősegítése a következők által:
 - infrastruktúrafejlesztés az összekapcsolhatóság és a digitális berendezések tekintetében,
 - a digitális kapacitás hatékony tervezése és fejlesztése, ideértve a naprakész szervezeti képességeket is,
 - digitálisan kompetens és magabiztos tanárok és személyzet,
 - kiváló minőségű tananyag, felhasználóbarát eszközök és biztonságos platformok.

A Bizottság javasolja továbbá az online és távoktatás bevezetését a közoktatás számára is; európai digitális oktatási tartalmi keretrendszer kidolgozását; az iskolák összekapcsolhatóságát (Gbit/s); tartalmak megosztását; internet, eszköz és platformok hozzáférhetőségét; digitális pedagógiát, a tanárok digitális szakértelmének fejlesztését; a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazását.

2. A digitális készségek és kompetenciák fejlesztése a digitális átalakulás érdekében, amihez szükség van:
 - alapvető digitális készségekre és kompetenciákra (már kicsi kortól kezdve),
 - a műveltség fejlesztésére, ideértve a dezinformáció elleni küzdelmet is,
 - számítástechnikai oktatásra,
 - az adatintenzív technológiák, a mesterséges intelligencia ismeretére,
 - fejlett digitális készségekre (több digitális szakemberre, lányok körében is).

A Bizottság javasolja továbbá: iránymutatások kidolgozását tanárok számára; az európai digitális kompetencia keretrendszer bővítését a mesterséges intelligenciával (MI); európai digitális készségtanúsítvány (EDSC) létrehozását; 2030-ig a 13–14 éves korosztály digitáliskompetencia-hiányosságának 15% alá szorítását; a digitális lehetőségek szakmai gyakorlatának kiterjesztését (a szakképzésben tanulók, tanárok, oktatók számára).

[5] Digitális oktatási cselekvési terv (2021–2027): *Oktatás és ...*
ec.europa.eu › Európai Bizottság › Oktatás és képzés

[5] Digitális oktatási cselekvési terv (2021–2027): *Oktatás és ...*
 ec.europa.eu › Európai Bizottság › Oktatás és képzés

[6] Diamandis, P. H. –Kotler, S. (2020): *A jövő gyorsabban itt lesz, mint gondoltánánk*. Budapest: HVG Kiadó.

A digitális oktatási cselekvési tervben [5] megfogalmazott ajánlások beépülnek/átkerülnek a hazai oktatásfejlesztési programokba, és megvalósulásuk esetén a „Felejthetetlen osztálykirándulás” élménye a magyar diákok számára sem tűnik majd illuzórikusnak. Peter H. Diamandis és Steven Kotler (2020) [6] az oktatás jövőjét mutatja be egy 2030-ban játszódó történelemóra keretében, a téma a „Fáraók, királynék, sírok”. Egy valóságos osztálykirándulás több okból is lehetetlen lenne, de a virtuális valóság megoldást nyújt a problémára. A virtuális valóság világában az osztály könnyűszerrel megtekintheti a sírkamrát, a szarkofágot is közelről tanulmányozhatja, böngészheti a hieroglifákat, megfigyelhetik a sír hátulján látható ötvösmunkákat, Ozirisz alakját. Sőt, ez a lehetőség már 2018-ban megvalósult Nofertari királyné nyughelye esetében. Először 3D-s szkennelvel bevitték Nofertari királyné sírkamrájának minden egyes négyzetcentiméterét, a sírkamráról több ezer nagyfelbontású fényképet készítettek, melyeket egyetlen látvánnyá „olvasztottak”, és ráhelyezték a 3D-s térképre. Ezzel létrehozták a döbbenetesen pontos virtuális sírt. A tanulók headseteket (közösségi VR-platform) kaptak, melyek segítségével közösen fedezhették fel a sírkamrát, sokrétű, izgalmas tanulási élményhez jutva ezáltal. A kapcsolódó kutatások bizonyították, hogy a multimediális tanulás mindennél hatékonyabb, még akkor is, ha virtuális, mivel a technológia lehetővé teszi az élethű, minőségi tanulási környezetet. A szerzők által bemutatott, a jelenben megvalósított virtuális tanulási környezet még egyedi, nem túl gyakori jelenség, ám – megalapozott prognózisok szerint – egy évtizeden belül általánossá válhat.

1. ábra. Headset a Virtuális Valóság alkalmazáshoz



Kihívások, válaszok a felsőoktatásban

Ma már jól látható, hogy a digitális korszak kihívásaira a hagyományos felsőoktatási modell nem tud megfelelő, hatékony választ adni, a modellváltás szükségszerűvé válik: az előadások anyaga döntően az online térbe kerül át oly módon feldolgozva, hogy a gyakorlatra (labor, szeminárium, konzultáció) felkészülten érkező hallgatóság elmélyült tanulást valósíthat meg.

A nemzetközi trendek és a korszerű tanulásmódszertanok (konstruktivista, probléma- és kompetenciaalapú) szellemében a felsőoktatás területén folyó innovációk tartalmi átrendeződésekkel, tanulásszervezési és módszertani paradigmaváltással járnak együtt.

A digitális tanulási környezetek a felsőoktatásban világszerte egyre nagyobb szerephez jutnak.

A hagyományos oktatás alternatívájaként jelentkező BLENDED LEARNING új-szerű tanulási terek (virtuális és valós) kialakításával, hallgató- és gyakorlatcentrikus módszerekkel, egyéni, páros, csoportos tevékenységek, kooperatív és kollaboratív együttműködések alkalmazásával és új értékelési stratégia (folyamatos formatív ön-, és társak általi, illetve tanári értékelés) kidolgozásával jár együtt.

Az oktatási innovációk felértékelődnek, amihez elengedhetetlen a felsőoktatásban részt vevő oktatók attitűdváltása, pedagógiai módszertani felkészültségük javítása és digitális kompetenciáik fejlesztése.

A Digitális Oktatási Stratégia (DOS) [7] célkitűzései

2016-ban elfogadásra került a DOS, mely az oktatási rendszerek 3–5 éven belüli (tehát napjainkra!) radikális átrendeződését tűzte ki célul:

Abból indult ki, hogy a digitális átalakulás nem választás kérdése, olyan elkerülhetetlen jelenség, amelyre mindenkinek fel kell készülnie, egy 20. századi tudással senki nem lehet versenyképes a 21. században! Nem a hagyományos oktatás digitális eszközökkel támogatott változata, hanem szemléletmódjában, módszertanában, követelményrendszerében is új, a digitális kor kihívásaira reflektáló, nyitott tanulási környezet. Nemzetközi összehasonlításban a legnagyobb lemaradás hazánkban a digitális készségek terén mutatkozik (PISA-eredmények), ami pedig a foglalkoztathatóság alapfeltételét jelenti.

[7] MAGYARORSZÁG DIGITÁLIS OKTATÁSI STRATÉGIÁJA
<http://www.kormany.hu/download/0/cc/d0000/MDO.pdf>

[7] MAGYAR-ORSZÁG DIGITÁLIS OKTATÁSI STRATÉGIÁJA
<http://www.kormany.hu/download/0/cc/d0000/MDO.pdf>

A közoktatásból kikerülők (15 éves korosztály) képesek a multimédiás technológiájú információk keresésére, értékelésére, tárolására, létrehozására, bemutatására és átadására, valamint online hálózatokban való részvételre. A korszerű szaktantermek alkalmasak (Gbits wifi) a digitális eszközök használatára és 3D-s megjelenítésre.

Szakképzésben a végzettek rendelkeznek a munkaerőpiac által elvárt, valamint a továbbtanuláshoz szükséges általános és szakmai digitális kompetenciákkal. A tantermek rendelkeznek a szakmák elméleti és gyakorlati oktatásához szükséges hardver- és szoftver-állománnyal.

A Digitális Oktatási Stratégia [7] felsőoktatásra vonatkozó víziója (napjainkra, illetve a közeljövőre nézve): olyan egységes online digitális környezet alakul ki, amelyben – korra, nemre, érdeklődésre és egyéni élethelyzetre vonatkozóan – egyénre szabott tanulási lehetőségeket kínál. A foglalkozásokat (laboratóriumokban, konzultációkon) elmélyült tanulás, gyakorlatorientáltság, intenzív személyes és online konzultáció, valamint kollaboráció jellemzi. Felnőttképzéssel kapcsolatos célkitűzés, hogy legyen minden állampolgár a digitális közösség tagja. A stratégia megvalósításában minden iskolafokozatban jelentős szerepet kapnak a 3D-s megjelenítést biztosító platformok.

Hol tartunk?

Úgy gondolom, egyet kell érteni azokkal, akik azt mondják (pl. az EMMI államtitkára), hogy rendszerszintű megvalósulásról nem beszélhetünk, szigetszerű eredményeink vannak, melyek lelkes pedagógusoknak köszönhetőek.

Az oktatás is olyan terület, amely nehezen változik, valós eredmények sok tényező összehangolt módosítása esetén várhatóak (lásd a „finn modellt”, vagy a lengyel reform eredményeit). A nemzeti alaptanterv mögött sokféle – politikai, szociológiai, gazdasági, vallási, pedagógiai-pszichológiai – megfontolás húzódik meg. Így jöhetett létre az az eredmény, hogy a preambulumban megfogalmazott korszerű megközelítések a túlzó tartalmi előírások miatt módszertanilag többnyire megvalósíthatatlanná válnak. Ezt tovább rontják a pedagógusok módszertani kultúrájának hiányosságai, elsősorban a digitális oktatási kompetenciák hiánya, illetve azok egyenetlen megléte. Lényegében a dédszüleink is ugyanúgy tanultak, mint mi, és közel ugyanazt. Ahhoz, hogy a beiskolázás a tanárképzésben ne legyen kontraszelektált árnyalatú, szükség lenne a pálya – szakmai berkekben régóta hangoztatott – presztízsének, megbecsülésének növelésére, ami elképzelhetetlen a pedagógusbérek jelentős emelése (duplázása) nélkül. A tanáriéletpálya-modell bevezetése csak a mestertanár és a

kutató tanár kategóriában teszi némileg elfogadhatóvá a bérszintet. A kezdő pedagógus bére pedig töredéke a versenyszférában elérhetőnek (pl. egy informatikusmérnök-tanár, illetve informatikus mérnök viszonylatában ez többszörös is lehet). A szakképzés átalakítása javított a szakmai tanárok bérszintjén, a pedagógus pálya megítélésén azonban nem változtatott (egy „pedagógus státusz törvény” lehetne a megoldás?). Az, hogy a célkitűzések valósággá válhassanak, a pedagógusképzés és továbbképzés reformját(?) teszi sürgető feladattá. Mindezeket tetézi az információs infrastruktúra fejlesztési igénye a lefedettség és sávszélesség (Gbits) tekintetében, és a megfelelő IKT-eszköz-ellátottság mind a tanárok, mind a diákok, hallgatók tekintetében. Ha ezek be is következnek, az eredmények, a minőségi tanítás-tanulás (ld. PISA-felmérések, hazai kompetenciamérések) csak év(tized)ek múlva jelentkeznek, ami a reformok következetes előkészítését és végrehajtását feltételezi.

[8] Horváth Ádám: *Mi volt ma az iskolában? Semmi.* [https://digitalisjoletprog ram.hu/hu/kiadvanyaink-djp_magazin_2020_01\(2\).pdf](https://digitalisjoletprog ram.hu/hu/kiadvanyaink-djp_magazin_2020_01(2).pdf)

A COVID–19 hatása

A járvány kitorérésekor, 2020 tavaszán az élet számos területén állt le a hagyományos értelemben vett munkavégzés, az ország új, digitális munkarendre tért át. Az oktatás és a munkavégzés a digitalizációnak köszönhetően folytatódhatott, érzékelhető mértékben csökkentve a leállás okozta gazdasági visszaesést. Ahogy a nagyvilágban mindenütt, úgy hazánkban is emberek milliói kezdtek el használni az egyik pillanatról a másikra olyan digitális megoldásokat, eszközöket, amelyeket korábban nem is ismertek. Ez tette lehetővé a tanulást, a munkavégzést, a szolgáltatókkal való kapcsolattartást, a bevásárlást, a hivatalos ügyek intézését és még sok minden mást, elindítva a digitális átalakulás folyamatát. Úgy gondolom, hogy a vírus – a „minden rosszban van valami jó” alapján – új lendületet adott az oktatás digitális átalakulásának, esélyt teremtve az érdemi, minőségi kibontakozásnak. Természetesen, ennek a folyamatnak is voltak árnyoldalai, gondoljunk csak azokra a hátrányos helyzetű gyermekekre, akiknek az otthoni tanulás feltételei nem voltak adottak, de világosan kirajzolódik a 21. század tantermének képe és a digitális pedagógia eszköz- és eljárásrendszere. A felmérések szerint az iskolák többsége egész Európában csak most kezdett bele az online oktatásba. Ott viszont, ahol belevágtak, a „tanárok, akik eddig félve nyúltak a digitális megoldásokhoz, mára magabiztos felhasználókká váltak, a diákok pedig megtanulták, hogy a játék és a napi kapcsolattartás mellett számtalan, kifejezetten hasznos tartalom is fellelhető a neten”. Ha ez a Horváth Ádám (2020) [8] által idézett helyzetértékelés nem is tekinthető általános képnek, a jövőt tekintve egyértelműen biztató.

[9] Csepeli György (2020): *Ember 2.0. A mesterséges intelligencia gazdasági és társadalmi hatásai.* Budapest: Kossuth.

Azzal, hogy az online oktatás során a tanárok – a hagyományos formában megszokott ismeretátadás és feladatgyakoroltatás helyett – a megértés előmozdítására törekedtek, egy lépéssel a módszertani kultúra változásához is közelebb kerültünk. Emellett, az ún. „formális értékelés” segítségével (amihez a felkészültebbek letölthető applikációkat is használtak) a tanulók egyéni szükségleteire tudtak fókuszálni. A digitális platformokra pedig a szövegek, videók, és az önálló gyakorlatok feladatai kerültek.

2. ábra. Videokonferenciás csoportos oktatás a COVID-19 alatt



A tanulás és a tanítás új útja a digitális korszakban

A tanulási tevékenység a 21. században alapvetően digitális tanulási környezetben zajlik. Az információs/tudáslapú társadalomban a tanítási és tanulási folyamatok elválaszthatatlanok az infokommunikációs technológiáktól és a digitális tartalmaktól. Ez nemcsak az informális és nem formális tanulásra, de egyre fokozódó mértékben a formális, azaz az iskolarendszerű képzésekre is igaz. „Míg korábban a tanár feladata a tantárgyakra felparcellázott tudás átadása volt, az új helyzetben a keresés, a kérdés, a kritikai gondolkodás, a hitelesítés, a különböző tudásterületek összehangolása, a problémacentrikus megközelítés megtanítása a feladat, amiben a tanulók partnerei a tanároknak” [9].

A tanulás folyamata magában foglalja az információk keresését, szűrését, értékelését, tárolását, előhívását, alkalmazását, átalakítását, megosztását és védelmét, az előre meghatározott pedagógiai célok elérése érdekében a tanár és a tanulók konstruktívan használják az infokommunikációs technológiát és a digitális tartalmakat.

A tanulás, a tudásszerzés új útja, a folyamat elemei:

- Információk keresése, elérése (érdeklődés, nyitottság, önmotiváció).
- Információk szűrése, értékelése (kritikai gondolkodás).
- Információk tárolása (rendszerzés).
- Információk előhívása.
- Információk alkalmazása, átalakítása, új információ létrehozása (algoritmikus gondolkodás, kreativitás, innováció).
- Információk átadása, megosztása (kommunikációs képesség, együttműködés).
- Információk védelme (felelősségvállalás).

Ezekre a tevékenységekre az eredményes tanulási folyamatok során az online és offline tanulási környezetben is szükség van.

A hagyományos tankönyvön, illetve a digitális tartalmak használatán alapuló oktatás jelentősen eltérő tanulási környezetet jelent. A digitális platformok az információk tárolásán és a hozzáférés biztosításán túl a tartalom fejlesztésében is szerepet játszanak, megváltoztatva ezzel a tanár és a tanuló szerepét, ami a már sokat emlegetett módszertani paradigmaváltáshoz vezethet. Világunkban a kulcskompetenciák, különösen a digitális kompetenciák folyamatos fejlesztésére van szüksége tanárnak tanulóknak egyaránt. A tanár számára ez teremtheti meg a magabiztosságot az infokommunikációs technológia iskolai felhasználásában, egyúttal hozzájárul a tanulók digitális műveltségének és kompetenciáinak a fejlesztéséhez azzal, hogy megtanítja őket az infokommunikációs eszközök és a kollaborációra szolgáló platformok, applikációk használatára. Fontos megjegyeznünk, hogy a digitális tanulási környezet, illetve minden technológiai eszköz csak egy része, nélkülözhetetlen feltétele a korszerű oktatási rendszernek, a hangsúly továbbra is a tanár és a hallgató tevékenységén, pedagógiai-módszertani tudatosságán van!

3. ábra. Virtuális Valóság multiszenzoros-érzékelés



A tanulás és a tanítás új útja a digitális korszakban (kutatásiprojekt-tervezet)

A pedagógiai kutatások területén a zömmel Tanárképző Központ-hoz tartozó oktató kutatóknak meg kell határozniuk egy komplex témát, mely kutatásaikat egy irányba rendezve, kutatócsoporttá formálja a korábbi, ugyan tudományos eredményességű, de egymástól elszigetelt témákat és kutatókat. Ez a tématerület *A tanulás és a tanítás új útja a digitális átalakulás korszakában* témakör lehet.

A digitális átalakulás a társadalom és a gazdaság minden területét érinti, benne a tanulást és a tanítást. A témát az indokolja, hogy a tudásalapú társadalom/gazdaság jellemzői, kihívásai, az IPAR 4.0 igényei jelentősen átalakítják a munkaerőpiacot, ahová – figyelemmel a Szakképzés 4.0 és az új generációk jellemzőire, oktatási, tanulási igényeire, az IKT-támogatott megoldásokra, illetve a hazai és nemzetközi jó gyakorlatokra – közvetve és közvetlenül képeznünk kell.

A korszerű, konstruktivista szemléletű, tanulási eredményen, illetve kompetencián alapuló tanítási-tanulási folyamatok tervezése és megvalósítása megkívánja

- a 21. század képességeinek (kulcskompetenciák, transzverzális kompetenciák) vizsgálatát – különös tekintettel a digitális kompetenciákra, a tudatos médiahasználatra –, fejlesztésük lehetséges megoldásainak kutatását;
- az IKT-val támogatott, korszerű tanulásszervezési eljárások (egyéni, csoport-, páros, frontális, illetve projektmunka-gamifikáció stb.), a tanítás és a tanulás módszertanikultúra-váltásának kutatását;
- a korszerű értékelési stratégiák, formák (diagnosztikus, formatív, összegző), tudásszint- és kompetencia-mérések (feladatlapok, tesztek szerkesztése, értékelése), IKT-val támogatott megoldások („szavazórendszeres”, „okostelefonos” számítógépes applikációk) fejlesztését;
- a digitális (3D) tartalomfejlesztéseket.

A vázolt kutatási projekt – kiegészítve a pedagóguspálya-szocializációs vizsgálattal – a tanárképzés megújításához vezethet, az egyes témakörökben (középpontban a tanítás-tanulás digitális átalakulásával) kutatások, fejlesztések folyhatnak. Fontos lenne, hogy a Tanárképző Központban minden részterületnek legyen „szakértője”, ami a „piaci” megjelenést is lehetővé teszi.

A szaktantárgyi módszertan fejlődése

Összefoglalás: Az 1840-es években formálódó rendszeres hazai szakmai képzés közel fél évszázaddal megelőzte a szakmai tanárképzés intézményes kialakulását. Ugyanakkor a szaktárgyak tanítási módszertanának fejlődése, hasonlóan a szakmai tanárképzéshez, nehezen induló pályát írt le az 1880-as években. A hazai szakképzés első évtizedeiben kevés figyelem fordult a szaktárgyak oktatásának módszereire. A szakmai képzés, ellentétben a közismereti tárgyakkal, nem tudhatott maga mögött komoly módszertani hagyományokat.

Jelen tanulmányunkban dokumentumelemzés, összehasonlító vizsgálat segítségével elvégzett szakirodalmi kutatás alapján néhány módszertani fejlődési állomást mutatunk be, amelyek jelentősen alakították mai módszertani kultúránkat.

Kulcsszavak: Iparoktatás; neveléstörténet; módszertan; képzési módszerek; szakmai tantárgyak.

Abstract: The regular Hungarian professional training formed in the 1840s preceded the institutional development of professional teacher training by almost half a century. At the same time, the development of the teaching methodology of the subjects, similarly to the professional teacher training, described a difficult career in the 1880s. In the first decades of Hungarian vocational training, little attention was paid to the methods of teaching the subjects. Vocational training, unlike general knowledge subjects, could not have a serious methodological tradition behind it.

In the present study, based on document analysis and comparative research, we present some methodological development stages that have significantly shaped our current methodological culture.

Keywords: Industrial education; history of education; methodology; training methods; professional subjects.

* Dunaiújvárosi Egyetem,
Tanárképző központ
E-mail: guban.gyula@uniduna.
hu

[1] A pedagógiai szakmai sajtó – nem „műszaki”, szakmai – 1841–1868 között 28 pedagógiai lapot említ. Kiss Áron (1874): *Adalékok Magyarország Nevelés- és oktatásügyi történetéhez*. Buda-Pest: Kocsi Sándor Sándor nyomtatása (OSZK 270.788)
A tanulmányban található sommás értékelés így szól: „Gazdag volt irodalmunk. A belső becs azonban a külterjedelemmel sem 1868 előtt nem volt... sem most nincs kedvező arányban.” [...] „ezekben áll 1868 használható volta a pedagógiai sajtó tükrében.”

Bevezetés

Az 1840-es években formálódó szakmai képzés megelőzte a szakmai tanárképzés rendszerének kialakulását, és maga után vonta a *szaktárgyak tanítási módszertanának lassú fejlődését*. Ennek ellenére a közel harminc évvel később létrehozott szakmai tanárképzéshez hasonló, nehezen induló pályát írt le.

A rendszeres hazai szakképzés hajnalán, az 1800-as évek első évtizedeiben kevés figyelem fordult a szaktárgyak oktatásának módszereire, a szakmai képzés nem bővelkedett módszertani könyvekben, cikkekben. A módszertani kultúra nem segítette hatékonyan a mindennapi tanári munkát. [1] A szakmódszertani kultúra lassan fejlődött, „tudományos” áttörésről az 1950-es évektől kezdve beszélhetünk. Az egyre gazdagodó szakmai sajtóban megjelenő cikkek alapján ekkor vált nyilvánvalóvá, hogy a különféle módszertani megoldások eredményesen támogatják a szakmai képzést. Ekkor indult látványos fejlődés – mondhatnánk úgy is, hogy oktatástechnológiai forradalom – a szaktárgyak tanítását segítő oktatási eszközök területén, aminek egyre gyorsuló változása napjainkra az oktatási és szakképzési rendszerünk teljes módszertani újragondolását kívánja.

Tanulmányunkban egyrészt dokumentumelemzés, összehasonlító vizsgálat segítségével végzett szakirodalmi feltárás alapján néhány módszertani fejlődési állomást mutatunk be. Másrészt kitérünk azokra a fejlődési trendekre, amelyek oktatásunkban várhatóan meghatározzák a következő évtizedet. A dokumentumelemzésben a bevont irodalmak között helyet kaptak a korabeli szakmai folyóiratok, dokumentumok, tankönyvek, természettudományos, humán és szakmai módszertan könyvek, tantervek. Az összehasonlítás kiterjedt a dokumentumok koncepciójára, szerkezetére, a mennyiségi mutatókra (oldal, ábra), a tartalmukra, a gyakorlati példákra, minthaadásra, az elmélet–gyakorlat–arány vizsgálatára.

A szaktárgyak tanítása módszertanának fejlődése

A módszertani kultúra kialakulása jóval megelőzte a szakmai képzés és szakmai tanárképzés szervezett rendszerének létrejöttét. Mivel nem volt sem szabályozó törvény, sem rendelet, a pedagógiai ráérzés, az ösztönösség volt jellemző a tantervek kialakítása, a képzési folyamat szervezése során, de ez jellemezte a tanítási módszerek

alkalmazását is. Mindezt jól példázzák az 1840-es években megjelenő, a szakma tanításához kapcsolható módszertani ajánlások, „tanmódszerek”, szakmai könyvek, melyek a városi, falusi tanítók és mesterképző intézetekben tanító szakemberek munkáját voltak hivatva segíteni.

Az 1844-ben megjelent „Részletes Tanmódszer” [2] például XVI fejezetben keresztül tárgyalja az egyes tárgyak tanítására vonatkozó módszereket. A XIV. fejezet a géptanoktatás módszereit tárgyalja az elemi iskola negyedik osztályosai számára. A további két fejezet pedig az építészet és a rajzolás tanmódszerét mutatja be. „A géptanból leginkább azokat kell előadni, a miket a köz tapasztalásból, és észrevételből értelmezni lehet: czövek, dorong, agykerék, csiga, sróf, tűz vagy víz által hajtott gépek.” A fejezetben olvashatjuk a tanításhoz szükséges elveket:

1. „Illessze a tanulók fogalmi fejlettségéhez a tanítandókat,
2. gépeket, mintákat... előmutassa,
3. az előadottakat mondassa el több tanuló által,
4. minden mondottakat nyomban alkalmazza a mindennapi házi, és gazdasági tárgyakra,
5. gyakorlatibb lesz az oktatás, ha, mikor lehet, tanulóit mesterek, s művészek műhelyeibe vezeti, gyárakat és ipar-intézeteket látogat.”

A könyv bevezeti az általános tanmódszer és a részletes tanmódszer fogalmakat, amelyek mai szóhasználattal élve a didaktikát, illetve a szakmódszertant jelentik.

Hasznos „módszertani” jellegű segédletként foghatjuk fel az „Általános tanítástudomány” (*didactica generalis*) mesterképző intézetek számára. c. könyvet, melyet Budán, a magyar Kir. Egy. nyomda betűivel, 1844-ben adtak ki, 161 oldalon. A könyv négy részből áll. Az első rész (1–7.§): Az iskolamester-képző intézetekről. A második rész (8–24.§) első „cikke” az általános elméleti tanítástant foglalja össze. (8.§ a tanítástan ismerete, 14.§ az általános tanítástan főnézetei általán: 15.§.a. külön a tanulókra...) A második „cikkek” az általános gyakorlati tanítástant taglalja. (19.§ az ált. gyakorlati tanítástan ismerete, ennek fő elvei, 21.§ külön: a tanulás könnyűvé kell tenni, 22.§ érdekessé, 23.§ a közéletben haszonvehetővé, 24.§.d. folytonosan foglalkodtatni a tanulókat. „mindig munkával legyenek a tanulók elfoglalva”) 35. o. A harmadik rész (25–69.§) első „cikkek” az általános tanításmód rendszeréről szól. „A tanításmód tehát nem egyéb, mint azon bizonyos tervszerinti alapos és célirányos elintézése a tanításnak” 42. o. „melyet a mesternek követni kell a gyermektanításban. A tanítási módszertan kétféle: általános és különös.” „Az általános tanításmód

[2] 1844: 183.

Részletes Tanmódszer (vagy az egyes tárgyaknak sikeres tanítására vezérlés). Budán, a magyar Kir. Egyetemi nyomda betűivel.

[3] Rendek József (1847): *Tanmódszer városi, s falusi elemi iskolai tanítók és mesterképző intézetek használatára*. Emich Gusztáv sajátja.

[4] Mennyey József (1866): *Nevelés- és tanítástan néptanodai tanítók és tanítójelöltek használatára. I–II–III*. Kalocsa.

Az első kötet IV. részében (P. 253.) a „Tanmódszeret” foglalkozik a tartalmi és módszertani kérdésekkel. „A tanmódszerben a következők jönnek figyelembe és szóba: tanterv, tanmenet, tanalakok, tanhangulat.”

[5] Kiss Áron–Öreg János (1895): *Nevelés és oktatás*. Budapest: Dobrowsky és Franke Kiadó. P. 240. (Főbb fejezetei: testi nevelés, értelmi nevelés, kedélyi nevelés, erkölcsi akarat nevelés, vallás nevelés.)

[6] Bárány Ignác (1887): *Tanítók könyve. Kalauz a nevelés és tanítás vezetésére*. Budapest. P. 402.

elveket állít fel ... a tanítási módszertan pedig azon szabályokat adja elő... mely szerint a tanítást tetteleg szükséges intézni.” A 29.§ címe pl: „a tanulókat szükséges elkészíteni az iskolai oktatások sikeres hallgatására, nemkülönben a tanulás módjára megtanítani.” A többi fejezet a tanítás tárgyára, céljára és a tanító magatartására vonatkozik. A második cikk a tanításmód különös nemeit és modorjait foglalja össze. Az egyes paragrafusok címei a módszerekre utalnak: „35.§ A tanításmódban többféle út vezethet a célhoz, 36.§ melyek névszerint elsorolhatók. 37.§ mikor és hogyan lehet a bevivő, és mikor a kihozó modorral élni. 38.§ a folytonos beszéd általi tanításmód szabályai... további módok: a kérdező tanításmód, a párbeszéd által, külön socratica, és katechetica, a kérdések helyes intézése különös ügyességet kíván. A 46.§ a kölcsönös tanításmódról szól. (forma Bellancasteri ano) a mester több csoportra osztja a gyermekesereget.” A harmadik cikk a tanítástan segédeszközeiről szól. A negyedik rész az iskolamester kötelességeiről némely különös viszonyokra vonatkozik.

Egy, a mesterképző intézetek számára írt „tanmódszerben” [3] a műszaki tárgyakat a műtan vagy mesterség tudománya (a technológia, vagyis a munkafolyamatok helyes technológiai sorrendje), a mértan vagy méréstudomány, a géptan és az építészet jelentette. A Géptan tárgyat például a következőképp reprezentálja: „[e]rőműben, egyszerű és összetett erőművek ismertetése, az erő és sulyarány alkalmazása és használata (mechanica) vagy, a gyárakban lévő gépek-machinák magyarázása, minek a közéletben számtalan haszna van.”

A szakmódszertan fejlődését jelentősen segítették azok a művek, amelyekben a nevelélmélet, a didaktika és a pszichológia együttesen van jelen. [4], [5] Bárány Ignác [6] „Tanítók könyve” című útmutatásában pedig részletes tanítástant mutat be a népiskolai tárgyak tanításához, a „szakképzést reprezentáló” természetrajz leckék tanításához. Az 1870-es évek módszertani kultúráját talán jól mutatja Orbán Balázs *Sztambultól Szejkáig* útleírásban megjelent módszertani leírás is, amelyben egy török esztergályos „tanulását” említi, aki Londonban (1872-ben) az alábbi módon tanul: „[az] Oxford Street egyik elsőrendű esztergályos műhelye elébe vitt, hol roppant tüköruvegekkel ellátott ablakon át kényelmesen lehetett szemlélni a benn folyó működést. »Im, ez ablakon át nézem egy év óta naponként 4–5 óráig, hogy mit csinálnak, s hazamenvén utánnacsinálok, s ekként tanulok én.«”

A századfordulóra változás következett be, tudatosabbá vált a hazai módszertani kultúra, bár 1905-ben az ehhez szükséges hazai szakmai tanárképzésről Tordai Imre az „Irányelvek az iparoktatás terén” (nemzetközi összehasonlítás) című tanulmányában [7], még meglehetősen sötét képet fest a tanárképzés állapotáról, és erőteljesen hiányolja a gyakorlati élettel való kapcsolatot. Összehasonlító elemzésében Orel Géza [8] már a gyakorlati alapokra helyezett szakmai nevelési rendszert mutat be, melynek alapjaként a rajzoktatás fontosságára hívja fel a figyelmet.

A legmarkánsabb, akár bizonyítékként is felfogható módszertani megjegyzések, útmutatások az 1899–1901-es években megjelent, iparoktatásról szóló kötetekben (I–V.) találhatóak meg. Az I. kötet hat fejezete átfogja az adott időszak (2–3 év) szakoktatási helyzetét. Fejezetenként tárgyalja a szakképzés statisztikai adatait, a tanoncoktatást (első kötet), a szakoktatást, az új tanterveket, a végzett tanulók elhelyezkedési körülményeit, és az iparoktatási intézeteket egyenként, röviden ismerteti. [9] (Az első kötetben hivatkozás is történik K. J. Lányi Ernő *A szabadkézi rajz tanításának módszere* c. könyvére, melyet az iparostanonc iskolák könyvtárai számára beszerzésre ajánlanak.) Az „új tantervek” részben (IV. fejezet) bemutatja a szakmai tárgyakat (ebben például egy faipari ágazat tantervének tárgyai szerepelnek), melyek a korábbi tantervekhez képest ekkorra már nagyobb terjedelemben vannak jelen a képzésben, hiszen van gépipari rajz, fémipari rajz, műhelymunka, faipari technológia, szerkezetan és szerkezeti rajz, leíró géptan, műhelyoktatás. Kiemelt terület az elektrotechnikai oktatás (követve az ipari forradalom diktálta igényt[!]) és a hozzá kapcsolódó elektromosszerelő- (Dinamókezelői tanfolyam tanterve) tanfolyam. *Módszertani tanácsot* is ad a tantervben: „az előadó tanár minden nagyobb fejezet után ismétléseket tartson olyképpen, hogy a hallgatókat kihívja felelni, mert számolni kell azzal, hogy ily csekély előképzettségű egyének csak többszöri hallás után fogják azokat az abstract dolgokat megérteni”.

1886-ban Süss Nándor [10] a mechanika fejlődésével kapcsolatosan beszámol az első mechanikai tanműhely életbeléptetéséről (11. o.: „az intézet helyiségül a földművelés-, ipari- és kereskedelemügyi minisztérium a VI. ker. Mozsár – utca 8-sz-alatt fekvő házat... 1884. évi augusztus hó 1-től bérelte ki. Ezzel az iparnak egy közhasznú s nagyfontosságú ága honosított, hazánkban pedig az első mechanikai tanműhely lett ételbe léptetve.”

[7] Tordai Imre (1905): *Irányelvek az iparoktatás terén.* (Nemzetközi összehasonlítás.) A szerző felolvasta a magyar mérnök és építésze- egyesület 1905. nov. 11-én tartott egyetemi szakülésén.

[8] Orel Géza (1914): *„Műhelyi nevelés” Párisi iskoláiban.* Budapest: Lampel R. Könyvkereskedés.

[9] 1901: *Az iparoktatás az 1899–1901 években.* Kiadja a Kereskedelemügyi Magyar Királyi Minister. P. 104.

[10] Süss Nándor (1886): *A mechanika fejlődése külföldön és hazánkban.* Budapest: Magyar Királyi egyetemi Nyomda. P. 20.

[11] 1907: *Az állami ipari szakiskolák fémipari szaktanárainak és művezetőinek 1907. évi tanfolyamai*. Budapest.

[12] Jovicza Ignác (1914): *A munka iskolája. A cselekvőoktatás elmélete és gyakorlata az elemi népiskolákban*. Budapest: Rózsavölgyi és társa kiadása.

[13] 1910: *Tanításterv és a hozzávaló útmutatások Budapest székesfőváros szakirányú fémiparos tanonciskolái számára*. Budapest Székesfőváros házi nyomdája.

A műhely három főosztálya: általános tanműhely, melyben tudományos műszerek, tanszerek készülnek; mértani (matematikai) műszerek műhelye; elektrotechnikai műhely. Az egyes műhelyek alosztályai hűen tükrözik a korszak ipari fejlődésének eredményeit, például az elektrotechnikai műhely alosztályai között ott találjuk a „távírókat és az azokhoz szükséges mellékkészülékeket, vezető sodronyokat és kábeleket, telephonokat mellékkészülékeikkel, dynamogépek, villanyos világításhoz tartozó készülékeket, vasúti jelzők és hasonló berendezéseket, házi sürgönyök, mérőeszközök villanyosság számára, villamos órák alosztályokat”.

Mindenképpen említésre méltó tankönyv, történeti és módszertani anyag az 1907-ben, Vigh Albert szerkesztésében [11] megjelent tanfolyami anyag (előadások alapján, *kézzel írott*), mely a szaktanárok részére készült. „Az iparoktatási intézetek művezetőinek ez volt első tanfolyama. A tanári tanfolyamon pedig első ízben történt, hogy előadókat ipari életben működő szakférjak is meghívtak” (id. mű, 7. o.). „A képzésen 15 intézetből 45 »tanerőnek« nyílt alkalma ezúttal tanulmányok tételére.” (id. mű, 7. o.) Igen érdekes a tanfolyam anyaga. Szinte napra készen, mindössze néhány évvel követi a korszak jelentős ipari találmányait (pl. Rudolf Diesel 1893-ban jelentette be újfajta hőerőgép-találmányát, és ez 1907-ben már bő kifejtésben szerepel a továbbképzés anyagában).

Jovicza Ignác „A munka iskolája” [12] c. műve a munkaiskola berendezésének és a leckemintáknak a fontosságára irányítja a figyelmet. Egy 1910-ben kiadott „Tanításterv” [13] pedig szakismeret címszó alatt természettant, technológiát, iparág-történetet, iparág-egészségtant ért, és külön tárgyalja a szakrajzot. A módszertani ajánlás így hangzik: „[m]inden ismeretközlésnél a legalkalmasabb módszer: szemléltessünk tárgyat, modellt, képet, térképet. Cselekedtessünk; látogassunk műhelyeket, ipartelepeket, gyárakat...” „A tanításnál az iparági sajátosságra kell a hangsúlyt helyezni és így oktatni a tárgyakat.”

Az 1910-es évek után egyre több módszertani jellegű segédkönyv, cikk, tanulmány jelenik meg a pedagógiai folyóiratokban (*Magyar Iparoktatás, 1896–1919; A magyar iparoktatás tanárainak közlönye, 1931–1942; Magyar Iparosnevelés, 1927–1944*).

Külön is érdemes a módszertani kultúra bemutatásához a korabeli szakmai folyóiratokat vizsgálni, melyek közül a *Magyar Iparoktatás* a legjelentősebb, hiszen a havonta megjelenő folyóirat a hazai szakképzés első rendszeresnek tekinthető szakmai folyóirata. Megjelenése egybeesik a szakmai képzés megerősödésével, szervezetének, országos hálózatának kiépítésével. Főszerkesztője Sztterényi József báró volt, aki a folyóirat megszűnéséig (1896–1917 között) látta el ezt a feladatot.

A folyóirat – profiljának megfelelően – a szakképzésről és szakképzés-szervezésről, a szaktárgyi tanításról, módszertanról, utasításokról, kormányzati döntésekről számol be. A számok alapvető jellemzője a szakmai tanulmányok tematikus megjelenítése a szakképzésről, szakképzési reformokról, illetve a sok, szakmához kapcsolódó hirdetés, kormányzati rendelkezés, utasítás. A folyóiratban meghatározóak a tantervi előírások, óraterv-bemutatók, és színvonalasak a nemzetközi szakképzési beszámolók, melyek szinte minden számban terjedelmes oldalszámban közlik a friss nyugat-európai és tengerentúli szakmai híreket.

A *Magyar Iparoktatás* havi folyóiratban az 1896–1897. évben számos tanulmány jelent meg, melyeknek módszertani vonatkozásai voltak. A 3. számban a sort Schneider Gyula tanulmánya (6. o.) nyitotta, mely az iparoktatás ezredéves kiállításán való jó szereplésünket mutatta be, majd az 1884-ben létrehozott, Süss Nándor által vezetett, államilag segélyezett mechanikai műhely megnyitásáról olvashatunk (13. o.). A nyolcadik számban a rajzitanítás tanonciskolai módszertana volt a középpontban, [14] amelyben Köves Izsó azt kéri a kollégáktól, hogy „a tanulókat első sorban látni tanítsák”, és szoktassák őket a természet utáni rajzolásra. (26. o.) A kilencedik számban (2. o.) jelent meg Siklady István írása „Az iparoktatás pedagógiája” címmel, mely a műhelyoktatásban a direkt módszert helyezte előtérbe. A kilencedik számban – folytatva a rajzoktatás módszereinek bemutatását (25. o.) – a már említett Köves Izsó a táblairajz-minta másolására és a test-minta alapos szemléltetése utáni rajzra hívja fel a figyelmet. A 10. számban pedig megjelent egy módszertani cikk a vegytanoktatásról, mely a gépies tanítás helyett az értelem fejlesztésén alapuló tanítást hangsúlyozza. Az 1897–1899 között megjelent számok többek között a párizsi világiállításal, a rajzoktatás kérdésével, a soproni SZLÖJD iskola és az elektrotechnikai szakoktatás helyzetével foglalkoztak. A módszertani jellegű cikkek zöme a rajzitanítás módszertanával foglalkozik, mint például „Az ipari rajzoktatás mértani-rajzi és ábrázoló mártani tantervének magyarázatára vonatkozó javaslat”. Az évfolyam többi száma a tanfolyami tantervekkel, műegyetemi szervezeti és nevelési kérdésekkel, iskolai fegyelemmel és az ipari szakiskolát végzett tanulók elhelyezésének kérdésével foglalkozik. A 15. szám – „Munkások alkalmazása a gyakorlatban” (írta: Raffay László) – a gyakorlati oktatás hierarchiájára hívja fel a figyelmet, megállapítva, hogy 40 fő tanonc mellé 1 fő művezető, 1 fő segédművezető és több munkás kell, az oktatás hatékony elvégzéséhez. Az ezredforduló éveiben – 1899–1901 között – a számokat Vigh Albert „Iparoktatásunk közművelődési és ipari feladatairól” szóló cikksorozata határozza meg, de az év során a tanárképzés kérdése, tantervi

[14] Köves Izsó (1896–1897): A rajzitanítás módszeréről, különös tekintettel az iparos-tanonciskolákra. *Magyar Iparoktatás*, I. évf. 8. szám.

javaslatok (rajz, fém- és vasipari technológia és ezen belül a technológia, a leírógéptan, a gépipari rajz tárgyakra vonatkozóan), „Módszer és technika” címmel tanítási didaktikai elvek, ajánlások bemutatásával is foglalkoztak a szerzők. A 17. számban (516. o.) „Amerikai nézetek az ipari szakoktatásról” címmel Szentgyörgyi Lajos ad összefoglalást, és felhívja a figyelmet az emlékezetből való rajzolásra. Az V. évf. 9. száma Furbás Nándor „Az iparostanonciskola tantervéről” szóló eszmefuttatását mutatja be (266. o.), de több cikk jelent meg a mértani és ábrázolásmértani rajzoktatásról, a francia rajzoktatás módszereiről (a vázlatrajzolás fontosságáról), a műhelyi munkaoktatásról és szerszámgépekről, a rajztanítás pedagógiájáról is.

A következő tíz év palettája igen színes volt. Az 1901–1902 között megjelenő számok a felső iparoktatással, az elektrotechnika-oktatással foglalkoznak, és a beérkező tanulók felkészületlenségéről szólnak. Zsoldos Károly „Az iparostanonc iskola tanítás gyakorlati iránya” c. tanulmánya kiemeli: „Nagy baja és hátránya az ipari iskolai tanításnak, hogy módszerének, didaktikájának irodalma alig terjed egyébre, mint néhány elszórva megjelent értekezésre, néhány tankönyvre és egy-két rövid utasításra.” „Üdvös volna kipróbált szakemberekkel olyan vezérkönyvet íratni... Ez vezérkönyv alapján a tanítótestületek megállapíthatnák a helyi tanterveket.” (467. o.)

1902–1903 közötti cikkek közül Stegmüller Károly cikke (129. o.) az ipariskolai tanárok képzéséről szól, nagy hangsúlyt fektetve a tanár- és művezetőképzésre. A szerző a továbbiakban a szakmai gyakorlat fontosságára hívja fel a figyelmet kiemelve, hogy a szakemberek 4–5 év gyakorlat után pályázhatnak a szaktanári pályára. Chif Lipót a fémipari technológia tanításával kapcsolatban (341. o.) a tananyag és a gyakorlatok bemutatására vállalkozott. Előtérbe került a tankönyv és a sokszorosított jegyzet kérdése is. Simonffy Aladár tanár cikke (527. o.) kiemelte, hogy a szakképzésben – éppen a tankönyvhiány miatt – a diktálás az uralkodó módszer. Szerinte a több tanártól beérkező, többszörösen átdolgozott jegyzet elvezethet a jó tankönyvek elkészítéséhez. A következő két esztendő terméséből módszertani szempontból Boros Rudolf „A tervezés tanításának módszere” című, rajztanításról szóló tervezés tanítási elveket tartalmazó cikke (108. o.) és Arany Dániel a mechanika tanításához adott szakmai útmutatása (133. o.) szinte tananyag jelleggel emelhető ki.

Az ezt követő években fokozott figyelmet fordítanak a tankönyvhelyzetre, gyakorlati oktatásra, tanárképzésre. A X. évfolyam (1905–1906) kiemelendő cikkei között említhetjük az ipartörténetről szóló összefoglalókat és az „Ipari szakiskolai tankönyvek”-ről szóló helyzetjelentést. A cikk megállapítja, hogy az ipari szakiskolákban „jegyzetekből” tanítanak, de az ideális az lenne, ha a tanár készítené és sokszorosítaná azokat. Mivel ez nehezen oldható meg, marad a diktálással készült tanulói jegyzetkészítés, amely kívánivalókat hagy maga után. A tankönyvhiányt az alacsony tanulói létszámok indokolják. A megoldást „rövid, az egész anyagot felölelő, de nem részletező füzetkék” jelenthetnék. (298. o.) A cikkek között a szakiskolai tanárok továbbképzése is megjelenik – hangsúlyozva az önképzést, amelyhez az iskolai könyvtárak fejlesztésére lenne szükség –, és a tanfolyami továbbképzést, amelyen mind a tanárok, mind a művezetők részt vesznek.

A XI. évfolyam (1906–1907) számaiban többek között a tudományos pálya zsúfoltságáról, a tervezett iparoktatási reformokról és a művezetőképzésről olvashatunk (gyakorlati szakember). A tudományos pályával kapcsolatban a túl késői (28 éves kor utáni) pályakezdést emeli ki a bevezető cikk. Nagy Győző cikke (524. o.) – kihangsúlyozva a művezetők oktatásban betöltött szerepét – a műhelyi képzést, a műhelyvezetést mutatja be. „A műhelyi oktatás sikere azonban elsősorban a műhelyvezető tanáron és a szaktanárokon múlik. Német és svájci példák alapján egy államtitkári beszámoló az inasképzéssel kapcsolatban követendő példának tartja »az állami pénzen kisiparosoknál« végzett tanulói képzést.” De a 142. oldalon megtalálhatjuk az iparoktatás 1903–1904-es tanévének összefoglalását is, melyből kiderül, hogy az országban 6978 tanulóval 43 iparoktatási intézet működik, és beszámolót olvashatunk az első francia rajzoktatási kongresszusról, a rajzoktatás módszertanáról is (498. o.).

A következő, XII. évfolyam (1907–1908) cikkei között szaporodnak az inasképzés szerepével, az inasképzés ösztöndíjrendszerével, nevelési kérdéseivel foglalkozó írások is. Ezek a résztanulmányok (161. o., 198. o., 225. o.) azonban inkább az iparoktatás fontosságát és szervezési kérdéseit taglalják, módszertani kérdések nem merülnek fel. Külön is említésre méltó Dömötör Pál, az ipari szakiskolai tanárok tanfolyamáról szóló összefoglalása (161. o.), melyben a tanfolyam tartalmát (gáz-, benzin- és petróleummotorok; a szerszámgépek gyártásának ismertetése; takaréktűzhelyek; gépészeti előrajzoló szerszámok; műhelyvezetés), tantervi és szakmai kérdéseket is megbeszéltek a szaktanárok.

A XIII. évfolyam (1908–1909) módszertani cikkei közül Clementis László cikksorozata (536. o., 562. o.) emelendő ki, aki gépipari rajz fémipari szakiskolában történő tanításával foglalkozik. Várnai Sándor az 577. oldalon található, „Elméleti és gyakorlati szakképzés” c. bevezető cikkében a differenciált tantervek szükségére hívja fel a figyelmet. A tanév során megjelenő új tantervekkel kapcsolatos vélemények között olvashatjuk, hogy „az elméleti tanítás a tanulók tényleges műhely élményéből indul ki. A konkrét eseteket szemlélteti, kifejtő analitikus módon eszközli a részletek okos megfigyelését és a részletek öntudatos összefoglalását... A módszer eljárás általános képe: nem magyarázat és feleltetés, hanem komoly öntudatos dolgoztatás, amit úgy érünk el, ha együtt dolgozunk a gyerekekkel” (100. o.). A következő évi tanulmányok (XIV. évf.) folytatják ezt a gondolatsort, a megjelenő számokat módszertani szempontból egy didaktikai sorozat a szemléltetésről, a szemléltető oktatásról uralja, bemutatva a szemléltető oktatás geneziséét a kezdetektől napjainkig.

Az 1910–1911. évi cikkek a rajzoktatás kérdéseit, szervezését, tantermi igényeit (berendezés, világítás, falitáblák, linóleum táblák, rajzgépek) mutatják be. A 113. oldalon a szerző, Mihalik Gyula bemutatja a Kerscheinstein-módszert, melynek lényege a „műérzék tervszerű fejlesztése”. A 130. oldalon „Kérdések a vizgán” didaktikai témában is olvashatunk, melynek módszertani jelentősége van, hiszen a kérdezést, a kérdéstípusokat (szétválasztós kérdés, felező és maradék kérdés, helybenhagyó és tréfás kérdés) taglalja. 1912–1913-ban folytatódik a rajzoktatásról szóló cikksorozat, de olvashatunk még a fémipari szakiskolákról, illetve szünidei tanfolyamokról ipariskolai tanárok és művezetők részére. A rajzoktatás uralja szinte az

[15] 1910: *Tanításterv és a hozzávaló útmutatások Budapest Székesfőváros szakirányú fémparos tanonciskolái számára.* Budapest Székesfőváros házi nyomdája.

[16] 1924: *Az iparostanonciskolák (tanonctanfolyamok) szervezete, tanterve és tantervi utasítása.* Budapest: M. kir. Tudományegyetemi Nyomda. P. 110., 114.

[17] Kalmár Jolán (1933): *A középfokú matematika oktatás a munkaiskolában.* Bölcsészdoktori disszertáció. P. 99.

egész évet! (pl. Kiszely Árpád: Iparostanonc-iskolai rajzoktatás [270. o.]; Clemintis László: Géprajzoknak mérekszámokkal való ellátása [278. o.]), de még a következő éveket is (ld. Bergmann Miklós: A géprajzok méretezése [1913–1914, XVIII. évf., 129. o.]). Látható, hogy a módszertani kérdések a rajzoktatás területén jelentkeznek igen erőteljesen, ehhez képest a szaktárgyi tanítás metodikai kérdéseiről lényegesen kevesebben olvashatunk. Ami ebben a témában megjelenik, elsősorban szervezeti, tantervi és tartalmi kérdésekkel foglalkozik.

Az utolsó három évben a háborús hírek és a háború szakképzési következményei is megjelentek a folyóiratban. Az 1914–1915-ben megjelenő írások a bevonulások okozta oktatásszervezési problémákat mutatják be (pl. „A hadiév és a tanoncoktatás” [200. o.]). Mindemellett továbbra is fontos téma a gyakorlati oktatás. Csizmadia Kálmán „A műhelyoktató személyzet továbbképzése, a műhelyfejlesztés a fémipari szakiskolákban” c. cikke már a háborús körülményekhez való alkalmazkodást, szervezést mutatja be (632. o.). Ezekben az években a korábinál is kevesebb módszertani cikk jelenik meg – pl. Hinsenkamp Bernát „A magyarázatnak előnyös módja a kikérdezés” című didaktikai cikke (304. o.) –, megjelennek viszont a rokkant katonák ipari oktatásával, illetve az annak megszervezésével kapcsolatos cikkek. Ekkor még olvashatunk bizakodó cikkeket is, ilyen többek között Szobolszky István „A magyar iparoktatás fejlesztése” c. írása, melyben a műhelymunka, a termelés fokozása a téma. A szerző megállapítja, hogy „téves utakon járnak azok, akik minden idegen dolgot előzetes elemzés nélkül iktatnak be az iskolába” (340. o.).

A tanításterv [15] útmutató *szakismeret* címszó alatt természettant, technológiát, iparág történetet, iparág egészségét ért, és külön tárgyalja a szakrajzot. A módszertani ajánlás szerint „minden ismeretközlésnél a legalkalmasabb módszer: szemléltessünk tárgyat, modellt, képet, térképet. Cselekedtessünk; látogassunk műhelyeket, ipartelepeket, gyárat...” A tanításnál az iparági sajátosságra kell a hangsúlyt helyezni, s a tárgyakat ennek megfelelően oktatni. A módszertani elvárás egy 1924-es tantervi utasítás pedig a következőképpen összegzi: „[a] technológia tanításánál kizárólag arra szorítkozzunk amire a tanulóknak ipari munkássága közben múlhatatlanul szüksége van. Mellőzzük tehát a tanításban mindenféle elméleti megállapítást: a tanítás módszere teljesen gyakorlati irányú legyen és szemléltetésen alapuljon. [...] Kívánatos, hogy a szakrajz tanítója tanítsa a technológiát is, mert a két tárgy egymással szorosan kapcsolatba hozható.” [16]

Módszertani kérdésekkel foglalkozik egy 1933-as bölcsészdoktori disszertáció is, [17] mely áttekintést ad a korszak munkaiskolai formáiról, módszereiről. A szerző,

Kalmár Jolán, röviden bemutatja a munkaiskola háromféle tanítási formáját – a szabad oktatói beszélgetést, az egyéni munkát, a munkarészes osztálytanítást (az osztály egyénekre vagy kisebb csoportokra bomlik) –, és bemutatja a jellemző tanítási módokat (demonstratív, ebben az esetben a tanár ad elő; heurisztikus; kérdeve kifejtő; és kutató, mely utóbbi jellemzően a munkaiskola módszere).

Az 1950-es évek után a szakmai tanítás módszertanában jelentős változás következett be. Egyre több cikk és az egyes szakterületekhez kapcsolódó módszertani könyv jelent meg, melyek jelentősen hozzájárultak a módszertani kultúra fejlődéséhez. Bővült az ezzel összefüggő pedagógiai szakirodalmi forrás is. Sorra jelentek meg a szakmai folyóiratok – „Iparitanuló-képzés” (1953–1963); „Szakmunkásnevelés” (1964–1984); „Középfokú szakoktatás” (1968–1975); „Szakoktatás” (1986–2011), „Szakképzési Szemle” (1985–2014) –, melyek beszámoltak a szakképzésben folyó fejlesztésekről, kutatásokról, módszertani megoldásokról. Illusztrációként néhány példa a korabeli pedagógiai szaksajtóból:

Iparitanuló-képzés (1953): a cikkekben a szakmai tartalmi elemek leírása a meghatározó, a módszertani tanácsok kevésbé jellemzőek, aminek hátterében valószínűleg a tankönyvek hiánya áll. (1954) Központban a tanítás és termelés kapcsolatának bemutatása. A gyakorlati oktatás területén bemutatott példák a következők: könnyűipar, bányaiipar, vasöntő, építőipar, hajóépítő, vasútépítő. (1958) Az év „jellemzőjeként” az elméletigényesebb módszertani cikkek (pl. gondolkodásfejlesztés, didaktika mint alkalmazott tudomány) megjelenését, a tudományágak gyakorlati oktatásban betöltött szerepének a bemutatását kell megemlíteni. (1961) Az év során a fémipari képzés játszik meghatározó szerepet. Kiemelhető témakörök: kovácsolás, hőkezelés, szerszámok élkialakítása, gondolkodásfejlesztés az anyagismereti és a gyakorlati órákon. (1962) A korábbi szakmai tartalmak, ismeretek bemutatása helyett megjelennek a szakképzés szinte minden területére rámutató módszertani cikkek.

A „Szakmunkásnevelés” 1965-ben megjelenő cikkei igazi módszertani megközelítést mutatnak. Részletes kifejtésre kerül a duális képzés (Lendvai Vilmos: Az oktatás-termelés tervezése [január]; Kunert József: Néhány tapasztalat az üzemi továbbképzésről [július]). Az áprilisi számban Fóti János a szakmunkásképzés gazdasági jelentőségét mutatja be, az augusztusi számban dr. Héberger Károly a tananyag számonkérésének módjaival, a felelet-választásos módszerrel ismerteti meg az olvasókat. A novemberi számban dr. Gyaraki Frigyes „Az oktatási folyamat szerkezetének tervezése kibernetikai alapon” címmel közöl cikket, majd decemberben az oktatási algoritmusok szerepéről ír a félautomata gépek kezelésének betanítása során. Az 1980-as év áprilisi száma „A szakmunkásképzés tízéves fejlődésének főbb vonásai és tapasztalatai” címmel közöl írást. A cikk összefoglalja az évtized főbb eseményeit az új tantervekről (1977), a személyi feltételek alakulásáról (növekedett a tanári létszám, miközben a tanulói létszám csökkent, és növekedett a szakoktatói állomány létszáma, különösen az üzemi állományúaké). A novemberi számban Laki György „A vállalatok és a képzés” címmel közöl cikket, melyben néhány létező feszültségre – pl. a képzés tartalma és a foglalkoztatás napi igénye vagy a konvertálható képzés és a vállalatok mikro-igénye közötti feszültségre – hívja fel a figyelmet, valamint beszél a termelés pillanatnyi érdekeiről mint képzést befolyásoló tényezőkről.

[18] Gubán Gyula
–Kadocsa László
(2014): Szakmai taná-
rok módszertani kul-
túrájának vizsgálata.
In: *Pedagógusképzés
– személyiségformálás,
értékközvetítés, érték-
teremtés*. Budapest:
Óbudai Egyetem.

1990 óta a szakképzés módszertani kultúrája komoly fejlődésen ment keresztül. Egy 2013–2014-ben, mérnök-tanárok körében végzett módszertani kutatásunk [18] alátámasztotta azt az oktatáseméleti tapasztalatot, mely szerint a képzés minősége, a tanárok módszertani tudása nagymértékben befolyásolja a tanulás eredményességét. Megállapítottuk azt is, hogy a szakmai tanárok körében a konstruktivista szemléletmód helyett (mely a tanulók aktív részvételére épít) még mindig a direkt tudásátadás konzervatív szemléletmódja érvényesül. Ezt továbbgondolva fogalmaztunk meg a további feladatokat, azt, hogy hogyan kell kidolgoznunk a mikrotanításoknak azt a rendszerét és azokat a gyakorlati tevékenységeket, amelyek segítségével be tudjuk mutatni a *diákok tanulási szokásaihoz igazodó módszereket*. Ehhez növelni kell a tanítási gyakorlatok idejét, és követelményként kell megfogalmazni a korszerű IKT-eszközök tanórai alkalmazását. Annak érdekében, hogy a szaktárgyak oktatásában megfelelő módon alkalmazzák az IKT-eszközöket, a pedagógusképzésben és a pedagógus továbbképzésben is szükség van arra, hogy a tanárokat megismertessük a digitális tananyagok készítésének, az új elektronikus eszközök segítségével történő tanulással és tanítással az új lehetőségeivel. Felmérésünkéből kiderült, hogy a válaszadók zöme egyetért a korszerű eszközök és módszerek alkalmazásával, de mindezeknek a gyakorlatban való megvalósulásához a szakmai képzés gyakorlatában és a tanárok felkészítésében szemléletváltásra van szükség. Véleményünk az, hogy a tanárképzésben alkalmazott oktatási módszerek, korszerű eljárások, illetve iskolai gyakorlatok kiemelkedően fontosak, mert modellként szolgálnak a következő generációkat felnevelők számára, és leképeződnek a végzetek napi gyakorlatában.

Ezek a megállapítások már átvezetnek bennünket a napjainkban tapasztalható intenzív változásokhoz, hiszen az elmúlt 2–3 év ismét jelentősen átformálta a szakképzéssel szemben támasztott, szinte drámainak mondható igényeket. Davosban már 2016-ban megfogalmazódott az a feltételezés, amely szerint a tanulók fele (mára 65–75%-a) olyan munkakörökben fog dolgozni, amelyek ma még nem is léteznek! Információs, tudásalapú társadalom/gazdaság, a „gyorsuló idő”-szindróma követelményei, az élethosszig tartó tanulás igényei, a képességfejlesztés új elvárásai a következő években kitüntetett szerephez jutnak. A 21. században új képességek, új „kulcs-kompetenciák” kerülnek előtérbe. Ilyenek a kritikai gondolkodás/problémamegoldó készség, kreativitás, kommunikáció, együttműködés és alkalmazkodóképesség. Változik a tudás megszerzésének módja, melynek során az információ keresése, az értékelés és kritikai gondolkodás, az információlétrehozás, -tárolás, -előhívás, az algoritmikus gondolkodás, a kreativitás, a tudásátadás, -megosztás és a kommunikációs képesség fejlesztése központi szerepet fog játszani.

Összegzésképpen és semmiképpen nem lezárt tényként néhány elsődleges megállapítás, melyeket az eddig átvizsgált dokumentumok alapján megfogalmazhatunk:

- A didaktikai elvek szinte az iskolarendszerbe szervezett ipari szakképzés kezdetétől – még ha ösztönösen is – komoly szerepet játszanak az ipari szaktárgyak oktatásában (a tanulást könnyűvé, érdekessé kell tenni).
- A tanítás szervezeti keretei lépésről lépésre formálódnak, a csoportos foglalkozás, a felelősségteljes, „öntudatos” foglalkoztatás, az egyéni munka korán megjelenik.
 - A tanításban kiemelt szerepe van a szemléltetésnek, a gyakorlati életnek, a tanulói tevékenységnek, cselekedtetésnek.
- Fokozatosan fejlődik a feleltetési kultúra, a kérdezőtechnika.
- Fontos szerepet játszanak az ipari példák, az iparági sajátosságok, az egyedi termékek gyártása pedig meghatározó a szakmai tárgyak tanításában, a tantervek kialakításában.
- Az 1840-es évektől kezdve a „mai” tanítási módszerek szinte teljes tárháza kialakul az 1940-es évekre, melyet a korabeli oktatástechnika (falikép, vetítő, film) támogat, de az „oktatástechnikai” eszközök szerepe igen korlátozott.
- Az 1950-es évek után minőségi fejlődés kezdődik a szaktárgyi tanítás módszertanában: megindul a módszerek eredményességének kutatása, tudományos feltárása.

Az elmúlt 40 évben az oktatást segítő technika gyors terjedése által kínált előnyök módszertani kihasználásának lehettünk tanúi. Napjainkban a tudás megszerzésének új útja (kompetenciafejlesztés) formálódik, a módszertan területén a számítógép, az online oktatás generál forradalmi változást. Számolnunk kell az „Új tanulói generációk” igényeivel, azzal, hogy az őket körülvevő környezet, a *környezettel való interakciók* formája, gyakorisága és gyors változása miatt a mai diákok *másképpen fognak gondolkodni és tanulni*, mint elődeik! Ezt a mai pedagógusoknak nem könnyű követni, ezért elengedhetetlen a leendő pedagógusjelöltek átgondolt, gyakorlatorientált felkészítése.



Az emberi és a gépi tanulás

Összefoglalás: A kísérleti pszichológia legjelentősebb asszociatív tanulási alapmodelljei a klasszikus (pavlovi) és az operáns (instrumentális) kondicionálás. Az előbbiben az élőlény egy eredetileg semleges ingerhez kapcsol az időbeli együttjárás során valamilyen jelentést (feltételes reflex); míg a másodikban valamilyen ingerkörnyezetben az élőlény egyes viselkedéselemei választódnak ki, erősödnek meg a környezetre kifejtett hatásuk alapján (az effektus törvénye). A kondicionálási modellekkel számos emberi viselkedésforma is értelmezhető, habár a komplexebb kognitív működések magyarázatához már az asszociációs tanulásméleteken túlmutató mentális reprezentációkat feltételező modellek szükségesek. A dolgozat a kondicionálás elvét megvalósító gépi tanulási (ún. megerősítéses tanulás) modelleket mutatja be, és az általuk elért eredményeket, illetve az emberi/állati tanulástól való eltérésüket.

Kulcsszavak: Tanulás; gépi tanulás; kondicionálás; megerősítéses tanulás.

Abstract: There are two basic, but significant associative learning models in experimental psychology. These are the classical (Pavlovian) and the operant (instrumental) conditioning. In the former, an organism acquires new meaning for an initially neutral stimulus during their temporal coappearance (conditional reflex); while in the second, certain actions of the organism are selected and strengthened due to their impacts on the environment (the law of effect). These conditioning models can be used to interpret and explain more complex cognitive functions as well. However, their deeper understanding requires representational learning models, which are beyond the association learning theories. This review overviews these basic learning forms and the implementations of machine learning models inspired by them and the similarities and the differences we can find between them.

Keywords: Human learning; machine learning; conditioning; reinforcement learning.

* Dunaújvárosi Egyetem,
Tanárképző központ
E-mail: juhaszle@uniduna.hu

[1] Stiglitz, E. S.–
Greenwald, B. S.
(2017): *A tanuló
társadalom megterem-
tése – A növekedés, a
fejlődés és a társadalmi
haladás kérdéseinek új
megközelítése*. Buda-
pest: Napvilág.

[2] Csányi V. (1988):
Evolúciós rendszerek.
Budapest: Gondolat.

[3] Smith, J. M.–
Szathmáry, E. (2012):
A földi élet regénye.
Budapest: Akadémiai.

Bevezetés

A tanulással foglalkozás örökké aktuális, mindig „trendi”. Ezeket a trendeket a 21. század elejére jellemző informatikai és kommunikációtechnológiai fejlődés csak tovább erősíti. Sokan beszélnek pl. tanuló társadalmakról [1], a pedagógiai elméletek és az oktatáspolitikák egyik leginkább elkoptatott hívószava az élethosszig tartó tanulás (*lifelong learning*). A modern (és hagyományos) társadalmak minden tagjának életében – elsősorban a felnőttkor eléréséig, de sokszor azután is – vannak „hivatalosan” tanuláshoz szentelt időszakok. A nemzetgazdaságban a foglalkoztatottak egyik legnagyobb csoportja az oktatás ágazatát alkotja, és a népességnek mindig egy jelentős hányada vesz részt az oktatás valamilyen formájában, vagyis ők azok akik éppen „tanulnak”.

De nem csak az emberek képesek tanulni. A tanulás alapfolyamatairól való ismereteink nagy részét éppen az állatok tanulmányozásán keresztül szereztük. Ezen ismeretek nagyrészt az emberekre is általánosíthatóak. Az állati/emberi tanulás fogalmának bizonyos vonatkozásait bizonyos mesterséges rendszerekre is kiterjeszthetjük. Ezen célspecifikus szoftverek működését nevezzük gépi tanuláshoz (*machine learning*), ami manapság a mesterségesintelligencia-kutatások és -alkalmazások vezető területe.

A tanulmány első részében összefoglalom az emberi/állati tanulóval kapcsolatos legalapvetőbb pszichológiai ismereteket. A folytatásban dolgozatom a gépi tanuláshoz főleg arra a területre koncentrálok, ahol legközvetlenebb az algoritmusok tervezői számára a pszichológiatudományi inspiráció, ez a megerősítéses tanulás. Ezen algoritmuscsoport legfontosabb jellemzőinek áttekintése után röviden áttekintjük a természetes és mesterséges tanulás közötti különbségeket.

A tanuláspszichológia fogalma

Tekinthetjük a természet csodájának vagy egyszerűen természetes ténynek, hogy a fizikai rendszerek bizonyos osztályai képesek a környezetükkel való interakcióikból származó tapasztalataikból tanulni. Az evolúció folyamatában az állati szervezetek úgy alakultak ki, hogy – a környezetük által felállított kihívásoktól függően – képesek viselkedésük adaptív és tartós megváltoztatására. [2], [3]

A viselkedés átmeneti vagy tartós megváltozása a tanulás mellett más jellegű okokra is visszavezethető. A pszichológia és a viselkedéstudományok megkülönböztetik az „igazi” tanulást a viselkedés – és ennek mért változata, a teljesítmény – egyéb változásaitól. [4] Ilyenek például a fáradás következtében kialakuló aktivitásváltozások. Más időléptékű folyamat, de – bizonyos mechanizmusaiban – a tanulásra emlékeztet az evolúciós adaptáció. Általában az átmeneti, efemer változások nem a tanulás következményei.

Ezekben fontosabb szerepe van annak a változó ingerkörnyezetnek, amelyre az élőlény reagál, illetve az állat/ember fiziológiai vagy motivációs állapotának, szándékainak és azok megváltozásának. Tartósabb viselkedésváltozással járnak a biológiai érés folyamatai. Ezekben a genetikai faktorok a változások fő kiváltói és hajtóerői, de problémamentes megvalósulásukban már fontosabb szerepe van a megfelelő időablakban érkező külső ingereknek, tapasztalatoknak. A fejlődépszichológiában – attól függően, hogy a fejlődéshez egy adott időszakban mennyire tartják fontosnak a megfelelő ingerek jelenlétét – szenzitív vagy kritikus periódusokról beszélnek. [5] A tanulást a pszichológiában ezektől a folyamatoktól megkülönböztetve szokták tanulmányozni. Tankönyvi definíciója szerint „[a] viselkedésnek a tapasztalatok következtében kialakuló viszonylag tartós megváltozása”. [6] Az általános lélektan, a kísérleti pszichológia a tanulás alapfolyamataira koncentrálnak, a tanulás alapvető formáit próbálja feltárni és leírni. Azokat a jelenségeket és teljesítményeket, amelyeket a formális (iskolai) oktatás kontextusában leginkább tanulásként emlegetünk, a lélektani tankönyvek – hagyományosan és – elsősorban az emlékezet pszichológiája témakörében tárgyalják. A 20. század első felében a pszichológiai alaputatást olyan tudományos irányzat uralta (behaviourizmus), amely empirikus vizsgálatait a tanulásnak itt is tárgyalt, „szűkebb” értelemben vett formáira (nevezetesen a kondicionálásra) korlátozta. A pszichológia elmélete és módszertana az ’50-es évek második felétől, a számítógépek megalkotása és elterjedése után kezdett az addigi szigorú asszociációs (inger–inger-, inger–válasz) felfogásból az agyi reprezentációkat is feltételező felfogás (a kognitív lélektan) felé elmozdulni. Lassanként a tanulás témaköre is feloldódott az emlékezet témakörében. [7] A tanulás ebben az új szemléletben nem (csak) asszociációk elsajátítása, hanem emlékezeti kódok, reprezentációk tanulása, tárolása, előhívása, vagyis belső információfeldolgozás.

[4] Csépe V. (2007): Alapvető tanulási formák. In: Csépe V.–Györi M.–Ragó, A. (Szerk.): *Általános Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[5] Cole, M.–Cole S. R. (2003): *Fejlődés-lélektan*. Budapest: Osiris.

[6] Smith, E. E.–Nolen-Hoeksema, S.–Fredrickson, B. L.–Loftus, G. R. (2005): Atkinson–Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[7] Kónya A. (1992): *A gondolati és a viselkedés asszociáció*. Budapest: Tankönyvkiadó.

[6] Smith, E. E.–Nolen-Hoeksema, S.–Fredrickson, B. L.–Loftus, G. R. (2005): Atkinson–Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[8] Gagliano, M.–Renton, M.–Depczynski, M.–Mancuso, S. (2014): Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*. 175. (1.) Pp. 63–72.

[9] Gluck, M. A.–Mercado, E.–Myers, C. E. (2016): *Learning and Memory*. New York: Worth Publishing.

[10] Czigler I. (2005): *A figyelem pszichológiája*. Budapest: Akadémiai.

[11] Sokolov, E. N. (1960): Neuronal models and the orienting reflex. In: Mary A. B. Brazier (Ed.): *The Central Nervous System and Behavior*. NY: Josiah Macy Jr. Foundation. Pp. 187–276.

[12] Sokolov, E. N. (1963): *Perception and the conditioned reflex*. Oxford: Pergamon Press.

Nem asszociatív tanulás

A nem asszociatív tanuláshoz a tanulás talán legegyszerűbb formái tartoznak. Esetükben ugyanis nem események (inger–inger, inger–válasz) közötti kapcsolatok elsajátítása történik, hanem egyetlen, ismétlődő inger hatása alatt annak az élőlényből kiváltott intenzitása változik meg. [6] Ezeket általában a tanulás legelemibb, a legegyszerűbb állati fajoknál is kimutatható típusának tartják. Sőt, egyes értelmezések szerint még egyes növényfajok is képesek rá (pl. a mimosa pudica levélzáró mechanizmusa). [8] Két ellentétes válaszváltozással jellemző forma tartozik ide: a habituáció és a szenzitizáció.

A HABITUÁCIÓ

A habituáció esetén a kiváltó inger ismétlődésének hatására csökken a válasz erőssége, intenzitása. [9] Ez egy, a hétköznapi életünkben is gyakran előforduló, adaptív jelenség. A környezet kevésbé fontos ingereiről fokozatosan nem veszünk tudomást. Figyelmünk középpontjából kiesik a testünket borító szövet tapintása, a déli harangszó ismétlődő hangja, a medence vizének eleinte hidegnek érzett hőmérséklete.

Állatvizsgálatokban két, ingerre automatikusan megjelenő válasszal kapcsolatban vizsgálták a *habituáció* (megszokás) jelenségét. Az egyik ilyen válasz a *megrezzenési* (startle) *reakció*, amit intenzív ingerek (pl. erős hanghatások) váltanak ki. Az ilyenkor megfigyelhető reakció az állat „lemerevedése”, illetve „megugrása”, ami védekezési reflexként értelmezhető. Leggyakrabban patkányokon vizsgálták. Az erős inger ismétlődésének hatására a jelentkező válasz egyre kevésbé kifejezett, majd fokozatosan eltűnik, s végül az állat nem vesz tudomást a korábban őt megriasztó ingerről. A másik gyakran vizsgált reakció az *orientációs válasz*. [10] Ez a környezet változásaira, az újdonságra, a megrezzenési reakciót kiváltó ingereknél gyengébb stimulusokra adott reakció. Szokolov [11], [12] írta le, hogy ismétlődésének hatására az inger elveszti érdekességét a kísérleti állatoknál, habituálódik, az orientációs válasz megszűnik. A habituációs technikát előszeretettel használják csecsemő- és állatvizsgálatokban, melyek során a vizsgált alanyoktól verbális beszámolót

– érthető módon – nem kaphatunk. [5] A jelenséget, melynek során egy korábban habituálódott ingert kissé megváltoztatva mutatnak be, és válaszképpen az orientációs (újdomság) reakció újra megjelenik, *diszhabituációnak* nevezik. A kutatók a diszhabituációra annak bizonyítékeként tekintenek, hogy a vizsgált alany képes az eredeti és a megváltozott inger megkülönböztetésére. Csecsemők esetén a függő változó általában a nézési idő: a habituálódott inger nem érdekli őket, nem nézik. Diszhabituáció esetén a csecsemő újra nézi a megváltozott ingert. A habituáció általános jellemzői Mazur [13] alapján:

- A habituáció kialakulása fokozatos, a válaszcökkenés a folyamat elején a leggyorsabb, majd lelassul.
- A spontán felújulás jelensége: ha az inger, amihez az egyed hozzászokott, egy ideig nem jelenik meg, akkor a habituálódott válasz újra megjelenik.
- A korábban habituálódott, de újra megjelent válasz habituációja gyorsabb lesz. Minden egyes újabb habituáció egyre gyorsabb lesz.
- Minél túltanultabb (erősebb) a habituáció, annál gyengébb a spontán újra megjelenő eredeti válasz, annál kevesebb újratanulásra van szükség az újabb habituációhoz.
- Kismértékű generalizáció kimutatható: az eredeti ingerhez hasonló ingerek esetén szintén csökken a válaszerősség.
- Sűrűbben érkező ingerekre gyorsabban alakul ki a habituáció, de gyorsabban jelentkezik a spontán felújulás is.

A SZENZITIZÁCIÓ

A nem asszociatív tanulás másik típusa a *szenzitizáció* (érzékenyülés). A szenzitizáció tulajdonképpen a habituációval ellentétes folyamatot jelent. Az élőlény átmenetileg felerősíti egy szálens, legtöbbször fájdalmas ingerre adott reakcióját (Shettleworth). [14], [15] A szenzitizáció általában gyorsabban alakul ki, mint a habituáció. Míg a habituáció ingerspecifikus, vagyis hasonló ingerekre csak kismértékben generalizálódik, addig a szenzitizáció hatása általános. Az áramütéssel kialakított szenzitizáció esetén például a hatás kiterjed az azt követő startle-reakcióra is; az erős hangra is fokozott megrezzenési válasz érkezik. Az élőlények általában könnyebben irritálható állapotba kerülnek. Embereknél a startle-válasz mértékét a GBR-rel (Galvános Bőr Reakció), a bőr vezetőképességének a változásával mérik. [16]

[13] Mazur, J. E. (2017): *Learning and Behaviour*. New York: Routledge.

[14] Shettleworth, S. J. (2010): *Cognition, Evolution and Behavior*. (2nd ed.) New York: Oxford.

[15] Csányi V. (2002): *Etológia*. Budapest: Tankönyvkiadó.

[16] Lang, P. J.–Davis, M.–Ohman, A. (2000): Fear and anxiety: animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*. 61. Pp. 137–159.

[4] Csépe V. (2007): Alapvető tanulási formák. In: Csépe V. – Győri M. – Ragó, A. (Szerk.): *Általános Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[6] Smith, E. E. – Nolen-Hoeksema, S. – Fredrickson, B. L. – Loftus, G. R. (2005): Atkinson & Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[17] Thompson, R. F. (2009). Habituation: a history. *Neurobiology of Learning and Memory*. 92. Pp. 127–134.

[18] Solomon, R. L. – Corbit, J. D. (1974): An opponent-process theory of motivation: I. Temporal dynamics of affect. *Psychological Review*. 81. Pp. 119–145.

[19] Pierce, W. D. – Cheney, C. D. (2017): *Behavior Analysis and Learning*. New York: Routledge.

Létezik a *deszenzitizáció* jelensége is: ha az erős és fájdalmas inger közvetlenül megelőzi egy kevésbé intenzív hasonló inger, akkor a szenzitizáció mértéke kisebb lesz (prepulzus-gátlás).

A nem asszociációs tanulást két jelentős elmélet próbálja értelmezni.

– A *kettős folyamat-elmélet* szerint [17] az ismétlődő események mind a két, azaz a szenzitizációs és a habituációs folyamatot is elindítják az élőlényben, és a két hatás aggregált eredménye figyelhető meg, ami elsősorban az inger intenzitásától, illetve fájdalomkeltő hatásától függ.

– *Oponens folyamatok* elmélete [18] szerint érzelmi egyensúlyra (semlegességre) törekszünk. Minden pozitív érzelmi folyamatot egy negatív követ, és viszont. Az ingerek ismétlődésével azonban bizonyos válaszok felerősödnek, mások pedig meggyengülnek.

Asszociációs tanulás

Asszociációs tanulás esetén a tapasztalat hatására már nem csak a külső ingerre adott emberi/állati reakcióban történik változás. Az élőlény ingerek, illetve ingerek és válaszok közötti kapcsolatokat sajátít el. Az asszociációs tanulás legfontosabb típusai: klasszikus kondicionálás; operáns kondicionálás; és komplex tanulás. [6] A klasszikus kondicionálás lényege az események (ingerek) közötti kapcsolatok tanulása, az operáns kondicionálással pedig a viselkedéses válaszok és következményeik közötti kapcsolatot lehet elsajátítani. [19]

A komplex tanulással, az egyszerűbb tanulási modellekkel (nem asszociációs tanulás, kondicionálás) nem kielégítően magyarázható tanulási teljesítményeket jelölik. Ez utóbbiak leírására inkább a kognitív nézőpont alkalmas, mely az egyedek előzetes tudását és annak elméleti reprezentációját is figyelembe veszi. A továbbiakban elsősorban a két kondicionálás típusal kapcsolatos legfontosabb ismereteket tekintjük át. A kondicionálás részletesebb tárgyalása megtalálható Csépe (2007) [4] összefoglalójában.

KLASSZIKUS KONDICIONÁLÁS

Klasszikus (pavlovi) kondicionálás a tankönyvi [6] definíció szerint akkor jön létre, ha egy korábban semleges inger egy másik ingerrel való ismételt együtt járása következtében asszociálódik ehhez a második ingerhez. Habár Edwin Twitmeyer amerikai kutató [4] korábban már leírta a jelenséget, szisztematikus vizsgálatába csak az orosz fiziológus, Iván Pavlov kezdett, így a klasszikus kondicionálás az ő nevéhez kapcsolódóan lett ismert e jelenség. Pavlov maga egyébként az emésztés folyamatait kutatta, sőt, 1904-ben ezen munkáiért kapott Nobel-díjat. A kondicionálást, mint tanulási törvényt csupán kutatásai „melléktermékeként” fedezte fel. [20] Pavlov szentpétervári laboratóriumában megfigyelték, hogy a kísérleti állatok (kutyák) már az etetőtől látványára nyáladzani kezdtek. A nyálképződést biológiai reflexnek tekintették, melyet az ételek íze, illetve a szájüreg és szerveinek ingerlése indít el. Vizsgálni kezdték a jelenséget, és a nyálképződést más ingerekhez (pl. csengőhang, fény) is társítani tudták, vagyis az emésztőnedv szekrécióját ezek az ingerek is beindították. Pavlov kialakította a klasszikus kondicionálás leírására alkalmazott fogalmi rendszert, mely a következő [6]:

- *Feltétlen inger (UCS)*: Olyan inger, amely egy adott választ automatikusan, tanulás nélkül, általában reflexesen kivált.
- *Feltétlen válasz (UCR)*: A feltétlen reflexben a feltétlen ingerre adott eredeti válasz. Egy eredetileg semleges ingerhez kapcsolva a feltétlen válasz az, amely feltételes válaszá alakítható át (pl. nyáladás).
- *Feltételes inger (CS)*: Eredetileg egy semleges inger, vagyis a feltételes válasz kiváltására nem volt képes. A társítások eredményeként egy feltétlen ingerhez asszociálva feltételes választ eredményez (pl. fény, csengőhang).
- *Feltételes válasz (CR)*: Eredetileg ez volt a feltétlen válasz, amely a tréning során a korábban semleges feltételes ingerhez kapcsolódott (pl. nyáladás).

A kondicionálási próbák (az elsajátítási szakasz) során az eredetileg semleges ingereket (CS) a feltétlen inger (UCS) követte. Az ingerkapcsolatok elsajátításához rendszerint párosítások sorozataira volt szükség. A tanulási görbe (a kondicionált válasz erőssége) meredeksége általában a párosítási szakaszok első fázisában volt a legnagyobb, majd fokozatosan csökkent. Amikor a próbák során a feltétlen inger nem követte a feltételes, a CR fokozatosan kioltódott. A kioltás nem jelent felejtést, mert a feltételes válasz rövidebb-hosszabb próbán kívüli időszak után a feltételes ingerrel újra kiváltható volt. Ezt nevezik *spontán felújulásnak*. [21]

[4] Csépe V. (2007): Alapvető tanulási formák. In: Csépe V.–Györi M.–Ragó, A. (Szerk.): *Általános Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[6] Smith, E. E.–Nolen-Hoeksema, S.–Fredrickson, B. L.–Loftus, G. R. (2005): Atkinson & Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[20] Pléh Cs. (2010): *A lélektan története*. Budapest: Osiris.

[21] Pavlov, I. P. (1951): *Pavlov válogatott művei*. Budapest: Akadémiai.

[9] Gluck, M. A.–Mercado, E.–Myers, C. E. (2016): *Learning and Memory*. New York: Worth Publishing.

[22] Garcia, J.–Koelling, R. A. (1966): Relation of cue to consequence in avoidance learning. *Psychonomic Science*. 4. Pp. 123–124.

[23] Blass, E. M.–Ganchrow, J. R.–Steiner, J. E. (1984): Classical conditioning in newborn humans 2–48 hours of age. *Infant Behavior & Development*. 7. (2.) Pp. 223–235.

[24] James, D. K. (2010): Fetal learning: A critical review. *Infant and Child Development*. 19. (1.) Pp. 45–54.

[25] Watson, J. B.–Rayner, R. (1920): Conditioned emotional reactions. *Journal of Experimental Child Psychology*. 3. Pp. 1–14.

[26] Schachtman, T. R.–Reilly, S. (Eds.) (2011): *Associative Learning and Conditioning Theory*. Oxford UP. (Published to Oxford Scholarship Online: May 2011)

Inkább a gátlás elsajátításáról van szó, a reakció újrataníthatósága is gyorsabb. [9]

Vannak olyan asszociációk is, amelyeket az élőlények egyetlen társítással is elsajátítanak, ilyen például az ízaverzió: az állat (patkány) rosszullétét besugárzás okozza (UCS), az élményt mégis a rosszullét előtt fogyasztott étel ízével kapcsolja össze; a továbbiakban kerüli azt az ételt. [22]

A klasszikus kondicionálás egyébként általános tanulási elv az idegrendszerrel rendelkező állatok világában. Viszont, bizonyos kapcsolatokat, amelyek közelebb állnak a természetes környezetükben előforduló viselkedésekhez, könnyebben elsajátítanak. Ingerkondicionálás az újszülötteknél gyakorlatilag a születést követően azonnal kiváltható [23], sőt, valószínűleg a magzati lét kései szakaszában is, amikor az idegrendszer érettsége már elérte a megfelelő szintet. [24] Az érzelmek kondicionálhatóságát, azaz a tárgyak, emberek, ingerek érzelmi jelentésének klasszikus kondicionálással történő elsajátíthatóságát John Watson és Rosalie Rayner híres-hírhedt „little Albert”-vizsgálataiban már 1920-ban demonstrálták. [25] Ebben egy 9 hónapos kisfiú azt tanulta meg, hogy féljen egy laboratóriumi kistrágyától azáltal, hogy miközben játszott vele, erős hangot szólaltattak meg mellette. Az erős hang által kiváltott félelmi/megfagyási reakció következményei kevés számú társítás után az eredetileg semleges, sőt inkább a kisfiú figyelmét vonzó állatra is megjelentek.

A hatás egyéb „szőrös” textúrájú dolgokra is generalizálódott. A félelemkondicionálásnak nagy szerepe van egyes szorongásos kórképek (PTSD, pánik) kialakulásában is. Ezek terápiájában is sikeresen alkalmazzák a kondicionáláson (pl. ellenkondicionálás, elárasztás) alapuló technikákat. [26]

A feltétlen ingerek (UCS) általában biológiailag jelentős ingerek, valamilyen biológiai szükséglet (pl. táplálkozás, folyadékfogyasztás) kielégítéséhez vagy a fájdalom elkerüléséhez kapcsolódnak. A feltétlen ingerek előrejelzői a feltételes ingerek. Bizonyos esetekben, ha feltételes ingerekhez további semleges ingert társítunk, megfelelő számú társítás után ezek az újabb semleges ingerek is predikciós jelentést szedhetnek fel, azaz önmagukban is képesek lesznek előrejelezni a feltétlen ingert, és ilyenkor megjelenik a feltétlen válasz. Az ilyen típusú kondicionálást nevezik *másodlagos kondicionálásnak*. A másodlagos kondicionálás tartósságához szükséges, hogy időközönként a feltétlen inger is kövesse a feltételest.

A nem asszociatív tanuláshoz hasonlóan a kondicionálás esetén is létezik a generalizáció és a diszkrimináció jelensége. *Generalizációról* akkor beszélhetünk, ha a CS-hez hasonló ingerek is kiváltják a CR-t. Például, amikor galvános bőrreakciót (GBR) hanghoz társítunk, a tanulás után a válasz – a hasonlóság mértékétől függően – magasabb és mélyebb hangokra is megjelenik. A *diszkrimináció* a választ kiváltó ingerek tartományának szűkülését jelenti, és a differenciális megerősítés és kioltás eredménye. A válasz csak a megerősített ingerekre marad meg, az azoktól különbözőekre kioltódik. Az előbbi helyzetben említett GBR-válasz például csak a megerősített hangra jelenik meg.

A *blokkolás* jelenségét Leon Kamin [27] írta le. Ha egy kondicionálás során egyszerre több lehetséges jelzőingert (Kamin vizsgálataiban ez fény és hang) használnak szimultán, akkor rendszerint a tanulás után mindkettő külön-külön is képes kiváltani a feltételes választ (áramütésre adott reakció), habár a válaszerősség akkor a legnagyobb, ha a két inger az előhívási próbában is együtt szerepel (összetett CS). A blokkolás jelensége akkor figyelhető meg, ha a tréning folyamán olyan szimultán ingereket használnak, amelyek egyike (pl. a fény) már biztos feltételes kapcsolatot alakított ki a feltételes válasszal (CR). Ekkor a fény és a hang kombinációjával, mint összetett feltételes ingerrel hiába tanítanak, a feltételes válasz a hangra gyakorlatilag egyedül nem lesz kiváltható – az előzetesen elsajátított kapcsolat blokkolja az összetett ingerhez való kondicionálást, ha az összetett inger valamely eleme korábban már kondicionálódott a feltétlen válaszhoz.

A kondicionálás idői kontiguitás elméletei szerint, amelyet maga Pavlov is képviselt, az ingerek közötti asszociáció elsajátításához szükséges és elégséges magyarázat a feltételes és feltétlen inger közötti idői együttjárás (idői érintkezés). Ebben a keretben azonban nem értelmezhető a Kamin által bemutatott blokkolás jelensége, hiszen az összetett inger a második esetben is időben kapcsolódott a feltétlen ingerrel, így a tanuláshoz a kontiguitás elve alapján létre kellett volna jönnie. A blokkolás jelenségét a kondicionálás úgynevezett kontingencia-elméletei magyarázzák. Ezek szerint a tanulás során asszociációt elsajátító azt tanulja meg, hogy a feltételes inger (CS) képes előre jelezni a feltétlen ingert (UCS). A két inger között csak akkor alakul ki asszociáció, ha a feltételes inger informatív, azaz a feltétlen inger megjelenéséről előrejelző erővel rendelkezik. A blokkolási kísérletben a már elsajátított kapcsolat alapján az egyik inger (a fény) már megbízhatóan előre jelezte az áramütést (UCS), így a vele párhuzamosan bemutatott másik ingerhez (a hangra) már nem alakult ki asszociáció, hiszen az áramütés megjelenésére nézve

[27] Kamin, L. J. (1969): Predictability, surprise, attention and conditioning. In: Campbell, B. A.–Church, R. M. (Eds.): *Punishment and aversive behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.

[6] Smith, E. E.–Nolen-Hoeksema, S.–Fredrickson, B. L.–Loftus, G. R. (2005): Atkinson & Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[28] Rescorla, R. A. (1966): Predictability and number of pairings in Pavlovian fear conditioning. *Psychonomic Science*. 4. Pp. 383–384.

[29] Rescorla, R. A.–Wagner, A. R. (1972): A theory of Pavlovian conditioning: Variations in the effectiveness of reinforcement and nonreinforcement. In: Black, A. H.–Prokasy, W. F. (Eds.): *Classical Conditioning II: Current Research and Theory*. Pp. 64–99. Appleton-Century-Crofts.

az már nem volt informatív. Rescorla [28] kísérletileg is bemutatta a kontingencia-magyarázat erejét. Patkányokat tanított, ahol hangjelzés volt a feltételes inger (CS), áramütés (UCS) volt a feltétlen inger. Két csoportot alakított ki, mindegyikben biztosított volt a feltételes és feltétlen ingerek közötti idői érintkezés, de hangjelzés csak a kísérleti csoportban jelezte előre megbízhatóan a bekövetkező áramütéseket. A kontingencia-alapú tanulási szabályt Rescorla és Wagner [29] formálisan is megfogalmazta. Tegyük fel, hogy egy vagy több CS és egy UCS közötti asszociációs kapcsolaterősség változását írjuk le. Az egyik lehetséges CS-t jelölje x . Ekkor egy CS–UCS-társítás alatti asszociációsérték-változás az alábbi összefüggéssel írható le:

$$\Delta V_x^{(n+1)} = \alpha_x \beta (\lambda - V_{\text{tot}}^n) \text{ és } V_x^{(n+1)} = V_x^n + \Delta V_x^n$$

ahol,

- α a feltételes ingereket (CS) egyenként jellemző szálencia-érték, az inger erősségével van kapcsolatban;
- β a feltétlen inger (UCS) asszociációs értéke, mindkettő 0 és 1 közötti értéket vehet fel, az inger erősségével kapcsolatos érték;
- V_x az x CS asszociációs erőssége (prediktív képessége) a feltétlen ingerhez, ΔV pedig ennek a változása egy társítás folyamán;
- λ a maximális asszociációs erő, amit az UCS képes támogatni. Ha az UCS jelen van,

akkor rendszerint $\lambda = 1$, ha elmarad $\lambda = 0$, de értéke lehet 1-nél nagyobb is;

- V_{tot} pedig a feltételes ingerek összesített előrejelző (asszociációs) ereje.

Az összefüggés alapján annak a feltételes ingernek nő az előrejelző ereje, amelyik erős intenzitású és a $\lambda - V_{\text{tot}}$ -különbség nagy, azaz az eddigi tapasztalatok alapján a CS-k kevésbé jelezték jól előre a feltétlen ingert (UCS), azaz a „meglepetés” nagy, diszkrepancia UCS bekövetkezte és annak elvárása (V_{tot}) között.

OPERÁNS (INSTRUMENTÁLIS) KONDICIONÁLÁS

Az operáns kondicionálás [6] segítségével az élőlények azt tanulják meg, hogy környezetükre hogyan képesek hatni (instrumentális), azt befolyásolni (operáns), illetve azt is megtanulják, hogy egyes viselkedésüknek mi a következménye. Az instrumentális kondicionálás során azok a viselkedéselemek fognak hasonló szituációban megjelenni, fennmaradni, amelyek a célhoz közelebb visznek. Ez a tanulási típus az új viselkedésformák elsajátításának legfontosabb eszköze.

Az operáns kondicionálásra épülő módszereket az állatok idomításában és az egyes mentális problémák terápiája során is kiterjedten használják. [19] Az idomítani kívánt viselkedést shaping (formálás) segítségével, a kondicionálás elveit használva, fokozatosan közelítik meg. A chaining (láncolás) segítségével pedig komplex mozgássorokat tanítanak meg az állatoknak. [30] A nevelésben a büntetés/jutalmazás elve gyakorlatilag ezen alapul, és az emberiség már a kondicionálás elveinek tudományos leírása előtt is „öszönösen” használta.

A jelenség első szisztematikus leírása és vizsgálata Edward Thorndike [31], [32] nevéhez fűződik. Egyik úttörő vizsgálatában macskát helyezett egy ketrecbe (problémaketrec), melynek bizonyos rezeszeire rálépve az állat kiszabadulhatott, és hozzáférhetett a ketrec közelében elhelyezett táplálékhoz. Thorndike azt figyelte meg, hogy az állat eleinte nem célirányos, rapszodikus mozgásokat végzett (try and error viselkedés), majd hosszabb-rövidebb idő elteltével véletlenül a zárszerkezetet kioldó elemére lépve vagy hozzáérve kiszabadult, és elfogyasztotta az élelmet. A helyzetet sorozatosan ismételve, fokozatosan csökkent az az idő, amelyet az állat a céltalan explorációval töltött, és egyre hamarabb produkálta azt a viselkedéselemet, amely megnyitotta számára az utat az élelemhez. Thorndike a hatás törvényének (*law of effect*) nevezte azt a jelenséget, hogy egy adott viselkedéses válasz megjelenésének valószínűsége egy adott helyzetben megváltozik (csökken vagy nő) attól függően, hogy milyen hatása, következménye volt a múltban ebben vagy másik, hasonló szituációban. Diszkriminatív ingernek nevezte a szituáció azon jellemzőjét, amely az állat számára jelezte, hogy egy adott viselkedésnek milyen következményei lesznek. Az állat így egy inger-válasz-asszociációt sajátít el (SD -> R). A megerősítés (*reinforcement*) pedig az a folyamat, amelynek kimenete meghatározza, hogy a viselkedés valószínűsége hogyan változik meg. A viselkedés kimenetele, eredménye a megerősítő. [32]

Burrhus Frederic Skinner a viselkedéslélektan (*behaviourizmus*) legfontosabb elméleti és kísérleti kutatója volt. A viselkedéslélektan az emberi és állati viselkedés egészét magyarázhatónak tartotta a tanulás alapelvei (kondicionálás) alapján. Mivel a belső mentális folyamatok képviselői gyakorlatilag objektíven kutathatatlannak tartották, nem is tartották azok vizsgálatát tudományos feladatnak. Ezzel szemben az emberi és állati tanulás kutatásának szigorú módszertanát dolgozták ki és alkalmazták vizsgálataikban. [33] Ennek tipikus vizsgálati eszköze a Skinner által tervezett és a róla elnevezett kísérleti apparátus, az ún. Skinner-doboz (*Skinner box*). Ebbe a dobozba, amely rendszerint átlátszó falú volt, a kísérleti állatok jutalma-

[19] Pierce, W. D.–Cheney C. D. (2017): *Behavior Analysis and Learning*. New York: Routledge.

[30] Melfi, V. A.–Dorey, N. R.–Wald, S. J. (2020): *Zoo Animal Learning and Training*. John Wiley & Sons Ltd.

[31] Thorndike, E. L. (1898): *Animal intelligence*. Psychological Review. *Monograph Supplements*. (Serial No. 8.)

[32] Thorndike, E. L. (1911): *Animal intelligence*. New York: Macmillan.

[33] Henley, T. B.–Thorne, M. B. (2000): *A pszichológia története – Kapcsolatok és összefüggések*. Budapest: Glória.

[4] Csépe V. (2007): Alapvető tanulási formák. In: Csépe V. – Győri M. – Ragó A. (Szerk.): *Általános Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[6] Smith, E. E. – Nolen-Hoeksema, S. – Fredrickson, B. L. – Loftus, G. R. (2005): Atkinson & Hilgard: *Pszichológia*. Budapest: Osiris.

[34] Miltenberger, R. G. (2015): *Behavioral Modification: Principles and Procedures. Cengage Learning*.

zására (ételadagoló) és büntetésére (áramütés a padlórácsban) alkalmas eszközök voltak beépítve. Az állat (rendszerint patkány vagy galamb) fény- és hangjelzéseket is kaphatott, amelyek után egy pedál egyszeri vagy többszöri lenyomása után kaphatott valamilyen megerősítő ingert (ételt vagy áramütést). Skinner az ún. szabad operáns paradigmát alkalmazta, az állat maga dönthetett, hogy mikor és hányszor produkálja a megerősített választ (pedálnyomás), a megerősítések a megerősítési tervnek megfelelően automatikusan érkeztek. A válaszerősséget a pedálnyomások gyakoriságával mérték és a kezdeti, alapgyakorisághoz viszonyították. A kioltás jelensége – a klasszikus kondicionáláshoz hasonlóan – itt is kiváltható: ha a megtanult válaszokat folyamatosan nem követi megerősítés, a válaszgyakoriság újra az eredeti szintre esik vissza. [6]

Azt, hogy a tréning során a megerősítő ingerek milyen elv alapján és milyen eloszlással követik a kísérleti állatok válaszait, a megerősítési tervek határozzák meg. Aránytervek esetén az állatnak bizonyos számú választ (pl. pedállenyomás) kell produkálnia ahhoz, hogy jutalmat kapjon. Rögzített arányú megerősítési terv esetén fixen minden n-edik választ követi, míg változó arányú terv esetén *átlagban* csupán minden n-edik választ követi a megerősítés. Ebben az esetben tehát az egyes megerősítések közötti válaszok aránya változó. Az idő- vagy intervallum-tervek esetén két megerősítési esemény közötti intervallum van meghatározva rögzítetten (fix intervallum) vagy változóan (változó intervallum). A változó arányú megerősítés általában nagyon magas válaszgyakoriságot, míg a változó intervallumú megerősítési terv egyenletesen magas válaszgyakoriságot eredményez. [4], [34]

A megerősítés generalizálódhat. Az elsajátított választ nemcsak az eredeti diszkriminációs inger váltja ki, hanem a hozzá hasonlóak is. A diszkrimináció viszont a választ kiváltó ingerek szűkítését jelenti, ekkor rendszerint csak a kívánt ingerekre adott válaszokat erősítik meg.

Az operáns kondicionálás mai terminológiája szerint a megerősítés kifejezést azokra a válaszokat követő következményekre használjuk, amelyek növelik az adott viselkedés megjelenésének valószínűségét. Pozitív megerősítés, ha a megerősítés valamilyen kellemes, appetitív (étel, ital, figyelem) inger megjelenése. A megerősítés negatív, ha a válasz növekedése valamilyen negatív (*averzív*) inger megszűnte (pl. megfelelő számú pedálnyomás után megszűnik a fájdalmas áramütés). A viselkedés valószínűségét csökkentő ingereket büntetésnek (*punishment*) nevezik. A büntetés „pozitív”, ha a viselkedést valamilyen averzív (kellemetlen) inger követi és „negatív”, ha valamilyen kellemes inger megvonásával jár. [34]

Az *elsődleges megerősítők* általában valamilyen alapvető szükségletet elégítenek ki. A *másodlagos megerősítők* ez elsődleges megerősítőkhöz kondicionálódnak (klasszikusan), azokat helyettesíthetik, sőt, gyakran önálló megerősítő hatékonysággal is bírhatnak. Az emberek esetében a legfontosabb másodlagos (tanult) megerősítő a pénz és a dicséret.

Hasonlóan a klasszikus kondicionáláshoz, az asszociáció kialakulásának okával kapcsolatban is felmerült a *kontiguitás* vagy *kontingencia* dilemmája. Skinner szerint az idői érintkezés (kontiguitás) a meghatározó: a válasz kondicionálásához szükséges és elégséges, hogy a megerősítés közvetlenül kövesse. Az inkább kognitivistáknak tanulásfelfogás szerint a válaszok és következmények közötti együttjárásokat (kontingenciákat) kell felismerni. Seligman [35] megfogalmazása szerint a válasz csak akkor kondicionálódik, ha az egyed úgy érzékeli, hogy a megerősítés az ő választól függ. Watson [36] vizsgálatában már a 3 hónaposak is képesek voltak elsajátítani a saját mozgásuk és a fejük fölé szerelt játékok elmozdulása közötti együttjárásokat. Seligman [37], [38] kimutatta, hogy azok az állatok, amelyekben olyan „elvárásokat” alakítottak ki, hogy nem képesek kontrollálni a büntetést, a későbbiekben nem is törekszenek erre, egyfajta „tanult tehetetlenség” alakul ki náluk, az áramütést olyan helyzetben sem próbálják elkerülni, amelyben az tanulással elérhető lenne. Seligman [38] szerint embernél ennek a hozzáállásnak, ha kialakul, szerepe van egyes pszichopatológiai állapotok létrejöttében.

Gépi tanulás, megerősítéses tanulás

A gépi tanulás (más néven statisztikai tanulás) egy mára már klasszikussá vált definíciója szerint azt jelenti, hogy egy számítógép tanul az E tapasztalataiból valamely T feladat vonatkozásában valamilyen P teljesítménymérték szerint, ha a T-ben mutatott teljesítménye P-vel mérve javul E (tapasztalatok) eredményeképpen. [39] Avagy a gépeknek azon képessége, hogy képesek azt is megtanulni, amire nincsenek explicit módon beprogramozva. [40] Egy levélszemét- (spam-) felismerő program esetén például T-feladat a nemkívánatos email-ek azonosítása. A tanítás folyamata során a szoftver az ún. tréninghalmazban egyaránt találkozik nagyszámú elfogadható (ham) és kiszűrendő (spam) szöveggel (tanító példányok), ezek képezik a tanulóprogram E-tapasztalat halmazát. Ezek alapján tanulja meg a szoftver a bemenet

[35] Seligman, M. E. P. (1970): On the generality of the laws of learning. *Psychological Review*. 77. Pp. 406–418.

[36] Watson, J. S. (1967): Memory and ‘contingency analysis’ in infant learning. *Merrill-Palmer Quarterly*. 13. Pp. 55–76.

[37] Seligman, M. E.–Maier, S. (1967): Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology*. 74. Pp. 1–9.

[38] Seligman, M. E. (1975): *Helplessness: on depression, development, and death*. San Francisco: Freeman.

[39] Mitchell, T. (1997): *Machine Learning*. New York: McGraw Hill.

[40] Samuel, A. L. (1959): Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of research and development*. 3. (3.) Pp. 210–229.

[41] Géron, A. (2019): Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. (O'Reilly books.)

két osztályát megkülönböztetni. Ilyen feladatok esetén a tanulás eredményét a pontosság (a helyesen azonosított esetek aránya) mint teljesítmény-mérték alapján lehet megítélni. [41] A gépi tanulásnak módszertani szempontból három fő irányzata, megközelítése van: felügyelt tanulás, tanulás felügyelet nélkül és megerősítéses tanulás. Az első két típust csak röviden tekintem át [41], míg a megerősítéses tanulást részletesebben is bemutatom.

FELÜGYELT TANULÁS

A korábban említett levélszemét-szűrő feladat ebbe a csoportba tartozik. Felügyelt tanulás esetén a tanító mintában a példányok „címkézettek”, azaz a szoftver a tanulás során „tudja”, hogy a halmazból melyik példány spam és melyik ham. Tulajdonképpen ez a címkézés jelenti a felügyeletet, hiszen az elsajátítandó osztályozás, a helyes válasz „kívülről” jön. Az osztályozás mellett egy másik tipikus feladat a regresszió. Az osztályozás esetén az elvárt érték (a címke) egy kategória, míg regresszió esetén folytonos érték (azaz valós szám). A tanulás folyamán mindkét esetben a tanuló rendszer kimenete és az elvárt érték közötti különbség (a hibaérték) csökkentésére törekednek, optimalizációs eljárások segítségével. A legfontosabb algoritmuscsaládok a felügyelt tanulási feladatok megoldására: lineáris és logisztikus regresszió, szupport vektor gépek (SVM), döntési fák, random erdők, k-legközelebbi szomszéd-algoritmus és neurális hálók.

TANULÁS FELÜGYELET NÉLKÜL

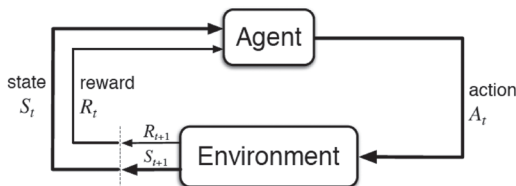
Az ebbe a csoportba tartozó algoritmusok esetén a tanítás során a rendszer a tanító példányokat „címkézetlenül”, azaz a célválaszok, az elvárt válaszok nélkül kapja meg. A gép tulajdonképpen az adatelemek közötti összefüggéseket, a rejtett struktúrát tanulja meg. A legfontosabb „tanító” nélküli feladatok és algoritmusok: klaszterezési (csoportosítási) eljárások, anomália és újdonság-detektálás, vizualizáció és dimenziócsökkentés, asszociációs szabálytanulás.

Néha a gépi tanulás negyedik típusának nevezik az ún. félig felügyelt eljárásokat. [41] Ezek tulajdonképpen a felügyelt és a tanító nélküli eljárások egyes elemeit ötvözik. A legfontosabb algoritmus az ún. mélyvélekedés-háló (*deep belief network*).

MEGERŐSÍTÉSES TANULÁS [42], [43]

A megerősítéses tanulás elemei megtalálhatóak a közgazdasági modellezés, a műszaki szabályozásmélet és a dinamikus programozás egyes elméleteiben is. A megerősítéses tanulás egy, a környezetével folyamatosan interakcióban lévő rendszer működését modellezi. Az ágens (a rendszer) célja a környezetből érkező megerősítések (jutalmak) maximalizálása. A rendszerkörnyezet-interakció egy Markov-féle döntési folyamatnak nevezett, 5 elemű matematikai modellel írható le:

1. ábra. Markov-féle döntési folyamat



Forrás: [42]

A modell elemei:

- S állapotér: s_1, s_2, \dots (a környezet lehetséges állapotai)
- A akcióér: a_1, a_2, \dots (az ágens lehetséges akciói)
- R megerősítések halmaza (a környezetből érkező megerősítő szignálok)
- A környezet egy lépéses dinamikája: $p(s', r|s, a) = P(S_{t+1} = s', R_{t+1} = r | S_t = s, A_t = a)$ minden s', r, s, a -ra
- Diszkont ráta: γ (együttható a jövőbeli megerősítések jelenértékének kiszámításához)

Az ágens környezetét (s_t) állapotát a t -edik időszelvényben észlelve valamilyen akciót (a_t) hajt végre. Ennek következtében a környezet $p(s_{t+1}, r|s_t, a_t)$ valószínűséggel egy következő s_{t+1} állapotba kerül (lehet ugyanaz mint s_t). Ugyanakkor minden lépés után r megerősítő jel is érkezik a környezetből, melyet az ágens érzékel. A következő a_{t+1} lépését a rendszer már az új s_{t+1} állapot alapján választja ki. A rendszer számára nem ismert a környezet egy lépéses dinamikáját alkotó állapotátmenet-szabályok halmaza, illetve a környezetből érkező megerősítések eloszlása. A *megerősítés-hipotézis*: az ágens célja az összesített környezeti megerősítések várható értékének (átla-

[42] Sutton, R. S.–Barto, A. G. (2018): *Reinforcement Learning: An Introduction*. The MIT Press.

[43] Graesser, L.–Keng W. L. (2019): *Foundations of Deep Reinforcement Learning*. Addison–Wesley.

gának) maximalizálása. Egy adott lépés kiválasztásakor a jövőbeli megerősítő jeleket, azok bizonytalansága miatt, csak azok jelenértékén veszi figyelembe, vagyis a Υ ráta (0 és 1 közötti érték) tényezővel diszkontálja. Az ágens célja ennek a jövőbeli diszkontált kumulatív megerősítés várható értékének a maximalizálása:

$$G_t := R_t + \Upsilon R_{t+1} + \Upsilon^2 R_{t+2} + \Upsilon^3 R_{t+3} + \dots$$

Attól függően, hogy a környezetnek van-e ST végállapota, epizodikus vagy folytonos feladatról beszélhetünk. Az epizodikus (véges) feladatok tipikus reprezentánsai a társas- és kalandjátékok; míg a folytonos feladatok közé az önvezető járművek irányítása, vagy a tőzsdei értékpapírokkal való online kereskedés tartozik.

Ahhoz, hogy a rendszer elérje célját, vagyis a várható megerősítések maximalizálását, „ismernie kell” azt, hogy a környezet egy adott állapota esetén milyen akcióval érdemes választania, ezáltal milyen új állapotba kellene kerülnie. Politikának (*policy*) nevezik azt a szabályrendszert, amely meghatározza, hogy egy adott állapotban milyen választ fog adni a rendszer. Sztochasztikus *policy* esetén $\pi(s, a) = p(a|s)$, alakú szabályok határozzák meg, hogy s állapotban az ágens milyen valószínűséggel választja az a akciót. Minden *policy*-hez meghatározható a hozzá tartozó állapot-érték- és akció-érték-függvény. Az *állapot-érték-függvény* adott *policy* esetén: v_π . Ez minden állapothoz a kumulatív megerősítések várható értékét rendeli. $v_\pi(s) := E_\pi(G_t | S_t = s)$. Vagyis ebből az s állapotból indulva, milyen kumulatív megerősítés-értéket ér el az ágens. Optimális *policy*-nek (π^* -nak) nevezzük azt a szabályrendszert, amelyet ha az ágens követ, akkor minden s állapotban $v_{\pi^*}(s) \geq v_\pi(s)$ minden π *policy* esetén. Vagyis minden környezeti állapotban legalább ugyanolyan jó várható kumulatív megerősítő értékkel rendelkezik. Az optimális *policy*-t követve a rendszer maximalizálja a kumulatív megerősítések várható értékét. Definiálható egy akció-érték-függvény is, melyet az állapot-érték-függvény kiszámításához szoktak használni. *Akció-érték-függvény*: $q_\pi(s, a)$. Ez adott *policy* követése esetén minden állapot-akció-párhoz a kumulatív megerősítések várható értékét rendeli. Eszerint, ha az adott s állapotban az a akciót választja az ágens, majd az adott π *policy*-t követi, akkor $q_\pi(s, a)$ lesz a várható kumulatív megerősítés-érték. Az optimális akció-érték-függvény (q_{π^*}) alapján meghatározható az optimális állapot-érték-függvény, és ezáltal az optimális *policy* (π^*) is. Ha a környezet állapottai diszkrét és viszonylag kisszámúak, akkor a q^* akció-érték-függvény meghatározásához jól használható az ún. Q táblázat:

Q táblázat.

Q	a_1	a_2	...	a_{n-1}	a_n
s_1					
s_2					
s_3					
s_k					

A sorok a állapotok, az oszlopok a lehetséges akciók, a cellákba a $q(s,a)$ -értékek kerülnek.

A táblázat többféle algoritmussal „feltölthető”. A *Monte Carlo-módszer* epizódszimulációkat alkalmaz: bizonyos számú epizódfutást generál, ahol az egyes állapotokban az ágens az aktuális policy-ja alapján választ akciót. Bizonyos számú epizód után az egyes állapot-érték-párokhoz szimulált értékek átlagai kerülnek be a Q táblázatba. Ha a megfelelő számú epizód adatait használjuk fel, akkor a Q táblázatban kapott értékek alapján egy, az aktuálisnál jobb policy (π') határozható meg. A következő menetben már az új π' policy alapján fog az újabb szimuláció futni. Ha a szimuláció elég hosszú ideig tart, akkor a Q táblázat értékei egyre inkább az ideális q^* optimális értékeihez korrelálnak. Ahhoz, hogy a modell új, esetleg „jövödelmezőbb” lehetőségeket is képes legyen kihasználni, fontos, hogy ne csak a Q táblázat (az addig elsajátított tudása) alapján kialakított policy (π') maximumának megfelelően válasszon akcióikat, hanem meghatározott (ϵ) valószínűséggel az alternatív lehetőségek (új tapasztalatok) is kipróbálására kerüljenek. Az optimális policy megtalálásához a meglévő ismeretek kiaknázása (*exploitation*) és az új tudás feltárása (*exploration*) egyensúlyára van szükség. Azt mondtuk, hogy ϵ -greedy policy-t (ϵ -mohó stratégiát) követ az ágens, ha $1 - \epsilon$ valószínűséggel választja adott állapotban a maximális Q-értékkel rendelkező akciót, és ϵ valószínűséggel bármelyik lehetséges akciót. A Monte Carlo-módszer gyorsabban konvergáló változata a Konstans- α MC, amely minden epizód generálása után frissíti a Q táblázat epizódban érintett celláit.

Az úgynevezett *Temporal Difference (TD)*-, idői különbség) módszerek még gyorsabb konvergenciát tesznek lehetővé. Ezek minden lépésben frissítik a Q táblázat értékeit, az adott lépésben kapott megerősítés (R_t) és a következő lehetséges lépés Q táblázatbeli $Q(S_{t+1}, a)$ értéke felhasználásával. Gyakorlatilag a legmodernebb megerősítéses tanulási algoritmusok mind TD-elv alapján működnek. A legjelentősebb TD-algoritmusok a Sarsa-algoritmusok. Ezek egyik típusa **Sarsa(0)**-algoritmus: ha a $Q(S_{t+1}, a)$ lehetséges lépést és táblázatértéket az aktuális policy alapján választja ki az ágens.

A következő a *Sarsamax (Q-learning)*: ha a $Q(S_{t+1}, a)$ az aktuális állapotból elérhető akciók közül a maximális Q-értékű. A harmadik modell az Expected Sarsa: ekkor az új $Q(S_t, A_t)$ kiszámításához az algoritmus a következő állapotból (S_{t+1}) elérhető akciók $Q(S_{t+1}, a)$ értékének várható értékét használja.

[41] Géron, A. (2019): Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. (O'Reilly books.)

[42] Sutton, R. S.–Barto, A. G. (2018): Reinforcement Learning: An Introduction. The MIT Press.

[44] Mnih, V.–Kavukcuoglu, K.–Silver, D.–Rusu, A. A.–Veness, J.–Bellemare, M. G., Graves, A.–Riedmiller, M.–Fidjeland, A. K.–Ostrovski, G.–Petersen, S.–Beattie, C.–Sadik, A.–Antonoglou, I.–King, H.–Kumaran, D.–Wierstra, D.–Legg, S.–Hassabis, D. (2015): Humanlevel control through deep reinforcement learning. *Nature*. 518. (7540.) Pp. 529–533.

[45] Mnih, V.–Kavukcuoglu, K.–Silver, D.–Graves, A.–Antonoglou, I.–Wierstra, D.–Riedmiller, M. (2013): Playing atari with deep reinforcement learning. *arXiv*.

Egyszerűbb környezetek esetén a TD-algoritmusok jól működnek. Egy olyan elrendezés esetén azonban, ahol a környezet akár több 10 000 állapottal is rendelkezhet, vagy folytonos az állapotter, illetve a lehetséges akciók száma állapotonként több száz-as nagyságrendű, már nem alkalmazhatóak. Az ilyen szituációk kezelésére fejlesztették ki az ún. Deep Q Learning (DQN) algoritmust. [44] A DQN olyan Q-learning algoritmus, ahol a Q-táblázat helyett mesterséges neuronhálózat segítségével számítják ki/közelítik az optimális policy meghatározásához szükséges q^* akció-érték-függvényt.

A mesterséges neuronhálók szoftverek, melyek a különböző matematikai függvények approximációjához, megvalósításához absztrakt neuronokat használnak. Az összekapcsolt neuronok rétegeket alkotnak, a rétegeket a neuronok közötti kapcsolatok kötik össze. A tanítás során a rétegek közötti kapcsolatok súlyai változnak, attól függően, hogy milyen mértékben járultak hozzá az elvárt és a kimeneti értékek közötti eltéréshez (a hibához).

Hibavisszaterjesztésnek (*back-propagation*) nevezik azt az optimalizációs módszert, melynek segítségével a hálózat súlyait a hibajeltől függően tanítják. Más architektúrájú hálózatokat használnak a vizuális adatok feldolgozására; ezek az ún. konvolúciós hálózatok. Idői dimenzióval rendelkező adatok esetén (pl. beszéd, szöveg, idősorok) pedig ún. szekvenciális hálózatokat használnak. [41]

A neurális hálókat általában felügyelt géptanulás-feladatok megoldásához használják, a DQN esetén is regressziós feladatot (q^* függvény értékeinek előállítása) kell megoldani. Az eljárást ismertető mérnökök az Atari 2600 videojátékkal való játékra tanították meg rendszerüket. Mivel ennek a bemenete vizuális (a játék pixelképe) ezért a q^* -értékek előállítására többrétegű konvolúciós hálózatot alkalmaztak. Az algoritmus stabilitása érdekében sajátos szerkezeti és működési elemeket alkalmaztak. A rendszer a korábbi tapasztalatait elraktározza, és az emlékeit a későbbi tanulás során is felhasználja. Szintén a tréning stabilitása érdekében, a cél- és az előrejelzett q -értékeket, melyek különbségét a tanulóalgoritmus használja, nem ugyanazon neurális hálózat kezeli. [44], [45]

A q -értékeket kihagyva, közvetlenül az egyes állapotokhoz tartozó optimális válaszokat, azaz az optimális policy-t igyekeznek megtanítani az ún. *policy-alapú módszerek*. Ezek a többrétegű neurális hálózatok a környezet egyes állapotaihoz a lehetséges akciók megjelenésének valószínűségét sajátítják el. A pozitív eredménnyel járó epizódokban megjelenő válaszok megjelenésének gyakorisága nő, míg a sikertelen sorozatokban megfigyelhető állapot-akció-párok megjelenésének a valószínűsége

a tanulás során csökkenni fog. Ennek elérésére többféle, a mesterséges intelligencia más területein is ismert optimalizációs eljárást alkalmaznak: *hill climbing*, *steepest ascent hill climbing*, *szimulált hűtés*, *adaptív zaj*, *kereszt-entrópia és evolúciós stratégiák*. Sztochasztikus policy-k, többdimenziós és folytonos akcióterek esetén a policy-alapú módszerek hatékonyabbak. A *policy grádiens módszerek* hasznosságfüggvényük maximalizálására a *gradient ascent* optimalizációs eljárást használják, ennek alapján próbálják megtalálni az optimális policy-t. A legismertebb grádiens módszer a REINFORCE. Az ún. *actor-critic* architektúrájú modellek két hálózattól tevődnek össze. Az actor (cselekvő) – mint a már említett REINFORCE – egy policy-alapú hálózat, ez sajátítja el a válaszokat, vagyis a policy-t. A critic (kritikus) viszont értékalapú (Q-értékeket tanuló) módszer, amelynek outputja segít az actornak a választásai (a policy) értékelésében és optimalizálásában. A két módszer ötvözése gyorsabban konvergáló, stabilabb eljárást eredményezett.

A mélymegerősítéses hálók fejlődésének mérföldkövei és alkalmazásuk

Habár ezeket a technológiákat az élet számos területén használják, a mélyhálós-megerősítéses tanulás (*deep reinforcement learning*) úttörő modelljei általában valamilyen játékprogramban elért teljesítményei alapján lettek ismertek. 1992-ben a TD-Gammon-program az ostábla (backgammon) játék számítógépes változatának megoldására az időkülönbség-algoritmust mindössze egy rejtett rétegű neurálisháló-kiértékelő függvénnyel együtt alkalmazta. [46] A szoftver a tréningje alatt önmagával mérkőzve (kb. másfélmillió játszma), mindenféle előre betáplált ismeretek nélkül tanulta meg haladó szinten a játékot.

Szintén áttörést jelentett 2013-tól a DeepMind cég korábban említett deep Q-learning algoritmus. [44], [45] Ez a program 49, az Atari 2600 konzolos grafikus játékprogramon ért el a megerősítéses tanuláson alapuló logikájával az emberi teljesítménynél jobb eredményt. A tanulás bemenete mindvégig a játékok aktuális grafikus képe és a játék egyes menetek végén kapott eredménye volt.

A DeepMind-hoz ezen a területen egy másik áttörés is köthető. [47], [48] 2017-ban publikálták az AlphaGo Zero programjuk go játék területén elért eredményeit. Habár már a program egy korábbi változata, az AlphaGo [47] mesterséges játékos is legyőzte az aktuális go világbajnokot, az AlphaGo Zero volt az első olyan verzió, amely csak az önmagával játszott partik során, mindenféle emberi szakérte-

[46] Tesauro, G. (1995): „Temporal Difference Learning and TD-Gammon”. *Communications of the ACM*. 38. (3.)

[47] Silver, D.–Huang, A.–Maddison, C. J.–Guez, A.–Sifre, L.–van den Driessche, G.–Schrittwieser, J.–Antonoglou, I.–Panneershelvam, V.–Lanctot, M.–Dieleman, S.–Grewe, D.–Nham, J.–Kalchbrenner, N.–Sutskever, I.–Lillicrap, T.–Leach, M.–Kavukcuoglu, K.–Graepel, T.–Hassabis, D. (2016): Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*. 529. (7587.) Pp. 484–489.

[48] Silver, D.–Schrittwieser, J.–Simonyan, K.–Antonoglou, I.–Huang, A.–Guez, A.–Hubert, T.–Baker, L.–Lai, M.–Bolton, A.–Chen, Y.–Lillicrap, T.–Fan, H.–Sifre, L.–Driessche, G.–Graepel, T.–Hassabis, D. (2017): Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*. 550. Pp. 354–359.

[49] Hart, B.–Risley, T. R. (1994): *Meaningful Differences in the Everyday Experience of Young Children*. Baltimore: Brookes Publishing Co.

[50] Brown, T. B.–Mann, B.–Ryder, N.–Subbiah, M.–Kaplan, J.–Dhariwal, P.–Neelakantan, A.–Shyam, P.–Sastry, G.–Aske, 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.–Bernier, C.–McCandlish, S.–Radford, A.–Sutskever, I.–Amodio, D. (2020): Language Models are Few-Shot Learners. *arXiv*. 2005.14165 [cs. CL]

[51] Botvinick M.–Ritter S.–Wang J.X.–Kurth-Nelson Z.–Blundell C.–Hassabis D. (2019): Reinforcement learning, fast and slow. *Trends in Cognitive Sciences*. 23. (5.) Pp. 408–422.

lem betáplálása nélkül sajátította el ezt az emberi képességeket meghaladó tudást. A program megerősítéses tanulás folyamatában neurális hálózatot és a Monte Carlo Fa-keresés-algortmust alkalmazta.

A megerősítéses tanulásnak számos üzleti-ipari alkalmazása van. Legismertebb területek az önvezető járművek irányítása, de meg kell említeni a robotikát és a pénzügyi kereskedéseket is. Fontos alkalmazásai vannak még az online marketingben, chatbotok vezérlésében és az egészségügyben is. További fejlődéssel a felhasználások köre csak szélesedni fog.

Mi az, amiben a gépi és emberi tanulás különbözik?

Láthattuk, hogy az olyan, viszonylag szűk tudás- és képesség-területeken, mint az egyes játékok (sakk, go), a gépi algoritmusok képesek meghaladni az emberi képességeket. Azonban attól, hogy ezeket a programokat az emberi értelmet megközelítő általános intelligens rendszereknek tekinthessük, még messze vagyunk. A gépi tanulás nagyon lassú. A korábban említett AlphaGo Zero például míg teljesítménye elérte az emberi szakértő szintet, 3 tréningnap alatt közel 5 millió go-partit játszott önmagával. A program egy korábbi változatának ennek a szintnek az eléréséhez még hónapokra volt szüksége. Az AlphaGo Zero is további 40 nap tréning után érte el teljesítménye maximumát.

Embernél 20 és 30 ezer közzé teszik a gyerek által a nyelvelsajátítás folyamatában naponta hallott szavak számát. [49] Így a gyermekek évente 7–10 millió szavas megnyilatkozást használ alapján tanulják meg az anyanyelvüket. A jelenleg legjobb teljesítményre képes gépi tanulás alapuló nyelvi modell, a GPT-3 tréningje alatt 100 milliárd nagyságrendű szöveg-adatbázissal találkozott, vagyis 3–4 nagyságrenddel nagyobb adatbázison tréningelték. [50] Így képes bizonyos nyelvi feladatokat meglepő szinten, az emberhez hasonló minőséggel teljesíteni. Azt, hogy a gépi tanúláshoz gigantikus számú tréninghalmaz szükséges, *minta-hatékonyságnak (sample inefficiency)* is nevezik. Ennek egyik fő oka az, hogy a neurális hálózat használó rendszerek általában az „alapoktól” tanulnak, azaz a később az elsajátított tudást reprezentáló kapcsolati súlyok a kezdetekkor még véletlenszerű értékekkel rendelkeznek. A súlyok pedig a tanulás folyamán igen lassan, fokozatosan veszik fel a megfelelő értékeket. [51]

Embernél és más állatoknál is a tanulás már a legkorábbi életkorban is vagy genetikailag meghatározott vagy egy korábbi tapasztalatok által előformázott tudás bázisán működik. A fejlődépszichológiában több ismeretterületen sikerül kimutatni a korai tudás hatását a különböző kísérleti feladatokban. Dehaene (2020) szerint a tanulás lényege az, hogy elménkben a külvilág belső modelljét, reprezentációját hozzuk létre. Ebben a folyamatban a legfontosabb teljesítmények, amiben a gépi intelligencia még elmarad az emberi tanulás mögött:

- nem képes absztrakt fogalmak elsajátítására;
- nem képes egyetlen találkozás alapján elsajátítani valamit (extrém adathatékony tanulás);
- nem rendelkezik a nyelv szisztematikusságával, a gondolat nyelvével; míg az embernél a tanulás legfontosabb médiuma a nyelv, illetve a gondolkodás logikai struktúrája.

További fejlesztésre van szükség ahhoz is, hogy a gépek egyszer majd a metatanulásnak nevezett képességgel is rendelkezzenek, azaz képesek legyenek tanulni is megtanulni, és a megtanultakat tevékenységük különböző területein használni.



Smart city application practices in Turkey: Challenges and opportunities

Abstract: There is a growing interest and literature in smart cities and various aspects of smart city technologies. As one of the leading growing economies of the world with a sizeable population, Turkey has been following this trend, as well. In the last decade, many large and small cities have begun utilizing latest technologies in the city services for the benefit of the residents. The process began individually in major cities but today the central government has become an integral part of this process by creating national smart city strategy and action plan for the country. Majority of the smart city attempts in Turkey are in the form of applying wireless and digital technologies to existing services which are generally limited to providing information or completing certain service transactions. The paper discusses smart city applications in Turkey – Karaman, as the first example, Ankara, as the capital, Bursa, as a metropolis, and also other cities, like Gaziantep, Sakarya, and Yalova, among others, and gives a SWOT analysis on the base of the experiences.

Keywords: Smart city; Turkey; city services; applications; SWOT.

Összefoglalás: A szakirodalom részéről egyre nagyobb az érdeklődés az intelligens városok és az intelligens várostechológiák különböző aspektusai iránt. Törökország, mint a világ egyik vezető fejlődő gazdasága szintén követi ezt a tendenciát. Az elmúlt évtizedben sok nagyobb és kisebb város kezdte el használni a városi szolgáltatások legújabb technológiáit a lakosság érdekében. A folyamat egyénileg kezdődött a nagyvárosokban, de mára a központi kormányzat is szerves részévé vált ennek a folyamatnak azáltal, hogy országos intelligens városstratégiát és akciótervet dolgozott ki. A törökországi intelligens városkísérletek többsége vezeték nélküli és digitális technológiák alkalmazása formájában valósul meg a meglévő szolgáltatásokon, amelyek általában csak információszolgáltatásra vagy bizonyos szolgáltatási tranzakciók végrehaj-

* Board of Education, Republic
of Turkey Ministry of National
Education, Ankara
E-mail: h.korkut@hotmail.com

[1] Lange, M. D. (2013): *The Smart City You Love to Hate: Exploring the Role of Affect in Hybrid Urbanism*. Utrecht University: Media and Culture Studies, Amsterdam.

tására korlátozódnak. A tanulmány bemutatja az intelligens városok alkalmazásait Törökországban - Karamanban, ahol elsőként vezettek be ilyeneket, Ankarában, a fővárosban, Bursában, mint az egyik jelentős metropoliszban, valamint más városokban, mint például Gaziantep, Sakarya és Yalova, majd SWOT-elemzés alá veti az így nyert tapasztalatokat.

Kulcsszavak: Okos város; Törökország; városi szolgáltatások; alkalmazások; SWOT.

Introduction

Technology has been the driving force of almost all changes and developments in post-war period. In the same time period, urbanization movement also speeded up and migration from rural areas to urban areas reached to record levels. It is reported that 70 percent of the world population is expected to live in urban centers by 2050 while this rate was only 50 percent in 2010 and 30 percent in 1950 (Ateş & Önder, 2019: 1). Management of these ever getting crowded urban centers became more and more complicated over time. The situation became even more critical in the 21st century with increasing concerns about uncontrollable irregular migration, global warming and resulting climate change. Local resource allocation issues and decision making process optimization efforts in local governments together with digitalization in last twenty years introduced the concept of smart city where the cities in a way are expected to behave intelligently in order to tackle with all the problems brought by overcrowding and scarcity of resources such as water, land, roads etc. This is believed to be achieved by the employment of digital technologies and artificial intelligence together with internet and social media. This move towards using smart technology is actually not a choice but it is a necessity given the projected rapid growth in urban populations over the next few decades. [1]

Continuously increasing technological advancements innovative solutions both in terms of quantity and quality have strong transforming power on urban life. This transformational approach of application of digital technology in all aspects of urban life is called as “smart city” and there is still an ongoing debate about the correct definition of the term. European Commission defines smart city as a place where traditional networks and services are made more efficient through the augmentation of information and digital technologies for the benefit of residents and businesses of the city. International Telecommunication Union (ITU) defines smart city as a

sustainable and smart city where information and communication technologies are used in a sustainable and innovative way to improve quality of life, competitiveness and efficiency of public services while paying attention to improving economic and social life of current and future generations.

The term was first introduced in San Francisco in 2005. Since then major cities in Europe and North America adapted the concept relatively fast and developed many applications in the area. According to BCC Research, for instance, it is reported that investments in smart city technology in North America are forecasted to increase significantly (from approximately \$120 billion in 2016 to \$250 billion in 2021). More than half of the cities in the world have already invested in smart city technology and other cities are in line for implementation of their smart city transformation. Furthermore, increased government support together with strong partnerships of local governments with technology firms from private sector will carry the smart city ideal to new heights.

The concept is based on the goal of governing and managing the city based on the expertise and data without the need of human intervention through participation and cooperation of all ecosystem stakeholders via well-connected networks among all members of the city. In this concept, the city is expected gain the ability to transform information obtained through the smart city concept into economic, social and environmental benefits in order to achieve sustainable development, competitiveness and environmental sustainability. There is recent but extensive literature on smart city applications and their outcomes in the world. More detailed information on existing literature can be found in Han–Kim (2021) [2] and Kazsnar–Hammad (2021) [3]. For instance, smart transportation systems in Los Angeles were reported to achieve 35 percent reduction in stoppings, 20 percent reduction waiting at intersections, 13 percent decrease in travel time and resulting 12.5 percent decrease in fuel consumption. Also, 70 percent savings were reported in electricity consumption in Oslo as a result of smart street lightening system. [4] In Barcelona, trash levels are tracked online via sensors inserted in the trash bins and thus trash collection services are optimized. In addition, smart water spraying systems are used in the green areas and parks of the city in order to conserve water. Sensors in the street lamps adjust the level of lightening with respect to day light. [5]

[2] Han, M. J. N.–Kim, M. J. (2021): A critical review of the smart city in relation to citizen adoption towards sustainable smart living. *Habitat International*. 108. Pp. 1–13.

[3] Kasznar, A. P. P.–Hammad, A. W. A. (2021): *Multiple Dimensions of Smart Cities's Infrastructure: A Review, Buildings*. 73. Pp. 1–27.

[4] Köseoğlu, Ö.–Demirci, Y. (2018): Smart Cities and Employing Innovative Technologies for Tackling Urban Policy Issues. *International Journal of Political Studies*, 4. (2.) Pp. 40–57.

[5] Petrolo, R.–Bonifacio, S. G.–Loscri, V. –Mitton N. (2016): *The discovery of relevant data-sources in a Smart City environment*. Proceedings of SSC-2nd International IEEE SMARTCOMP Workshop on Sensors and Smart Cities, St. Louis, Missouri, United States.

[6] Ministry of Environment and Urbanization, *National Smart City Strategy and Action Plan*. 2019. Pp. 25–27.

Most of the smart city projects in the world are realized according to city-based strategic plans. London, Manchester, Dublin, Barcelona, Berlin, New York, Chicago, Toronto, Sao Paulo and Seoul are among the best examples of these cities. Smart city approach has a dynamic structure by its nature and therefore motivation of smart city strategies also has changed over time. Smart city strategies can be explained with three main motivations; economic, social and environmental motivations. Main core of the motivation of smart cities were economic until 2013, but after this date social and environmental concerns motivated the smart city strategies more. In addition, there are two different approaches to smart city technologies; cooperative approach and top-to-bottom approach where the first one emphasizes more participatory involvement of various stakeholders, the latter emphasizes more on the push by the governing authorities such as relevant departments of local governments. [6]

There are two main application methods found in the world when the most prominent smart city models are analyzed. Some smart cities are built from ground zero with the goal of being the leader or center of attraction in smart city technologies and some other are converted into smart cities by using their existing infrastructure through updating or renovating it. For instance, India has initiated an urban modernization project with the name of “Mission of Smart Cities” in 2015 with the goal of establishing 100 smart cities within five years, and the central government allocated approximately \$7.5 billion for the initiative. On the other hand, Singapore, which has an advantage as being a city-state, invested around \$1.6 billion in building a national sensor network and initiated “smart nation” initiative in 2014. Singapore also invested an additional \$2.8 billion in increasing data storage capacity and Wi-Fi coverage. The city also introduced “Artificial Singapore”, a three dimensional simulation model where all vital statistical information about the city including census and GPS data. This model can help to determine the potential impacts of any city decision on the outcome such as the impact of new buildings on air flow in the city or the impact of bus schedule or routes on travel time. [6]

Turkish cities and their local governments has been closely following the developments in the world and some of them already stepped in and moved in the right direction. Also, central government through its Ministry of Environment and Urbanization prepared and published its National Smart City Strategy and Action Plan for 2020–2023 period. The plan is the first of its kind in Turkey and fourth in the world. The plan aims to approach smart city vision from a holistic view and develop strategies which are compatible and consistent across various regions of the country.

The core of the plan focuses on the strategies of efficient, competent, sustainable and productive smart city governance with the vision of sustainable and livable cities. This study aims to analyze the details and goals of this plan as well as developments in Turkey in the area of smart cities and also to discuss the challenges and opportunities faced by Turkish cities.

Advantages and Disadvantages of Smart City Applications

Smart city concept is actually not a completely new concept. Throughout the history, people have tried to increase efficiency in the cities through the establishment of municipal service system and bureaucracy. The whole idea was to increase the efficiency of resource allocation and improve the happiness and satisfaction level of the residents in densely populated urban areas as people had to compete for scarce land, housing, clean water, services and improved security. Smart city can be considered as the most modern version of this need in the time of digitalization and artificial intelligence. In other words, smart city concept is based on replacing the human element with the digital technology through computer assisted systems.

Smart city concept can leverage communication and information technologies to enhance service quality, well-being of residents, sustainability and economic development. Smart cities aim to maximize the utilization of the technology in order to improve the service quality for the residents of the city. In order to achieve this goal, the concept covers every possible area of municipal services where technology is involved or can be introduced such as power grid management, transportation systems, illumination of street lamps, traffic management, pollution control, crime prevention and waste management.

Smart city applications can reduce commuting times and congestion through optimized traffic signal control, smart parking, and real-time management of public transportation. For instance, traffic congestion is reported to decrease by 15 percent in Hangzhou, China thanks to the artificial intelligence based traffic management software use. Chicago can be given as another example; city of Chicago, in other words Chicago metropolitan municipality, created a mobile application that allows residents to make online payments, to view updated bus and train schedules and to track vehicles in real-time from their smart phones. The mobile application works in all city public transit modes and thanks to this application using the city's transportation systems became easier for most residents. A report published by McKinsey Global Institute claim that smart city applications have the potential to reduce traffic commute times significantly and also help reduce health problems and crime rates by 10 to 30 percent.

Smart city technologies are vital and very essential for ensuring sustainability and alleviating environmental concerns. Even though smart technologies are not perfectly environment friendly as they do

not reduce the carbon emission to zero, they still help to improve the energy efficiency of the buildings and urban installations, help to reduce air pollution with air quality sensors and better management of renewable energy sources. They also provide cities with new tools to significantly reduce their ecological impact. For instance, using air quality sensors around the city could provide data to track peak times of low air quality and help to identify the causes of pollution. Then, smart technologies help to develop action plans by delivering data analytics to the officials who are responsible for better air quality. Such sensors are invaluable as they help to reduce air pollution significantly in populated cities and a significant reduction in air pollution is expected to decrease pollution related diseases which cause death or hospitalization of millions of people around the world each year.

Another potential benefit of smart technologies come from potential savings from water and electricity systems. Today, water and electric systems cause substantial losses every year due to leakage, ruptures and short-circuits. With smart sensors in water and electricity systems, smart technology allows cities to quickly identify leaks in pipes, ruptures in lines and fix damaged segments in a relatively short time period. This, of course, reduces the amount of water or electricity lost in the system and has the potential to create substantial savings for both residents and the city. Smart electric grids also help power companies to better identify times of peak usage and also outages as they provide two-way communication opportunity between electricity providers and consumers. For instance, city of Cape Town in South Africa used smart metering technology to deal with the water crisis at the time of which residents suffered for many years. The smart meters deployed by the city tracked water usage for customers and relayed the data to accounts of users. As a result, residents of Cape Town got a daily bill that displays their detailed water consumption. After the smart metering pilot project launched, residential homes experienced a 40 to 60 percent drop in water consumption. As it can be seen in this example, smart sensor technology together with data analytics proved to be a viable solution to help conserve scarce natural resources.

Smart city technology can track the real time electricity use and help to economize the energy consumption and this way it could benefit citizens as well as businesses. For example, smart meters aiming to reduce unnecessary use of electricity are provided to the residents in Amsterdam. LED technology which allows the real time management of street light use in New York to avoid excess use of electricity. Smart technology is also extensively used in providing and improving urban security through the use of CCTV cameras with Internet of Things (IoT) technology and Wi-Fi connection. Integration of social media platforms allows residents to communicate with the city administration more effectively.

Technology is widely available to all classes of people today in all of the developed countries as well most of the developing countries in many different forms. Use of smart phones and wireless or mobile internet has been increasing continuously. As a result, residents expect their cities to deliver much of the public services in user-friendly and digital forms. They also expect modern and intuitive websites, mobile applications, online payment options and self-service portals. Cities which are behind in technological

services are bound to lose their competitiveness and attractiveness while cities equipped with smart city technologies will be focal point of future urban centers. These cities will provide their residents a connected citizen experience through their artificial intelligence assisted services and will experience increased civic engagement and higher trust in their officials.

Increased public expenditure in smart city technology has potentially a large multiplier effect. As the investment in smart city technologies becomes substantial, it has the potential to cause massive expansion in gross domestic product growth because of the collaboration between private sector companies and local governments to invest massive amounts of funds in smart city infrastructure and initiatives. Today, smart city technology driven investments play an increasingly important role in increasing regional and global competitiveness of the cities to attract new residents and businesses. Having an open data platform together with access to city information allows businesses to make informed and effective decisions through the use of data analytics supported by integrated smart city technologies.

Smart city technology can also help cities in managing their infrastructure more efficiently. Roads, bridges, railways and city buildings require massive spending for maintenance and repairs as they get older. With traditional methods, it is hard and costly to detect structural problems or defects before an accident or catastrophic event occurs. Sensors equipped with smart technology can help relevant city departments with predictive analysis to identify areas that need to be fixed before there is an infrastructure failure. Hence, smart city technologies present a massive opportunity for cities to save money and lives by preventing catastrophic infrastructure failures.

Overall, smart city technology can make cities more efficient and effective in decision making process. Advancements in data collection and handling of what is called as “big data” or “mega data” and increased connectivity among the objects through Wi-Fi and mobile internet have allowed cities access to information in a scale that has never been possible before. A well-structured data analytics strategy provides city officials the ability to access and analyze a massive amount of information and reach meaningful insights. Effective big data applications and strategies provide a city with information to identify high-risk areas so that necessary precautions can be taken by the police. It also allows city officials to forecast and plan for geographical expansion of the city and in terms of population growth so that the authorities can identify trends in citizen interests, needs and concerns. Big or mega data and the IoT offer endless possibilities to make better decisions. All these provide efficient management of city resources and cost savings for the residents.

Finally, the smart city technology and its applications have the potential to improve labor force quality of the city when extensive use of internet, digital technologies and social media, together with connectivity, makes the people in the workforce more technology oriented and skilled for the digital age. Such a highly effective workforce is essential and critical for realizing an efficient smart city. Employing smart technologies reduces the burden of manual for majority of the city employees. The advancement in au-

onomous agent capabilities, mobile devices, bots, and sensors allow city employees to direct their efforts towards more strategic moves and reduce the amount of time they spent on the day-to-day manual operations. Smart cities can also transform the work environment by streamlining manual processes and giving employees more opportunities to utilize their full potential and at the same time also providing citizens with improved services.

However, despite clear benefits of smart city technologies, smart city applications have two obvious problems; data security and the issue of potential personal data abuse of authorities. Even though security companies develop various tools and software solutions for data theft almost every day, their counterparts are also finding new ways to steal personal data and misuse the information obtained from individuals. Not surprisingly, increasing use of smart technologies will require extensive use and storage of individual data by the city authorities. It is not clear who will be responsible for the general security of the personal data and how the individuals will be compensated in the case of data theft and resulting financial losses. In addition, it is almost impossible to create a perfect safe-guarding system to prevent usage of this data by the authorities to control and manipulate the public for political gain. It is still very fresh in public mind what happened with Facebook and Cambridge Analytica scandal during the 2016 U.S presidential elections. The public mistrust continues to shadow all efforts to promote smart city technologies.

Smart City Applications in Turkey

The world has changed a lot since the beginning of revolutionary changes in digital technology and resulting boom in communication industry. Inventions and innovations took years and even decades to spread around the globe in the past as new technologies slowly diffused into far corners of the world in the time period after the industrial revolution. For instance, the first steam engine locomotives carrying passengers began operating in 1825 in England, then in 1830 in the U.S and in 1858 in Turkey but it took almost an eighty years for it to reach African continent. It took even more than 150 years to reach railways to far corners of the world as the railways require substantial initial investment and large economies of scale. However, cell phone technology and internet which were introduced in the consumer market mainly in late 1990s took only a decade to spread and penetrate almost all corners of the world. Today, thanks to the information technology revolution, any small invention or innovation can find its way throughout the world within few years or even few months.

The same trend can be observed with smart city technology as well. Local administrations along with other class of organizations are more and better connected with the world and constantly looking for better practices and tools to adapt. Even though, the smart city concept is a relatively new phenomenon, it rapidly developed and spread around the world including Turkey. In a sense, it is not really surprising to

see that local governments have been working to include more and more technology in their services as it is done by every organization. After all, it is expected that smart technologies and artificial intelligence are already in our cars, homes and surroundings in many different ways than we can even imagine or notice. In other words, smart city technologies are rather ordinary and far from being revolutionary as they are natural results of technological transformation of our lives and world in last 30 years along with digital transformation and revolution.

Consequently, transition from traditional city to smart city began with the introduction of computer technology and digitalized decision making process in early 1990s long before the official definition of smart city was made and it continued to develop with the introduction of municipal websites, e-government and social media channels of the municipalities. Today, majority of the local governments have these services by default. However, in order to deserve the label of smart city, a city must have much more than these; the city should integrate smart technologies controlled by artificial intelligence into its service infrastructure.

There are significantly lower number of smart city projects in Turkey compared to European countries and the United States. Lack of funding and qualified human resources are considered to be main issues for Turkey. The lack of GIS infrastructure is another challenge as only three percent of municipalities have completed their GIS infrastructure works or implemented GIS systems. Even though the first official and intended attempt towards smart city in Turkey was initiated in Yalova in early 2000s in conjunction with “informatics valley” project, the first true example of such integrated smart city attempt in Turkey began in the city of Karaman in Central Anatolia with the leadership of Turk Telekom in 2015. Yalova informatics valley project was not a smart city project alone but rather an initiative of eco-technology center base together with the application of smart technologies.

There are also few other applications of smart city technologies in Turkish municipalities in between these two examples worth mentioning. The project also included smart water control systems as well as smart meter readers which allows more efficient use of energy sources. The system is also called as “Smart City Automation Project” or shortly “SCAP”. [7] Various unconnected SCAP projects are underway in many major cities in Turkey. For example, in İstanbul, data analysis center compatible with international standards was established in 2017 by the metropolitan municipality of greater İstanbul. The smart system in İstanbul includes waste management in connection with on vehicle IoT, mobile traffic data sharing,

[7] Örselli, E.–Akbaş, C. (2019): Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler, Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi. 2. (1.) Pp. 228–241.

[8] Uçar, A.–Şemşit, S.–Negiz, N. (2017): Avrupa Birliği Akıllı Kent Uygulamaları ve Türkiye'deki Yansımaları, SDÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Kayfor15 Özel Sayısı. Pp. 1785–1798.

[9] Varol, Ç. (2017): Sürdürülebilir Gelişme de Akıllı Kent Yaklaşımı : Ankaradaki Belediyelerin Uygulamaları, Çağdaş Yerel Yönetimler. 1. Pp. 43–58.

smart city applications for handicapped residents, in-home care and online health applications. Fatih district municipality in İstanbul introduced the first web-based GIS application in the world which allows three dimensional queries and analysis of buildings and structures to make comparisons with on-going projects. The same municipality also added the augmented reality application into future smart city projects and it is expected to be realized soon. With the mobile application of the municipality, it is possible to track 20 different type of cleaning activities and the system is fed via real-time data. [8]

In Ankara, the municipality began measuring the traffic density in some major intersections and smart intersection practices in few of these intersections. In addition, the greater Ankara municipality and some district municipalities already has tracking and control systems in trash collection trucks and trash bins. Also, an automated fire control command center is established though it does not have advanced tracking ability or capacity yet. Finally, the public bus authority has a GPS tracking system which allows to inform residents about the actual location of the busses as well as the estimated arrival time of the busses to the bus stops. [9]

Izmir has most advanced intelligent transportation systems (ITS system) in the country. Full Adaptive Traffic Management System to include: full adaptive intersections, on-line traffic density maps for passengers/drivers, traffic lights specified for disabled people including talking lights, enforcement system to track speed/parking/lights etc. A project, funded by World Bank, is continuing to be installed and e-payment cards to be used in all transportation modes, including ferries, busses, train, and metros (U.S Department of Commerce).

The greater Bursa metropolitan municipality has introduced many smart features in the last decade in order to transform its services. The municipality established a Tier-3 certified data center and improved its fiber-optic network infrastructure. The municipality introduced personalized travel card management system along with GPS feature, online announcement/commercial tracking system, camera-assisted vehicle tracking system. The city also introduced a service called “love chip” system for patients with Alzheimer disease and mentally handicapped residents in order to make it easy to follow and find them in case they are lost in the city. This way, relative of patients can track them for 24 hours. Moreover, the city introduced in-house care tracking system, online audio guide feature for city museums, location-based SMS information system, three-dimensional mobile-based tourist map, synchronized traffic lights which is also called “green wave” system, municipality building lighten-

ing system, smart traffic control center, smart excavation (residuals) tracking system, smart medical waste collection system, smart fire detection and alarm system, and switchable road signs. In addition, the municipality administration continues to work on additional smart projects such as IoT-elevator tracking, smart bench with solar energy, smart street from end to end, smart parking and smart digital library projects. [7]

Many other smaller cities also began their smart technology initiatives. For example, ITS systems are utilized partially in Eskisehir while they are mostly being installed and being utilized. Konya established dynamic intersections at certain places, information system on traffic density using cameras only without any sensors and with intersection control mechanism that is capable of controlling the traffic light with a feature allowing emergency vehicles to be able to change the light, and intelligent public transportation system. Mardin has smart bus stops and smart intersections while tracking systems for busses are still in planning phase. Kahramanmaraş introduced mobile park meter system and Gaziantep installed smart bus stops and systems to enable smart phones to inform passengers and drivers. Gaziantep also installed systems enabling disabled people to use transportation systems without any assistance. Sakarya initiated tracking system for busses and Yalova has smart bus stops. Kars has plans to install smart bus stops and information system for disabled passengers. Edirne has plans to use enforcement system to track and send bills automatically drivers not obeying traffic rules. Manisa has a payment system for public transportation allowing residents to pay using their smart phones (U.S Department of Commerce).

As it was mentioned above, the only truly smart city project of Turkey is in Karaman with the involvement of Turk Telekom which is essentially still a state-owned telecom company. Karaman integrated smart city projects includes around twenty smart city applications like traffic control system, sensors, IoT components, bulk message feature, smart parking systems, data centers and operation center. The detailed list of Karaman smart city applications are given below [10]:

- Smart city administration platform – Neural center of the smart city,
- Smart stations for busses and rail systems – Designed to reduce waiting times and optimize the transit system,
- Security camera systems on cloud – 24 hours online and recordings are open to all citizens,

[7] Örselli, E.–Akbaş, C. (2019): Teknoloji ve Kent Yaşamında Dönüşüm: Akıllı Kentler, Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi. 2. (1.) Pp. 228–241.

[10] Innova (2015): *Türk Telekom and Innova launch Turkey's first smart city project*. Online: <http://www.innova.com.tr/en/news-detail>.

- Aerometer on cloud – Helps city officials to measure the temperature, humidity and noise,
- Wi-Fi connection centers – Provide free and secure wireless connection to all residents,
- Smart intersection system – Provides priority pass to emergency vehicles, optimizes the waiting time in the intersections and reduces the carbon emission and fuel consumption,
- Patient tracking system – Helps to diagnose residents' health problems earlier,
- Common SMS system – Used to send information or warning messages to all residents or selected group of residents,
- Smart home or office management system – Includes security solutions for homes or offices connected through remote access by the smart city system,
- Smart parking system – Reduces the time spend for parking spot and improves parking services,
- Smart lightening system – Conserve energy by centralizing the public area lightening,
- Handicapped services – The system helps especially blind residents to find their ways in public spaces,
- Multimedia pay phones – New generation payphones which allow audio and video calls,
- Information kiosks – Provide visual information for residents and tourists in various languages,
- Touchpad information tables/kiosks – Provide platform for residents to apply or get various public services,
- Remote irrigation systems – Provide efficient and water-conserving irrigation and fertilization for city parks and green areas,
- Smart lost & found system – Provide fast and efficient system to locate and find lost persons, pets and items,
- Smart waste machine – Helps to recycle waste more efficiently and also keeps tracking down the waste collection areas,
- Smart waste collection system – Optimizes trash and waste collection through smart sensors,
- Traffic management system – Increases safety and helps to enforce traffic rules and regulations,
- Meter reading system – Makes the centrally located meter reading easier and also helps the authorities to deal with illegal use of water, electricity and natural gas more effectively,
- Panic button – Allows residents to call an ambulance, fire fighter or police officers in case of an emergency,
- City services center – Controls all smart applications and services provided by them and helps to identify any issues quickly.

A similar project is planned for Antalya with the introduction of 22-kilometer long free Wi-Fi region and free internet in public transportation. It is projected that 40 percent reduction in carbon emission, 30–35 percent reduction in irrigation expenditure, 25 percent reduction in commute time and also 60 percent reduction in traffic related accidents as a result of smart bus stops, smart street lightening, smart

irrigation systems and smart health services. [11] A survey on applications of smart city by municipalities was conducted in 40 municipalities in Turkey in 2013 found that majority of the participant municipalities implemented smart city technologies on municipal services and transportation while very few had applications on energy or water. A newer survey conducted with 327 municipalities in 2019 by the Ministry of Environment and Urbanization reported that 80.1 percent of the municipalities participated in the survey had no smart city strategies and the ratio was not too different for greater area metropolitan municipalities compared to smaller province center or town municipalities. This is a clear indication that there is a nationwide push for the implementation of smart city vision of the central government. [6]

There are many obstacles in applying smart technologies in Turkish cities even though the importance and potential of smart technologies are well understood and accepted. The most obvious obstacle is the lack of vision of elected officials and bureaucrats. There are also other obstacles like lack of sufficient funds, lack of knowledge and experience in information technology use, and failure to include residents in participatory process. There are certain risks in the process for Turkish municipalities as the smart technology concept is relatively new and still at development stage. Therefore, a well-constructed risk management plan may be needed to alleviate or remove the risks which requires the cooperation of stakeholder institutions. [12] Using the information provided in Gürsoy (2019) [13] and the report prepared by Informatics Association of Turkey (TBV) about smart city assessment of Turkey in 2016, current situation of smart technology transformation of Turkish cities is evaluated with the following SWOT analysis:

Strengths:

- High rate of young population
- High election turn out rate and political participation
- High urbanization rate
- High rate of mobile device and social media usage
- Wide coverage and variety of e-government applications
- Relatively new and available technological infrastructure for smart city applications

Weaknesses:

- Lack of basic vision and strategy
- Arbitrary decision making process by the authority

[6] Ministry of Environment and Urbanization, *National Smart City Strategy and Action Plan*. 2019. Pp. 25–27.

[11] Öztuzsuz, T. (2015): *Akillanan dördüncü büyük kent Antalya*. Online: <http://www.sabah.com.tr/akdeniz/2015/05/28/akillanan-dorduncu-buyukkent-antalya>.

[12] Meşhur, H. F. A. (2019): *İstanbul'da Büyük Ölçekli Kentsel Projeler ve Planlama Süreçleri*. (Edt. Meşhur Alkan, Filiz, Erugay, Kıvanç, Eren Fatih ve Korkmaz, Cansu): *Akıllı Şehir Çözümlerinin Sunduğu Olanaklar ve İstanbul'daki Uygulamalara İlişkin Bir Değerlendirme*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık. Pp. 1–34.

[13] Gürsoy, O. (2019): *Akıllı Kent Yaklaşımı ve Türkiye'deki Büyükşehirler İçin Uygulama İmkanları*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Lack of coordination and cooperation among the institutions
- Problems in the amount and variety of financing
- Regulation and bureaucracy related issues
- Unwillingness to share data among institutions
- Lack of sufficient academic studies, especially data oriented studies, in the area

Opportunities:

- Being still in the early stage of technological transformation
- Ongoing urbanization process and continuous urban transformation or gentrification
- Ongoing sensitivity about security and safety
- Strong demand for more savings, green areas and better environment
- Being in the early stage of smart technology use

Threats:

- Increasing energy needs and demand
- Unequal distribution of wealth among individuals and regions
- Bureaucratic and political barriers
- High level of external dependency on technology
- Cyber security issues and weaknesses
- Being technology oriented rather than citizen oriented in the smart city applications

Conclusions

There is a growing interest and literature in smart cities and various aspects of smart city technologies. To certain extent, this interest is not surprising and it is understandable. Urban centers are ever growing both in numbers and population size. Technology is driving daily life. Therefore, it is logical and understandable to see the technology more and more in ever day life of the residents. As cities are founded based on the promise of division of labor which means more efficient use of resources, and that of more security and safety; it is inevitable to use smart technologies in all possible aspect of the city life to reach that promise of efficiency and security.

As one of the leading growing economies of the world with a sizeable population, Turkey has been following this trend in the world. In the last decade, many large and small cities have begun utilizing latest technologies in the city services for the benefit of the residents. The process began individually in major

cities but today the central government has become an integral part of this process by creating national smart city strategy and action plan for the country. Of course, having a strategy or plan does not guarantee the success but it is still a step forward in the right direction. In addition, it shows the level commitment from the central government in assisting local administration both financially and legally. However, these developments already, in a way, prove that the actions in smart city transformation are driven by top-to-bottom approach in Turkey.

Majority of the smart city attempts in Turkey are in the form of applying wireless and digital technologies to existing services which are generally limited to providing information or completing certain service transactions. They can be classified as relatively primitive changes by some especially when they are compared to smart city technologies in Dubai, Barcelona or Singapore. Though this may be true in most cases, it is still important for Turkish cities to initiate these attempts in order not to fall far behind from the rest of the world. With high ratio of young population who are very familiar with the latest technology, Turkish cities have a big potential to adopt their citizens to smart city technologies. This can be achieved faster and better by involving citizens in the decision-making and adaptation process of smart city technologies.

It can be seen that majority of smart city applications in Turkey are quite similar. In a way, it looks like cities are copying each other when it comes to smart city applications. Central decision makers and local municipal authorities should understand and accept that cities are not same. Therefore, it may be more reasonable and feasible to have different smart city strategies for different cities. Resident profile, economy, culture, infrastructure capacity and geography of the cities should be considered when establishing strategies for them. Also, the smart technologies should not only focus on economic impacts but also should pay more attention to environmental impacts and sustainability of the city resources.

The benefits of smart city transformation are clear. However, it should be noted that it is not without its challenges or obstacles. The biggest obstacle is how to deal with private or personal data. By definition, once the city involves various technologies in the life of residents to improve their life, the very same technologies are going to collect and store a lot of direct or indirect information about the users of the services. This data can be misused to take advantage of the people or it can be used to manipulate the public opinion or choices. So far, there have been no effective and proven method to deal with these potential issues of misuse. Involvement of central governments may give comfort to some citizens to certain extent, however, the issue is still a problematic one in case the civilian government authorities might have authoritarian tendencies.

Galéria

Németh István fotói













