

AZ INFORMÁCIÓ ÚTJA

AZ INFORMÁCIÓ TÁROLÁSÁNAK TÖRTÉNETE

I. KÖTET

Az első emlékezettől
a digitális forradalomig

NAGY KÁROLY – ChatGPT

Az információ útja

I. kötet

Az információ tárolásának története

Mottó: „A civilizáció ott kezdődik, ahol az emlékezet maradandóvá válik.”

Tartalomjegyzék

Előszó

Miért akar nyomot hagyni az ember?

I. rész

A nyom megszületése

1. Az emlékezet határai

Miért kellett az információt a fejünkön kívül tárolni?

2. Az első nyomok

Barlangrajzok, rovások, csomók, emlékeztető tárgyak.

3. Az írás forradalma

A gondolat először vált időtállóvá.

II. rész

A tudás megsokszorozása

4. A könyv születése

Papirusz, pergamen, papír.

5. Gutenberg ajándéka

A sokszorosítás forradalma.

6. A világ hálózattá válik

Posta, távíró, telefon, rádió.

III. rész

A valóság megőrzése

7. A fény megállítása

A fényképezés története.

8. A látásunk kiterjesztése

Mikroszkóp, távcső.

9. A hang fogságba ejtése

Fonográf, gramofon, magnetofon.

10. A mozdulat megőrzése

Film, televízió, videó.

IV. rész

Amikor a gépek olvasni kezdtek

11. A lyuk, amely gondolkodni kezdett

Lyukkártya, Jacquard, Hollerith.

12. Az információ láthatatlanná válik

Mágneses adattárolás.

13. Bitek világa

Digitális adattárolás.

14. A digitális Alzheimer-kór

Miért nem elég eltárolni az adatot?

V. rész

A valóság modellezése

15. A világ másolata

Makettek és modellek.

16. A szimuláció kora

Repülőszimulátoroktól a tudományos modellekig.

17. A virtuális világ

VR, AR és a jelenlét illúziója.

VI. rész

Amikor már nem a valóságot őrizzük

18. A mesterséges intelligencia

Az információ újraalkotása.

19. A valóság és a fantázia határán

Deepfake, generált képek, új világok.

20. Ki olvassa a világot?

Az információ és az értelmezés.

VII. rész

A jövő emlékezete

21. Mit kell megmenteni?

Adatok, gépek vagy tudás?

22. A következő adattárolók

Üveg, kerámia, hologram, DNS.

23. Mit hagyunk magunk után?

Az emberiség digitális öröksége.

Epilógus

Az információ útja

A valóságtól a virtuális és generált világokig

Mottó: Az emberiség története egyben annak története is, hogyan tanultunk meg emlékezni – előbb egymás fejében, majd kövekben, könyvekben, gépekben, végül a világot behálózó digitális rendszerekben.

Előszó

Kedves Olvasó!

Egy rendhagyó ismeretterjesztő sorozatot tart a kezében, amely az ősembertől a mesterséges intelligenciáig végig tekinti az információ megőrzését, továbbítását és értelmezésének kérdéseit.

Négy kötetes mű az alábbiakat tartalmazza:

- I. kötet – az információ megőrzésének története
- II. kötet – az információ, tudássá válásának története
- III. kötet – az együttműködő rendszerek evolúcióját és a tudás bölcsességgé érését követi nyomon
- IV. kötet – az intelligenciától a mesterséges intelligenciáig tekinti át a folyamatot és felvázolja, hogy mi várható a jövőben

Nem törekszem a téma teljes körű feldolgozására. Célom inkább az, hogy összefüggéseiben mutassam be az információ megőrzésének és továbbításának történetét.

Bízom benne, hogy a téma iránt érdeklődőknek jó kiindulási alap lehet és talán néha még el is gondolkoztatja az olvasót. A magyar vonatkozásokat és az történelmi érdekességeket kiemelten, keretes bekezdésben adjuk közre.

A könyv íráskor felhasználtam egy korábbi összeállításunkat, amelyet Képes Gáborral közösen írtunk és az információ tárolás történetét tekinteti át (Nagy –Képes: Mentsük, ami menthető /2018/).

https://retropages.hu/Kiallitasok/2018/Mentsuk%20ami%20mentheto_fuzet.pdf

A könyv elkészítése során korszerű mesterséges intelligencia alapú kutatási és szöveggondozási eszközöket is felhasználtam, amelyek új szempontokkal és forrásokkal gazdagították a munkát.

Természetesen nem zárható ki, hogy hibákat is tartalmaz. Ha ilyet észlel, kérjük, jelezze a szerzők felé.

Jó olvasást kívánnak a mű olvasásához:

A szerző

Bevezetés

Miért akar nyomot hagyni az ember?

Hogyan győzi le az ember az időt és a távolságot az információ segítségével?

Rejtélyes lény az ember. Mióta két lábra állt és beszélni kezdett szinte azonnal megjelent az igény, hogy a szerzett ismeretet át tudja adni a társainak. Ezzel hatalmas előnyre tett szert az állatvilággal szemben. A tudás nem veszett el, hanem halmozódott. A beszéd, majd a barlangrajzok is igen korán megjelentek.

Ez az igény a történelem során mit sem változott, csak a technika fejlődött. A könyvnyomtatás, a fényképezés, a hangrögzítés, a film, a rádió, a televízió, majd végül az internet és a digitális hálózatok mind ugyanazt a célt szolgálták: minél több információt minél messzebbre eljuttatni és minél hosszabb időre megőrizni. Mostanában jutottunk el oda, hogy már nem csak rögzítjük valóságot, hanem virtuális valóságot építünk.

Az emberiség történetének jelentős része ezért különös versenyfutás az idővel. Évezredek óta újabb és újabb módszereket találunk ki gondolataink, tapasztalataink és tudásunk megőrzésére.

Jeleket karcoltunk csontba és kőbe. Agyagtáblákba nyomtuk az írásjeleket. Tintával írtunk papiruszra, pergamenre és papírra. Könyveket nyomtattunk, lyukakat ütöttünk kartonlapokba és papírszalagokba. Hangot véstünk viaszhengerbe és hanglemezekbe, képeket rögzítettünk fényérzékeny anyagokra. Később mágneses rétegek parányi tartományaiban, optikai lemezek mikroszkopikus jeleiben és félvezetők elektromos állapotaiban őriztük meg adatainkat.

Ma pedig már gyakran azt sem tudjuk, hol vannak az adataink. Feltöltjük őket a „felhőbe”, és rábízunk egy számunkra láthatatlan technikai rendszerre.

Különös módon azonban a fejlődés nem feltétlenül tette tartósabbá az információt.

Egy több ezer éves agyagtáblát ma is elolvashatunk. Nem kell hozzá külön berendezés, áramforrás vagy számítógépes program. Egy néhány évtizeddel ezelőtt készült mágneslemez tartalma viszont akár örökre elveszhet, mert az adathordozó már tönkrement vagy nincs megfelelő meghajtónk, csatlakozónk vagy programunk az elolvasásához.

Minél több információt tudunk tárolni, annál bonyolultabb technikai rendszerre lehet szükségünk ahhoz, hogy ismét hozzáférjünk.

Mit várunk egy jó információtárolótól?

Legyen gyorsan írható és olvasható. Tároljon minél több információt minél kisebb helyen. Őrizze meg az adatokat hosszú időn keresztül. Legyen könnyen másolható. Ne legyen túl drága. És talán mindenekelőtt: az információ akkor is hozzáférhető maradjon, amikor az azt létrehozó ember és az eredeti technika már régen eltűnt.

E követelményeknek egyszerre még egyetlen információhordozó sem tudott tökéletesen megfelelni.

A kőtábla rendkívül tartós, de nehéz és lassan írható. A könyv évszázadokon át megőrizheti a tudást, és a könyvnyomtatásnak köszönhetően könnyen sokszorosítható, de nagy mennyiségű információ tárolásához hatalmas könyvtárakra van szükség.

A mikrofilm egész könyvtárakat zsugorított néhány szekrénynyi méretűre, de olvasásához már külön berendezés szükséges. A mágneses és optikai adattárolók óriási mennyiségű információ gyors rögzítését és másolását tették lehetővé, élettartamuk azonban korlátozott.

A digitális technika újabb fordulatot hozott. Ma egy tenyérnyi eszközön több információ fér el, mint amennyit egy ember egész életében el tudna olvasni. A világ számítógépei, adatközpontjai és hálózatai pedig szinte felfoghatatlan mennyiségű adatot őriznek.

De vajon valóban megőrizzük ezeket az adatokat?

Vagy csak ideiglenesen tároljuk őket egy állandóan változó technikai rendszerben?

A kutatók ma üvegbe, kristályokba és mesterségesen előállított DNS-molekulákba próbálnak információt írni. Olyan adattárolókat keresnek, amelyek hatalmas mennyiségű adatot akár évszázadokon vagy évezredekken át képesek megőrizni.

Az információt azonban nem elég tárolni, el is kell juttatni a célközönséghez. A beszéd csak hallótávolságon belül működött. Az írás már távolabbra is eljuttatható volt. Ma, az Internet korában szinte mindenki azonnal hozzájuthat a friss információkhoz.

Közben azonban egy másik probléma is egyre sürgetőbbé válik.

A múlt század végének mágneslemezei, szalagjai és korai digitális dokumentumai közül sok már ma is nehezen olvasható. Weboldalak tűnnek el, szolgáltatások szűnnek meg, fájlformátumok és programok válnak használhatatlanná. Soha nem termeltünk ennyi információt — és talán soha nem fenyegetett bennünket ilyen mértékben annak észrevétlen elvesztése.

Ez a könyv az információ megőrzésének, továbbításának néhány fontos állomását mutatja be. Nem vállalkozhattam a teljes történet elmondására. Egy-egy fejezetről önálló könyveket lehetne írni.

Inkább arra kerestem a választ, hogyan próbálta az ember az évezredek során legyőzni a felejtést.

Hogyan őrizhetjük meg azt, amit tudunk? Tudjuk-e majd értelmezni a megőrzött információt?

És talán még fontosabb a kérdés: vajon abból a mérhetetlen mennyiségű információból, amelyet ma létrehozunk, mi marad meg az utánunk következőknek? Hogyan szűrjük ki a hamis információkat?

Mentsük, ami menthető (és ami mentésre érdemes)!

Hogy a feltett kérdésre is választ adjunk: „**Miért akar nyomot hagyni az ember?**”

Talán azért mert ez evolúciós előnyt jelent a számunkra, hogy a tudás exponenciálisan halmozódik. Most először történik meg az emberiség történetében, hogy az információ létrehozásában és értelmezésében már nem kizárólag az ember vesz részt. A mesterséges intelligencia új korszakot nyit az információ történetében.

I. rész

A nyom megszületése

1. Beszéd, az emlékezet határai

Miért kellett az információt a fejünkön kívül tárolni?

A beszéd egy különleges kódolás - dekódolás. A hangszálak rezgését a levegő továbbítja és a fül alakítja az agy számára jelekké.

Régebben sokan azt gondolták, hogy azért csak az ember tud beszélni, mert mélyebben helyezkedik el a gégéje. Ez részben igaz, de önmagában nem elegendő magyarázat.

A legújabb kutatás szerint az emberi gége evolúciója során:

- elveszített néhány olyan összetett anatómiai elemet, amelyek a többi főemlősnél megmaradtak,
- emiatt a hangképzés kevésbé lett "specializált", viszont sokkal **rugalmasabbá** vált,
- ez nagyobb hangtartományt és finomabb artikulációt tett lehetővé.

Ez azonban csak az egyik fele a történetnek.

Amitől igazán emberi lett a beszéd:

Az ember nem azért tanult meg beszélni, mert megváltozott a gégéje. Ahhoz már volt "hangszóró". Az igazi áttörést az jelentette, amikor az agy megtanulta a hangokat jelentéssel összekapcsolni.

a) A hardver

- gége,
- nyelv,
- ajkak,
- légzés szabályozása.

Ez a "hangszóró".

b) Az idegrendszer

- Broca-terület,
- Wernicke-terület,
- hallókéreg,
- a mozgásokat irányító kérgi hálózatok,
- a hangképzés időzítése.

Ez a "processzor".

c) A szoftver

- nyelvtan,

- szókincs,
- szimbolikus gondolkodás,
- társas tanulás,
- kultúra.

Ez maga a "program".

Ha csak az első van meg (mint sok állatnál), akkor még összetett gondolatok sem fejezhetők ki.

Ha az első kettő megvan, de a harmadik nincs, akkor csak hangokat lehet kiadni.

Az evolúció először létrehozta a rugalmas hangképzés anatómiai feltételeit. Ezután az egyre nagyobb és összetettebb emberi agy megtanulta ezeket a hangokat jelentéssel felruházni, végül pedig megszületett a nyelv, amely az információ átadásának addigi leghatékonyabb eszközévé vált.

Talán ez a legfontosabb. **A beszéd evolúciójában a gége csak a hardver egyik eleme volt. A valódi áttörést az agy és a szimbolikus nyelv megjelenése hozta.** Számos beszélt nyelv alakult ki az idők folyamán. Az adott beszédet csak az tudja dekódolni aki ismeri az adott nyelvet.

A beszéd kézjelekkel – a jelnyelvek világa

Amikor a nyelvre gondolunk, többnyire a kimondott szavak jutnak eszünkbe. Pedig az emberi kommunikáció nem kizárólag hangokkal történhet. A siket közösségek évszázadok alatt saját, teljes értékű **jelnyelveket** alakítottak ki.

A jelnyelv nem egyszerű pantomim és nem is a beszélt nyelv "elmutogatott" változata. Saját szókincse, nyelvtana és mondatszerkezete van. A jelentést a kéz formája, mozgása, a testtartás, valamint az arc mimikája együtt hordozza.

Érdekesség, hogy **nincs egységes nemzetközi jelnyelv**. Ahogyan a beszélt nyelvek, úgy a jelnyelvek is országonként és közösségenként fejlődtek ki. Létezik magyar, amerikai, brit, francia és sok más jelnyelv, amelyek gyakran éppúgy különböznek egymástól, mint a hangzó nyelvek.

A modern nyelvészet ma már a jelnyelveket a természetes emberi nyelvekkel teljesen egyenrangúnak tekinti. Kutatásuk azt is bizonyította, hogy az emberi agy ugyanazokat a nyelvi központokat használja a jelek feldolgozására, mint a beszélt nyelv esetében.

A jelnyelv története arra emlékeztet bennünket, hogy **a nyelv lényege nem a hang, hanem az információ átadása**. Az emberi gondolatok szavak helyett kézmozdulatokkal is ugyanúgy kifejezhetők.

Érdekesség

A siket csecsemők ugyanúgy "gügyögnek" a kezükkel, mint a halló gyermekek a hangjukkal. A nyelvelsajátítás tehát nem a beszédhez, hanem az ember veleszületett nyelvi képességéhez kötődik.

Az információ számára nem a hordozó a fontos. Lehet kőbe vésve, papírra írva, elektromos jelként továbbítva vagy kézmozdulatokkal kifejezve – a lényeg mindig ugyanaz: egy gondolat eljut egyik ember elméjéből a másikéba. A beszéd fejlődése valójában **az emberi nyelv és kommunikáció fejlődésének története**, amelynek a hang csak az egyik – bár kétségtelenül leggyakoribb – megvalósulási formája.

Tulajdonképpen ez volt az első "nagy informatikai forradalom".

A genetikai információ mellett megjelent a **kulturális információ**, amelyet már nem a DNS, hanem a beszéd hordozott.

A beszédet a hallgató az agyába „mentette el”. Az agy kapacitása hatalmas ugyanakkor nem igazán megbízható. Felejtéssel az információ torzul és már hiányosan adjuk tovább és néha hozzá is teszünk. Így születnek a mondák, legendák. További probléma az aggyal, hogy halálunk esetén a tárolt információ teljes egészében elvész. Ezért a beszélő, ha azt szeretne volna, hogy a története fennmaradjon, minél több embernek kellett elmesélni, vagyis több másolatot kellett készíteni. Ez a számítástechnika korába sem változott. Ma is biztonsági másolatokat készítünk a fájljainkról.

Van még egy fontos vonatkozás:

A nyelv nemcsak az egyén intelligenciáját növelte, hanem az egész közösségét.

Ekkor a természetes szelekció már nemcsak az **egyént**, hanem a **jobban kommunikáló csoportot** is előnyben részesítette. Ezt a gondolatot sok evolúciókutató is hangsúlyozza: a nyelv a társas együttműködés hatékonyságát növelte, ami rendkívül erős szelekciós előnyt jelentett.

Azt is mondhatjuk, hogy **a biológiai evolúció és a kulturális evolúció egymásnak adta át a stafétabotot**. Az első létrehozta a beszélő embert, a második pedig az információs civilizációt. A jövő: gépi evolúció?

Az evolúció nem a legerősebb lényt hozta létre, hanem azt a fajt, amely képes volt a tudását felhalmozni és továbbadni.

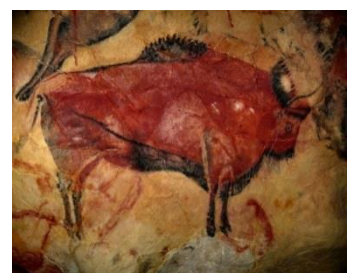
Tapasztalat → **Beszéd** → Írás → Nyomtatás → Hang → Mozgókép → Interaktivitás → Mesterséges intelligencia

2. Az első nyomok, amikor a jel túlélte az embert

Barlangrajzok, rovások, csomók, emlékeztető tárgyak.

Mikor tárolt először információt az ember?

Erre a kérdésre nincs biztos válaszunk. Egy barlang falára festett bölény számunkra kép. De vajon mit jelentett annak, aki több tízezer



évvel ezelőtt elkészítette? Egy vadászat emlékét? Egy történetet? Vallási jelképet? Útmutatást? Vagy valamit, amit ma már képtelenek vagyunk megfejteni?

A barlangrajzokat sokáig egyszerűen az őskori ember művészi alkotásainak tekintették. Ma már óvatosabbak vagyunk. A képek mellett pontok, vonalak, kézlenyomatok és ismétlődő jelek is megjelennek. Nem tudjuk biztosan, mit jelentettek, és azt sem, hogy valódi információs rendszer részét alkották-e.

Itt máris felmerül a dekódolás problémája. Egy tárolt információ csak akkor értékelhető, ha tudjuk dekódolni. De a kép még nem tudta pontosan elmondani, hogy mi történt. Erre a későbbiekben még többször visszatérünk.

Egy azonban bizonyos: az ember nagyon korán felismerte, hogy a jelek túlélhetik alkotójukat.

Talán itt kezdődött az információ tárolásának története.

A ma ismert őskori képi ábrázolások közül számos több tízezer éves. Az Altamira-barlang festményeinek felfedezése a 19. század végén alapjaiban változtatta meg az őskori emberről alkotott képünket. Az eredeti füzet is Altamirát emeli ki, és megemlíti a 64 ezer évesre becsült spanyolországi barlangi jeleket.

Azóta még világosabbá vált, hogy a képi és jelképes ábrázolás története jóval régebbi és összetettebb annál, mint korábban gondoltuk.

A barlangok falán állatok, emberi alakok és geometrikus jelek jelennek meg. Gyakoriak a kézlenyomatok is. Az ember a falra tette a kezét, majd festékanyagot fújt köré. Több tízezer évvel később a kéz gazdájáról semmit sem tudunk.

A keze nyoma azonban itt maradt.

Nehéz ennél egyszerűbb és megrendítőbb példát találni az információ fennmaradására.

Mintha valaki a távoli múltból csak ennyit üzenne: itt voltam!



A térbeli ábrázolás is nagyon korán megjelent. Az ember csontból, kőből és agyagból figurákat készített. A híres Willendorfi Vénusz mintegy 30 ezer éves.

De ezek a tárgyak még nem írások.

A kép és a jel jelentése nagyrészt attól függ, aki látja. Egy bölény rajza felismerhető, de nem mondja meg egyértelműen, hogy „tegnap három bölényt ejtettünk el a folyó mellett”.

Ehhez valami újra volt szükség.

A graffiti – modern barlangrajz?

A fal talán az emberiség legrégebbi üzenőfelülete. Őseink állatokat, vadászjeleneteket, jeleket és saját kezük lenyomatát hagyták a barlangok falán. Több tízezer évvel később a városi ember neveket, jeleket, képeket és üzeneteket fest a házak falára.

A kettő természetesen nem ugyanaz: más a társadalmi környezetük, céljuk és jelentésük. Mégis közös bennük egy ősi emberi késztetés: **képpel és jellel nyomot hagyni magunk után.**

Erre utal a gyermek fejlődése is. A kisgyermek már jóval azelőtt firkál és rajzol, hogy írni tudna. Az írás megtanult kódrendszer, a képi nyomhagyás azonban sokkal közvetlenebb módja a gondolat és az élmény külsővé tételének.

A barlang falától a városi tűzfalon át a digitális képernyőig ezért ugyanaz a történet is végigkövethető:

kéz → nyom → kép → jel → üzenet → emlékezet.



3. Az írás forradalma

Amikor a jel, jelentést kapott

Az írás egy bonyolult jelrendszer, amelyet valamilyen felületen rögzítünk. A jelenleg beszélt mintegy három ezer nyelvből csak mintegy száznak van írott formája is. Ez is mutatja, hogy az írás egy igen nehéz és összetett művelet.

Az írás történetének kezdete nem egyetlen pillanat és nem egyetlen feltaláló műve.

Az ember először valószínűleg egyszerű jelekkel rögzített mennyiségeket, tulajdont vagy eseményeket. Egy bevágás jelenthetett egy állatot, egy napot vagy egy adósságot. A jel értelmét azonban ismerni kellett.

A nagy fordulat akkor következett be, amikor a jelekből rendszerek alakultak ki.

A Kr. e. 4. évezred végén Mezopotámia városaiban már egyre bonyolultabb gazdasági és igazgatási feladatokat kellett megoldani. Nyilván kellett tartani a termést, az állatokat, a raktárak készleteit és a különféle szolgáltatásokat. Az emberi emlékezet ehhez már kevés volt.

A gondolat először vált időtállóvá.

Az agyag viszont szinte mindenütt rendelkezésre állt.

A nedves agyagtáblába nádból készített íróvesszővel jeleket nyomtak. A korai képjelek fokozatosan egyszerűsödtek, és kialakult az ékírás jellegzetes formája.

Ékírás

Kutatók úgy gondolják, hogy a mai napig az emberiség legrégebbi írásrendszere az ékírás. Számos Mezopotámiából származó agyag- és kőtáblán láthatjuk az ékírást.



Az agyagtábla különös információhordozó volt. Írni viszonylag könnyen lehetett rá. A még nedves táblát ki lehetett javítani vagy újra fel lehetett használni. Ha azonban kiszáradt vagy kiégett, rendkívül tartóssá vált.

Sőt, néha éppen a pusztítás mentette meg.

Amikor egy épület leégett, a tűz az agyagtáblákat akaratlanul is kiégethette. A faépület eltűnt, az iratok azonban évezredekig át fennmaradtak.

A katasztrófa archivált.

Ez az információátvitel történetének egyik különös paradoxona.

Tapasztalat → Beszéd → **Írás** → Nyomtatás → Hang → Mozgóképek → Interaktivitás → Mesterséges intelligencia

II. rész

A tudás megsokszorozása

4. A könyv születése

Az információ útra kel.

A kő és az agyag tartós volt, de nehéz. Az információ azonban egyre nagyobb távolságokat járt be. Leveleket, rendeleteket, vallási szövegeket és gazdasági feljegyzéseket kellett szállítani.

Az írás már túlélte az embert, de lassan terjedt. Ezért kellett a könyv.

Ehhez könnyebb információhordozókra volt szükség.

Az ókori Egyiptom területén a papiruszsás szárából készített lapok váltak fontos íráshordozóvá. A papirusz könnyű volt, fel lehetett tekerni, és lényegesen egyszerűbben szállítható volt, mint egy agyagtábla.

Később a pergamen terjedt el. Állati bőrből készítették, előállításuk költséges volt, de tartós, erős és mindkét oldalán írható felületet adott.

A leghíresebb korai „könyvtár” Alexandriában volt, de sajnálatos módon megsemmisült.

Ez volt az első „data center”. Papirusz tekercsek és részben pergamenek ezreit tárolták. A korának szinte minden információja fellelhető volt itt. Az emberiség nagy vesztesége, hogy megsemmisült. Ismét kiemeljük a másolatok fontosságát, amely drasztikusan csökkentheti az információ vesztesés esélyét.

Az első áttörést a papír jelentette.

Az információhordozók történetében újra és újra ugyanaz a folyamat figyelhető meg: az ember könnyebb, olcsóbb, gyorsabban írható és nagyobb mennyiségben előállítható hordozót keresett.

De minden új hordozóval valamit nyertünk és valamit elveszítettünk.

A kő évezredekig élhet túl, de nehéz.

A papirusz könnyű, de sérülékenyebb.

A pergamen tartós, de drága.

A papír olcsó és tömegesen gyártható, de tűz, víz és az idő könnyen károsíthatja.

A tökéletes információhordozó keresése már évezredekkel a számítógép feltalálása előtt elkezdődött.

Az információ megőrzéséhez azonban nem elég, hogy a hordozó fennmaradjon.

A jeleket érteni is kell. Minden kor hagy maga után üzeneteket.

A kérdés mindig ugyanaz: lesz-e, aki még el tudja olvasni őket?

Erre talán a leghíresebb példa a Rosette-i kő.

Rosette-i kő (i.e. 196)

V. Ptolemaiosz Kr. e. 196-ban kelt rendelete olvasható a kövön.

A [görög](#) szöveg kezdete: „Basileuontos tou neou kai paralabontos tén basileian para tou patros...” (Az új király, atyjától átvéve a királyságot...). A rendelet különféle kivetendő [adókról](#), a templomokban felállítandó szobrokról rendelkezik, valamint arról, hogy a rendelet három nyelven adandó ki: az „istenek szavaival”, azaz hieroglifákkal, a nép nyelvén (démotikus írással) és ión (görög) nyelven.

Ez segítette hozzá a kutatókat az egyiptomi hieroglifák megfejtéséhez.



A hieroglifák évszázadokon át ott voltak a templomok és sírok falain.

Az információ fizikailag nem veszett el. Az olvasás képessége veszett el. Ez meglepően modern probléma.

Egy régi mágneslemezen ma is ott lehet minden adat. Egy számítógépes fájl bitjei hibátlanul fennmaradhatnak. Ha azonban nincs eszközünk, programunk vagy ismeretünk az értelmezésükhöz, az információ számunkra éppolyan néma, mint egy megfejtetlen ősi írás.

Az információ megőrzéséhez tehát három dolog szükséges:

Meg kell őrizni a hordozót, a jeleket és a jelek értelmezésének módját.

Ez a szabály az agyagtáblára éppúgy igaz, mint a számítógépes fájlokra.

Ezer év üzenetei

Ha egy több ezer éves agyagtáblát nézünk, könnyű történelmi távolságot tartani. Mezopotámia, Egyiptom vagy az ókori görög világ messze van tőlünk térben és időben.

De mi történt közben itt, a Kárpát-medencében?

Milyen üzeneteket hagytak ránk azok, akik évszázadokkal előttünk éltek ezen a földön?

A magyar történelem legkorábbi írott emlékei különös kapcsolatot teremtenek múlt és jelen között. Nem csupán történelmi dokumentumok. Információhordozók, amelyek évszázadokon keresztül őriztek meg neveket, szavakat és gondolatokat.

1055-ben Tihanyi Bencés Apátság alapítólevelét latin nyelven írták.

A szöveg azonban magyar szavakat és kifejezéseket is tartalmaz.

Leghíresebb közülük:

„feheruuaru rea meneh hodu utu rea”

Vagyis megközelítőleg: a Fehérvárra menő hadi útra.

A mondattörredék ma kissé idegenül hangzik, mégis felismerünk benne valamit saját nyelvünkéből.

Közel ezer év telt el. Birodalmak születtek és tűntek el. Háborúk pusztítottak. Városok épültek át. Nemzedékek százai váltották egymást. A pergamen azonban megőrizte a jeleket. És a jelek megőrizték a nyelvet.

Egy 1055-ben leírt magyar mondattörredéket ma is ki tudunk mondani.

Talán ritkán gondolunk bele, milyen különleges teljesítménye ez az információ tárolásának.

„Látjátok feleim...”

Mintegy másfél évszázaddal később már egy összefüggő magyar nyelvű szöveg szól hozzánk.

A 12. század végén keletkezett Pray-kódex őrizte meg a Halotti beszéd és könyörgés szövegét.

„Látjátok feleim szümtükkal, mik vogymuk...”

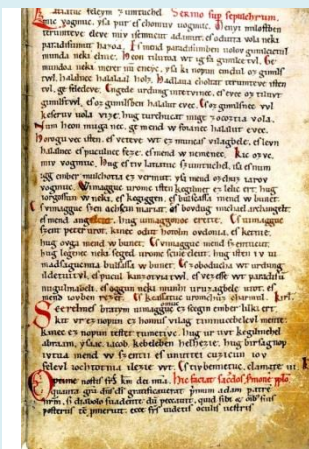
A szöveg nyelve archaikus, mégis meglepően közeli.

Nemcsak elolvashatjuk.

Bizonyos részeit meg is értjük.

A Halotti beszéd különös időhíd. Egy ismeretlen ember közel nyolcszáz évvel ezelőtt leírta a szavakat. Azok, akikhez beszélt, régen meghaltak. A helyzet, amelyben a szöveg elhangzott, elmúlt.

A szavak azonban megmaradtak. Az emberi hang eltűnt. Az információ túlélte.



Egy reneszánsz adatközpont

A 15. században Hunyadi Mátyás budai udvarában létrejött Európa egyik jelentős reneszánsz könyvtára, a Bibliotheca Corviniana.

A könyvtár köteteit ma corvináknak nevezzük.

Mátyás halálakor a gyűjtemény nagyságát nehéz pontosan meghatározni. Több ezer művet tartalmazhatott, és a korszak egyik kiemelkedő tudásközpontja volt. A 2500 corvinából csak mintegy 216 -235 fennmaradt kódex ismert. Hazai közgyűjteményeinkben összesen 53-55 darabot őriznek.

https://hu.wikipedia.org/wiki/Bibliotheca_Corviniana

Mai szemmel akár egy korai adatközpont is hasonlíthatjuk.

Természetesen nem gépek tárolták benne az információt. Polcokon sorakozó kéziratok őrizték az ókor és a középkor tudását.

A hasonlat mégsem teljesen alaptalan.

A könyvtár feladata az volt, hogy összegyűjtse, rendszerezze és hozzáférhetővé tegye az információt. Ugyanezt tesszük ma az adatközpontokban.

Csak a hordozó változott.

A Bibliotheca Corviniana története azonban figyelmeztetés is. A könyvtár szétszóródott. A kötetek egy része elveszett, más része ma a világ különböző gyűjteményeiben található.

Egy információs rendszer nemcsak technikai okból pusztulhat el.

Háború, hatalom és történelem éppúgy törölhet adatokat, mint egy meghibásodott merevlemez.

5. Gutenberg ajándéka

A másolat forradalma

Évezredek óta az információ megőrzésének egyik legnagyobb veszélye az volt, hogy egy szövegből csak kevés példány létezett.

Ha egy agyagtábla összetört, egy papirusztekercs elégett vagy egy kódex megsemmisült, előfordulhatott, hogy vele együtt egy történet, egy tudományos felismerés vagy egy egész mű is örökre eltűnt.

A megoldás egyszerűnek tűnik: másolatot kell készíteni.

Csak hogy évezredek keresztül a másolat elkészítése majdnem ugyanannyi munkát igényelt, mint az eredeti létrehozása.

Egy ember – egy másolat

A könyvnyomtatás előtt a szövegeket kézzel másolták.

A középkori Európában ennek fontos helyszínei voltak a kolostorok másolóműhelyei, a scriptoriumok. A másoló előtt feküdt az eredeti kézirat, és sorról sorra, betűről betűre újraírta a szöveget.

Hosszú és fáradságos munka volt.

Egy nagyobb könyv elkészítése hónapokig, olykor évekig tarthatott. A pergamen drága volt, a másoló munkája szintén. Egy könyv ezért önmagában is jelentős értéket képviselt.

És volt még egy probléma. A másoló ember volt.

Elfáradt. Félreolvasott egy szót. Kihagyott egy sort. Néha kijavította azt, amit hibának gondolt, máskor magyarázatot írt a szöveg mellé. A következő másoló esetleg már ezt a megjegyzést is az eredeti szöveg részének tekintette.

A másolat tehát nem mindig volt pontos másolat.

Az információ, másolás közben változhatott.

Mai szóval azt mondhatnánk: másolási hibák kerültek az adatba.

Ez a jelenség jóval régebbi a számítógépeknél. Ugyanaz a jel újra és újra.

Az ember már az ókorban felismerte, hogy az ismétlődő jeleket felesleges minden alkalommal újra megrajzolni.

A pecsét egyszerű információs gép.

Felületén egy jel vagy kép található, amely megfelelő anyagba nyomva újra és újra ugyanazt a mintát hozza létre.

Egy minta – sok azonos lenyomat.

Ez a sokszorosítás alapgondolata.

A pecsétektől azonban hosszú út vezetett a könyvek nyomtatásáig. Egy teljes oldal szövegét fába lehetett metszeni, majd festékekkel több példányban lenyomtatni. Ha azonban a szövegben egyetlen betűt meg kellett változtatni, az egész nyomódúcot újra kellett készíteni.

A valódi áttöréshez fel kellett ismerni valami mást: nem az oldalt kell sokszorosítani, hanem a jeleket kell újra felhasználhatóvá tenni.

A nyomtatás nem Európában kezdődött. A könyvnyomtatás történetét gyakran Johannes Gutenberg nevével kezdjük. Pedig a történet jóval korábban és jóval keletebbre nyúlik vissza.

Kína területén már évszázadokkal Gutenberg előtt használták a fametszetes nyomtatást. A teljes oldal szövegét és képeit egy fatáblába metszették, befestékezték, majd papírra nyomtatták.

A ma ismert egyik leghíresebb korai nyomtatott könyv a 868-ban készült Gyémánt szútra.

A példány történetének magyar vonatkozása is van: a tunhuangi barlangkönyvtár anyagának jelentős részét Stein Aurél tárta fel a nyugati tudomány számára.

A 11. században a kínai Bi Sheng már mozgatható írásjelekkel kísérletezett. Később Korea területén fémből készült mozgatható írásjeleket is alkalmaztak.

A mozgatható betű tehát nem európai találmány.

Mégsem alakította át Kelet-Ázsiát ugyanolyan gyorsan, mint később Európát.

Ennek egyik oka maga az írásrendszer lehetett. Az európai ábécék néhány tucat betűjével szemben a kínai írás több ezer írásjelet használ. Néhány tucat fémbetűből szinte bármilyen magyar, német vagy latin szöveg összeállítható.

Több ezer különböző írásjel tárolása, rendezése és kezelése lényegesen nehezebb feladat.

Ugyanaz a technikai ötlet más információs környezetben egészen más eredményre vezethet.

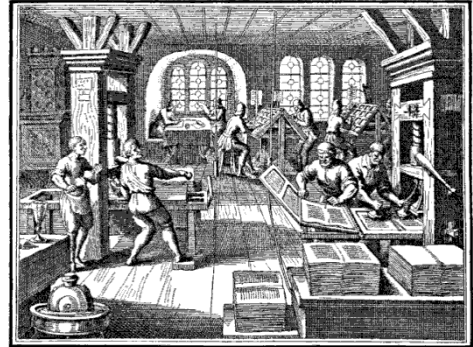
Gutenberg rendszere

A 15. század közepén Gutenberg nem egyszerűen „feltalált egy gépet”.

A nyomtatás több alapelve már ismert volt. Létezett papír. Ismerték a sajtókat. Használtak nyomódúcokat és mozgatható elemeket is.

Gutenberg nagy teljesítménye az volt, hogy mindezekből **működő rendszert hozott létre.**

Újra felhasználható, egységes fémbetűket lehetett nagy számban előállítani. A betűket sorokba rendezték, a sorokból oldalakat állítottak össze. A nyomtatás után a szedést szétszedték, a betűket visszatették a helyükre, majd egy új szöveghez ismét felhasználták őket.



Ugyanaz az „a” betű egyik nap egy Biblia szövegében szerepelhetett, másnap pedig egy egészen más könyvben.

A betű önálló, újra felhasználható információs építőelemmé vált.

Mai szemmel nézve meglepően modern gondolat.

Az információt elemekre bontjuk, az elemeket szabványosítjuk, majd tetszőleges sorrendben újra összeállítjuk.

A számítógépes információfeldolgozás egyik alapgondolata is hasonló.

Egy könyvből száz könyv

A nyomtatás legnagyobb hatása azonban nem technikai volt, hanem matematikai.

Tegyük fel, hogy egy kéziratból egyetlen példány létezik. Ha az elpusztul, a benne tárolt információ elveszhet. Ha tíz példány létezik, már kisebb a veszély. Ha ezer példányt készítünk, és azokat különböző városokba, országokba juttatjuk el, rendkívül nehézvé válik valamennyi példány megsemmisítése. A sokszorosítás az információ túlélési esélyét növeli.

Ma ezt redundanciának nevezzük.

A fontos számítógépes adatokat több merevlemezen, több szerveren, lehetőleg egymástól távoli adatközpontokban tároljuk.

Gutenberg korában ugyanez az elv könyvekkel működött.

Nem biteket másoltak, könyveket.

Az információ kiszabadul

A könyvek számának növekedése alapvetően változtatta meg Európát.

A tudás többé nem kizárólag néhány kolostor, uralkodói udvar vagy gazdag ember könyvtárában létezett. Egyre több azonos szöveg került egyre több ember kezébe.

A tudósok ugyanarra a műre hivatkozhattak.

Az olvasók összehasonlíthatták a szövegeket.

Az új gondolatok gyorsabban terjedtek.

A hibák is gyorsabban terjedhettek.

És természetesen a hazugságok is.

A nyomtatás nem tett különbséget igaz és hamis információ között, csak sokszorosított.

Ez is ismerősen hangzik a digitális kor emberének.

A könyv mint adattároló.

A nyomtatott könyv információtechnikai szempontból különös eszköz.

Nem igényel energiát.

Nem kell hozzá külön olvasó berendezés.

Az emberi szem közvetlenül érzékeli a rajta tárolt jeleket.

Megfelelő körülmények között évszázadokon át fennmaradhat.

Könnyen szállítható.

És tömegesen sokszorosítható.

Hátrányai is vannak. A könyvek sok helyet foglalnak. A bennük tárolható információ mennyisége korlátozott. A keresés lassú, különösen ha nem tudjuk, melyik könyvben keressük az adatot.

Mégis figyelemre méltó, hogy az ötszáz éves nyomtatott könyv ma is használható.

Kinyitjuk, és olvassuk. Nincs szükségünk ötszáz éves berendezésre.

Vajon egy ma készített digitális adathordozóról elmondhatjuk ugyanezt 2526-ban?

Amikor nem mindenki olvashatja – a titkosítás története

Az információ története nemcsak arról szól, hogyan őrizzük meg vagy továbbítsuk az üzeneteket, hanem arról is, hogy **ki férhet hozzájuk**.

A beszéd, az írás vagy a nyomtatás célja általában az volt, hogy minél többen megértsék az üzenetet.

De, az emberrel szinte egyidős az az igény is, hogy üzeneteit csak a kiválasztottak tudják megérteni. Beszéd esetén ez egyszerű volt, mert csak a kiválasztottnak mondta el az ember.

A titkosítás ezzel szemben éppen az ellenkező célt szolgálja: az információ akkor is eljuthat bárhová, ha útközben mások is látják, de csak a címzett tudja elolvasni. Nyomtatott üzenet elveszhetett, ellophatták ezért kellett biztosítani, hogy ne értsék meg.

A legegyszerűbb titkosítások már az ókorban is ismertek voltak. Julius Caesar például olyan helyettesítő kódot használt, amelyben minden betűt néhány hellyel arrébb lévő betűvel helyettesített. Ma ezt Caesar-rejtjelnek nevezzük.

A középkorban és az újkorban egyre bonyolultabb titkosítások jelentek meg. Uralkodók, diplomaták és hadvezérek leveleit gyakran csak speciális kulcs birtokában lehetett megfejteni.

A XX. században a mechanikus titkosító gépek, köztük a híres **Enigma**, már több milliárd különböző beállítást tudtak létrehozni. A második világháború során az Enigma megfejtése jelentős szerepet játszott a szövetségesek sikerében.

Napjainkban a titkosítás szinte láthatatlanul vesz körül bennünket. Az internetes bankolás, az elektronikus levelezés, a mobiltelefonok vagy az online vásárlás mind korszerű kriptográfiai eljárásokat használnak. Ezek nélkül a digitális társadalom nem működhetne biztonságosan.

A kvantumszámítógép alapjaiban rengeti meg a mai titkosítási eljárásokat.

A nyelv és a titkosítás

Érdekes módon a titkosítás is egyfajta nyelv.

A különbség csupán annyi, hogy míg egy természetes nyelv célja, hogy **minél többen megértsék**, addig a titkosítás célja, hogy **csak a kiválasztottak értsék meg**.

Mindkettő ugyanarra az alapelvre épül:

kódolás → átvitel → dekódolás.

A különbséget nem a folyamat, hanem a **kulcs** jelenti.

Minden nyelv egy kód. A titkosítás csak annyiban különbözik tőle, hogy a dekódolás kulcsát nem mindenki ismeri.

Szteganográfia – az üzenet, amely nem is látszik

A titkosítás célja, hogy egy üzenetet az illetéktelen ne tudjon elolvasni. A titkosított szövegről azonban többnyire rögtön látszik, hogy valamilyen rejtett információt tartalmaz. A **szteganográfia** más utat választ: nem az üzenet tartalmát teszi érthetlenné, hanem **magának az üzenetnek a létezését próbálja elrejteni**.

A szó görög eredetű: a *steganos* jelentése „fedett, rejtett”, a *graphein* pedig „írni”. Vagyis szó szerint: **rejtett írás**.

Már az ókorban is ismerték

A szteganográfia egyik legismertebb történetét Hérodotosz írta le. Hisztiaiosz, amikor titkos üzenetet akart küldeni, állítólag leborotváttatta egy rabszolga fejét, a fejbőrére tetováltatta az üzenetet, majd megvárta, amíg a haja visszanő. Ezután útnak indította. A címzettnek csak le kellett borotválnia a hírnök fejét, hogy elolvashassa az üzenetet.

Egy másik ókori módszernél viasszal bevont írótablát használtak. A titkos szöveget magára a fatáblára írták, majd ismét viasszal borították. Kívülről az egész egy üres írótablának látszott.

Később elterjedtek a **láthatatlan tinták** is. Bizonyos folyadékokkal írt szöveg száradás után eltűnik, majd melegítés vagy valamilyen vegyszer hatására ismét láthatóvá válik. A módszert évszázadokon keresztül használták titkos levelezésre és kémkedésre.

Üzenet a szövegben

Az üzenetnek még különleges hordozóra sincs szüksége. Elrejthető egy teljesen ártalmatlannak látszó szövegben is. Ilyen például az **akrosztichon**, amikor a sorok vagy mondatok kezdőbetűit összeolvasva kapjuk meg a valódi üzenetet.

A szteganográfia alapelve tehát egyszerű:

titkos üzenet + ártalmatlan hordozó → látszólag ártalmatlan információ.

A digitális világ új lehetőséget adott

A számítógépek korában a szteganográfia különösen érdekes területté vált. Egy digitális fénykép több millió képpontból áll, amelyek színét számok írják le. Ha ezeknek a számoknak csak a legkisebb helyi értékű biteit módosítjuk, a kép szabad szemmel gyakorlatilag változatlan maradhat, miközben a módosított bitekben információ tárolható.

Így egy hétköznapi fénykép akár szöveget vagy más adatot is rejthet anélkül, hogy a szemlélő bármi szokatlant észrevenne.

Hasonló eljárással információ rejthető hang- és videofájlokba, illetve más digitális adatokba is.



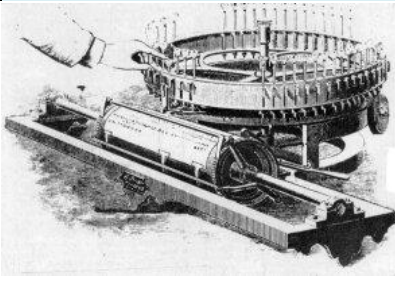
Amikor eltűnt a kézírás. Az írógép

Évezredekken keresztül az írott szöveg magán viselte készítőjének nyomát.

Nemcsak azt lehetett elolvasni, mit írt valaki, hanem bizonyos értelemben azt is látni lehetett, hogyan írta.

A betűk formája, mérete, dőlése, a sorok egyenetlensége mind az író kezének mozgását őrizte.

A kézírás személyes volt.



Aztán megjelent egy gép, amely minden ember helyett ugyanazokat a betűket írta.

Az írógép szabványosította az emberi írást. Egy gép, amely ír. Az ötlet meglepően régi.

Henry Mill angol mérnök 1714-ben szabadalmat kapott egy olyan szerkezetre, amely a leírás szerint betűket tudott papírra nyomni. Nem tudjuk pontosan, hogyan működött, és az sem biztos, hogy valaha elkészült.

A következő másfél évszázadban számos feltaláló próbált mechanikus írószerkezetet készíteni.

A cél eleinte nem feltétlenül az irodai munka gyorsítása volt.

Több korai szerkezetet vak emberek számára terveztek.

A magyar technikátörténetben itt ismét érdekes kitérőt tehetünk.

Kempelen Farkas az 1770-es években egy domború betűket nyomtató szerkezetet készített Paradis Mária Terézia számára.

A vak zongoraművész így olyan leveleket írhatott, amelyeket látó emberek is el tudtak olvasni.

Ez különösen szép példája annak, hogy egy információs technológia jelentősége nem mindig ott jelenik meg először, ahol később tömegessé válik.

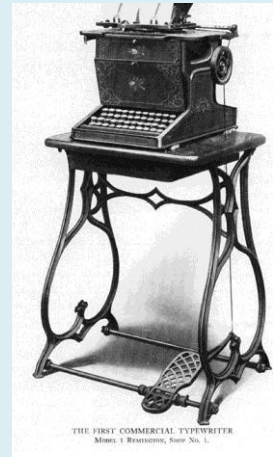
Az írógép egyik őse nem egy irodában, hanem egy fogyatékkal élő ember kommunikációját segítve született.

A kéz és a betű szétválik

A 19. század második felére számos írógépszerkezet készült.

A nagy áttörést Christopher Latham Sholes és társainak gépe hozta el. A konstrukció gyártását az amerikai Remington vállalat vállalta el.

Az 1870-es években megjelent Remington írógépek még sok szempontból különböztek későbbi utódaiktól, de az alapelv már ismerős volt.



A billentyű lenyomására egy betűkar mozdult el. A betű festékszalagon keresztül a papírnak ütődött.

Egy mozdulat, egy betű. A folyamat mechanikus volt, de valami fontos megváltozott.

Ha tíz ember ugyanazon az írógépen leírta ugyanazt a mondatot, a betűk formája lényegében azonos volt.

A szöveg többé nem árulta el közvetlenül az író kezét. Az ember létrehozta a szöveget. A gép adta neki a formát.

Ez a különválás ma már annyira természetes számunkra, hogy szinte észre sem vesszük.

Amikor számítógépen írunk, még tovább mentünk ezen az úton. Ugyanaz a mondat lehet Times New Roman, Arial vagy bármilyen más betűtípusú. A szöveg tartalma és megjelenése egymástól függetlenné vált.

Az első nagy lépést azonban az írógép tette meg.

Miért QWERTY?

Az írógép egyik legtartósabb öröksége nem maga a gép, hanem a billentyűzet.

A felső betűsor első hat betűjéről elnevezett QWERTY-kiosztás több mint százötven évvel születése után is velünk él.

Ott van a számítógépeken, az okostelefonokon, a táblagépeken.

Még az érintőképernyőn is egy 19. századi mechanikus gép örökségét utánozzuk.

A QWERTY kialakulásáról számos történet kering. A legismertebb szerint azért rendezték át a betűket, hogy az írógép kezelője ne tudjon túl gyorsan írni, mert a betűkarok összeakadtak.

Ez így túlzott leegyszerűsítés.

A korai írógépeknél valóban komoly problémát jelentett a mechanikus betűkarok ütközése. A billentyűk elrendezésének kialakításakor ezért figyelembe kellett venni a gyakran egymás után következő betűket és a szerkezet mechanikai felépítését is.

A kiosztás több lépésben alakult ki.

Ami azonban igazán érdekes, az nem a QWERTY születése, hanem a fennmaradása.

A mechanikus betűkarok eltűntek. Az írógépek nagyrészt eltűntek. A QWERTY maradt.

Egy technikai megoldás túlélte azt a problémát, amelynek világában megszületett.

Az információtechnika története tele van ilyen örökségekkel.

Ma ezt gyakran technológiai bezáródásnak vagy útfüggőségnek nevezzük. Ha egy rendszer eléggé elterjed, a megváltoztatása akkor is nehéz lehet, ha már létezne jobb megoldás.

Emberek milliói tanulták meg a QWERTY használatát.

Írógépek millióit gyártották ezzel a kiosztással.

Később a számítógépgyártók számára természetes volt, hogy ugyanazt az elrendezést használják. Bár voltak próbálkozások ennek megváltoztatására de erre nem volt esélyük.

Így került egy 19. századi mechanikai kompromisszum a 21. századi érintőképernyőkre.

Magyar kitérő – a zongora, amely leírta a zenét

Az eredeti füzet egyik legérdekesebb részlete Kliegl József hangjegyrőgépe.

Az 1850-es években Kliegl olyan szerkezeten dolgozott, amely a zongorajátékot automatikusan hangjegyekké alakította.

Az alapgondolat meghökkentően modern.

A zenész játszik, a gép érzékeli a billentyűk leütését, a szerkezet rögzíti a hangokat.

Végül létrejön a kotta. Az előadás információvá alakul.

Kliegl gépe természetesen mechanikus szerkezet volt. Mégis ugyanazt a problémát próbálta megoldani, amelyet ma számítógépes zenei programok oldanak meg.

A hangzó eseményt jelekké kell alakítani. A jeleket rögzíteni kell.

Majd a rögzített információból újra előállíthatóvá kell tenni a zenét.

Kliegl találmányát Liszt Ferenc és Erkel Ferenc is támogatta.

A szerkezet nem vált tömegtermékké, de az alapgondolat több mint száz évvel túlélte a gépet.

A 20. század hangja

A 20. század jelentős részében az írógép hangja hozzátartozott az irodákhoz és szerkesztőségekhez.

Billentyűk kopogása.

Betűkarok csattanása.

A kocszi visszahúzásának hangja.

A sor végét jelző csengő.

Ma ezek a hangok már szinte technikatörténeti emlékek.

Az írógép azonban nemcsak gyorsabbá tette az írást.

Megváltoztatta az írott dokumentum képét.

A hivatalos levél többé nem egy ember kézírását viselte.

A vállalat, a hivatal vagy az intézmény egységes formában kommunikálhatott.

A gépelt szöveg személytelenebb lett, és éppen ezért hivatalosabbnak tűnt.

A gépelt betű bizonyos értelemben tekintélyt kapott.

Érdekes módon ennek maradványát ma is érezzük.

Egy kézzel írt szerződés és egy számítógépen kinyomtatott szerződés szövege jogilag lehet azonos.

Mégis más benyomást keltenek. Az információ formája befolyásolja azt is, mennyire hisszük hitelesnek.

Másolat egyetlen leütéssel

Az írógépnak volt még egy információtechnikai előnye. A másolópapír.

Két papírlap közé festékréteggel bevont vékony lapot helyeztek (indigó). A betűkar leütése nemcsak az első papíron hagyott nyomot, hanem az alatta lévő lapokon is.

Egyetlen leütéssel több példány készült. Nem kellett újragépelni a szöveget.

Ez még nem tömeges sokszorosítás, mint a nyomtatás.

De már nem is egyszerű kézi másolás.

Az írógép különös helyet foglal el az információ történetében.

Átmenet a kézírás és a nyomtatás között. Egyszerre hozta létre az eredetit és a másolatot.

A számítógépes világban ez az elv szinte korlátlanra vált.

Egy fájl másolata bitről bitre azonos lehet az eredetivel.

Az ezredik másolat elvileg ugyanolyan, mint az első.

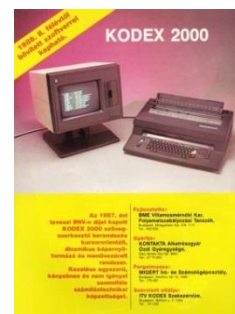
Az írógép másolópapírra még halványabb másolatokat készített.

A digitális másolat már nem halványul.

Az írógép eltűnik – a billentyűzet marad

Az 1970-es és 1980-as években megjelentek az elektronikus írógépek és a kifejezetten szövegtípusra tervezett automaták.

Magyarországon is készültek ilyen rendszerek. Ezek közül a KODEX-2000-et és a Rosytext szövegszerkesztőt emeljük ki.



Tapasztalat → Beszéd → Írás → **Nyomtatás** → Hang → Mozgókép → Interaktivitás → Mesterséges intelligencia

6. A világ hálózattá válik

Az információ elszakad a hordozótól

Az emberiség történetének nagy részében az információ csak úgy juthatott el egyik helyről a másikra, hogy maga a hordozó is utazott. Futárok vitték az agyagtáblákat,

papirusztekercseket, pergameneket vagy könyveket. Egy hír útja ugyanannyi ideig tartott, mint amennyi idő alatt a lovas, a hajó vagy később a vonat megérkezett.

A 19. században azonban gyökeres változás történt. Az elektromosság felfedezése lehetővé tette, hogy **ne az irat utazzon, hanem maga az információ.**

Ez volt a modern információs társadalom kezdete.

A posta – az első globális információs hálózat

Bár a posta jóval régebbi intézmény, a 19. századra vált valóban nemzetközi rendszerré.

- szabványosított levélméret
- bélyegek
- menetrend szerinti szállítás
- nemzetközi postai egyezmények

A világ lassan összekapcsolódott. Egy levél már nem hónapok, hanem hetek vagy napok alatt ért célba.

A posta tulajdonképpen az első, mindenki számára elérhető információs hálózat volt.

Hogyan jutott el a hír?

Az emberiség történetének nagy részében az információ nem tudott gyorsabban haladni, mint maga az ember. A híreket futárok vitték gyalog, lóháton vagy hajóval. A perzsa királyok híres lovas futárszolgálat, a római birodalom úthálózata vagy később a királyi postaszolgálatok mind ugyanazt a célt szolgálták: az üzenetek minél gyorsabb továbbítását.

A XVII–XIX. században a **postakocsi** jelentette a szervezett hírközlés csúcspontját. Meghatározott útvonalakon, menetrend szerint közlekedett, leveleket, csomagokat és utasokat szállítva. A jól kiépített postahálózat már egy korai információs infrastruktúrának tekinthető.

Ha még gyorsabb megoldásra volt szükség, gyakran **postagalambokat** alkalmaztak. A madarak kiváló tájékozódó képességüknek köszönhetően több száz kilométeres távolságból is visszataláltak saját dúcukba. Katonai célokra még a XX. században is használták őket.

Azokban az esetekben, amikor csak egyszerű üzeneteket kellett továbbítani, az emberek fény-, füst- vagy hangjeleket alkalmaztak. Hegytetőkön gyújtott jelzőtüzek, füstjelek, harangok, dobok és kürtök figyelmeztettek veszélyre vagy közöltek előre egyeztetett híreket.

A XVIII. század végén Claude Chappe megalkotta az első nagy kiterjedésű **optikai távírót**, a szemaforrendszert. A tornyokon elhelyezett mozgatható karok segítségével betűket és szavakat lehetett továbbítani állomásról állomásra. Ez volt az első olyan kommunikációs hálózat, amelyen egy üzenet gyorsabban haladt, mint a legsebesebb lovas futár. (Magyarországon a betyárok a gémeskutakkal jeleztek egymásnak, ha pandúr közeledett)

Mindezek a megoldások azonban még mindig az időjárástól, a látási viszonyoktól vagy az ember és az állat teljesítményétől függtek. Az elektromos távíró megjelenése ezért valódi korszakváltást jelentett: **először vált lehetővé, hogy maga az információ utazzon, ne pedig a hordozója vagy a hírvivője.**

Az emberiség évezredek óta nem az információt gyorsította fel, hanem a hírvivőt. Jobb utak, gyorsabb lovak, könnyebb hajók és szervezettebb postaszolgálatok születtek. A távíró volt az első találmány, amely felismerte: nem a futárt kell gyorsabbá tenni, hanem a hírt kell leválasztani a futárról.

A távíró – amikor az információ gyorsabb lett az embernél

1837 körül megszületett az elektromos távíró.

Samuel Morse és más feltalálók munkája nyomán az üzenetek elektromos impulzusokká alakultak.

Ki találta fel a távírót?

A távírót gyakran Samuel Morse nevéhez kapcsolják, valójában azonban a vezetékes hírközlés megszületése számos kutató közös munkájának eredménye volt.

Az elektromosság XVIII. századi kutatásai után a XIX. század elején több feltaláló is felismerte, hogy elektromos jelek segítségével üzenetek továbbíthatók nagy távolságokra.

Az első működő elektromos távírók egyikét az angol William Fothergill Cooke és Charles Wheatstone fejlesztette ki az 1830-as években. Rendszerük több vezetéket használt, és elsősorban a vasúti közlekedés irányításában terjedt el.

A legnagyobb áttörést azonban Samuel Morse hozta. Ő egyetlen vezetékes, egyszerűbb és olcsóbban kiépíthető rendszert dolgozott ki, amelyhez munkatársával, Alfred Vail együtt megalkotta a ma is ismert **Morse-ábécét**. A pontokból és vonásokból álló kód lehetővé tette, hogy a betűket és számokat egyszerű elektromos impulzusokkal ábrázolják.

És 1844. május 24-én Washington és Baltimore között felhangzott a történelem első nyilvános távíróüzenete: „**What hath God wrought?**”
(„Mit cselekedett az Isten?”)

Ez az esemény a modern távközlés születésének tekinthető.

A távíró néhány évtized alatt behálózta Európát és Észak-Amerikát. 1866-ban elkészült az első tartós transzatlanti távírókábel is, amely órákra csökkentette az Európa és Amerika közötti üzenetváltás idejét. Korábban ugyanez hajóval akár két hétig is eltarthatott.

A távíró jelentősége messze túlmutatott önmagán. Nemcsak felgyorsította a hírek terjedését, hanem megteremtette a későbbi telefon-, rádió- és számítógép-hálózatok alapelveit is.

Érdekesség

A Morse-kód bizonyos értelemben már digitális kommunikáció volt. A jeleknek csupán két alapállapota volt – rövid és hosszú impulzus (pont és vonás), illetve a jel jelenléte vagy hiánya. Ez meglepően közel áll a mai számítógépek bináris (0 és 1) működéséhez. A digitális korszak gyökerei tehát jóval a számítógépek megjelenése előtti időkre nyúlnak vissza.

Magyar vonatkozás

A magyar mérnök Jedlik Ányos ugyan nem távíró fejlesztett, de az elektromágnesesség és a dinamóelv kutatásával jelentősen hozzájárult ahhoz a tudományos háttérhez, amelyre később a távíró, a telefon és az egész villamos távközlés épült.

A magyar vasutakon pedig már a XIX. század második felében széles körben alkalmazták a távírókat a forgalom biztonságos irányítására, így hazánk viszonylag korán bekapcsolódott az európai távközlési hálózatba.

A Morse-kód néhány egyszerű pontból és vonásból képes volt minden betűt leírni.

Ez volt az első digitális jellegű kommunikáció.

Nem hangot továbbított.

Nem képet.

Hanem bitek elődjét.

Pontokat és vonásokat.

A •—	J •---	S •••
B —•••	K —•—	T —
C —•—•	L •—••	U ••—
D —••	M ——	V ••••
E •	N —•	W •—•
F ••—•	O ——	X —•••
G —••	P •—••	Y —•—•
H ••••	Q —•—•	Z —•••
I ••	R •—•	

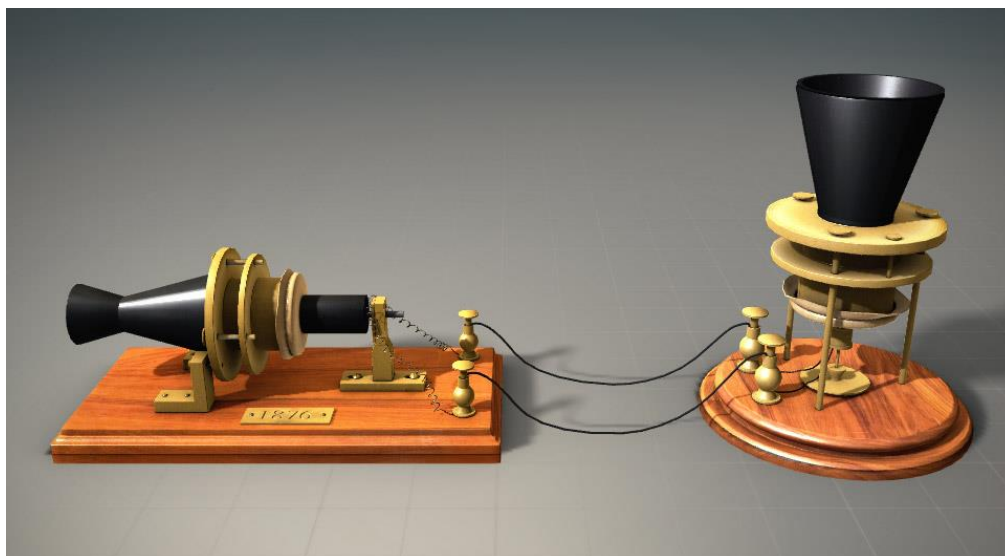
A távíróval London és Párizs percek alatt kapcsolatba léphetett egymással.

1866-ban elkészült az első tartós Atlanti-óceán alatti kábel.

Ettől kezdve Európa és Amerika gyakorlatilag egyetlen kommunikációs rendszert alkotott.

A telefon – a hang átlépi a távolságot

1876-ban megszületett a telefon.



Ki találta fel a telefont?

A legtöbb tankönyv szerint a telefon feltalálója Alexander Graham Bell, aki 1876-ban szabadalmaztatta találmányát. A valóság azonban ennél jóval összetettebb.

Bell előtt és vele egy időben több kutató is azon dolgozott, hogy az emberi hangot elektromos jelekké alakítsa, majd távolról újra hallhatóvá tegye.

A legismertebb közülük az olasz származású Antonio Meucci volt, aki már az 1850-es években működő telefonkísérleteket végzett. Anyagi nehézségei miatt azonban nem tudta végleges szabadalommal levédeni találmányát.

Bell legnagyobb vetélytársa az amerikai Elisha Gray volt. Érdekesség, hogy 1876. február 14-én mindketten ugyanazon a napon nyújtották be bejelentésüket a szabadalmi hivatalhoz. Bell kérelme néhány órával megelőzte Gray dokumentumát, így végül ő kapta meg a történelmi jelentőségű szabadalmat.

A telefon elterjedésében óriási szerepet játszott a magyar mérnök, Puskás Tivadar is. Felismerte, hogy a telefon csak akkor válhat valóban hasznossá, ha sok készüléket központ kapcsol össze. Az általa továbbfejlesztett telefonközpontok tették lehetővé, hogy a telefonhálózatok gyorsan növekedjenek, később pedig ugyanez a gondolat vezetett el a budapesti Telefonhírmondó megszületéséhez.

A telefon története jól mutatja, hogy egy nagy találmány mögött gyakran több évtizednyi kutatás és számos kiváló mérnök munkája áll. A történelem végül rendszerint egyetlen nevet jegyez meg, a valóságban azonban a technikai fejlődés közös alkotás.

Érdekesség: 2002-ben az Amerikai Egyesült Államok Képviselőháza határozatban ismerte el, hogy Antonio Meucci úttörő munkája jelentősen hozzájárult a telefon kifejlesztéséhez. A történészek azonban ma is egyetértenek abban, hogy a gyakorlati, sikeresen szabadalmaztatott és kereskedelmi forgalomba került telefon megalkotása Alexander Graham Bell nevéhez fűződik.

Most először nem betűk vagy jelek utaztak, hanem maga az emberi hang. Ez óriási változás volt.

A távolság pszichológiai jelentősége drasztikusan csökkent.

Egy budapesti ember beszélhetett Bécsbe, később Párizsba vagy New Yorkba anélkül, hogy elhagyta volna otthonát.

A kommunikáció személyessé vált.

A rádió elődje – Puskás Tivadar Telefonhírmondója

Amikor a telefon a XIX. század végén elterjedni kezdett, elsősorban két ember közötti beszélgetésekre használták. A magyar feltaláló, Puskás Tivadar azonban felismerte, hogy ugyanaz a hálózat sokkal többre is alkalmas.

Ötlete egyszerű, mégis forradalmi volt: **miért ne lehetne egyetlen központból egyszerre sok ezer embernek híreket, zenét vagy előadásokat közvetíteni?**

Ennek eredményeként 1893. február 15-én Budapesten elindult a **Telefonhírmondó**, a világ első rendszeres elektronikus műsorszolgáltatása.

Az előfizetők otthonában külön telefonkészüléket szereltek fel, amelyen keresztül meghallgathatták

- a legfrissebb híreket,
- a tőzsdei árfolyamokat,
- az időjárás-jelentést,
- színházi közvetítéseket,
- hangversenyeket,
- irodalmi felolvasásokat,
- sőt később sporteseményeket is.



A műsor meghatározott időrend szerint zajlott, vagyis a hallgatók nem egymással beszéltek, hanem ugyanazt az adást hallgatták. Ez a működési elv már szinte teljesen megegyezett a későbbi rádióéval.

A különbség csupán az volt, hogy a műsort nem rádióhullámok, hanem telefonvezetékek továbbították.

A Telefonhírmondó hosszú éveken át sikeresen működött, és még a rádiózás első időszakában is sok előfizetője volt. Később a vezetékek nélküli műsorszórás fokozatosan kiszorította, de történelmi jelentősége megmaradt.

A Telefonhírmondó bebizonyította, hogy a telefon nem csupán két ember közötti beszélgetésre alkalmas, hanem tömegek egyidejű tájékoztatására is.

Mai szemmel nézve a szolgáltatás meglepően modernnek tűnik. Egyetlen központból folyamatos tartalom jutott el az előfizetőkhez, akik saját otthonukban hallgathatták a számukra érdekes műsorokat. Ez a működési elv a rádióban, a televízióban, sőt bizonyos értelemben még az internetes streaming szolgáltatásokban is tovább él.

Érdekesség: Puskás Tivadar eredetileg a telefonközpontok fejlesztésével foglalkozott. A telefonközpont gondolatát is ő fejlesztette tovább gyakorlati rendszerré, így munkássága nemcsak a Telefonhírmondóban, hanem a modern távközlési hálózatok kialakulásában is jelentős szerepet játszott. A Telefonhírmondó sikere jól mutatja, hogy Magyarország a XIX. század végén a távközlési innováció élvonalába tartozott.

A rádió – az első tömegmédiium

A rádióval már nem egy ember beszélt egy másikhoz, hanem egyetlen adó milliókhoz.

Ki találta fel a rádiót?

A kérdésre nincs egyszerű válasz. A rádió nem egyetlen ember találmánya, hanem sok kutató egymásra épülő munkájának eredménye.

Az elméleti alapokat a skót fizikus James Clerk Maxwell teremtette meg, aki 1864-ben matematikailag leírta az elektromágneses hullámok létezését.

Néhány évtizeddel később a német fizikus Heinrich Hertz laboratóriumi kísérletekkel bizonyította, hogy ezek a hullámok valóban létrehozhatók és terjednek a térben.

Ekkor még senki sem gondolt arra, hogy egyszer emberek milliói hallgatnak majd rajtuk zenét vagy híreket.

A vezetékek nélküli hírközlés gyakorlati megvalósításán több feltaláló is dolgozott.

A szerb származású amerikai feltaláló Nikola Tesla már az 1890-es évek elején sikeres rádiós kísérleteket végzett, és számos alapvető szabadalmat jegyzett be.

Oroszországban Alekszandr Popov fejlesztett rádióvevőket, amelyeket elsősorban villámérzékelésre és később kommunikációra használt.

A rádió kereskedelmi és gyakorlati elterjesztése azonban az olasz Guglielmo Marconi nevéhez fűződik. Ő építette ki az első sikeres rádiótávíró-rendszereket, majd 1901-ben elsőként továbbított rádiójelet az Atlanti-óceánon keresztül.

Évtizedeken át Marconit tekintették a rádió egyedüli feltalálójának. A történet azonban később új fordulatot vett: 1943-ban az Egyesült Államok Legfelsőbb Bírósága több, Marconi által használt szabadalom elsőbbségét Tesla korábbi szabadalmai javára ismerte el. A történészek többsége ma úgy látja, hogy a rádió megszületése több kutató közös érdeme.

A rádió fejlődéséhez magyar mérnökök is jelentősen hozzájárultak. Puskás Tivadar Telefonhírmondója már 1893-ban megvalósította a rendszeres műsorszórás gondolatát – igaz, még telefonvezetékeken keresztül. A vezeték nélküli rádiózás így nem a műsorszórás ötletét hozta létre, hanem annak új, sokkal hatékonyabb megvalósítását.

Érdekesség

A rádió megszületéséhez legalább öt tudós neve kapcsolódik: Maxwell megjósolta az elektromágneses hullámokat, Hertz kimutatta őket, Tesla és Popov kidolgozták a vezeték nélküli átvitel alapjait, Marconi pedig világméretű kommunikációs rendszert épített belőlük.

Megszületett a műsorszórás.

A rádió először tette lehetővé, hogy emberek milliói ugyanabban a pillanatban ugyanazt az információt hallják.

Ez alapjaiban változtatta meg a társadalmat.

A rádió nemcsak szórakoztatott.

Lehetővé tette

- a hajók kommunikációját,
- a repülés irányítását,
- a katonai összeköttetést,
- a katasztrófák gyors jelzését.

A Titanic tragédiája is megmutatta, milyen életmentő lehet a rádió.

A hálózatok összekapcsolódnak

A 20. század elejére a Földet már behálózták

- postautak,
- távíróvezetékek,

- telefonkábelek,
- rádióállomások.

Ez volt az internet előtti internet.

Az információ már szinte folyamatosan áramlott.

Egy érdekes párhuzam

Ha jobban megnézzük, a mai internet valójában ugyanazt teszi, mint a Morse-távíró.

Mindkettő elektromos/optikai jeleket továbbít.

A különbség csupán az adatmennyiség.

A távíró másodpercenként néhány karaktert tudott továbbítani.

Az optikai kábelek ma másodpercenként több billió bitet.

Az alapelv azonban ugyanaz: az információ elektromos/optikai jellé alakul, eljut egy másik helyre, majd ott újra információvá válik.

Az emberiség történetében először vált lehetővé, hogy az információ gyorsabban mozogjon, mint az ember. Ettől kezdve a fejlődés nem csupán az adathordozókról szólt, hanem a világot behálózó kommunikációs rendszerekről is.

III. rész

A valóság megőrzése

7. A fény megállítása

A fényképezés története. Amikor a fény emlékezni kezdett.

Az ember évezredek óta keresztül képeket készített. Rajzolt, festett, faragott. A kép azonban mindig átment az emberi elmén és az emberi kézen.

Ha egy festő egy arcot ábrázolt, nem egyszerűen lemásolta azt, amit látott. Kiválasztotta a nézőpontot, a fényeket, a színeket. Elhagyott részleteket, másokat kiemelt.

A kép emlék volt — de ember által újraalkotott emlék.

Aztán valamikor a 19. század elején különös kérdés foglalkoztatni kezdte a feltalálókat:

Mi lenne, ha a fény maga készítené el a képet? Nem az ember keze, nem az ecset, a fény.

A szoba, amely képet rajzol.

A jelenséget már az ókorban ismerték.

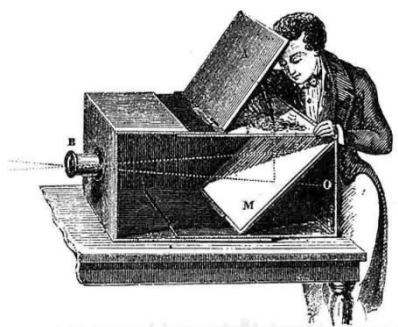
Ha egy elsötétített helyiség falán apró nyílást készítünk, a külvilág képe megjelenhet a szemközti falon — fejjel lefelé.

A fény egyenes vonalban terjed. A tárgy egy-egy pontjáról érkező fénysugarak áthaladnak a kis nyíláson, majd a túloldalon képpé rendeződnek.

Ez a camera obscura, a „sötétkamra”.

Ibn al-Haytham a 11. században részletesen vizsgálta a fény terjedését és a camera obscura jelenségét. Később európai tudósok és művészek is használták az eszközt.

A camera obscura képet készített. Csakhogy volt egy problémája. A kép eltűnt. Amint megszűnt a fény, eltűnt a falról. A fény tudott képet rajzolni. De még nem tudott emlékezni.



Ehhez olyan anyagra volt szükség, amelyet a fény megváltoztat. A fény nyomot hagy.

Az ember régóta ismerte azt a jelenséget, hogy a napfény megváltoztat bizonyos anyagokat.

A textil kifakul.

A bőr leburnul.

Egyes vegyületek elszíneződnek.

A kérdés az volt: felhasználható-e ez a változás egy kép rögzítésére?

A 18. században már kísérleteztek fényérzékeny ezüst sókkal. Sikerült árnyképeket és egyszerű képeket létrehozni.

De ismét ugyanaz a probléma jelentkezett.

A fény létrehozta a képet — majd tovább dolgozott rajta.

A világos részek is elsötétedtek, végül az egész kép eltűnt.

Nem elég képet készíteni. Meg is kell állítani az időt.

Pontosabban: meg kell állítani a fény kémiai hatását.

Ez lett a fényképezés egyik alapvető problémája: a kép rögzítése, vagyis fixálása.

Nyolc óra az ablakban

Az 1820-as években Nicéphore Niépce különféle fényérzékeny anyagokkal kísérletezett.

Egy önlemezre fény hatására keményedő bitumenréteget vitt fel, majd a lemezt camera obscurába helyezte.

A fény órákon keresztül érte a felületet. Az eredmény alig hasonlít mai fényképeinkhez. Homályos, kontrasztszegény, nehezen értelmezhető. Mégis különleges.

A Kilátás a dolgozószobából Le Gras-ban című kép az egyik legkorábbi fennmaradt, fényképezőgéppel készített fénykép. Az expozíció valószínűleg sok órán át tartott. Emiatt a napfény az épületek különböző oldalait is megvilágította.

A kép furcsa, de gondoljunk bele, mit látunk rajta. Közel kétszáz évvel ezelőtti fényt.

A fény visszaverődött egy franciaországi épület faláról. Áthaladt egy apró nyíláson. Kémiai változást okozott egy felületen. És ennek a változásnak a nyoma ma is létezik.

Az ember először őrizte meg tartósan azt a képet, amelyet maga a fény rajzolt.

A fény emlékezni kezdett. Egyetlen, megismételhetetlen kép

Niépce később együttműködött Louis Daguerre-rel. Niépce halála után Daguerre folytatta a kísérleteket, és kidolgozta a róla elnevezett dagerrotíпия eljárását.

1839. január 7-én, François Arago a Francia Tudományos Akadémián ismertette az eljárást.

A francia állam megszerezte az eljárás jogait, majd nyilvánosságra hozta annak részleteit.

A dagerrotíпия rendkívül részletgazdag képet adott. De minden felvétel egyetlen példány volt.

Nem létezett negatív. Ha valaki egy dagerrotípiát tartott a kezében, az eredeti képet tartotta a kezében.

Nem egy nagyítását. Nem egy másolatát. Magát a fény által létrehozott egyedi tárgyat.

Információtárolási szempontból ez különös visszalépésnek is tűnhet.

A nyomtatásnál éppen azt láttuk, hogy a sokszorosítás növeli az információ túlélési esélyét.

A dagerrotípia azonban ismét egyetlen példányba zárta az információt. Ha a lemez megsérült vagy elveszett, a kép is elveszett.

A megoldást egy másik elv hozta el. Szinte ugyanebben az időben William Henry Fox Talbot más úton kísérletezett. Talbot papíron hozott létre fényérzékeny képet. A világos részek sötétek lettek. A sötét részek világosak. Létrejött a negatív. Önmagában furcsa kép volt.

De ha fényt világítottak át rajta egy másik fényérzékeny papírra, újabb kép készült.

Ezen a világos ismét világos lett. A sötét ismét sötét. Létrejött a pozitív kép. És itt valami rendkívül fontos történt. Egyetlen felvételtől több kép készülhetett. A fénykép belépett a sokszorosítható információ világába. A negatív lett az információ hordozója. A pozitív kép pedig annak megjelenítése. Az eljárást kalotípiának nevezik.

Ez meglepően hasonlít a digitális világra. A számítógépes képfájl sem látjuk közvetlenül.

A fájl számok sorozata. Digitális számítógépek, 0 és 1. A képernyő vagy a nyomtató értelmezi ezeket az adatokat, és képet készít belőlük.

A negatív olyan eredeti volt, amelyet nem elsősorban nézni kellett, hanem amelyből képeket lehetett előállítani.

A pillanat problémája

A korai fényképezés egyik legnagyobb korlátja az expozíciós idő volt. Népce óráig exponált.

A dagerrotípia első éveiben egy portréhoz percekig kellett mozdulatlanul ülni. Ezért a korai fényképeken ritkán látunk természetes mozdulatokat. Az emberek merevek. Komolyak. Nem feltétlenül azért, mert a 19. században mindenki szomorú volt. Nehéz perceken keresztül mozdulatlanul mosolyogni.

A fényérzékeny anyagok fejlődésével az expozíciós idő egyre rövidebb lett.

Percek.

Másodpercek.

A másodperc tört részei.

És ezzel a fényképezés tárgya is megváltozott. Először épületeket lehetett fényképezni. Aztán mozdulatlan embereket. Majd utcai jeleneteket. Mozgó állatokat. Sportolókat. Végül olyan pillanatokat is, amelyeket az emberi szem ugyan lát, de az emberi agy nem képes részleteiben megőrizni.

A fényképezőgép különös képességet kapott: megállította az időt.

Amikor mindenki fényképész lehetett

A 19. század végén [Kodak](#) alapítója, George Eastman felismerte, hogy a fényképezés tömeges elterjedésének legnagyobb akadályja nem maga a fényképezőgép.

Hanem a bonyolultság.

A fényképésznek ismernie kellett a vegyszereket.

Elő kellett készítenie a fényérzékeny anyagot.

Előhívni.

Fixálni.

Másolni.

Eastman más üzleti és technikai rendszert képzelt el.

1888-ban megjelent a Kodak fényképezőgép.

A híres jelmondat így szólt:

„Ön megnyomja a gombot, a többit mi végezzük.”

A gépet filmmel feltöltve adták el. A felvételek elkészítése után az egész fényképezőgépet vissza lehetett küldeni a vállalatnak. Ott előhívták a filmet, elkészítették a képeket, majd új filmmel feltöltve visszaküldték a gépet.

A fényképezésből szolgáltatás lett.

Az embernek többé nem kellett értenie a kép rögzítésének technológiáját.

Csak a pillanatot kellett kiválasztania.

Ismerős gondolat.

Ma sem tudjuk pontosan, mi történik az okostelefonunk képérzékelőjében és képfeldolgozó algoritmusáiban.

Megnyomjuk a gombot, a többit a gép végzi.

Egy film, harminchat emlék. A hajlékony tekercsfilm újabb fontos változást hozott.

A fényképezőnek már nem kellett minden kép után új lemezt behelyeznie.

Egymás után több felvételt készíthetett.



A 20. században a 35 milliméteres film vált a fényképezés egyik legfontosabb formátumává.

Oskar Barnack már az 1910-es években elkészítette az Ur-Leica prototípusát, az első sorozatban gyártott Leica pedig 1925-ben került piacra.

A kisméretű gép és a tekercsfilm együtt megváltoztatta a fényképezést.

A fényképezőgép kikerült a műteremből. Az utcára ment. Háborúba. Utazásra. Családi ünnepekre.

A fénykép lassan a mindennapi ember személyes emlékezetének részévé vált.

A világ színes volt — a fénykép nem

A valóság természetesen mindig színes volt.

A fényképek azonban sokáig csak a világosság különbségeit tudták rögzíteni.

Ezért a képeket gyakran kézzel színezték.

A fotokróm eljárással a fekete-fehér fotónegatívból, több litográfiai nyomólemezzel készítettek színes nyomatot.

A színes fényképezés egyik első fontos kísérletét 1861-ben James Clerk Maxwell elgondolása alapján végezték el. Ugyanarról a tárgyról három felvétel készült.

Egy vörös, egy zöld, egy kék színszűrőn keresztül. A három képet megfelelő színű fényekkel egymásra vetítették. Megjelent a színes kép. Az alapelv ma is velünk él.

A monitorok és telefonok képernyőjén parányi vörös, zöld és kék fényforrások milliói hozzák létre a színeket.

A 19. századi színkísérlet elve ma ott világít minden okostelefon kijelzőjén.

A színes fényképezés azonban csak a 20. században vált széles körben használhatóvá. A Kodachrome 1935-ös megjelenése fontos mérföldkő volt.

A fénykép már nemcsak a formát és a fényességet őrizte meg, hanem a színeket is.

A kép, amelyet rögtön látni akartunk

A filmes fényképezésnek volt egy sajátos tulajdonsága. Várni kellett. Elkészítettük a képet, de nem tudtuk biztosan, sikerült-e. A filmet elő kellett hívni. Néha napok vagy hetek múlva láttuk először a felvételt. Edwin Land ezen akart változtatni.

A történet szerint kislánya megkérdezte tőle, miért nem láthatja rögtön az elkészült fényképet.

Land jó kérdésnek tartotta.

A [Polaroid](#) az azonnali fényképezés technológiájával vált világhírűvé.

A gépből kijött a kép. Várni kellett néhány percet.

A halvány foltokból lassan arcok, tárgyak és színek bontakoztak ki.

A fényképezés történetében először közel került egymáshoz a pillanat és annak képi emléke. Ugyanakkor ez visszalépés is volt, mivel a polaroid fénykép nem volt másolható!

Ma néhány tizedmásodpercet is soknak érzünk.

A fénykép nem emlék — hanem bizonyíték?

A fotográfia megjelenésével különös bizalom alakult ki a fényképek iránt.

Ha rajta van a képen, akkor megtörtént.



A festő tévedhet, szépíthet, hazudhat.

A fényképezőgép azonban — gondolták sokáig — csak azt rögzíti, ami előtte van.

Ez természetesen soha nem volt teljesen igaz.

A fényképész választja ki a helyet, a pillanatot, a képkivágást.

Amit lefényképez és amit nem.

A képeket már a 19. században retusálták és manipulálták.

Mégis kialakult a fénykép különleges bizonyító ereje.

Újságokban, tudományban, rendőrségi munkában, háborúk dokumentálásában, családi emlékezetünkben.

A fénykép nem egyszerűen új információhordozó lett. Megváltoztatta azt is, mit tekintünk bizonyítéknak.

És most, a mesterséges intelligenciával létrehozott képek korában, ez a kétszáz éves bizalom kezd meginogni.

Talán különös történelmi kört írunk le.

A festményről mindig tudtuk, hogy ember alkotta kép.

A fényképnek hittünk, mert a fény fizikai nyomának tekintettük.

Most ismét meg kell tanulnunk feltenni a kérdést: valóban megtörtént az, amit látunk?

Amikor a telefon emlékezik helyettünk

Egy múzeumban vagy kiállításon ma már szinte természetes mozdulat elővenni a telefont. Lefényképezzük a festményt, a tárgyat, a feliratot – aztán továbblépünk.

De vajon mire emlékszünk belőle később?

Kísérletek szerint, ha egyszerűen lefényképezünk valamit, hajlamosak vagyunk kevésbé megjegyezni. Mintha agyunk tudomásul venné: nem szükséges eltárolni, hiszen megtette helyettünk a telefon. Az információ megmarad – csak éppen nem feltétlenül bennünk.

„Régen azért fényképeztünk, hogy emlékezzünk. Ma néha azért nem emlékszünk, mert lefényképeztük.”

Van azonban egy érdekes kivétel.

Ha nem rutinszerűen kattintunk, hanem kiválasztunk egy részletet, ráközelítünk, megkeressük a megfelelő nézőpontot és tudatosan komponáljuk meg a képet, a fényképezés már nem elvonja, hanem **összpontosítja a figyelmet**. Ahhoz, hogy eldöntsük, mit akarunk megörökíteni, előbb alaposabban meg kell néznünk.

Az információ tárolása még nem tudás. A tudáshoz az ember aktív részvétele kell.

Látom → rögzítem → feldolgozom

Ugyanaz az eszköz tehát kétféleképpen működhet.

Ha a telefonra bízunk a megfigyelést és az emlékezést, külső memóriánk gazdagodik, miközben saját emlékünkszegényebb lehet. Ha viszont a fényképezés arra készítet bennünket, hogy jobban megfigyeljük a részleteket, a technika éppen az emberi figyelem meghosszabbításává válik.

Ez jól mutatja az információs technológiák egyik alapvető sajátosságát: **nemcsak az számít, milyen eszközt használunk, hanem az is, hogyan használjuk.**

A telefon tehát nem szükségszerűen emlékezik helyettünk. Segíthet abban is, hogy **jobban emlékezzünk.**

8. A látásunk kiterjesztése

Az emberi szem csodálatos érzékszerv, de nagyon korlátozott.

Nem látjuk a baktériumokat. Nem látjuk a sejteket. Nem látjuk a távoli galaxisokat. Nem látjuk a testünk belsejét.

Nem érzékeljük az infravörös sugárzást, az ultraibolyát, a rádióhullámokat vagy a röntgensugárzást.

Sőt, még azt sem látjuk igazán jól, ami túl gyorsan vagy túl lassan történik.

A világ jelentős része láthatatlan számunkra. Az ember azonban különös lény.

Ha valamire nem képes a teste, megpróbál hozzá eszközt építeni.

A kerék meghosszabbította a lábunk teljesítményét.

A daru az izmaink erejét.

A könyv az emlékezetünket.

A távcső és a mikroszkóp pedig kiterjesztette a látásunkat.

Két cső – két új világ

A távcső és a mikroszkóp története meglepően közel áll egymáshoz. A korai összetett mikroszkópok és távcsövek fejlődése ugyanahhoz a 16–17. századi optikai tudáshoz és lencsekészítő mesterséghez kapcsolódott; a „mikroszkóp” elnevezést Giovanni Faber használta az új eszközre 1625-

Az egyik eszköz messzire nézett, a másik közelre.

A távcső megmutatta, hogy az égbolt nem olyan, amilyennek szabad szemmel látjuk.

A mikroszkóp pedig azt, hogy a közvetlen környezetünk sem olyan.

Egyszerre nyílt ki előttünk a nagyon nagy és a nagyon kicsi világa.

A 17. század elején Galileo Galilei távcsövét az ég felé fordította.

Hegyeket és mélyedéseket látott a Holdon. Felfedezte a Jupiter négy nagy holdját. Megfigyelte a Vénusz fázisait. A Tejút halvány köde csillagok sokaságára bomlott.

Ezek a megfigyelések nem egyszerűen új égitesteket mutattak meg. Megváltoztatták a világról alkotott képünket. A szem azt mondta: a Föld mozdulatlan, az égbolt forog körülöttünk.



A műszer mást mutatott.

Ettől kezdve az embernek meg kellett tanulnia valami nagyon fontosat: nem biztos, hogy a valóság olyan, amilyenek érzékszerveink mutatják.

Egy csepp vízben egy egész világ

Néhány évtizeddel később Robert Hooke mikroszkóppal vizsgálta a körülötte lévő világot.

1665-ben megjelent Micrographia című könyve.

A könyv olvasói addig elképzelhetetlen részletességű képeket láthattak.

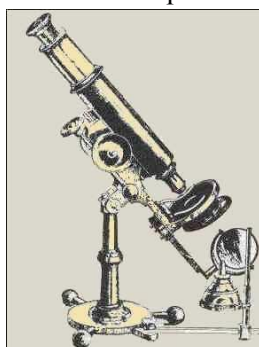
Egy bolha, egy tetű, egy légy szeme, egy tű hegye.

A tű, amely szabad szemmel simának és hegyesnek látszott, a mikroszkóp alatt durva, szabálytalan tárggyá változott.

A természet tökéletesebbnek bizonyult az emberi kézművességnél.

Hooke parafát vizsgálva apró rekeszeket látott. Ezeket celláknak, sejteknek nevezte.

A mikroszkóp azonban még ennél is nagyobb meglepetést tartogatott.



Antonie van Leeuwenhoek rendkívül jó minőségű, egyszerű, egylencsés mikroszkópokat készített.

Egy csepp vízben apró élőlények mozogtak. Olyan lények, amelyek mindig is ott voltak. Az ember ivott belőlük. Fürdött közöttük. Együtt élt velük. Csak éppen nem tudott a létezésükről.

A mikroszkóp nem új világot teremtett, csak láthatóvá tette azt, amelyben mindig is éltünk.

Ez talán az információ történetének egyik legfontosabb tanulsága.

A nem érzékelt információ is létezhet. A műszer látott – de hogyan őrizzük meg?

A távcső és a mikroszkóp kiterjesztette a látást. De maradt egy régi probléma. Amit a tudós látott, azt mások nem feltétlenül látták. Galilei lerajzolta a Hold felszínét. Hooke aprólékos metszeteket

MICROGRAPHIA:

OR SOME
Physiological Descriptions
OF
MINUTE BODIES
MADE BY
MAGNIFYING GLASSES
WITH
OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon.
By R. HOOKE, Fellow of the ROYAL SOCIETY



LONDON, Printed by J. Moxon, and J. Allaby, Printers to the
ROYAL SOCIETY, and are to be sold at their Shop in the Red in
St. Paul's Church-yard. MDCCLXV.

készítettett mikroszkópos megfigyeléseiről. Leeuwenhoek levelekben írta le különös „állatkáit”. Ismét az emberi kéz közvetítette a látványt. A tudós belenézett a műszerbe. Látott valamit. Majd lerajzolta.

De pontos volt a rajz?

Nem hagyott ki valamit?

Nem látott bele olyasmit, amit látni szeretett volna?

A látást már kiterjesztettük. A látvány rögzítését még nem. A fényképezés oldotta meg ezt a problémát. Amikor a fényképezőgépet mikroszkóphoz vagy távcsőhöz kapcsolták, két találmány ereje egyesült. Az optikai műszer megmutatta a láthatatlant. A fénykép pedig megőrizte.

A távcső emlékezni kezd.

A fényképezés feltalálása után szinte azonnal felmerült a gondolat: fordítsuk a fényképezőgépet az ég felé.

Daguerre már 1839-ben megpróbálta lefényképezni a Holdat. A kísérlet nem adott használható részletes képet. 1840-ben John William Draper már sikeres dagerrotípíát készített a Holdról távcső

Ezzel valami alapvetően megváltozott a csillagászatban. A csillagász addig nézett. Mostantól rögzíthetett. A fényképlemeznek pedig volt egy különös előnye az emberi szemmel szemben. A szem csak a pillanatnyi fényt érzékeli. A fényképezőlemez gyűjti a fényt.

Egy másodpercig.

Egy percig.

Egy órán keresztül.

Minél tovább gyűjti, annál halványabb objektumok hagyhatnak nyomot rajta.

A fényképezőgép olyan dolgokat is megláthat, amelyeket az emberi szem a távcsőben sem lát.

Nem azért, mert jobb a szeme, hanem mert türelmesebb.

Az emberi szem nem tud egy órán keresztül fényt gyűjteni. A fényképlemez igen.

A fotográfia ezért nem egyszerűen rögzítette a csillagász látványát. Új csillagászati érzékszervvé vált.

Ugyanez történt a mikroszkóppal.

A mikrofotográfia lehetővé tette, hogy a mikroszkópban látott kép ne csak a megfigyelő emlékezetében és rajzain maradjon fenn. A preparátumról fénykép készülhetett. A képet más tudósok is megvizsgálhatták. Össze lehetett hasonlítani korábbi felvételekkel. Mérti lehetett rajta. Sokszorosítani lehetett. Tankönyvbe lehetett nyomtatni.

A megfigyelés adattá vált.

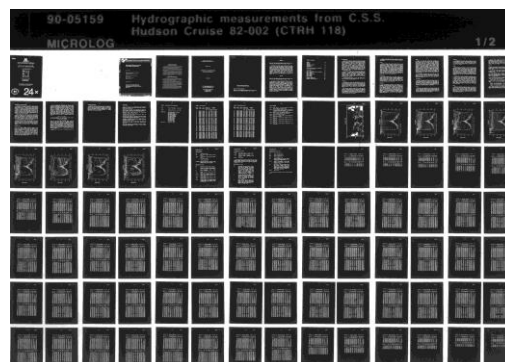
Ez a tudomány számára óriási változás. Egy tudományos állítás többé nem feltétlenül csak így hangzott: „Ezt láttam.”

Hanem így: „Ezt láttam — és itt a kép.”

A fénykép a tudomány emlékezetének részévé vált.

Amikor a kicsinyítés lett az előny

A mikroszkóp nagyít. A mikrofilm éppen ellenkezőleg működik. Kicsinyít. Mégis ugyanannak az optikai forradalomnak a gyermeke. A mikrofilm alapgondolata egyszerű: egy nagy dokumentum képét nagyon kis méretben fényképezzük le. Az információ nem változik. Csak a hordozó mérete.



Egy könyv lapjai néhány centiméternyi filmen elférhetnek.
Egy iratszekrény tartalma egy tekercsen.

Egy könyvtár jelentős része néhány szekrényben.

1870 szeptemberében a porosz csapatok körülzárták Párizst.

A távíróvonalakat elvágták. A vasúti és közúti összeköttetés megszakadt.

Egy több milliós város információs blokádba került.

Kifelé még volt egy különös lehetőség.

Léggömbök emelkedtek fel Párizsból.

A szél átvitte őket az ostromgyűrű fölé.

Embereket és postát vittek magukkal.

És postagalambokat.

A galambok később visszarepülhettek Párizsba.

Csak egy galamb teherbírása korlátozott.

Néhány levél. Talán néhány tucat.

A francia fotográfus, René Dagron más megoldást javasolt.

Ne a leveleket vigye a galamb.

Vigye a levelek fényképét.

Dagron mikrofilmezési eljárásával újságokat, hivatalos üzeneteket és magánleveleket fényképeztek le erősen kicsinyített formában. A parányi filmeket a postagalambok vitték vissza a körülzárt városba. Párizsban a mikrofilmeket üveglapok közé helyezték, felnagyították, majd az üzeneteket újra papírra másolták. A Smithsonian Nemzeti Postamúzeum ma is őriz ilyen, a párizsi galambpostához kapcsolódó mikrofilmet.

Gondoljunk bele. A levél információ. A papír csak hordozó.

Ha lefényképezzük és lekicsinyítjük, ugyanaz az információ, sokkal kisebb tömegben továbbítható.

A célállomáson felnagyítjuk.

Az ember ismét el tudja olvasni.

Tömörítettük az információ fizikai hordozóját.

Nem digitálisan, optikailag.

Egy postagalamb így hatalmas mennyiségű üzenetet vihetett magával.

A madár tulajdonképpen egy 19. századi adatátviteli rendszer része lett.

Léggömb. Postagalamb. Mikrofotográfia. Nagyítóberendezés.

Négy teljesen különböző technológia egyetlen kommunikációs rendszerben.

A történelem egyik legkülönösebb információs hálózata.

A szem, amely belénk lát

1895-ben Wilhelm Conrad Röntgen különös sugárzást vizsgált.

Nem tudta pontosan, mivel van dolga, ezért X-sugárzásnak nevezte.

Az X az ismeretlent jelentette.

A sugárzás áthatolt olyan anyagokon, amelyek a látható fényt nem engedték át.

Az emberi testen is.

Röntgen egyik híres korai felvételén felesége, Anna Bertha kezének csontjai láthatók.

És a gyűrű az ujján.

A történet szerint a kép láttán így szólt: „Láttam a halálomat.”

Hogy pontosan ezekkel a szavakkal mondta-e, nem tudjuk biztosan, de a kép valóban megrázó lehetett. Az ember először látta élő testének belsejét anélkül, hogy azt fel kellett volna nyitni.

A fényképezés többé nemcsak a tárgyak felszínét rögzítette. Belénk látott.

Az orvos számára a test addig nagyrészt közvetett jelekkel üzent.

Fájdalom.

Duzzanat.

Láz.

Tapintás.



A röntgenkép új típusú információt adott.

A test belső szerkezete képpé vált.

És ami képpé vált, azt tárolni, összehasonlítani és továbbítani lehetett.

Több fény van, mint amennyit látunk. Az emberi szem az elektromágneses sugárzásnak csak egy keskeny tartományát érzékeli. Ezt nevezzük látható fénynek. De a természet nem azért használja ezt a tartományt, mert mi ezt látjuk. A látható fényen túl ott az infravörös sugárzás, az ultraibolya, a röntgensugárzás, a gamma-sugárzás. A másik irányban a mikrohullámok és a rádióhullámok.

Ezek jelentős része láthatatlan számunkra. A műszereink azonban érzékelhetik őket.

És itt történt egy újabb különös változás. Megtanultuk képpé alakítani azt is, amit soha nem láthatnánk.

Az infravörös kamera hőmérséklet-különbségeket jeleníthet meg.

A rádiótávcső rádióhullámokat érzékel.

A röntgenteleszkóp nagy energiájú sugárzást.

A műholdak és űrtávcsövek az elektromágneses spektrum különböző tartományaiban figyelik a világegyetemet.

Az így kapott képek egy része valójában nem „fénykép” a hagyományos értelemben.

A műszer adatokat mér. A számítógép pedig a mért értékeket látható képpé alakítja.

Színeket rendel olyan sugárzásokhoz, amelyeknek számunkra nincs színük.

Olyan világot látunk, amelyet emberi szem soha nem láthatna.

Amikor a Világegyetem beszélni kezdett

A rádió feltalálása nemcsak a földi kommunikációt forradalmasította, hanem egy teljesen új "érzékszervet" is adott az emberiségnek.

1932-ben az amerikai mérnök Karl Guthe Jansky rádiózavarok eredetét kutatva meglepő felfedezést tett: a Tejútrendszer középpontja folyamatos rádiósugárzást bocsát ki. Ezzel megszületett a **rádiócsillagászat**.

Néhány évvel később Grote Reber saját kertjében megépítette a világ első kifejezetten csillagászati célú rádiótávcsövét, és elkészítette az égbolt első rádiótérképét.



A rádióteleszkópok olyan jelenségeket is képesek megfigyelni, amelyek optikai távcsövekkel láthatatlanok. Segítségükkel fedezték fel többek között

a pulzárokat,

a kvazárokat,

a galaxisok hidrogénfelhőit,

valamint a Világegyetemet kitöltő kozmikus mikrohullámú háttérsugárzást, amely az Ősrobbanás egyik legfontosabb bizonyítéka.

A rádiócsillagászat így alapvetően megváltoztatta a Világegyetemről alkotott képünket.

A rádióval először nemcsak mi küldtünk információt nagy távolságokra, hanem képessé váltunk arra is, hogy a Világegyetem üzeneteit "meghalljuk". Az információ útja ezzel bolygónk határain is túlnyúlt

Hallgatózik-e valaki odakint?

Ha rádióhullámokkal mi is képesek vagyunk kommunikálni, felmerül a kérdés: vajon más civilizációk is használhatnak hasonló módszereket?

Ebből a gondolatból született meg 1984-ben a SETI Institute, amelynek neve a **Search for Extraterrestrial Intelligence** (Földön kívüli intelligencia keresése) rövidítése.

A kutatók nagy rádióteleszkópokkal figyelik az eget, és olyan mesterséges eredetű rádiójeleket keresnek, amelyek intelligens civilizációra utalhatnak.

Eddig még nem sikerült kétséget kizáró bizonyítékot találni, de a keresés tovább folytatódik.

A SETI-program mögött egy egyszerű gondolat áll:

Ha a rádió nálunk természetes eszköze lett a kommunikációnak, akkor egy másik technikai civilizáció is felfedezhette ugyanezt a lehetőséget.

Vajon egyszer érkezik-e hozzánk olyan üzenet, amely bizonyítja, hogy nem vagyunk egyedül?

Érdekesség

1977-ben az amerikai Jerry R. Ehman egy különösen erős, keskeny sávú rádiójelet észlelt, amely 72 másodpercig volt fogható. A számítógépes nyomtatvány margójára annyit írt: "**Wow!**"

Azóta ezt **Wow!-jelnek** nevezik. A jel a Nyilas (Sagittarius) csillagkép irányából érkezett, és 72 másodpercig tartott. Frekvenciája (1420,456 MHz) pontosan megegyezett a csillagközi kommunikációra leginkább alkalmasnak tartott hidrogénvonal frekvenciájával. Mivel soha többé nem ismétlődött meg, a mai napig az egyik legnagyobb és legizgalmasabb asztrofizikai rejtély maradt, amelyet gyakran az idegen civilizációktól származó jelek egyik lehetséges jelöltjeként emlegetnek.

A láthatatlan világ felfedezése

Arthur C. Clarke *A jövő körvonalai* című könyvében a röntgensugárzás felfedezését a tudomány történetének egyik nagy fordulópontjaként említi. Van ebben igazság. Amikor Wilhelm Conrad Röntgen 1895-ben felfedezte az X-sugarakat, az ember számára addig elképzelhetetlen dolog vált lehetővé: **anélkül lehetett bepillantani az élő test belsejébe, hogy felnyitották volna.**

A valódi fordulat azonban talán korábban kezdődött.

Az ember évezredekken keresztül elsősorban azt tekintette valóságosnak, amit látott, hallott vagy megérinthezett. Az elektromosság és a mágnesség kutatása azonban megmutatta, hogy **a természet tele van olyan jelenségekkel, amelyeket közvetlenül egyetlen érzékszervünkkel sem érzékelünk.** Az elektromos áramot nem látjuk – csak a hatását. Nem látjuk az elektromos és mágneses teret sem. Faraday és Maxwell mégis megmutatta, hogy ezek a láthatatlan terek ugyanolyan valóságos részei a természetnek, mint a kő, a víz vagy a fény.

Röntgen felfedezése azért volt különösen megrázó, mert ezt a felismerést szinte kézzelfoghatóvá tette. A láthatatlan sugárzás egy fényképezőlemezzen megmutatta az emberi kéz csontjait. Ezután gyors egymásutánban újabb láthatatlan világok tárultak fel: a radioaktivitás, az elektron, az atommag, a kozmikus sugárzás, majd az elemi részecskék világa.

A 20. század fizikája pedig még ennél is tovább ment. A kvantummechanika már olyan valóságot ír le, amely nemcsak láthatatlan, hanem sokszor a hétköznapi tapasztalatainkkal is nehezen egyeztethető össze.

A műszer, mint új érzékszerv

Az ember azonban talált egy különleges megoldást saját érzékszerveinek korlátaira: **műszereket épített.**

A voltmérő érzékeli azt, amit mi nem érzékelünk. A rádióvevő hallható hanggá alakítja a láthatatlan elektromágneses hullámokat. A Geiger–Müller-számláló kattogássá változtatja az érzékelhetetlen ionizáló sugárzást. A röntgendetektor képet készít a testen áthaladó sugárzásból. A rádióteleszkóp pedig olyan eget mutat meg, amelyet emberi szem soha nem láthatna.

A műszer tehát valójában az ember mesterséges érzékszerve. A számunkra érzékelhetetlen jelenséget olyan információvá alakítja át, amelyet már fel tudunk fogni.

Így a tudomány történetének egyik legnagyobb fordulata talán nem köthető egyetlen felfedezéshez. Inkább egy hosszú felismerés története:

A valóság nem ér véget ott, ahol az érzékszerveink határai húzódnak.

És ennek a történetnek van egy különös folytatása is. Először műszerekkel kiterjesztettük **érzékelésünket**, gépekkel **fizikai erőnket**, írással és számítógépekkel **emlékezetünket**. Most, a mesterséges intelligencia korában pedig már **gondolkodásunk kiterjesztésével** kísérletezünk.

Szem → műszer → gép → számítógép → mesterséges intelligencia

A modern tudomány akkor lépett át egy új korszakba, amikor az ember felismerte, hogy a valóság sokkal nagyobb annál, mint amit az érzékszervei megmutatnak.

Talán ez az emberi technika történetének egyik legrövidebb összefoglalása.



A szemünktől az adatokig

És itt jutunk el egy fontos fordulóponthoz. Galilei még belenézett a távcsőbe.

Leeuwenhoek a szemét szinte hozzápréselte apró mikroszkópjához.

Röntgen fényérzékeny lemezen rögzítette a sugárzás nyomát.

A mai csillagász azonban gyakran már nem néz bele semmiféle távcsőbe.

A műszer érzékel. MÉR. Számokat állít elő. A számítógép feldolgozza az adatokat. Végül kép jelenik meg a monitoron. A kép többé nem feltétlenül a szem számára érkező fény közvetlen lenyomata.

Lehet adatok vizuális megjelenítése. A látás története ezzel különös fordulatot vett. Először műszerekkel próbáltuk jobban látni a világot. Ma műszereink olyan dolgokat érzékelnek, amelyekre nincs érzékszervünk. A gép mér. A számítógép értelmez. Majd lefordítja az eredményt az ember egyik legősibb információs nyelvére: képet mutat nekünk.

Az ember technikai fejlődésének jelentős része tulajdonképpen saját érzékszerveinek és képességeinek kiterjesztése.

A távcső a látás távolságát növelte. A mikroszkóp a látás felbontását. A fényképezés a látás időbeli tartósságát. A röntgen a látás mélységét. A nem látható hullámhosszak érzékelése pedig kitágította magának a „láthatónak” a fogalmát.

Magyar szemek – a hazai fényképezőgép-gyártás rövid története

A fényképezés világának történetét többnyire francia, angol, német, amerikai és japán nevekkal meséljük el.

Niépce. Daguerre. Talbot.

Leica. Kodak. Canon. Nikon.

De a fényképezés történetének magyar szereplői is vannak.

Nem mindig a tömeggyártásban voltunk erősek.

Nem is abban, hogy világszerte ismert márkákat hozzunk létre.

A magyar fototechnika inkább találmányokban, mérnöki ötletekben, optikai tudásban és néhány különleges fényképezőgépben hagyott nyomot.

A magyar fotográfia első korszaka

A magyarországi fotográfia szinte egyidős a dagerrotípia elterjedésével.

A 19. század közepén a fénykép még ritka és drága dolog volt. A fényképezőgép, a vegyszerek és az optikai eszközök többnyire külföldről érkeztek. Mégis hamar kialakult az a környezet, amelyben a fotográfia Magyarországon is meghonosodott.

A magyar kultúrtörténet egyik legismertebb korai fényképe a Petőfi Sándorról készült dagerrotípia.

Ez a kép nemcsak portré. Nemcsak irodalomtörténeti relikvia. Információhordozó.

Egyetlen, sérülékeny lemezen őrzi annak az embernek az arcát, akit egyébként festményekből, szobrokból, leírásokból és legendákból ismerünk.

A dagerrotípia különossége éppen ez: nincs negatívja, nincs egyszerűen sokszorosítható eredetije. Ami fennmaradt, az maga az egyedi tárgy.

Ha eltűnne, nem csupán egy kép veszne el, hanem egy közvetlen fénylenyomat a 19. századból.

Petzvál József és a fény ereje

A magyar fototechnika egyik legnagyobb alakja Petzvál József.

Nevéhez fűződik a híres Petzvál-objektív, amelyet 1840 körül dolgozott ki. Ez a portréfényképezés egyik meghatározó objektívje lett.

Miért volt ez fontos?

A korai fényképezés egyik legnagyobb gondja az expozíciós idő volt.

A fényérzékeny anyagok még lassúak voltak.

A gyenge objektívek kevés fényt engedtek át.

A modellnek hosszú ideig mozdulatlanul kellett ülnie.

Petzvál számításai alapján olyan objektív készült, amely lényegesen több fényt gyűjtött össze, mint a korábbi megoldások.

Ez nem egyszerű optikai finomság volt.

Ez emberi szempontból is fontos változás.

A portré alanya kevesebb ideig szenvedett a kamera előtt.

A fényképész könnyebben dolgozhatott.

A fényképezés használhatóbbá vált.

Egy jó objektív nemcsak élesebb képet ad. Megváltoztatja, mire használható a fényképezés.

Süss Nándor és a magyar optikai ipar alapjai

A fényképezőgép nem egyetlen tárgy.

Optika. Mechanika. Finommegmunkálás. Anyagismeret. Mérnöki pontosság.

Egy országban csak akkor lehet komolyabb fototechnikai ipar, ha ezekből legalább néhány területen megfelelő tudás és műhelyháttér áll rendelkezésre.

Ebben volt fontos szerepe Süss Nándornak.

1884-ben megbízták a Mechanikai Tanműhely vezetésével. Ez a műhely lett később a Magyar Optikai Művek, a MOM egyik előzménye.

A MOM neve később elsősorban optikai, finommechanikai és műszeripari termékekkel kapcsolódott össze.

A fényképezőgép-gyártás szempontjából ez azért lényeges, mert a kamera nemcsak doboz és film.

A kamera precíziós műszer. A zárnak pontos időt kell mérnie. Az objektívnek megfelelően kell leképeznie. A filmnek síkban kell állnia. A keresőnek és a távolságállításnak használatosnak kell lennie.

A fényképezőgép tehát az információörögzítés egyik legszebb mechanikai eszköze: fényt, időt és teret kell benne pontosan összehangolni.

Mihályi József, a fotóipar magyar Edisonja

Mihályi József pályája azért érdekes, mert jól mutatja: a fényképezés fejlődése nem csak a fényképezőgépek története.

Ugyanilyen fontos a film. Az előhívás. A másolás. A nagyítás. A színvisszaadás.

A fotográfia egész ipari rendszere.

A fényképezés nem ott ér véget, hogy megnyomjuk a gombot.

A kép ezután még utat tesz meg: a filmen, a laboron, a papírképen, az albumon, az újságon vagy később a digitális fájlon keresztül. A fényképezés valójában információs lánc. A kamera csak a lánc egyik eleme.

Gamma – magyar fényképezőgép-álmok

Az 1920-ban alakult Gamma Művek története is különleges. A vállalat egy év után csődbe ment, majd Juhász Zoltán és Juhász István vásárolta meg és állította talpra. Később Barabás János vezetésével kezdtek saját fényképezőgép fejlesztésébe.

Riszdorfer Ödön például az automatikus és félautomatikus expozíciósabályozás terén végzett úttörő munkát.

Mit jelent ez?

A korai fényképezésnél a fotósnek kellett eldöntenie, mennyi fény jusson a filmre.

Záridő. Rekesz. Fényérzékenység.

Ha kevés fény jutott be, a kép sötét lett. Ha túl sok, túl világos.

Az expozíció helyes megválasztása sokáig tapasztalatot igényelt.

Az automatikus vagy félautomatikus expozíciósabályozás azt jelenti, hogy a gép részt vállal ebből a döntésből.

A fényképezőgép elkezd gondolkodni a fényről.

Ez az út vezetett később az automata kamerákhoz, majd a mai okostelefonokhoz, amelyek már nemcsak mérnek, hanem algoritmusokkal javítják, értelmezik és átalakítják a képet.

A Gamma fejlesztései közül több prototípus, például a Riga és a Kinga a háború miatt nem jutott sorozatgyártásig.

Ez tipikus magyar technikatörténeti sors.

Jó ötlet, tehetséges mérnökök, ígéretes prototípusok.

Majd történelem, háború, politika vagy gazdasági döntés megszakítja a folyamatot.

Duflex – majdnem világsiker

A magyar fényképezőgép-gyártás legismertebb története kétségtelenül a Duflex.

Dulovits Jenő saját fényképezőgép kifejlesztésén dolgozott, majd a Gamma Művekkel együttműködve valósult meg a konstrukció. A Duflex különlegessége nem csupán az, hogy magyar fényképezőgép volt.

Hanem az, hogy műszakilag is nagyon előremutató konstrukció.

A fotós nyitott rekesznél, világos keresőképen állíthatta be az élességet. A kép készítésekor a rekesz a beállított értékre ugrott be, majd a felvétel után visszatért.

A Duflex tehát nem egyszerű magyar kuriózum.

Egy olyan irányt mutatott, amely később a tükörreflexes fényképezőgépek világában általánossá vált.

És mégis: a gyártása rövid életű maradt.

Ettől lett a Duflex egyszerre technikatörténeti mérföldkő és gyűjtői ritkaság.

MOM, Mometta és a hétköznapi fényképezés.

Az 1950-es években a Magyar Optikai Művek is belépett a fényképezőgép-gyártásba a Mometta sorozattal.

A Mometta már más világot képviselt. Nem olyan legendás, mint a Duflex. Nem is olyan tömeges emlék, mint a Pajtás. De fontos állomás: azt mutatja, hogy a magyar ipar a háború utáni években is próbált saját fényképezőgépeket készíteni.

A fényképezőgép ekkor már nemcsak szakemberek eszköze volt. Egyre inkább a családi emlékezet tárgya. Kirándulás. Esküvő. Gyerekek. Munkahelyi ünnepség. Nyaralás a Balatonnál.

A magyar fényképezőgép-gyártás története ezért nemcsak mérnöki történet.

Társadalomtörténet is. A kérdés nem csupán az, milyen gépeket tudtunk gyártani.

Hanem az is: kik fényképezhettek velük?

Pajtás – a magyar emlékezet dobozgépe. A Pajtás valószínűleg a legismertebb magyar fényképezőgép. Egyszerű volt. Olcsó. Korlátozott képességű. És éppen ezért fontos.

A Pajtás nem a profi fotográfus gépe volt. Hanem a mindennapi emberé.

Sokak számára ez jelentette az első találkozást a fényképezéssel.

Nem kellett bonyolult beállításokkal bajlódni.

Nem kellett mély fotótechnikai tudás.

Csak bele kellett nézni, célozni, és exponálni.

A képek gyakran életlenek voltak. Bemozdultak. Ferde horizonttal készültek. Túlexponált vagy alulexponált részletekkel. De ezek a képek őrizték meg családok, osztálykirándulások, nyaralások és hétköznapiak emlékeit.

A technikatörténet gyakran a különleges gépeket ünnepli.

Pedig a kultúrtörténetben sokszor az egyszerű gépek hatása a nagyobb.

A Pajtás nem azért fontos, mert a legjobb volt. Hanem mert sok kézbe eljutott.

Forte, film és a kép anyaga

A fényképezőgép önmagában nem elég.

Film is kell hozzá.

A hazai fotózás történetéből ezért nem hagyható ki a Forte neve sem.

A Forte filmek és fotópapírok sok magyar amatőr és hivatásos fényképész számára jelentettek mindennapi alapanyagot. Ez azért fontos, mert a fénykép információtárolóként nem csak a kamerán múlik. A kép sorsa a fényérzékeny rétegen dől el.

Mennyire érzékeny?

Milyen szemcsés?

Milyen a tónusvisszaadása?

Meddig őrzi meg a képet?

Hogyan öregszik?

A fotópapír, a negatív és a vegyszerek éppúgy részei a tárolási történetnek, mint a fényképezőgép.

Miért szakadt meg?

A hatvanas évek végén a hazai fényképezőgép-gyártás „felsőbb sugallatra?” megszűnt.

A magyar fényképezőgép-gyártás nem azért tűnt el, mert ne lettek volna ötletek vagy szakemberek. A fényképezőgép-ipar azonban nagyon verseny érzékeny terület volt.

A nyugatnémet, keletnémet, szovjet, japán és más gyártók nagyobb sorozatokban, szélesebb piacra dolgoztak. A kis magyar szériák nehezen tudtak volna versenyezni. A szocialista iparpolitika pedig gyakran nem az önálló, sokszereplős fejlesztést, hanem a feladatok országok közötti leosztását részesítette előnyben. Így a magyar fényképezőgép-gyártás lassan eltűnt.

De a tárgyak megmaradtak.

Dici, Duflex, Fotobox, Kinobox, Mometta, Optifort, Pajtás, Weekend.

Ezek ma már nemcsak fényképezőgépek. Egy meg nem valósult ipartörténeti lehetőség tárgyi emlékei. És éppen ezért fontosak a gyűjtemények. Egy fényképezőgép a vitrinben nemcsak régi tárgy.

Kérdéseket őríz.

Ki tervezte? Hol készült? Mennyit gyártottak belőle? Kik használták? Milyen képek készültek vele? Miért nem folytatódott a története?

A technikatörténetben néha nem a működő gép a legfontosabb, hanem az a kérdés, amelyet feltesz.

Magyar fényképezőgépek mint információhordozók

Első pillantásra a fényképezőgép nem információtároló.

A film vagy a memóriakártya tárolja a képet.

A gép csak elkészíti.

De egy régi fényképezőgép mégis információhordozó.

Anyagában őrzi a kor műszaki lehetőségeit. Formájában a tervezők elképzeléseit. Kopásában a használat nyomain. Márkanévében az ipartörténetet. És ha szerencsénk van, a hozzá tartozó képekben az emberi történeteket is.

9. A hang fogságba ejtése

Amikor a hang túlélte a csendet

Az ember nagyon korán megtanulta megőrizni a képeket. A barlang falán ott maradt az állat alakja. A kőtáblán a jel. A papíron az írott szó. De a hanggal sokáig nem tudott mit kezdeni.

A kimondott szó eltűnt. A dal elhallgatott. A nevetés véget ért. Egy ember hangja addig létezett, amíg beszélt. Azután csak azok emlékezetében maradt meg, akik hallották. A hang évezredekken keresztül az idő foglya volt. Leírhattuk, mit mondott valaki. Lejegyezhetjük a zenét. De magát a hangot nem tudtuk megőrizni. Aztán a 19. században először történt meg valami különös.

Egy ember meghalt.

A hangja mégis megszólalhatott. Megőrizhetjük-e a zenét?

A hangrögzítés történetét gyakran Thomas Edison fonográfjával kezdjük. Pedig az ember már évszázadokkal korábban próbálta rögzíteni a zenét. Csak nem a hangját rögzítette. Hanem az utasítást, amelyből a zene újra létrehozható.

A harangjátékok, zenélőórák és mechanikus zenegépek forgó hengereket használtak. A henger felületén elhelyezett szegek vagy büttyökök működtették a szerkezetet.

A henger forgott. Egy büttyök megemelt egy kart. Megszólalt egy hang. A büttyök helyzete meghatározta, melyik hang mikor szólaljon meg. Ezek valójában nem a hangot tárolták.

A zenét tárolták. Ez fontos különbség.

Ha egy zenélő henger lejátssza Mozart egyik dallamát, nem Mozart előadását halljuk.

A szerkezet újra létrehozza a zenét a tárolt utasítások alapján.

Mai hasonlattal élve ez inkább egy MIDI-fájlhoz hasonlít, mint egy MP3-felvételhez.

Az egyik azt mondja a hangszernek: játszd le ezt a hangot, ekkor, ilyen hosszan.

A másik magának a hangnak a lenyomatát őrzi.

A zene rögzítése és a hang rögzítése nem ugyanaz.

A lyukak, amelyek zenélnék

A mechanikus zenegépek fejlődésével a bütykös hengerek mellett megjelentek a lyukkártyák és lyukszalagok is. A sípládák és később a gépzongorák perforált hordozóról olvasták le a zenét.

Lyuk van.

Nincs lyuk.

Megszólal a hang.

Nem szólal meg.

Az információ fizikai jelenléte vagy hiánya vezérelte a gépet.

A gépzongorák fejlettebb változatai már nemcsak a hangmagasságot és az időzítést, hanem az előadás egyes sajátosságait is képesek voltak rögzíteni.

A gépzongora (player piano, vagy pianola, nickelodeon, autopiano) az egyik első hangrögzítő eszköz volt a technikatörténetben. A gépzongorás hangfelvételeknél pneumatikus úton, lyukkártya-lyukszalag technológiájához hasonlóan, egy papírtekercsre rögzítették a zongorahang magasságát, időtartamát és erősségét. Lejátszáskor egy fűjtató szabályozza a mechanikát. A gépzongora vákuummal működik, a fűjtatók tulajdonképpen szelládák, ahol a vákuum keletkezik. Pedállal vagy motorral állították elő a szükséges energiát.

A reprodukáló gépzongorák különleges helyet foglalnak el a hangrögzítés történetében. Nem hanghullámokat tároltak, hanem a zongorista játékának mozdulatait: mely billentyűt mikor és milyen erővel ütötte le, hogyan használta a pedálokat. A hangszer így nem egyszerűen lejátszotta a művet, hanem újraalkotta az előadást.

Franz Liszt saját játékáról ilyen felvétel nem maradt fenn. Számos tanítványa – például Eugen d'Albert, Arthur Friedheim vagy Frederic Lamond – azonban készített reprodukáló gépzongoratekercseket. Ezek a felvételek ma a 19. századi zongorajáték egyik legfontosabb hangzó dokumentumai, és talán a legközelebb visznek bennünket ahhoz, hogy elképzeljük, hogyan szólhatott maga Liszt Ferenc.

A gépzongora valójában az első MIDI-rendszer. Ez elsőre meghökkentően hangzik, de gondoljon bele.

A reprodukáló tekercs nem hangot tárol.

Hanem: melyik billentyű, mikor, milyen erővel, meddig, milyen pedállal.

Pontosan ezt tárolja ma is egy MIDI-fájl.

A hangot mindig az aktuális hangszer állítja elő.

A gépzongora tehát nem a gramofon őse. Sokkal inkább a digitális zenefájlok őse.

A reprodukáló gépzongora nem a hangot őrizte meg, hanem az előadás "programját" – ezért informatikai szempontból közelebb áll a mai MIDI-fájlokhoz, mint a gramofonlemezhez.

Mert a gépzongora felvet egy különös kérdést.

Mi egy zenei előadás? A hang? Vagy azoknak a mozdulatoknak a sorozata, amelyek létrehozzák a hangot?

Ha pontosan tudnánk, melyik billentyűt mikor, milyen erővel és mennyi ideig nyomta le egy zongorista, elvileg újra létrehozhatnánk az előadását.

Nem a hangfelvételt játszanánk le. A zongora ismét eljátszaná a művet. A tárolt információ újra eseménnyé válna.

Le lehet rajzolni a hangot? A hang, rezgés. Amikor beszélünk, a hangszalagok rezgésbe hozzák a levegőt. A levegő nyomásváltozásai eljutnak a fülünkhöz. A dobhártyánk rezegni kezd. Az agyunk pedig hangként értelmezi a jelet.

Ha a hang rezgés, felmerül egy egyszerű kérdés: lehet-e látható nyomot készíteni róla?

Édouard-Léon Scott de Martinville 1857-ben szabadalmaztatta a fonautográfot.

https://konyvesmagazin.hu/friss/thomas_edison_hangrogzites_hang_zene_fonograf_fonautograf_jonat_han_scott_zenetortenet_tortenelem_edouard_leon_scott.html

https://ng.24.hu/kultura/2008/03/28/hangfelvetel_a_fonograf_elotti_idokbol/

A szerkezet tölcseire összegyűjtötte a hangot. Egy vékony hártya rezgésbe jött. A hártyához kapcsolt tű mozgott. A tű egy kormozott felületre vonalat rajzolt. A hang láthatóvá vált. A fonautográf azonban nem tudta visszajátszani a hangot.

A vonalat nézni lehetett. Mélni. Tanulmányozni. De meghallgatni nem.

Legalábbis akkor ezt gondolták.

Több mint száz évvel később kutatók digitalizálták a fennmaradt fonautogramokat, és számítógéppel hanggá alakították a rajzolt rezgéseket.

Az egyik, 1860-ban készült felvételen az Au clair de la lune dallama hallható.

Gyenge. Torz. Szinte kísérteties. De emberi hang.

Olyan ember hangja, aki úgy készített hangfelvételt, hogy életében soha nem hallhatta vissza.

Kevés ennél különösebb történet van az információ tárolásának történetében.

Az információ ott volt a hordozón.

Csak még nem létezett a megfelelő technológia a visszaolvasásához.

Ismét ugyanahhoz a problémához jutottunk, mint a hieroglifáknál vagy a régi számítógépes adathordozóknál.

Az információ megőrzése és az információ hozzáférhetősége két külön dolog.

„Mary had a little lamb”

1877-ben Edison egy másik kérdést tett fel.

Ha a hang rezgése egy tűt mozgat, és a tű nyomot hagy egy felületen, vajon a folyamat megfordítható-e? Mi történik, ha a tűt újra végigvezetjük ugyanazon a nyomon? A barázda mozgatja a tűt. A tű rezgésbe hozza a membránt. A membrán a levegőt. És a hang ismét megszólal.

Az elv szinte mehökkentően egyszerű.

Edison 1877-ben elkészítette fonográfját, majd 1878-ban szabadalmat kapott a találmányra.

A történet szerint Edison ezt mondta a tölcsérbe: „Mary had a little lamb...”

Majd visszaforgatta a hengert. A gép megszólalt. Próbáljuk meg elképzelni a pillanatot.

1877-et írunk. Senki nem hallott még hangfelvételt. Minden hang, amelyet életünkben hallottunk, valós időben keletkezett.

Ember beszélt. Hangszer szólt. Harang kondult. Állat adott hangot.

Aztán egy gépből megszólal egy hang, amely már megtörtént. Nem valaki utánozza. Nem kottából újrajátssza. A múlt hangja szól. Az idő először beszélt vissza. A hang fizikai nyoma.

A fonográfhengere felületén barázda futott. A hang rezgései megváltoztatták ennek a barázdának az alakját. A hang tehát fizikai formát kapott.

Egy szó.

Egy nevetés.

Egy hegedűhang.

Mindegyik másképpen rezegtette a levegőt. És mindegyik más nyomot hagyott. Ez az analóg rögzítés lényege. A tárolt jel folyamatosan követi az eredeti jel változását.

A levegő nyomása változik. A membrán mozgása változik. A tű helyzete változik. A barázda alakja változik. Nincs betű. Nincs kód. Nincs szám. A hang fizikai változásainak megfelelő fizikai változás jön létre a hordozón. A hang anyaggá válik.

A henger problémája: Edison fonográfja működött. De információtechnikai szempontból komoly problémája volt. A henger nehezen sokszorosítható. Ismét felbukkan a füzetünk egyik vezérmotívuma:

nem elég tárolni az információt — másolni is tudni kell.

Az írás, a kép és a hang rögzítése meglepően ugyan azt az utat járta be: kezdetben csak egy példány készült, nehezen másolható majd megjelentek az új technikák a sokszorosításra: könyvnyomtatás, fotó negatív eljárás, gramofon lemez.

Ha egy zenész előadását sok emberhez akarjuk eljuttatni, sok példányra van szükség.

A hengerek gyártása és másolása bonyolult volt. A hangrögzítésnek szüksége volt a maga Gutenbergjére.

A hang Gutenbergje

Tíz évvel Edison fonográfja után Emile Berliner szabadalmaztatta gramofonját. Az eredeti füzet 1887. szeptember 26-át adja meg a szabadalom dátumaként.

Berliner nem hengert használt, hanem korongot.

A barázda spirálisan futott a lemez felületén. A tú oldalirányú mozgása követte a hang rezgéseit. A korong alak önmagában is praktikusabb volt. A lemezek egymásra helyezhetők. Könnyebben tárolhatók.

De a valódi előny ismét a másolás volt.

Az eredeti hangfelvételtől köztes gyártási lépésekkel olyan préselőforma készülhetett, amellyel sok, lényegében azonos lemezt lehetett előállítani.

Egy énekes egyszer énekelt.

Egy zenekar egyszer játszott.

A felvételt egyszer rögzítették.

De ezrek, később milliók hallgathatták.

Berliner azt tette a hanggal, amit Gutenberg a szöveggel. Sokszorosíthatóvá tette. A hasonlat természetesen nem tökéletes. De információ-történeti szempontból nagyon találó. A gramofonlemez nemcsak hanghordozó. A hang ipari sokszorosításának eszköze.

A halottak hangja

A hangrögzítés egészen új kapcsolatot teremtett az idővel. Korábban ismerhettük történelmi személyek arcát.

Festményekről.

Szobrokról.

Később fényképekről.

De nem tudtuk, hogyan beszéltek.

Milyen volt a hangjuk. Gyorsan vagy lassan beszéltek? Milyen volt a hangsúlyuk? Nevettek-e beszéd közben?

A hangfelvétel valami rendkívül személyes dolgot őrzött meg. A hang ugyanis nemcsak információt közöl. Azt is elárulja, ki beszél. A hang egyszerre üzenet és személyes azonosító. Ma meghallgathatunk több mint száz éve elhunyt embereket.

Nem olvassuk a szavaikat. Ők mondják ki. Legalábbis ezt érezzük.

A hangrögzítés ezért talán még a fényképnél is erősebben kelti a jelenlét illúzióját.

Egy régi fényképen valaki mozdulatlan. Egy régi hangfelvételen megszólal. Mennyi hang fér egy lemezre? A hangrögzítés története ettől kezdve részben ugyanarról szól, mint minden információ-tárolás története.

Hogyan férjen több információ kisebb helyre?

A korai lemezek néhány percnyi hangot tároltak oldalanként. Ez meghatározta a zenét is.

Egy hosszabb művet több lemezoldalra kellett bontani. A hallgató felállt. Lemezt cserélt. Megfordította. Folytatta.

1948-ban megjelent a mikrobarázdás, hosszan játszó(LP, Long Play) lemez.

A magyar származású Goldmark Péter Károly és a CBS fejlesztőinek munkája nyomán a 33 $\frac{1}{3}$ fordulat/perc sebességű LP lényegesen hosszabb játékidőt kínált.

Az 1948-ban bemutatott LP még monó volt. A kereskedelmi sztereó hanglemezek később, az 1950-es évek végén terjedtek el.

A sztereó hanglemez fejlődésének főbb mérföldkövei

1931 (Az alapok): Alan Blumlein brit mérnök (az EMI-nél) szabadalmaztatta a sztereó hangrögzítés elvét, beleértve a máig használt mikrofontechnikát. Ő javasolta először a barázda mindkét oldalának modulálását. [[1](#), [2](#)]

1950-es évek (Kísérletek): Megkezdődtek az első kísérleti sztereó rádióműsorok. A térhangzást gyakran úgy próbálták elérni, hogy a rádió két külön sávját (AM és FM) használták a bal és a jobb csatorna sugárzására. [[1](#)]

1957 (A Westrex rendszer): A Westrex cég kifejlesztette a 45/45-ös eljárást (más néven „V-barázda” rendszert). Ezzel a módszerrel mindkét csatornát egyetlen barázdába tudták préselni úgy, hogy a barázda két oldalfala külön-külön tartalmazta a bal és a jobb oldali hanginformációt. [[1](#), [2](#)]

1958 (Kereskedelmi megjelenés): A Columbia Records és a London Record Co. bemutatta az első, nagyközönség számára is elérhető sztereó LP-ket. A lejátszáshoz már speciális sztereó hangszedőre volt szükség. [[1](#), [2](#)]

1960-as évek vége – 1970-es évek: A sztereó hanglemez végleg kiszorította a monó (egysávos) lemezeket, és a sztereó hangzás a szórakoztató elektronika, a rádiózás és a filmipar globális szabványává vált

A technológia lényege

A monó hanglemezeken a tű csak vízszintes irányban mozog. Ezzel szemben a sztereó hanglemezeken a tű egyszerre mozog oldalirányban és függőlegesen is a barázdában. Ez a szimultán mozgás (a 45/45-ös szögben álló barázdafalak letapogatása) teszi lehetővé, hogy a lejátszó szétválassza a két csatornát, megteremtve a bal és jobb hangszórók közötti zenei teret.

Az izgalom az 1930-as években kezdődött, de a zenekedvelők csak az 1950-es évek végén vásárolhatták meg saját sztereó lemezjátszóikat és sztereó hanglemezeiket. Az 1970-es évekre már sok egyetemi hallgató és zenerajongó rendelkezett sztereó rendszerrel: lemezjátszóval, egy rádióerősítővel és egy pár hozzáillő hangsugárzóval. A többféle technikai kísérlet ellenére, ami a sokcsatornás jelátvitelt illette, valahogy megmaradt a kétcsatornás sztereó hangzás.

A lényeg azonban változatlan. A barázda finomabb lett. A fordulatszám csökkent. Több hang fért ugyanakkora felületre. Nőtt az adatsűrűség.

Pontosan ugyanaz a folyamat, amelyet később a mágneslemezeknél, merevlemezeknél és félvezető memóriáknál látunk.

Bakelit, ami nem bakelit

A köznyelvben gyakran „bakelitlemezeknek” nevezzük a hanglemezt.

A modern mikrobarázdás lemezek azonban jellemzően PVC-alapú vinilből készülnek, nem bakelitból.

A „bakelit” név mégis velünk maradt. Ismét egy nyelvi kövület. Mint a QWERTY.

Mint a „tárcsázni” szó a nyomógombos és érintőképernyős telefonok korában.

A technika megváltozik. A nyelv néha tovább őrzi az eltűnt technológiát.

A hang láthatatlanná válik

Érdekes határt húzhatunk a könyv és a fénykép után. Ezeknél az értelmezést közvetlenül az ember végezhet, nem kellett semmilyen szerkezetet közbeiktatni. A könyvet elolvastuk, a fényképet megnéztük. Ezt egy átmeneti állapot követte: a hanglemezen látjuk a barázdákat, de kell egy lejátszó eszköz. A filmen látjuk a képkockákat, de kell e vetítő gép. A mágneses hang és képrögzítés során már mindez láthatatlanná válik. A mai számítástechnika korában már az adathordozót sem látjuk (felhő), viszont egyre összetettebb infrastruktúra szükséges az értelmezéshez.

A hanglemezen a hang nyoma látható.

Ha megfelelő fényben nézzük a barázdát, még a sűrűbb és ritkább részek különbségeit is észrevehetjük.

A 19. század végén azonban megjelent egy másik gondolat. Mi lenne, ha a hangot mágneses állapotok formájában tárolnánk?

Valdemar Poulsen mágneses hangrögzítő eljárását az 1890-es évek végén dolgozta ki. 1900. november 13-i szabadalom telegrafon nevét említi.

Az elv ismét elegáns. Egy mágnesezhető anyag mozog az elektromágnes előtt. A hang elektromos jellé alakul. Az elektromos jel változtatja a mágneses teret. A hordozó különböző részei különböző mágneses állapotba kerülnek. Lejátszáskor a folyamat megfordul. A mágneses jel elektromos jellé válik. Az erősítő és a hangszóró ismét hangot hoz létre. A hang nyoma többé nem barázda.

Nem látjuk. Nem tapintjuk. Az információ láthatatlan állapotváltozásként rejtőzik az anyagban.

Ezzel új korszak kezdődött.

A hang törölhetővé válik

A mágneses hangrögzítés egyik legnagyobb újdonsága nem a hangminőség volt, hanem a törlés.

Egy hanglemez barázdáját nem lehet egyszerűen „visszacsinálni”. A mágnesszalag azonban újramágnesezhető. Felveszünk valamit. Letöröljük. Másikat veszünk fel. A hordozó és az információ kapcsolata lazábbá vált. Ez nagyon fontos fordulat.

Az agyagtábla jelei fizikailag bele vannak nyomva az agyagba.

A könyv betűi a papíron vannak.

A hanglemez barázdája a lemez alakja.

A mágnesszalag viszont ugyanaz a tárgy marad akkor is, ha teljesen más információt tárolunk rajta.

A hordozó újra felhasználható. A számítógépes adattárolás egyik alapvető tulajdonsága jelenik meg.

Az információ már nem a tárgy maradandó formája, hanem annak megváltoztatható állapota.

A magyar hangrögzítés történetéből nem hagyhatjuk ki a Budapesti Rádiótechnikai Gyár, vagyis a BRG nevét és Jánosi Marcell munkásságát.

A magnetofon a 20. század második felében különleges szerepet kapott.

A hanglemez elsősorban kész tartalmat adott. Megvettük. Hazavittük. Meghallgattuk. A magnetofon azonban rögzíteni is tudott. A család hangját. A gyerek első szavait. Egy rádióműsort. Zenét. Beszélgetést.

A hangrögzítés beköltözött az otthonokba. A mikrofon előtt többé nem csak híres énekesek és politikusok álltak. Bárki megszólalhatott. Bárki megőrizhette a hangját. Ez ugyanaz a demokratizálódás, amelyet a Pajtás fényképezőgépnél láttunk. A technika akkor változtatja meg igazán a társadalmat, amikor kikerül a szakemberek kezéből.

A hang leválik a hordozóról

A hangrögzítés történetének következő nagy fordulata a digitalizálás.

Az analóg hang folyamatosan változik. A digitális rendszer időről időre megméri a jel pillanatnyi értékét. Mintát vesz. Számot rendel hozzá. Majd a következő pillanatban újra mér. A hang számsorrrá válik.

Ez elsőre különösnek tűnik. Hogyan lehet egy hegedű hangja szám? Egy ember nevetése? Egy madár éneke?

Pedig ha a mérést elég gyakran és elég pontosan végezzük, a számsor alapján a hang nagyon jó közelítéssel újra létrehozható.

A hang ezzel végleg elszakadt eredeti fizikai hordozójától.

Ugyanaz a digitális hang lehet CD-n. Merevlemezen. Memóriakártyán. Telefonon. Adatközpontban.

Rádióhullámon továbbítva. A hang többé nem a barázdában vagy a szalag mágneses rétegében lakik.

Adat lett.

De mit veszítettünk?

A digitális hang tökéletesen másolható. Az ezredik másolat elvileg bitről bitre azonos lehet az elsővel. Nincs szalagzaj. Nincs lemezkopás. Nincs minden másolási lépésnél újabb minőségromlás. Információtechnikai szempontból ez óriási győzelem.

Mégis érdekes, hogy a hanglemez ismét népszerűvé vált. Nem feltétlenül azért, mert „jobb” hangot ad. Erről az audiofilek végtelen vitákat folytathatnak.

Talán azért is, mert a lemez tárgy. Van mérete. Súlya. Borítója. Oldala. Barázdája. Rituáléja. Kivesszük. Letöröljük. Feltesszük. Leengedjük a tűt.

Talán hasonló okokból nem tűnt el a könyv a könyvolvasók korában.

A digitális hangnak nincs saját alakja. Egy MP3-fájl kívülről ugyanolyan bitek sorozata, mint egy fénykép, egy levél vagy egy számítógépes program. A jelentést már nem a hordozó formája mutatja meg.

Az információ láthatatlanná vált. Talán ezért ragaszkodunk néha a régi hordozókhoz. Nemcsak a rajtuk tárolt információt szeretjük. Hanem azt is, hogy látjuk és megérinthetjük az emlékeink helyét.

Az írás a gondolatot őrizte meg;
A fénykép a fény nyomát;
A hangrögzítés pedig először magát az időbeli eseményt fogta meg.

És közben van egy másik, nagyon fontos fejlődési sor:

zenegép → utasítást tárol
fonográf → fizikai rezgésnyomot tárol
magnetofon → anyagállapotot tárol
digitális hang → számokat tárol

10. A mozdulat megőrzése

A kép, amely megmozdult

A fényképezés egyik legnagyobb hiányossága éppen a legfontosabb tulajdonsága volt.

Megállította az időt. Egyetlen pillanatot örökített meg. Ez óriási előrelépés volt a festészethez képest. De amikor egy régi fényképet nézünk, óhatatlanul felmerül bennünk a kérdés:

Mi történt előtte? És mi történt utána?

Mosolygott?

Beszélt?

Elindult?

Csak egyetlen pillanatot látunk. A valóság azonban folyamatos.

Az ember ezért természetes módon vágyott arra, hogy ne csak a pillanatot, hanem **magát a mozgást is megőrizhesse.**

A mozgás illúziója

Érdekes módon a film sem valódi mozgást rögzít. Ugyanúgy állóképeket készít, mint a fényképezőgép. Csak hogy nem egyet. Hanem másodpercenként huszonnégyet, huszonötöt, harmincat, vagy még többet. Az emberi szem és az agy ezeket már nem különálló képeknek érzékeli. A mozgás élménye megszületik.

Valójában tehát a film **időben rendezett fényképek sorozata.**

Nem maga a valóság kerül a hordozóra, hanem olyan jelek, amelyekből az agy újra felépíti azt.

A pillanatból történet lett

A fénykép megőrizte egy ember arcát. A film megőrizte az életét.

Először láthattuk, hogyan jártak dédszüleink. Hogyan játszottak a gyerekek. Hogyan dolgoztak a munkások. Hogyan hömpölygött egy száz évvel ezelőtti utca.

A mozgókép nem egyszerűen több információt őrzött meg.

Új dimenziót adott az emlékezetnek.

A némafilm

A legkorábbi filmek még némák voltak. Láttuk az embereket. Nem hallottuk őket. A mozi különös világ volt. A zongorista vagy a zenekar a vetítőteremben játszott. A hang nem a filmen volt. Hanem mellette. Érdekes módon a mozi és a gramofon hosszú ideig külön utakon fejlődtek. Az egyik a látványt, a másik a hangot őrizte.

A kép és a hang újra találkozott

A hangosfilm megszületése nem egyszerű technikai fejlesztés volt.

Két, addig külön fejlődő információtípus egyesült. A kép és a hang.

Most először ugyanaz az ember ugyanabban a pillanatban beszélt, mozgott, mosolygott.

A hang visszatalált a képhez

A mozgókép első évtizedei némafilmek voltak. A nézők látták a szereplőket, de nem hallották a hangjukat. A mozikban zongorista vagy kisebb zenekar kísért a vetítést, a fontosabb párbeszédet pedig feliratok közvetítették.

Már a film születésének idején felmerült az igény, hogy a mozgóképhez hang is társuljon, de a két technika pontos szinkronizálása hosszú ideig megoldhatatlan feladatnak bizonyult. A fordulatot az 1920-as évek végén a hang optikai rögzítése hozta: a hangot a filmszalagra fényváltozások formájában vitték fel, így kép és hang mindig együtt maradt.

1927-ben mutatták be **A dzsesszénekes (The Jazz Singer)** című filmet, amelyet a filmtörténet az első sikeres hangosfilmként tart számon. Bár a film nagy része még némafilmes eszközökkel készült, néhány megszólaló jelenete óriási hatást gyakorolt a közönségre. A hangosfilm néhány év alatt teljesen átalakította a filmgyártást.

A változás nemcsak technikai volt. A színészeknek meg kellett tanulniuk mikrofon előtt játszani, a stúdiókat hangszigetelni kellett, a mozikat új vetítő- és hangberendezésekkel szerelték fel, és megszületett egy új művészeti forma, amelyben a kép, a beszéd, a zene és a hangeffektusok egységet alkottak.

Kevés ország mondhatja el magáról, hogy a mozgókép fejlődésében annyi kiemelkedő alkotója volt, mint Magyarországnak.

A Fox Movietone híradók operatőrei között több magyar szakember is dolgozott, a hollywoodi hangosfilm gyors fejlődésében pedig jelentős szerepet játszottak magyar származású filmesek, köztük **Zukor Adolf**, a Paramount Pictures alapítója, valamint **Kertész Mihály (Michael Curtiz)** és **Korda Sándor (Alexander Korda)**, akik a hangosfilm korszakának meghatározó rendezői és producerei lettek.

A hangosfilm újabb lépést jelentett az információ megőrzésének történetében. A fénykép a pillanatot őrizte meg, a film a mozgást, a hangosfilm pedig először tette

lehetővé, hogy egy esemény **képét, mozgását és hangját egyszerre** rögzítsük. A valóság egy újabb dimenziója vált megőrizhetővé.

Ez óriási változás volt. Nem egyszerűen filmet néztünk. **Jeleneteket éltünk át.**

A televízió

A film megőrizte a múltat. A televízió először tette lehetővé, hogy ugyanazt az eseményt emberek milliói szinte ugyanabban a pillanatban lássák.

Az információ történetében ez újabb fordulópont.

A táviró gyorsabbá tette a hírt. A rádió hallhatóvá tette. A televízió láthatóvá is.

A világ egyre kisebb lett.

A rádió már lehetővé tette, hogy az emberek egyszerre hallják ugyanazt a hírt vagy koncertet, függetlenül attól, hogy hol élnek. A televízió ezt egy új dimenzióval bővítette: **a hang mellé a kép is megérkezett.**

Ez alapvetően megváltoztatta az információ terjedését. Az emberek többé nem csupán hallottak egy történelmi eseményről – láthatták is azt. A Holdra szállás, olimpiai közvetítések, királyi esküvők vagy világpolitikai események egyszerre jutottak el emberek százmillióihoz.

A televízió nem egyszerűen új technikai eszköz volt. Először tette lehetővé, hogy egy egész társadalom **ugyanazt az eseményt ugyanabban a pillanatban élje át.**

A televízió fejlődése ugyanakkor nem egyetlen feltaláló munkája volt, hanem sok kutató évtizedeken át tartó fejlesztéseinek eredménye. Ebben a történetben a magyar mérnökök és fizikusok is kiemelkedő szerepet játszottak.

Magyarok a televízió történetében

Tihanyi Kálmán már 1926-ban szabadalmaztatta teljesen elektronikus televíziós rendszerét. Legjelentősebb felismerése az úgynevezett **töltéstárolás elve** volt: a kamera fényérzékelője nem azonnal továbbította a jelet, hanem rövid ideig „összegyűjtötte” azt, jelentősen növelve az érzékenységet. Ez a modern televíziós kamerák egyik alapelve lett.

Munkáját ma a televíziózás történetének egyik mérföldköveként tartják számon. Szabadalmait több országban is bejegyezték, és későbbi fejlesztések épültek rá.

Tihanyi Kálmán töltéstárolási elve azért különleges, mert ugyanaz a gondolat – a fény által létrehozott töltés rövid idejű felhalmozása – ma is ott él a digitális kamerák CCD és CMOS képérzékelőiben. Vagyis amikor ma mobiltelefonnal fényképezünk vagy videózunk, annak működésében is felfedezhető egy közel száz évvel ezelőtti magyar

mérnöki ötlet. Ez szép példája annak, hogyan élnek tovább a nagy találmányok a modern technikában.

A színes televízió kialakulásában szintén jelentős szerepet játszott **Goldmark Péter Károly**, aki a CBS kutatójaként dolgozta ki az első működő színes televíziós rendszerek egyikét. Bár az általa alkalmazott mechanikus színváltó rendszer végül nem vált világméretű szabvánnyá, kutatásai fontos lépést jelentettek a színes televíziózás fejlődésében.

A televízió története tehát jól példázza, hogy egy új technológia megszületéséhez nem egyetlen zseniális ötlet elegendő. Számos kutató, mérnök és feltaláló munkája épült egymásra, míg végül létrejött az a rendszer, amely ma a világ szinte minden otthonában megtalálható.

Több lett, mint információ

A televízió új korszakot nyitott az információ történetében.

Az írott sajtó elmesélte az eseményeket.

A rádió hallhatóvá tette őket.

A televízió **jelenlétté** változtatta őket.

A néző úgy érezhette, mintha maga is ott állna a stadionban, a parlament előtt vagy egy távoli ország utcáján.

Ez volt az első lépés afelé, amit ma **immerzió**nak nevezünk: a technika nemcsak közvetítette a valóságot, hanem egyre inkább bevonta a nézőt is.

A videó forradalma

A film sokáig a stúdiók világa maradt. A videó azonban beköltözött az otthonokba. A családok már nemcsak fényképeket készítettek. Megörökíthették a gyermek első lépéseit, az esküvőt, a nagyszülők hangját, egy karácsonyt, egy nyaralást.

A videó először tette lehetővé, hogy a hétköznapi ember **saját életének történetét is mozgóképen őrizhesse meg.**

A kamera mindenki zsebébe került

Ma már külön videokamerára sincs szükség. Telefonunk folyamatosan nálunk van. Egyetlen érintéssel 4K felbontású videót készítünk.

Sőt, a készülék egyszerre filmez, fényképez, hangot rögzít, helyadatot tárol, dátumot, időt, sőt gyakran azt is, hogy merre nézett a kamera.

Egyetlen felvételhez ma sokkal több információ tartozik, mint egy egész filmtekercshez száz évvel ezelőtt.

Az emlékezet új dimenziója

Ha végignézzük az eddigi fejlődést, különös mintázat rajzolódik ki.

Az írás megőrizte, **mit gondoltunk.**

A fénykép megőrizte, **mit láttunk.**

A hangfelvétel megőrizte, **mit hallottunk.**

A film megőrizte, **hogyan változott az időben.**

A videó pedig egyesítette a képet, a hangot, a mozgást és az időt.

A valóság egyre teljesebb másolatát kaptuk.

De itt sem álltunk meg

A film még kívülről mutatta a világot. A virtuális valóság már körülvesz bennünket.

A filmet nézzük. A VR-ben jelen vagyunk. És ezzel ismét új korszak kezdődött.

Az ember már nemcsak megőrzi a valóságot. **Belép a saját maga által létrehozott világba.**

IV. rész

Amikor a gépek olvasni kezdtek

11. A lyuk, amely gondolkodni kezdett

Lyukkártya, Jacquard, Hollerith.

Első pillantásra nehéz elképzelni egyszerűbb információhordozót egy darab kartonnál.

Nincs benne mozgó alkatrész. Nincs elektromosság. Nincs mágneses réteg. Nincs fényérzékeny anyag. Csak papír. És lyukak.

Mégis ez az egyszerű tárgy vezetett el a zenegépektől a szövőszékeken és a népszámláláson át a számítógépekig.

A lyukkártya történetének lényege ugyanis nem maga a lyuk, hanem egy felismerés: az információt két állapot különbsége is hordozhatja.

Van lyuk. Nincs lyuk.

Igen. Nem.

Egy. Nulla.

A számítógépek egész digitális világa végső soron hasonló gondolatra épül.

Amikor a lyuk még zenélt

Az előző fejezetben már találkoztunk a mechanikus zenegépekkel. A zenélő henger bütykei meghatározták, melyik hang mikor szólaljon meg. Később a hengert lap vagy szalag válthatta fel. A lyuk egy mechanikus kart engedett át. A kar működésbe hozott egy sípot vagy más szerkezetet. Ahol nem volt lyuk, nem történt semmi.

A lyuk, utasítássá vált.

Ez fontos különbség a fonográfhoz képest.

A fonográf barázdája a hang fizikai változásait követi. A lyukkártya nem hasonlít a zenére. Ha ránézünk, nem látjuk rajta a dallamot. Csak lyukakat. A jelentéshez gép kell. A gép „tudja”, mit jelent a lyuk helye. Ez már nagyon közel áll ahhoz, amit ma kódolásnak nevezünk.

A jel önmagában nem az információ. A jel és a jelentés közötti szabály együtt hordozza az információt.

Egy lyuknak nincs jelentése

Képzeljünk el egy papírlapot.

Fúrjunk rá egy lyukat.

Mit jelent? Semmit. Lehet egy hang. Egy szám. Egy betű. Egy ember neve. Egy szövőszék utasítása. Egy számítógépes program része.

A lyuk jelentését nem maga a lyuk határozza meg. A rendszer határozza meg.

Ha megegyezünk abban, hogy egy adott helyen lévő lyuk az „A” betűt jelenti, akkor a gép A betűként értelmezheti.

Ha egy másik gép ugyanazt a pozíciót egy számként értelmezi, akkor szám lesz belőle.

Ez ma teljesen természetesnek tűnik. Egy bit önmagában szintén nem jelent semmit.

A 01000001 lehet az A betű kódja. Lehet a 65-ös szám. Lehet egy képpont fényességének értéke. Lehet egy hangminta része. Az adat jelentését az értelmezés adja.

A lyukkártya története ezért sokkal több, mint egy régi számítógépes adathordozó története.

Ez annak a története, hogyan tanultuk meg elválasztani a jelet a jelentéstől.

A szövőszék, amely programot kapott

A 18. századi textilipar egyik legnehezebb feladata a bonyolult minták szövése volt.

A szövőszéken hosszanti láncfonalak futnak.

A minta létrehozásához mindig pontosan meg kell határozni, mely fonalakat kell felemelni és melyeket lent hagyni. Egyszerű mintánál ez kezelhető. Bonyolult mintánál rendkívül összetett feladat.



Joseph Marie Jacquard a 19. század elején olyan rendszert tett széles körben használhatóvá, amely összekapcsolt lyukkártyák segítségével vezérelte a szövőszéket.

A kártyán lévő lyukak meghatározták, mely fonalak mozduljanak.

A következő kártya a következő műveletet írta elő. Majd a következő. És a következő. A kártyasorozat utasítások sorozata volt. A gép végrehajtotta őket. Ha másik mintát akartunk szőni, nem kellett átépíteni a szövőszéket. Elég volt kicserélni a kártyákat. Álljunk meg ennél egy pillanatra.

Ugyanaz a gép más feladatot végzett, ha más utasítássorozatot kapott.

Ez a programozható gép egyik alapgondolata. A gép a hardver. A kártyasorozat a program.

Természetesen Jacquard szövőszéke nem számítógép. Nem számolt. Nem hozott döntéseket általános algoritmusok alapján. De egy alapvető gondolat már megjelent: a gép működését az eszköztől elkülönített, cserélhető információ vezérelheti.

A Jacquard-kártyák hatása messzebbre jutott a textiliparnál. Charles Babbage a 19. században általános célú számológép, az Analytical Engine megépítését tervezte. Babbage gépe soha nem készült el teljes egészében. A terve azonban elképesztően előremutató volt.

A gépnek lett volna számolóegysége, memóriája, adatbevitel, kimenete.

És lyukkártyákkal vezérelt programja.

Babbage ismerte a Jacquard-rendszert. A textilminta helyére matematikai műveletek kerültek.

A lyukkártya többé nem azt mondta: emeld fel ezt a fonalat.

Hanem például azt: végezd el ezt a műveletet.

A szövőszék mintát készített.

Babbage gépe számítási eredményt készített volna.

Az alapgondolat azonban rokon. A gép lépéseit előre rögzített utasítások vezérlik. Ada Lovelace ezt a gondolatot talán még messzebbre vitte. Felismerte, hogy ha egy gép megfelelő szabályok alapján jeleket képes feldolgozni, akkor elvileg nem feltétlenül csak számokkal foglalkozhat.

Ha a jelek zenét jelentenek, zenével. Ha betűket, szöveggel.

Ez a gondolat a 19. század közepén szinte felfoghatatlanul modern volt.

A számítógép ma pontosan ezt teszi.

Nem „tudja”, hogy fényképet dolgoz fel.

Nem „hallja” a zenét.

Nem „olvassa” a regényt úgy, mint mi.

Adatokat kezel. Mi adjuk meg, hogy az adatok mit jelentenek. Amikor az emberekből lyukak lettek

A lyukkártya következő nagy szerepe már nem a gépek vezérlése volt. Hanem az emberek adatainak tárolása.

1880-ban az United States népszámlálása hatalmas mennyiségű adatot termelt.

Név.

Életkor.

Nem.

Családi állapot.

Foglalkozás.

Lakóhely.

A népesség gyorsan növekedett. Az adatok kézi feldolgozása egyre lassabbá vált.

Felmerült a félelem, hogy a következő népszámlálás adatait már nem sikerül feldolgozni, mire elérkezik az újabb.

Herman Hollerith különös megoldást dolgozott ki. Az ember tulajdonságait lyukakká alakította.

A kártya meghatározott helyei különböző adatokat jelentettek.

Férfi vagy nő.

Életkor.

Családi állapot.

Más jellemzők.

A megfelelő helyen lyukat ütöttek.

Egy ember. Egy kártya.

A kártya maga lett az adatrekord.

Ez nagyon fontos pillanat az információ történetében.

Az ember először vált tömegesen géppel feldolgozható adattá.

Természetesen korábban is készültek nyilvántartások.

Adólisták.

Népességjegyzékek.

Katonai összeírások.

De ezeket emberek olvasták.

Hollerith kártyáit gép olvasta.

A gép, kérdéseket tett fel az adatoknak

Hollerith rendszere elektromos érintkezőkkel érzékelte a lyukakat.

Ahol lyuk volt, az áramkör záródhatott.

A gép számlált.

Hány férfi?

Hány nő?

Hány ember tartozik egy adott korcsoportba?

Hányan élnek egy meghatározott területen?

A kártyákból statisztika lett. Ez újabb nagy fordulat. Korábban az információt azért tároltuk, hogy később elolvassuk. Most azért is tároltuk, hogy géppel feldolgozzuk. A tárolt adat többé nem passzív emlék. Műveleteket lehet végezni rajta.

Számolni.

Rendezni.

Csoportosítani.

Keresni.

Az adattár kérdezhetővé vált. Ez a mai adatbázisok egyik ősi előzménye. Amikor ma egy számítógépes rendszerben megkérdezzük: Hány hetven év feletti ember él egy adott településen?

Ugyanazt az alapvető dolgot tesszük, amit Hollerith rendszere. Adatokat tárolunk strukturált formában.

Majd feltételt adunk.

A gép kiválasztja a megfelelő rekordokat.

A technológia összehasonlíthatatlanul fejlettebb.

A gondolat meglepően hasonló.

A kártya, amelyből vállalat született

Hollerith vállalkozása később más cégekkel egyesült.

Ebből a vállalati fejlődési vonalból jött létre az IBM.

Az IBM története nem a személyi számítógéppel kezdődött.

Nem a merevlemezrel. Nem is az elektronikus számítógéppel, hanem azzal a problémával: hogyan lehet nagyon sok adatot gyorsan feldolgozni?

Az információ feldolgozása iparaggá vált. Nyolcvan oszlop

A 20. század számítástechnikájának egyik jellegzetes tárgya a 80 oszlopos lyukkártya lett.

Egy kártya 80 karakter tárolására volt alkalmas.

Nyolcvan.

Ma ez alig több egy rövid mondatnál.

A most olvasott bekezdés sem férne rá egyetlen kártyára.

Egy program több száz vagy több ezer kártyából állhatott. A kártyákat sorrendben kellett tartani.

Egy dobozban.

Egy kötegben.

Gyakran filctollal átlós vonalat húztak a kártyacsomag oldalára. Ha néhány kártya rossz helyre került, a vonal törése segített megtalálni a hibát.

És létezett a számítástechnika egyik klasszikus rémálma. A leejtett kártyacsomag. Több száz kártya szétszóródik a földön. A program még ott van. Egyetlen bit sem veszett el. Csak a sorrend.

És sorrend nélkül az információ jelentése megváltozhat. Ez ismét fontos tanulság.

Az információhoz néha nemcsak az adatok tartoznak hozzá, hanem az adatok rendje is.

Egy könyv lapjai is értelmetlenek lehetnek, ha összekeverjük őket.

Egy film kockái. Egy hangfelvétel mintái. Egy számítógépes program utasításai. A sorrend maga is információ.

A program, amelyet meg lehetett fogni

A lyukkártyás korszakban a számítógépes program fizikai tárgy volt. Volt súlya. Vastagsága. Helyet foglalt. Egy nagyobb programot dobozban lehetett vinni.

Ha átadtuk valakinek a kártyacsomagot, fizikailag átadtuk neki a programot.

Ez ma már szokatlan gondolat.

A népszámlálás, amelynek adatai majdnem eltűntek

Az 1890-es amerikai népszámlálás a modern adatfeldolgozás egyik nagy sikertörténete volt.

Herman Hollerith lyukkártyás gépei bebizonyították, hogy emberek tízmillióinak adatait gépek segítségével lehet megszerezni és statisztikailag feldolgozni.

A történetnek azonban van egy különös utóélete.

Az eredeti népszámlálási ívek szinte teljesen elvesztek.

1921 januárjában tűz ütött ki Washingtonban abban az épületben, ahol a Census Bureau iratanyagának egy részét tárolták. A tűz és főként az oltáshoz használt nagy mennyiségű víz súlyosan megrongálta az 1890-es népszámlálás fennmaradt dokumentumait.

A történet azonban nem ért véget a tűzzel.

A károsodott iratok egy része még évekig megmaradt, de akkoriban nem létezett a mai értelemben vett egységes levéltári rendszer az amerikai szövetségi dokumentumok megőrzésére. A National Archives csak 1934-ben jött létre.

Az 1890-es népszámlálás megmaradt iratainak jelentős részét végül selejtezésre jelölték, és később megsemmisítették.

Csak töredékek maradtak fenn.

A történetben van valami különös ironia.

Az emberiség egyik első nagy gépi adatfeldolgozási vállalkozása sikeresen feldolgozta az adatokat – de nem tudta megőrizni őket az utókornak.

A statisztikai eredmények fennmaradtak.

Tudjuk, hogy az Egyesült Államok lakossága 1890-ben **62 979 766 fő** volt.

De ha ma valaki azt szeretné megtudni, pontosan mit jegyeztek fel 1890-ben valamelyik öséről, az esetek túlnyomó többségében már nem találja meg az eredeti népszámlálási lapot.

Ez fontos különbség: **az információ feldolgozása és az információ megőrzése két külön feladat.**

A digitális korban hajlamosak vagyunk azt hinni, hogy amit egyszer adatként rögzítettünk, az már meg is marad.

Pedig egy merevlemez meghibásodhat.

Egy fájlformátum elavulhat.

Egy szolgáltatás megszűnhet.

Egy adatbázis törlődhet.

Egy adathordozó olvashatatlaná válhat.

A technológia változott.

A probléma nem.

Az adat csak akkor marad fenn, ha valaki gondoskodik a megőrzéséről.

A mai programok láthatatlanok. Fájlok. Adatfolyamok. Felhőből letöltött bitek.

A lyukkártya idején azonban az információ és a tárgy kapcsolata még nagyon erős volt.

A programot le lehetett tenni az asztalra. Talán ezért is olyan érdekesek ma a régi lyukkártyák egy gyűjteményben. Egy laikus számára kartondarabok. Aki ismeri a történetüket, annak megfagyott programok.

Adatok.

Számítások.

Valaha működő rendszerek maradványai.

A végtelen kártya

A lyukkártyának volt egy kellemetlen tulajdonsága.

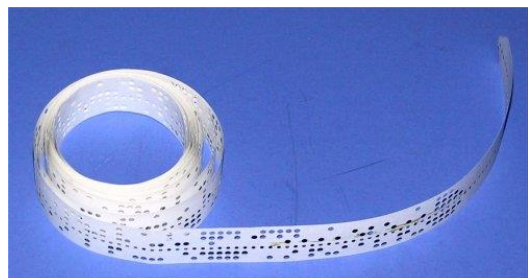
Darabokból állt. A kártyák elveszhettek. Összekeveredhettek.

Ha folyamatos információt akartunk tárolni, kézenfekvő volt egy másik megoldás.

Ne vágjuk fel a papírt kártyákra.

Használjunk hosszú szalagot.

A lyukszalag tulajdonképpen végtelen lyukkártya. lyukak sorban követik egymást. A szalag mozog az



A

olvasó előtt. A gép egymás után érzékeli a jeleket.

A lyukszalag először a korai táviróknál vált jelentőssé. Ez információtechnikai szempontból rendkívül fontos. Korábban az ember közvetlenül kezelte a távirót. Lenyomta a billentyűt. A jel azonnal elindult.

A lyukszalag közbeiktatott egy új lépést. Először tároljuk az üzenetet. Ellenőrizzük. Majd elküldjük.

A kommunikáció és az üzenet létrehozása szétvált. Ugyanezt tesszük ma az e-maillal.

Megírjuk.

Javítjuk.

Elmentjük piszkozatként.

Majd elküldjük.

A lyukszalag ennek egy mechanikus őse.

A gép olvasni kezd

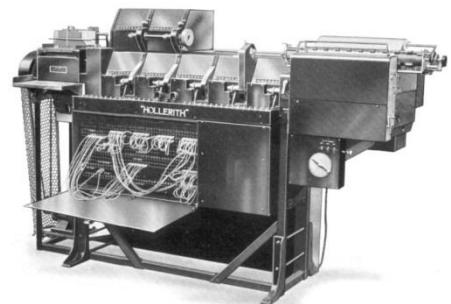
Az írás évezredekken keresztül embernek szólt. Az agyagtábla jeleit ember olvasta. A könyvet ember olvasta. A levelet ember olvasta.

A lyukkártyával valami megváltozott. Az információ címzettje gép lett. A Jacquard-szövőszék olvasta a kártyát. Hollerith tabulátora olvasta a kártyát. A táviró olvasta a lyukszalagot. A számítógép olvasta a programot.

Az ember gyakran már nem is tudta közvetlenül értelmezni a hordozón lévő információt.

Ránézhetett a lyukakra, de gép nélkül nehéz volt megmondani, mit jelentenek.

Ez új probléma. Egy ötezer éves agyagtáblához elvileg elég megtanulnunk az írást. Egy lyukkártyához már tudnunk kell: milyen kódolást használtak? Milyen kártyaformátumot? Milyen gép készítette? Milyen program értelmezte?



Az információ egyre inkább függővé vált az olvasó technológiától.

És ez a probléma a digitális korban csak súlyosabb lett.

Egy lyuk túléli a számítógépet. A lyukkártya lassú. Kevés adatot tárol. Sok helyet foglal. Nem írható könnyen újra. A számítógépek fejlődésével gyorsan elavult.

Olcsó és tartós, de kis kapacitású és lassú. Van azonban egy tulajdonsága, amelyben sok modern adathordozót felülmúl. Ránézünk, és látjuk, hogy van rajta információ. Egy százéves lyukkártyán a lyuk még mindig lyuk. Nem kell hozzá áram. Nem merül le. Nem veszti el mágnesességét. Nem sérül meg egy vezérlőelektronika. Ha ismerjük a kódolást, akár kézzel is megfejthetjük.

Egy mai SSD memórialapkjára nézve semmit nem látunk. Lehet rajta egy család teljes fényképtárház. Egy könyvtár. Egy élet munkája. Vagy semmi. Kívülről ugyanúgy néz ki.

Minél nagyobb lett az adatsűrűség, annál láthatatlanabbá vált az információ.

A lyuk öröksége

A lyukkártyák eltűntek a számítóközpontokból. A lyukszalagok is. De az alapgondolatuk velünk maradt. Két megkülönböztethető állapot.

Van jel - Nincs jel

Igen - Nem

Igaz - Hamis

12. Az információ láthatatlanná válik

Mágneses adattárolás.

A lyukkártyán még látjuk az információt. A lyuk ott van. A papír át van ütve. A jel fizikai, egyszerű, szemmel érzékelhető. Ha ismerjük a kódot, akár kézzel is megfejthetjük.

A mágneses adattárolással azonban valami megváltozott.

Az információ többé nem lyuk, nem karcolat, nem barázda, nem nyomtatott betű.

Nem látjuk. Nem tapintjuk. Nem tudjuk pusztán szemmel megmondani, hogy egy szalagon, lemezen vagy dob felületén milyen adatok rejtőznek.

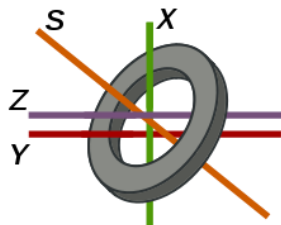
Az információ állapotává vált. Az anyag ugyanott van, ugyanúgy néz ki — de parányi mágneses tartományai másképp rendeződnek.

Egyik irány - Másik irány

Egy - Nulla

A digitális világ láthatatlanul kezdődött el. A memória, amely nem felejtett áram nélkül

A ferritgyűrűs memória (Jay Forrester 1952-es fejlesztése) a korai számítógépek egyik legfontosabb tárolója volt.



Apró, mágnesezhető kerámiagyűrűk rácsában tárolták az információt. A gyűrű mágneses állapota jelentette a bit értékét.

Ez óriási előny volt. A gép kikapcsolhatott. Az áram elmehetett. Az információ nem feltétlenül tűnt el. Az áramjárta vezető mágneses tulajdonságai használhatók ferromágneses anyagok felmágnesezésére, vagy ellenkező áramiránnyal átmágnesezésre. A

két különböző állapot lehetősége alkalmassá teszi bináris információk tárolására. A felmágnesezett ferritgyűrű mágneses állapotát a tápfeszültség megszűnése után is megtartja, ezért rendszerösszeomlás esetén sem veszítjük el feltétlenül a tárolt adatokat. Ez óriási előny volt. A ferritgyűrűt a 70-es évek végéig alkalmazták adattárolásra.

A ferritgyűrűs memória ezért különös átmenet volt az ember számára még valamennyire elképzelhető tárgyi memória és a későbbi, szinte teljesen láthatatlan elektronikus tárolás között.

A bit még apró tárgyhöz kötődött. De a jelentése már nem volt látható. A tárgy megmaradt. Az információ rejtőzködni kezdett benne.

A forgó henger emlékezete

A mágnesdob még látványosabb tárgy volt. Gustav Tauschek 1932-es találmánya.

Egy ferromágneses anyaggal bevont fémhenger nagy sebességgel forgott, és rögzített fejek olvasták róla az adatokat. A mágnesdob az informatikában használt, legrégebbi mágneses adattároló eszközök közé tartozik, az 1950-es évek (elektroncsöves) számítógépeinek jellegzetes adattárolója. Egy ferromágneses anyaggal borított fém hengert tartalmaz, amelyet nagy sebességgel forgattak. Erről olvasták le a rögzített fejegységek az adatokat. Megbízható tárolóként használták az első, nagyobb számban gyártott IBM-számítógéphez, az IBM 650-hez éppúgy, mint az első magyar elektronikus számítógéphez, az M-3-hoz (1959), amelynek építését **Dömölki Bálint** irányította.



Az M-3 eredeti mágnesdobja 1 Kiloszó (cca. 4 kilobájt) kapacitású volt. Az MTA Kibernetikai Kutatócsoport egyik vezető munkatársa, **Kovács Győző** megnövelte a mágnesdob memóriakapacitását (1.6 Kiloszó) és 1960-ban új elven működő mágnesdob-vezérlőt tervezett, mely négy dob vezérlésére volt alkalmas. A magyar számítógépipar első exportjaként az M-3 mágnesdobot használták az egyik első román számítógéphez, a MECIPT-1-hez is. Az M-3 eredeti mágnesdobja mindössze néhány kilobájtnyi kapacitású volt. Ma ennyi adat egyetlen apró ikonhoz is kevés lenne. Kovács Győző növelte meg a mágnesdob kapacitását, és új vezérlőt is tervezett hozzá. Mai szemmel ez meglehetősen kevés. De akkor ez volt a gép emlékezete.

A mágnesdob szép példája annak, hogy a korai számítógépek memóriája még gépészeti jellegű volt.

Forgott. Zúgott. Melegedett. Helyet foglalt.

A számítógép gondolkodásának ritmusát részben egy forgó henger sebessége határozta meg.

A szalag, amelyben idő lakik

A mágnesszalag más elven vált fontossá. Nem gyors véletlen elérésre születt, hanem nagy mennyiségű adat soros tárolására. A szalagot végig kellett tekerni. Az adat egymás után következett rajta.



Eleje volt. Vége volt. Olyan volt, mint egy hosszú mondat.

Ezért a mágnesszalag különösen alkalmas lett mentésre, archiválásra, hang- és videórögzítésre, majd számítógépes adatok tárolására is.

Hangrögzítésre a Compact Cassette a legelterjedtebb hangkazetta-szabvány, melyet a Philips dolgozott ki 1963-ban. Később adattárolásra is használták elsősorban személyi számítógépekhez (Commodore, Sinclair stb.).

A szalag egyik nagy erénye, hogy olcsón lehetett rajta sok adatot megőrizni. Ez ma is igaz: nagy adatközpontokban és archívumokban a mágnesszalag nem tűnt el, csak kikerült a hétköznapi szemünk elől.

Ez érdekes fordulat.

A kazettát, orsós magnót vagy VHS-szalagot már nosztalgikus tárgynak tekintjük.

Közben a mágnesszalag technológiája az adatarshiválás világában tovább él.

A régi technika nem mindig hal meg. Néha csak professzionális háttérbe húzódik.

A mágnesszalag típusai:

1951 Remington Rand, UNISERVO 224 KB

1972 3M Quarter Inch Cartridge (QIC) kazettás szalag 20 MB

1977 Commodore datasette 1978 KB (magnó kazetta)

1984 DEC DLT 94 MB

1987 Sony DAT 2,4 GB

2000 LTO-1, 100 GB

2017 LTO-8, 12 TB

2025 LTO-10, 30-75 TB

A mágnesszalag mind a mai napig az egyik legolcsóbb és legmegbízhatóbb adattárolási eszköz.

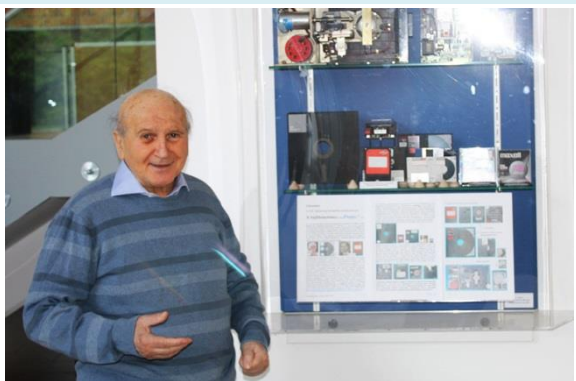


A lemez, amelyet zsebre tettünk

A floppy a személyi számítógépek korszakának jelképe lett. Kicsi volt, könnyű, cserélhető.

Programokat, dokumentumokat, játékokat, iskolai munkákat, leveleket vittünk rajta egyik géptől a másikig.

Jánosi Marcell találmánya egy 3 inches, kemény tokba zárt floppylemez volt, 1973-ban. A



körülbelül 7,5 cm-es méret már valóban zsebre való tervezést jelentett, ahogy a merev tok is, hiszen így jobban elviselte a fizikai ráhatásokat. A meghajtó berendezés (MCD-1) pedig tizede volt méretre az IBM floppynak!



Mivel a BRG nem szándékozott nagyobb tételben gyártani az MCD-1-et és a licenc eladásáról sem tudott megegyezni, ezért a ma ismert 3,5 inches meghajtót a Hitachi, a Matsushita és a Maxell közösen fejlesztette ki.

Ma már csak elvétve találkozhatunk floppy diszkkal.

Az új számítógépekbe már nem szerelnek be floppyolvasó egységet.

A floppy ugyanakkor már a digitális sérülékenység jelképe is.

Egy agyagtábla több ezer évig fennmaradhat. Egy floppy néhány évtized után már komoly kihívás.

Nemcsak az a kérdés, hogy a mágneses réteg megőrizte-e az adatokat.

Hanem az is: van-e még meghajtó? van-e megfelelő kábel? van-e számítógép, amely kezeli?

van-e program, amely értelmezi a fájlt?

A digitális információhoz nem elég megőrizni a tárgyat. Meg kell őrizni a teljes olvasási kultúrát.

A merevlemez és a láthatatlan könyvtár

A merevlemez a mágneses adattárolás egyik legsikeresebb formája lett.

Forgó tányérok.

Mozgó fejek.

Parányi mágneses tartományok.

Egyre nagyobb adatsűrűség.

Egyre kisebb ár.

Egyre több adat.

A merevlemezen már nem egyetlen dokumentumot őrzünk,



hanem világokat. Családi fotókat. Leveleket. Könyveket. Zenéket. Filmeket. Programokat. Teljes életműveket.

És közben a hordozó kívülről néma tárgy.

Az első merevlemez az IBM Model 350 volt. A bejelentés 1956. szeptember 4-én történt, mint az IBM 305 RAMAC számítógépes rendszer része. Az 50 darab 24 inches lemez teljes tárolási kapacitása 5 millió karakter volt.

Működési elve a következő: A mágnesezhető lemezen sávokat alakítottak ki, azokat szektorokra osztották, és fenntartottak egyet a tartalomjegyzéknek. Ha a gép keres egy fájlt, megnézi a tartalomjegyzékben, hogy hányadik szektor, oda vezérli az olvasó fejet, és máris betölti a memóriába.

*A fejlesztők első elképzelése szerint a cél egy olyan kettős meghajtó elkészítése volt, amelyekre egy-egy 30 Mbyte kapacitású lemezcsomagot kell kifejleszteni. Úgyhogy a projektben a berendezésről csak mint a 30-30-asról beszéltek. A fejlesztő csapat vezetője, **Kenneth E. Haughton**, aki biztosan értett a fegyverekhez, az anekdota szerint, hallva a 30-30 kifejezést, felkiáltott: „**Ha ez egy 30-30-as, akkor ez egy winchester!**” Az asszociációjának az volt az alapja, hogy egy híres winchester töltényt hívtak 30-30-nak. A Winchester Model 1984 puská egyik tölténytípusa hallgatott erre a névre.*

Ma már minden merevlemezt winchesternek (vinyónak) nevezünk.

Csatoló felület szerint megkülönböztetünk: MFM, IDE, ATA (PATA), SCSI, SATA rendszereket.



A Compact Flash kártya kompatibilis merevlemezt az IBM fejlesztette ki MicroDrive néven. Ezeket elsősorban digitális fényképezőgépekben alkalmazzák.

Jelenleg még a merevlemez a legelterjedtebb tároló eszköz és már akár 10 TB-os SATA merevlemez is vásárolhatunk!



Ha ránézünk egy merevlemezre, nem tudjuk, mi van rajta. Lehet üres. Lehet rajta egy ember harminc évnnyi munkája. Lehet rajta olyan adat, amelyből már nincs másik példány.

A könyv címét látjuk a borítón. A hanglemezen látjuk a barázdát. A lyukkártyán látjuk a lyukat. A merevlemezzen semmit.

Az információ elvált az emberi érzékeléstől.

Amikor a memória fény lett

Az első kereskedelmi forgalomban kapható lézerlemez rendszer a piacon 1978 végén jelent meg (akkori nevén Laser videolemez volt ismert) Ez még 11,81 hüvelyk (30 cm) átmérőjű volt.

A lemezek akár 60 perces audio / video anyagot tudtak tárolni mindkét oldalon analóg formában. Az első lézerlemezeken teljesen analóg tartalmat tároltak. Egészen 1958-ig visszamenőleg találtak utalásokat e technológiára.



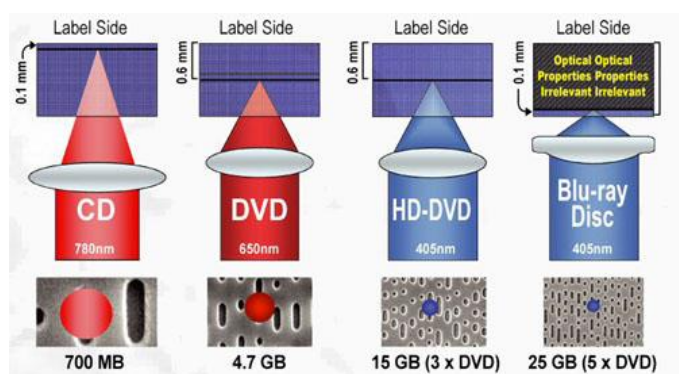
Az optikai tároló rendszerekre jellemző, hogy az írás és olvasás lézersugárral történik. Nevüknek megfelelően optikai eljárást használnak (fényvisszaverődés, polarizáció, szórás, fénytörés) az adatok írására és olvasására. Az optikai tároló felületén az adatok rögzítésekor

kisméretű mélyedéseket hozunk létre, amelyeken a leolvasáskor a lézersugár szétszóródik, míg az adathordozó-réteg eredeti felületéről visszaverődik.

Az első digitális optikai lemez az 1982-ben megjelenő **CD** (Compact Disc) volt. Eleinte főleg zene tárolására használták. A sztenderd méretű CD lemez kapacitása 650-800MB.

A digitális optikai lemezek második generációjának megjelenését a **DVD** kifejlesztése jelentette 1995-ben. Adatsűrűsége a kisebb (650nm) hullámhosszú lézernek köszönhetően jelentősen megnőtt. A hagyományos DVD lemez kapacitása 4,7GB.

A legújabb generációs optikai lemezcsalád, a **Blu-Ray** disc, amelyen



már HD minőségű filmek is tárolhatók az 50 GB tárhelyen.

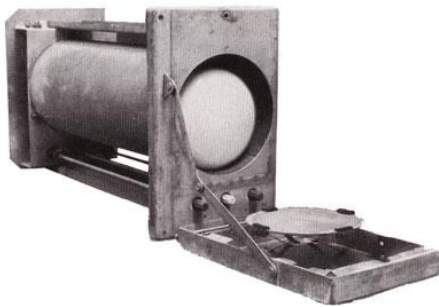
2011-ben adott hírt a General Electric az 500 GB-os optikai adattároló lemez prototípusáról, - az alapjául hologramos technológia szolgál - amit a DVD és a Blu-ray utódjának szánnak, de ez ideig nem került kereskedelmi forgalomba.

A Folio Photonics is dolgozik a fejlesztésen: a Folio Disc nevű megoldásukkal a vállalati adattárolás terén szeretnék megvetni a lábukat, legalábbis első körben. Egyetlen darab ilyen lemez 1 TB, azaz 1024 GB adatot képes eltárolni, ami tízszeres növekedés a Blu-Rayhez képest. Ígéretek szerint hamarosan a boltokban lesz.

Amikor a memória elektronikus lett

A katódsugárcsöves memória és a későbbi félvezető memóriák újabb lépést jelentettek.

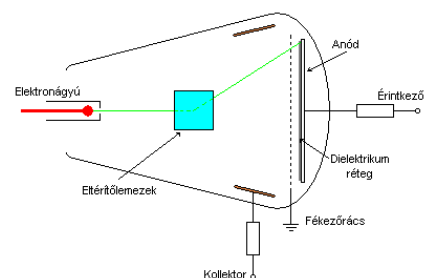
Az első digitális számítógépek memóriarendszereként az 1946-ban **Fred Williams** és **Tom Kilburn** által kifejlesztett katódsugaras memóriarendszereket alkalmazták.



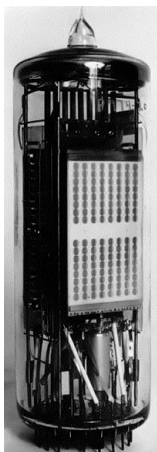
A kapacitásuk 1024 ... 2048 szó volt a hatvanas évek közepéig. Az adatok kiolvasása és beírása tetszőleges sorrendű lehetett az akkoriban szintén használt és elterjedt mágnesdoboktól és szalagoktól eltérően. Rendszerint az üzemi memóriák feladatát töltötték be.

A fékezőrácsos katódsugárcsöves memória rendszer.

Ez a rendszer az elektronágyúból a vékony dielektrikum-réteggel bevont anód lemezből, az eltérítő lemezekből, a fékezőrácsból és a kimenő érintkezővel ellátott kollektorból áll. A beírás során a villamos impulzusokat érintkező útján



az anódlemezre viszik.



A **szelektron** típusú memória. Ezt a típusú tárolási módot **Jan Rajchman**-nak köszönheti a világ, aki az RCA Laboratóriumában fejlesztette ki 1946-ban. A kifejlesztése Neumann János **IAS gépe** számára történt, de később például az IBM is felhasználta 701-es gépében.

Ezek a megoldások már azt mutatják, hogy a számítógép memóriája nem feltétlenül forgó vagy mozgó eszköz.

Lehet elektromos állapot.

Töltés.

Impulzus.

Feszültség.

A félvezető memória világában az információ végképp mikroszkopikus méretű állapotváltozásokba költözik.

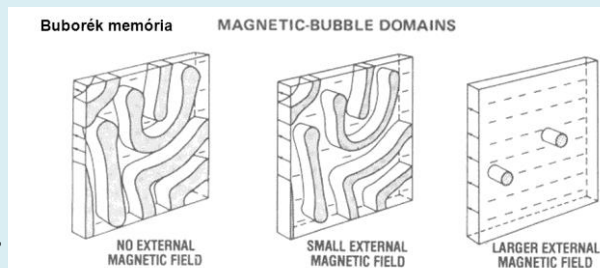
A felhasználó ebből semmit sem lát. Csak azt tapasztalja, hogy a gép emlékszik. Vagy egyszer csak nem emlékszik többé.

Buborékmemória

Egy rövidetű kísérlet.
Mágneses tulajdonságú anyagokban, vékonyrétegekben a mágneses domain-ek kb 50-50 %-ban irányulnak az egyik és a másik irányba, azaz, ha felülről „nézzük”, akkor azt „látjuk”, hogy a domain

szerkezet egy labirintusszerű mintázatot hoz létre. Ha külső mágneses teret kapcsolunk a lapkára, akkor a mágneses domainek elkezdnek beállni a külső mágneses tér irányába, így a kis labirintus falai elkezdnek összehúzódni. Elérhetünk egy olyan állapotot, ahol már csak néhány domain irányultsága ellentétes a külső mágneses térrel, így „felülről nézve” úgy „láthatjuk”, hogy kis kör alakú alakzat van elszórva a felületen. Ha itt meg tudunk állni, és stabilizálni a rendszert, akkor lehetőségünk nyílik bináris információ tárolására. Az ellentétes irányultságú kis mágneses domain hengerek jelentik az 1-et, míg a hiányuk a 0-t.

Főleg ott használták ezt, ahol előnyös volt, hogy nem tartalmazott mozgó alkatrészt, de később a merevlemez , a flashmemória, illetve félvezetőmemória a 80-as évek végére teljesen visszaszorította.



A nagy paradoxon

Az információtárolás történetében különös ellentmondás rajzolódik ki.

Minél régebbi egy hordozó, annál közvetlenebbül olvasható.

Egy köfeliratot látunk.

Egy könyvet kinyitunk.

Egy fényképet megnézünk.

Egy hanglemezt megfelelő mechanikus eszközzel megszólaltatunk.

A modern digitális hordozók viszont elképesztő mennyiségű információt tárolnak, de önmagukban szinte semmit sem árulnak el.

Egy SSD-ben nincs látható szöveg. Nincs kép. Nincs hang. Nincs barázda. Nincs lyuk.

Csak állapotok vannak. És azok értelmezéséhez teljes technológiai lánc kell.

Áram.

Elektronika.

Vezérlő.

Fájlrendszer.

Operációs rendszer.

Program.

Kódolás.

Formátum.

Jelszó.

Hozzáférési jogosultság.

A kapacitás növekedésével az olvashatóság egyre inkább technikai civilizációhoz kötődött.

Mit kell valójában megmenteni?

Amikor régi adathordozókat gyűjtünk, első pillantásra tárgyakat mentünk.

Floppyt.

Merevlemezt.

Kazettát.

Mágnesszalagot.

Lyukkártyát.

De valójában ennél többről van szó.

Meg kell menteni az olvasókat is.

A meghajtókat.

A kábeleket.

A programokat.

A kézikönyveket.

A kódolások ismeretét.

A szakemberek emlékeit.

A használat módját.

Mert egy adathordozó önmagában sokszor csak néma tárgy. Az információ nemcsak a hordozón él, hanem abban a kultúrában is, amely olvasni tudja. Ezért fontosak a technikatörténeti gyűjtemények.

Nem egyszerűen régi gépeket őriznek. Hanem az olvasás lehetőségét. A múlt digitális nyelvének szótárát.

Az információ története a látható jelekkel kezdődött.

Kézlenyomat a barlang falán, ékírás az agyagtáblán, betű a pergamenen, Nyomtatott könyv, lyuk a kártyán, barázda a hanglemezen.

Aztán az információ lassan eltűnt a szemünk elől.

Mágneses állapot lett. Elektromos töltés. Optikai jel. Félvezető cella. Felhőben tárolt adat.

Soha nem tudtunk ennyi információt megőrizni.

És talán soha nem volt ennyire nehéz biztosan tudni, hogy valóban meg is marad.

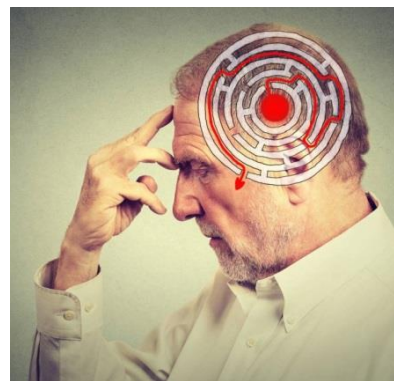
14. A digitális Alzheimer-kór

Miért nem elég eltárolni az adatot?

Ma számtalanszor hallhatjuk, hogy a digitális jó, hogy „digital forever”, mondja **Fidler**, de - mint az „időkapszula” megmutatta - a megőrzésben, archiválásban nem feltétlenül jeleskedik. Ezt már mindenki tapasztalhatta, amikor elveszett egy anyaga, elszállt a winchestere. A **digitális Alzheimer-kór** alattomos. Csöndben és folyamatosan törli adatainkat a digitális kor kezdetétől fogva. Hiába rögzítjük mindenünket, weboldalainkat, szövegeinket, a szoftverek és hardverek egyre cserélődnek, és az új rendszerek nem mindig képesek beolvasni a régi dokumentumokat. 5 1/4"-es lemezeinkről már szinte sehol nem tudjuk az adatokat beolvasni, még akkor sem, ha a mágneses réteg megőrizte az információt, ami távolról sem biztos.

Az emberiség történetének talán legnagyobb emlékezetét építettük fel. És közben különös veszélybe kerültünk. Lehet, hogy éppen a legtöbb információt termelő civilizáció felejt el leggyorsabban a saját múltját. Egy ötezer éves agyagtáblát megtalálhatunk a földben.

Letisztítjuk.



Ránézünk.

Látjuk rajta a jeleket.

Lehet, hogy nem értjük őket.

De legalább tudjuk: itt információ van.

Egy harmincéves mágnesszalagra, floppyra vagy merevlemezre nézve ezt már nem tudjuk.

Az adathordozó lehet teljesen ép.

Az információ is lehet rajta hibátlan.

És mégsem férünk hozzá.

Nincs meghajtó.

Nincs megfelelő csatlakozó.

Nincs illesztőprogram.

Nincs operációs rendszer.

Nincs program, amely megnyitja a fájlt.

Nem ismerjük a kódolást.

A dokumentáció elveszett.

Az adat megmaradt — az olvasás képessége tűnt el.

Az UNESCO már 2003-ban arra figyelmeztetett, hogy a digitális örökséget a hardver és a szoftver gyors elavulása is veszélyezteti. Talán ezt nevezhetjük digitális Alzheimer-kórnak.

Az emlékek valahol még léteznek. Csak már nem tudjuk előhívni őket.

Mit kell megmenteni?

Első gondolatunk egyszerű lehet.

Tegyünk el mindent.

A floppyt.

A meghajtót.

A számítógépet.

A monitort.

A billentyűzetet.

A programot.

A kézikönyvet.

Ha mindent megőrzzünk, később is elolvashatjuk az adatokat.

Csakhogyan van egy probléma.

A gépek is öregsznek.

A kondenzátor kiszárad.

A gumiszíj elporlad.

A kenőanyag besűrűsödik.

A mágneses fej korrodál.

A lézer gyengül.

Az integrált áramkör meghibásodik.

És vannak alkatrészek, amelyeket már senki sem gyárt.

Egy működő régi számítógép tehát önmagában nem hosszú távú megoldás.

A gépet is karban kell tartani.

Alkatrész kell hozzá.

És ember, aki még tudja, hogyan működik.

Ez utóbbi talán még fontosabb.

A tudás is elavulhat.

A múzeumi út

A régi eszközök megőrzése mégis nélkülözhetetlen.

Nem feltétlenül azért, hogy száz év múlva minden adatot eredeti gépen olvassunk el.

Hanem azért, mert a technológia maga is történelmi forrás.

Egy Commodore 64 emulátoron futó program tartalmát megőrizhetjük.

De nem őrizzük meg vele teljesen azt az élményt, milyen volt bekapcsolni a gépet.

A billentyűzet érzését.

A katódsugárcsőves monitor képét.

A floppymeghajtó hangját.

A várakozást.

A gép korlátait.

A program és a hardver kapcsolatát.

A technikatörténethez az eredeti tárgy kell.

Ebben a gyűjteményeknek — és itt a maga gyűjteményének is — különösen fontos szerepük van.

De a múzeumi megőrzésnek van egy természetes határa.

Nem tehetjük el a világ minden valaha gyártott számítógépéből, meghajtójából és perifériájából az összes változatot.

És még ha eltesszük is őket, nem biztos, hogy működni fognak.

A vándorló információ

A digitális archiválás ezért egy másik elvet követ.

Nem a hordozót próbálja örökké életben tartani.

Az információt költözteti.

Ezt nevezzük migrációnak.

Floppyról merevlemezre.

Merevlemezről szalagos archívumba.

Régi szalagról új szalagra.

Elavult fájlformátumból új formátumba.

Majd később újra, és újra

A National Archives and Records Administration digitális megőrzési programja például rendszeresen ellenőrzi az adatok sértetlenségét, évente mintavételes médiavizsgálatot végez, és tízéves médiamigrációs ciklust alkalmaz. A magas kockázatú fájlformátumokra külön migrációs terveket készít

Ez első pillantásra furcsa.

A kőtáblát úgy őriztük meg, hogy nem nyúltunk hozzá.

A digitális adatot úgy őrizzük meg, hogy folyamatosan hozzányúlunk.

A régi világban a megőrzés mozdulatlanságot jelentett. A digitális világban a megőrzés folyamatos mozgást jelent. A digitális információnak vándorolnia kell, hogy életben maradjon.

De minden költözés veszélyes

A migrációnak is van problémája.

Tegyük fel, hogy van egy 1985-ben készült szöveges dokumentumunk.

Átalakítjuk új formátumba.

Majd tíz év múlva újra.

Aztán megint.

Megmarad a szöveg.

De megmarad a betűtípus? A tördelés? A margó? A színek? A beágyazott kép? A képletek? A program különleges működése?

Minden migráció során felmerül a kérdés: mit tekintünk az információ lényegének?

Egy regénynél talán a szöveget.

Egy digitális műalkotásnál lehet, hogy a megjelenítés módját is.

Egy számítógépes játéknál a program mellett a sebességet, a hangot, a vezérlést és a képernyő viselkedését.

A Digital Preservation Coalition ezért különbséget tesz a hordozómigráció és a fájlformátum-migráció között; utóbbi során az adatot egy öregedő vagy elavuló formátumból új formátumba alakítják át. A szervezet arra is felhívja a figyelmet, hogy a megőrzési terv eredménye nem mindig migráció: lehet emuláció vagy alternatív szoftver használata is. Ne költöztessük — építsük újra a világot

Van ugyanis egy másik megoldás.

Az emuláció.

A gondolat egyszerű.

Nem alakítjuk át a régi programot.

Megpróbáljuk újra létrehozni azt a környezetet, amelyben működött.

Egy mai számítógép úgy tesz, mintha régi számítógép lenne.

Utánozza a processzort.

A memóriát.

A grafikus rendszert.

A hangot.

A perifériákat.

A régi program azt „hiszi”, hogy eredeti gépen fut.

A Library of Congress digitális megőrzési szakirodalma az emulációt olyan stratégiaként írja le, amely nem magát a digitális objektumot módosítja, hanem annak eredeti technológiai környezetét próbálja fenntartani vagy újrateremteni.

Ez különösen fontos lehet régi számítógépes programoknál.

Játékoknál.

Interaktív műveknél.

Multimédiás CD-ROM-oknál.

Korai weboldalaknál.

Mert itt nem mindig elég „kimenteni az adatot”.

A viselkedést is meg kell őrizni.

Egy régi számítógépes játék képernyőképei nem őrzik meg a játékot.

Ahogy egy zongora fényképe sem őrzi meg a zenét.

És van egy harmadik út

Szerintem azonban van még egy módszer, amelyről a digitális megőrzés kapcsán túl keveset beszélünk.

Dokumentálni kell! Nemcsak a fájlt kell megőrizni. Hanem le kell írni: mi ez? ki készítette? mikor? milyen gépen? milyen programmal? milyen fájlformátumban? milyen karakterkódolással? milyen eszköz kell az olvasásához? milyen átalakításokat végeztünk rajta?

A digitális archiválásban ezt részben megőrzési metaadatokkal oldják meg; a Library of Congress által ismertett PREMIS-megközelítés éppen azokat az adatokat próbálja rendszerezni, amelyek a digitális objektum hosszú távú megőrzéséhez és kezeléséhez szükségesek.

Másképpen fogalmazva: az információ mellé el kell tenni az információ használati utasítását is.

És lehetőleg olyan formában, amely egyszerűbb és tartósabb, mint maga az adat.

Az én válaszom: a három módszer együtt

Ha ma egy nemzeti digitális archívumot vagy technikátörténeti gyűjteményt kellene terveznem, nem választanék a módszerek között.

Egy háromrétegű emlékezetet építenék:

Eredeti réteg. Megőrizni az eredeti adathordozót, fontosabb gépeket, meghajtókat, programokat és dokumentációkat. Ez a technikátörténeti bizonyíték.

Élő digitális réteg. Az adatokat folyamatosan ellenőrizni, több példányban tárolni, és szükség esetén új hordozóra vagy új fájlformátumba migrálni. A hosszú távú digitális megőrzés szakmai gyakorlata aktív kezelést, sértetlenség-ellenőrzést és az elavulás figyelését kívánja meg.

Tudásréteg. Megőrizni a műszaki leírásokat, kapcsolási rajzokat, forráskódokat, formátumleírásokat, emulátorokat — és az emberek tudását is.

Mert én attól tartok, hogy a leggyengébb láncszem nem feltétlenül az adathordozó.

Hanem az emberi tudás.

Önnek lehet egy működő CP/M-es számítógépe a gyűjteményében.

Meglehet hozzá az eredeti floppy.

A lemez hibátlan.

A gép bekapcsol.

De ha ötven év múlva senki nem tudja, milyen parancsot kell beírni, hogyan működik a lemezformátum, milyen karakterkódolást használt a magyar szöveg, akkor az információ gyakorlatilag elveszett.

Minden régi géppel együtt egy kicsi tudásvilágot is meg kell mentenünk.

A digitális Rosette-i kő

Talán a jövő nagy archívumainak szükségük lesz valamire, amit én digitális Rosette-i kőnek neveznék.

Egy rendkívül egyszerű, nyíltan dokumentált alaprendszerre.

Megőriznénk benne a számbázolást.

A karakterkódolást.

Az alapvető kép- és hangformátumokat.

A fájlrendszerek leírását.

A fontosabb processzorarchitektúrákat.

A programozási nyelvek specifikációját.

Az emulátorok forráskódját.

És mindehhez ember által olvasható magyarázatot.

Akár nyomtatva is.

Ez nem tréfa.

A digitális világ megmentésének egyik biztosítéka talán éppen az lehet, hogy a legfontosabb tudást analóg formában is megőrizzük.

Képzelve el a jelenetet.

Valaki 2300-ban talál egy 2026-ból származó SSD-t. A meghajtón több millió fájl van.

De az SSD néma.

Mellette talál egy könyvet. A könyv első oldalán ez áll: „Ha ezt olvasod, így kezdj hozzá.”

KÜRT – amikor a lemez meghalt, de az adat túlélte

A számítógépek történetének kezdetén az adathordozó drága volt, az adat pedig viszonylag könnyen pótolható.

Ma gyakran éppen fordítva van.

Egy tönkrement merevlemez néhány tízezer forintért lecserélhető. De lehet rajta egy vállalat könyvelése, egy kutatás eredménye, több év munkája vagy egy család teljes fényképtárháza.

A lemez értéktelen lehet. A rajta lévő információ felbecsülhetetlen.

Erre a problémára épített különleges magyar szaktudást a [KÜRT](#).

A vállalkozás 1989-ben alakult. Alapjait Kürti Sándor és Kürti János teremtette meg, és tevékenysége kezdetben az adattárolók javításához kapcsolódott. A floppy-, mágneslemez- és merevlemez-javításból azonban fokozatosan egy egészen más szakterület nőtt ki: **nem feltétlenül a meghibásodott eszközt kell megmenteni, hanem a rajta lévő adatot.**

Ez első pillantásra apró különbségnek tűnik.

Pedig alapvető szemléletváltás.

Nem a merevlemezt kell megjavítani

Ha egy merevlemez leesik, beázik, elektronikája tönkremegy vagy olvasófeje meghibásodik, a számítógép többé nem tudja elolvasni.

Ez azonban nem feltétlenül jelenti azt, hogy az információ eltűnt.

A mágneses felületen az adatok egy része vagy akár túlnyomó többsége még ott lehet.

A feladat tehát az, hogy a sérült eszközből **annyi eredeti információt nyerjünk ki, amennyi még fizikailag létezik.**

A KÜRT saját meghatározása szerint az adatmentés célja sem a hibás eszköz megjavítása. A sérült hordozó tartalmát működő eszközre igyekeznek átvinni, majd a kinyert adatokból rekonstruálják a használható állományokat.

Ez nagyon szépen megmutatja az információ és hordozó különbségét:

Nem a könyvet restauráljuk, hanem megpróbáljuk megmenteni a szöveget.

Amikor egy bit is számít

A feladat különösen nehéz, mert egy modern merevlemezen óriási mennyiségű adat található rendkívül kis területen.

A hiba lehet mechanikai.

Elektronikai.

Mágneses.

Vagy szoftveres.

A KÜRT megfogalmazása szerint a hardverhiba akár molekuláris léptékű, a logikai hiba pedig akár egyetlen bit szintjén is jelentkezhet.

Az adatmentő mérnöknek ezért egyszerre kell értenie az elektronikához, mechanikához, adattárolási technológiákhoz és a fájlrendszerekhez.

Fizikailag működésre kell bírnia vagy meg kell kerülnie egy sérült rendszert, majd a bitekből újra össze kell raknia a logikai struktúrát:

partíciót,

könyvtárat,

fájlt,

fényképet,

dokumentumot.

A fizikai nyomból ismét értelmezhető információt kell létrehoznia.

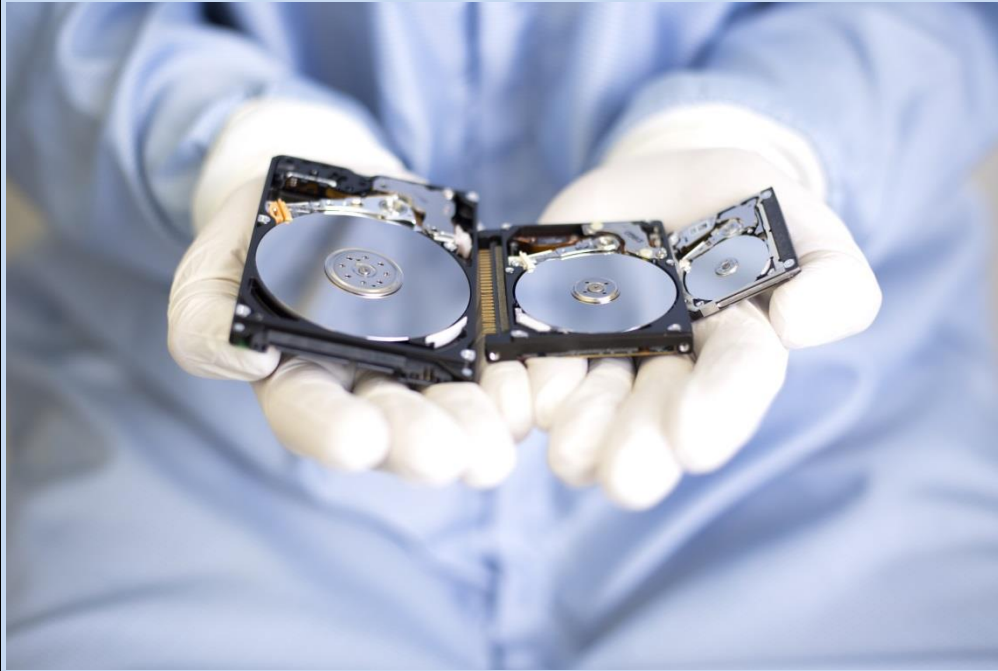
Az eredetihez nem nyúlunk

Az adatmentés egyik érdekes alapelve, hogy lehetőség szerint nem az eredeti adathordozón kísérleteznek.

A KÜRT leírása szerint először másolatot készítenek a sérült hordozóról, és a további adat-visszaállítást ezen a munkapéldányon végzik. Így az eredeti állapot megőrizhető.

Ez ugyanaz az elv, amelyet a műtárgy-restaurálásban vagy a régészetben is fontosnak tartunk:

ne semmisítsük meg azt, amit meg akarunk menteni.



Forrás: <https://www.hungarikum.hu/hu/k%C3%BCrt-adatment%C3%A9s>

A KÜRT az évtizedek során saját adatmentési technológiákat fejlesztett ki, és nemzetközi szereplővé vált. A vállalat szerint ma évente közel négyezer adatmentési esettel foglalkoznak, és 2003-ban Németországban is leányvállalatot alapítottak.

A magyar fejlesztésű KÜRT Adatmentés technológiáját **2014-ben hungarikummá nyilvánították.**

Ez azért is érdekes, mert hungarikumként itt nem egy tárgyat őrzünk.

Nem számítógépet.

Nem merevlemezt.

Hanem **tudást.**

Annak tudását, hogyan lehet elveszettnek hitt információt visszaszerezni.



**A tűz és a víz sem tudott
törölni minden adatot.**

Az adatmentés jelentősége különösen látványosan mutatkozik meg katasztrófák esetén.

Tűz.

Árvíz.

Beázás.

Mechanikai sérülés.

Ilyenkor az információ hordozója súlyosan károsodhat, miközben az adatok egy része még visszanyerhető. A KÜRT jelenleg is foglalkozik többek között tűz- és vízkárt szenvedett adathordozók mentésével.

A cég történetének érdekes epizódja, hogy a 2001. szeptember 11-i terrortámadás után felajánlotta adatmentési kapacitását a károsultak számára.

A hordozó meghalhat, az információ túlélheti



A KÜRT története ezért szerintem sokkal többről szól, mint egy sikeres magyar informatikai vállalkozásról.

Tökéletesen példázza könyvünk egyik alapgondolatát: **az információ és az információhordozó nem ugyanaz.**

Eltörhet a merevlemez. Tönkremehet az elektronika. Meghibásodhat az olvasófej.

A számítógép azt mondhatja: „A meghajtó nem olvasható.”

De ettől az információ még nem feltétlenül szűnt meg létezni.

Csak elvesztettük a hozzá vezető utat.

Az adatmentő feladata pedig tulajdonképpen ugyanaz, mint a régészé, aki egy töredékes agyagtáblát próbál megfejteni: **megtalálni a megmaradt nyomokat, és azokból rekonstruálni az elveszettnek hitt információt.**

Nem az a döntő, hogy az adat megvan-e valahol, hanem hogy képesek vagyunk-e még visszaalakítani értelmezhető információvá.

V. rész

A valóság modellezése

15. A világ másolata

Makettek és modellek.

Az ember mindig is arra törekedett, hogy megértse és uralja a körülötte lévő világot. Ennek egyik leghatékonyabb eszköze a **modellezés**: a valóság egyszerűsített, kicsinyített vagy éppen felnagyított másolatának elkészítése.

A modell valójában az információ különleges hordozója. Nem leírja a valóságot, hanem megjeleníti azt. Egy jól elkészített modellből olyan összefüggések is leolvashatók, amelyeket hosszú szövegek vagy bonyolult rajzok sem tudnának ilyen szemléletesen átadni.

A modellezés története egyidős a civilizációval. Az ókori Egyiptomból ismerünk olyan sírmellékleteket, amelyek házakat, hajókat vagy műhelyeket ábrázolnak. Ezek egyszerre szolgáltak vallási célokat és őriztek meg értékes információkat az akkori életmódról. A középkorban várak és erődítmények makettjei segítettek az építkezések megtervezését, a hadmérnökök pedig terepasztalokon modellezték a csaták lefolyását.

A reneszánsz idején Leonardo da Vinci számos gépet először modellként tervezett meg. A XIX–XX. században a hajógyártásban, a repülőgép-tervezésben és az építészetben már nélkülözhetetlenné váltak a méretarányos modellek. A szélcsatornákban repülőgépmodelleket vizsgáltak, a hajómedencékben hajómodelleket teszteltek, így még a valódi építés előtt kijavíthatták a hibákat.

A modellek nemcsak kisebbek lehetnek az eredetnél. A biológiában gyakran sokszorosára nagyított sejtmodellek segítik az oktatást, míg a csillagászatban a Naprendszer méretarányos modelljei teszik érzékelhetővé a bolygók távolságait.

A XX. század második felében a fizikai modellek mellé felsorakoztak a **matematikai modellek**, majd a **számítógépes szimulációk**. Ma már egy autó ütközését, egy híd terhelését vagy akár az időjárás alakulását is számítógépek modellezik. A digitális modellek előnye, hogy gyorsan módosíthatók, és olyan helyzeteket is kipróbálhatunk velük, amelyek a valóságban veszélyesek vagy rendkívül költségesek lennének.

A modellek azonban mindig leegyszerűsítések. Egy térkép sem tartalmaz minden fát és minden követ, mégis kiválóan használható tájékozódásra. George Box brit statisztikus híres mondása szerint: **„Minden modell hibás, de vannak köztük hasznosak.”** A jó modell éppen annyira egyszerű, amennyire lehet, de még elegendő információt őriz meg ahhoz, hogy a valóságot megfelelő pontossággal írja le.

A digitális korszakban a modellezés új szintre lépett. A háromdimenziós CAD-rendszerek, a virtuális valóság és az úgynevezett **digitális ikrek** (Digital Twin) már nem csupán egyszeri másolatok, hanem a valós objektumok folyamatosan frissülő digitális megfelelői. Egy modern

repülőgép, gyár vagy akár egy egész város működését valós időben követhetjük digitális másán, így a hibák előre felismerhetők és a fejlesztések kockázat nélkül kipróbálhatók.

A modellezés tehát nem csupán a valóság lemásolása. Olyan információtárolási és információfeldolgozási módszer, amely lehetővé teszi, hogy megértsük a világ működését, előre jelezzük a jövőbeli eseményeket, és még azelőtt kijavítsuk hibáinkat, hogy azok a valóságban bekövetkeznének.

Digitális iker – a XXI. század modellje

Régen a mérnökök fából vagy fémből készítettek maketteket. Ma egyre gyakrabban digitális ikerpárral (Digital Twin) dolgoznak. Ez nem egyszerű 3D rajz, hanem a valódi objektum – például egy repülőgép, szélturbina, gyár vagy akár egy teljes város – folyamatosan frissülő számítógépes másolata. Az érzékelők adatai valós időben érkeznek a digitális modellbe, amely így együtt „él” az eredetivel. Segítségével előre jelezhetők a meghibásodások, optimalizálható az energiafelhasználás, sőt új fejlesztések is kipróbálhatók anélkül, hogy a valódi berendezést veszélyeztetnénk. A digitális iker a makettek több ezer éves történetének legújabb fejezete.

16. A szimuláció kora

Repülőszimulátoroktól a tudományos modellekig.

A modell a valóság egy pillanatképét mutatja. A **szimuláció** ennél többre vállalkozik: megpróbálja utánozni a világ működését, és megjósolni, mi történik bizonyos feltételek mellett. A szimuláció tehát nemcsak azt mutatja meg, hogy **mi van**, hanem azt is, hogy **mi történhet**.

A szimuláció gyökerei messzire nyúlnak vissza. A hadvezérek homokasztalokon játszották végig a csaták lehetséges kimeneteleit, a sakkozók évszázadok óta különböző lépéssorozatokot próbálnak ki fejben, a mérnökök pedig papíron számolták ki egy híd vagy épület várható terhelését. Ezek mind a szimuláció korai formái voltak.

Az igazi áttörést a számítógépek megjelenése hozta. Az 1940-es évektől kezdve már olyan bonyolult rendszerek működését is modellezni lehetett, amelyek emberi számításokkal szinte kezelhetetlenek lettek volna.

A legismertebb alkalmazások közé tartoznak a **repülőszimulátorok**. Egy modern utasszállító pilótája több száz órát tölt szimulátorban, mielőtt valódi gépet vezetne. A számítógép nemcsak a repülőgép műszereit jeleníti meg, hanem a motorok működését, az időjárást, a légáramlásokat, a meghibásodásokat és a vészhelyzeteket is valósághűen utánozza. Így olyan eseményeket is biztonságosan lehet gyakorolni, amelyeket a valóságban



rendkívül veszélyes lenne előidézni.

A szimuláció azonban messze túlnőtt a repülésen. Az autógyárak virtuális törésteszteket végeznek, mielőtt elkészülne az első prototípus. A gyógyszerkutatásban molekulák milliárdjainak kölcsönhatását modellezik, hogy megtalálják a leghatékonyabb hatóanyagokat. Az orvosok műtéteket gyakorolnak virtuális pácienseken, a várostervezők pedig számítógépes modellek segítségével vizsgálják a közlekedési dugók vagy az új épületek hatását.

A természettudományokban a szimuláció nélkülözhetetlenné vált. Az időjárás-előrejelzések a légkör fizikai törvényeit leíró egyenletek megoldásán alapulnak. A klíma modellek évtizedekre vagy akár évszázadokra előre próbálják megbecsülni bolygónk jövőjét. A csillagászok galaxisok kialakulását, fekete lyukak összeolvadását vagy a világegyetem fejlődését szimulálják szuperszámítógépeken. A biológusok sejtek működését, a közgazdászok piacok viselkedését, a járványügyi szakemberek pedig fertőző betegségek terjedését modellezik.

A XXI. században a szimuláció új lendületet kapott a mesterséges intelligencia fejlődésével. Az önvezető autók például milliárdnyi virtuális kilométert tesznek meg számítógépes környezetben, mielőtt közutakon közlekednének. A robotok először digitális világokban tanulnak meg járni, tárgyakat megfogni vagy együttműködni egymással, és csak ezután próbálják ki tudásukat a valóságban.

A szimuláció ugyanakkor nem tévedhetetlen. Minden eredménye annyira pontos, amennyire a mögötte álló modell és a rendelkezésre álló adatok azok. Ha hibásak a kiinduló feltételek vagy hiányos a modell, a számítógép is hibás eredményre jut. Ezért a szimuláció nem helyettesíti a valóságot, hanem annak megértését segíti.

A modellek és a szimulációk fejlődése alapvetően megváltoztatta a tudományt és a mérnöki munkát. Egyre több döntést nem a valóságban végzett költséges vagy veszélyes kísérletek, hanem virtuális próbák előznek meg. A szimuláció így a XXI. század egyik legfontosabb információfeldolgozó eszközévé vált: lehetővé teszi, hogy a jövő lehetséges változatait még azok bekövetkezése előtt megvizsgáljuk.

Gondolatkísérlet vagy számítógépes szimuláció?

Albert Einstein híres volt arról, hogy bonyolult fizikai problémákat először képzeletbeli kísérletekkel vizsgált. „Mi történne, ha egy fénysugárral együtt utaznék?” – tette fel a kérdést, és ezekből a gondolatkísérletekből született meg a speciális relativitáselmélet. A modern számítógépes szimuláció tulajdonképpen ennek a módszernek a továbbfejlesztése. Amit Einstein fejben végzett el, azt ma milliárdnyi számítással hajtják végre a szuperszámítógépek. A cél azonban ugyanaz maradt: biztonságosan kipróbálni azt, amit a valóságban nehéz, veszélyes vagy egyenesen lehetetlen lenne megtenni.

17. A virtuális világ

VR, AR és a jelenlét illúziója



Az ember mindig is vágyott arra, hogy ne csak szemlélje a világot, hanem belépjen egy másikba. A barlangrajzoktól a panorámaképeken, a mozifilmeken és a számítógépes játékokon át hosszú út vezetett addig, hogy ma már digitálisan létrehozott terekben sétálhatunk, dolgozhatunk vagy játszhatunk. A virtuális valóság (Virtual Reality – VR) ennek a több ezer éves törekvésnek

a legújabb állomása.

A virtuális valóság olyan számítógép által létrehozott környezet, amelyet a felhasználó valóságosnak érzékel. A speciális szemüveg külön képet vetít a két szem elé, miközben érzékelők folyamatosan követik a fej és a test mozgását. Ha elfordítjuk a fejünket, a látvány is ennek megfelelően változik, így az agy azt az érzetet kapja, mintha valóban egy másik térben tartózkodnánk. Ezt nevezik a **jelenlét élményének**.

A virtuális valóság első kísérletei az 1960-as években jelentek meg. Ivan Sutherland amerikai számítógép-kutató megalkotta az első fejre szerelhető kijelzőt, amelyet mérete miatt gyakran „Damoklész kardjának” neveztek. A technológia akkor még kezdetleges volt, de már megmutatta az irányt: a számítógép nemcsak képet jeleníthet meg, hanem teljes környezetet is létrehozhat.

A VR egyik legfontosabb felhasználási területe ma is a képzés. Pilóták, katonák, tűzoltók, rendőrök, orvosok és ipari szakemberek gyakorolhatnak veszélyes helyzeteket anélkül, hogy valódi kockázatot vállalnának. Az orvostanhallgatók virtuális műtéteket végezhetnek, a mérnökök pedig még az építés előtt bejárhatják a készülő gyárat vagy épületet.

A virtuális valóság mellett egy másik technológia is rohamosan fejlődik: a **kiterjesztett valóság** (Augmented Reality – AR). Míg a VR teljesen lecseréli a környezetünket egy digitális világra, az AR megtartja a valódi környezetet, és arra vetíti rá digitális információkat. Egy okostelefon vagy speciális szemüveg segítségével megjelenhetnek előttünk útvonalak, feliratok, műszaki adatok vagy háromdimenziós modellek. Az AR-t ma már a gyártásban, a javításban, az oktatásban, a turizmusban és az orvostudományban is alkalmazzák.



A két technológia közötti határ egyre inkább elmosódik. A vegyes valóság (Mixed Reality – MR) egyszerre ötvözi a valós és a virtuális elemeket. Ilyenkor a digitális objektumok már nem egyszerűen a látómezőre vetített képek, hanem úgy viselkednek, mintha valóban a

helyiség részei lennének: eltakarhatják egymást, árnyékot vethetnek, sőt a felhasználó kapcsolatba is léphet velük.

A virtuális világok azonban nem csupán szórakoztatásra szolgálnak. Egyre fontosabb szerepet kapnak az oktatásban, a tudományos kutatásban, az iparban és az egészségügyben. Segítségükkel olyan helyekre is eljuthatunk, ahová a valóságban nem lenne lehetőségünk: bejárhatjuk az emberi testet, végigsétálhatunk egy ókori város utcáin, vagy megfigyelhetjük egy atom szerkezetét.

A virtuális valóság ugyanakkor új kérdéseket is felvet. Hol húzódik a határ a valódi és a mesterséges élmények között? Ha egy digitális világban átélt esemény valódi érzelmeket vált ki, mennyiben különbözik egy valós emléktől? Az emberi agy sokszor ugyanazokkal az idegi folyamatokkal reagál a virtuális élményekre, mint a valódi eseményekre. Ez egyszerre kínál óriási lehetőségeket és jelent komoly felelősséget.

Az információ történetében a virtuális valóság különleges mérföldkő. Korábban az információt olvastuk, hallgattuk vagy néztük. A virtuális világban azonban már **benne vagyunk**. Az információ többé nem csupán közöl valamit a világról – maga válik a megtapasztalható világgá.

Mi az a metaverzum?

A „metaverzum” (metaverse) olyan, egymással összekapcsolt virtuális világok összessége, ahol az emberek avatárok segítségével találkozhatnak, dolgozhatnak, tanulhatnak vagy szórakozhatnak. Az elképzelés nem új: Neal Stephenson 1992-ben megjelent *Snow Crash* című regényében már szerepelt ez a fogalom. A 2020-as évek elején több technológiai vállalat is a metaverzumot tekintette az internet következő fejlődési lépcsőjének. Bár a várakozások egy része túlzónak bizonyult, az ötlet nem tűnt el. A virtuális valóság, a kiterjesztett valóság és a mesterséges intelligencia fejlődésével a metaverzum elemei fokozatosan beépülnek a mindennapi életbe.

18. Digitális iker (Digital Twin)

Több mint egy 3D modell. A legegyszerűbb megfogalmazásban:

A digitális iker egy valós tárgy, berendezés vagy rendszer, élő, folyamatosan frissülő digitális másolata.

A hangsúly az **élő** szón van.

Mi a különbség?

Makett

- Fából, műanyagból vagy más anyagból készül.
- Statikus.
- Csak a külsejét mutatja.

3D modell

- Számítógépen létezik.
- Méretezhető, forgatható.
- Általában nem változik magától.

Szimuláció

- A modell működését utánozza.
- Megmutatja, mi történne bizonyos körülmények között.

Digitális iker

- Kapcsolatban áll a valódi objektummal.
- Szenzorok folyamatosan adatokat küldenek neki.
- Mindig az aktuális állapotot tükrözi.
- Előre jelezheti a hibákat vagy az elhasználódást.

Egy egyszerű példa

Képzeljünk el egy szélerőművet.

A toronyban több száz érzékelő méri:

- a lapátok rezgését,
- a szél sebességét,
- a csapágyak hőmérsékletét,
- a generátor teljesítményét.

Ezek az adatok másodpercenként bekerülnek egy számítógépes modellbe.

A digitális iker "tudja", hogy:

- mennyit termel a turbina,
- melyik alkatrész kezd kopni,
- mikor várható meghibásodás.

Így még a hiba bekövetkezése előtt ki lehet cserélni az alkatrészt.

Repülőgépnél még érdekesebb

Egy modern utasszállító repülőgép minden repülés közben rengeteg adatot gyűjt.

A földön ennek van egy digitális ikerpárja.

Ha például az egyik hajtómű kissé szokatlanul viselkedik, a digitális iker ezt észreveszi, lefuttat különböző szimulációkat, és megjósolhatja, hogy néhány száz repült óra múlva csapágycsere válik szükségessé.

Ezért ma már sok javítás **nem akkor történik, amikor valami elromlik, hanem még előtte.**

Városoknak is lehet digitális ikrük

Ma már egész városokról készülnek digitális ikrék.

Budapestről például elképzelhető egy olyan rendszer, amely folyamatosan figyeli:

- a közlekedést,
- a villamosenergia-fogyasztást,
- a vízhálózatot,
- a levegő minőségét,
- az időjárást.

A városvezetés előre kipróbálhatja, mi történne, ha:

- új hidat építenének,
- lezárnának egy utcát,
- új villamosvonalat indítanak.

Mindezt még a valós beruházás előtt.

19. Mesterséges intelligencia

Amikor az információ dolgozni kezd

Az emberiség történetének nagy részében az információ passzív volt. A barlangrajz, az agyagtábla, a könyv, a fénykép vagy a számítógép memóriája mind ugyanazt a célt szolgálta: megőrizni az ismereteket. Az információ önmagától semmit sem tett. Mindig ember kellett ahhoz, hogy elolvassa, értelmezze és felhasználja.

A XXI. században ez alapvetően megváltozott. A mesterséges intelligencia megjelenésével az információ már nemcsak tárolható és továbbítható, hanem önállóan feldolgozható, elemezhető és új összefüggések keresésére is felhasználható. Az információ mintha „életre kelt volna”.

A mesterséges intelligencia gondolata nem új. Már az ókori mítoszok is beszéltek mesterséges lényekről, a XVIII. század automatái pedig emberi mozgást utánoztak. A modern tudományos megközelítés azonban csak a számítógépek megjelenésével vált lehetővé.

1950-ben Alan Turing brit matematikus feltette híres kérdését: „*Képesek-e a gépek gondolkodni?*” A kérdésre nem adott egyértelmű választ, helyette megalkotta a később róla elnevezett Turing-tesztet. Eszerint egy gépet akkor tekinthetünk intelligensnek, ha egy ember, beszélgetés közben nem tudja megbízhatóan megkülönböztetni egy másik embertől.

Az első évtizedekben a kutatók úgy gondolták, hogy az emberi gondolkodás szabályok összességével leírható. A szakértői rendszerek hatalmas tudásbázisokra épültek, de hamar kiderült, hogy a valóság túl összetett ahhoz, hogy minden helyzetet előre megfogalmazott szabályokkal kezelni lehessen.

Az áttörést a gépi tanulás, majd a mélytanulás hozta. A számítógépeknek már nem kellett minden szabályt előre megadni. Hatalmas mennyiségű adatból maguk fedezték fel az összefüggéseket. Minél több példát kaptak, annál pontosabbá váltak. Ez a megközelítés tette

lehetővé a beszédfelismerést, a gépi fordítást, az arcfelismerést, az önvezető járművek fejlesztését és a mai generatív mesterséges intelligenciák megszületését.

Mi az a mélytanulás?

Mélytanulás – amikor a számítógép maga fedezi fel a szabályokat

A hagyományos számítógépes programokat az ember írja. A programozó pontosan megadja a szabályokat: ha ez történik, akkor azt kell tenni.

A mesterséges intelligencia új generációja másképp működik. A **mélytanulás** (deep learning) során a számítógép nem a szabályokat kapja meg, hanem rengeteg példát.

Ha több millió fényképet mutatunk neki kutyákról és macskákról, nem mondjuk meg, hogy a kutyának négy lába, farka vagy lelógó füle van. A rendszer ezeket a mintázatokat önállóan fedezi fel.

A mélytanulás alapját a **mesterséges neurális hálózatok** alkotják, amelyek működésükkel nagyon távoli hasonlóságot mutatnak az emberi agy idegsejtjeinek hálózatával. Egyetlen mesterséges neuron rendkívül egyszerű, de több milliárd kapcsolatból rendkívül összetett viselkedés alakulhat ki.

A „mély” szó arra utal, hogy a hálózat sok egymásra épülő rétegből áll. Az alsó rétegek egyszerű mintázatokat ismernek fel – például éleket, színeket vagy hangokat –, a magasabb rétegek pedig ezekből egyre bonyolultabb fogalmakat építenek fel: arcokat, tárgyakat, szavakat vagy akár mondatok jelentését.

A mai mesterséges intelligencia – a képfelismerő rendszerek, az önvezető autók és a nagy nyelvi modellek, mint a ChatGPT – ennek a tanulási módszernek köszönhetik rendkívüli képességeiket.

A mélytanulás azonban nem egyenlő a megértéssel. A rendszer óriási mennyiségű adatból képes szabályszerűségeket felismerni és felhasználni, de továbbra is nyitott kérdés, hogy ez jelent-e valódi tudást vagy tudatot.

Érdekesség: Az emberi agy körülbelül **86 milliárd idegsejtből** áll. A mai mesterséges neurális hálózatok ugyan más elven működnek, de bennük is milliárdokban mérhető a tanulás során finomhangolt kapcsolatok száma. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a mesterséges intelligencia az emberi agy másolata lenne – csupán ugyanazt az alapelvet használja: sok egyszerű egység együtt bonyolult feladatokra is képessé válik.

A generatív mesterséges intelligencia új fejezetet nyitott. Már nem csupán felismeri vagy osztályozza az információt, hanem új szöveget, képet, zenét, programkódot vagy videót is képes létrehozni. Mindezt korábban elképzelhetetlen sebességgel és mennyiségben.

A generatív mesterséges intelligencia olyan tanuló rendszer, amely a korábban megismert információkból új, korábban nem létező tartalmakat képes létrehozni.

Mi a generatív mesterséges intelligencia?

Amikor a számítógép már nemcsak felismer, hanem alkot is

A mesterséges intelligencia első sikeres alkalmazásai elsősorban **felismerni és dönteni** tudtak. Megkülönböztették a macskát a kutyától, felismerték a beszédet, lefordítottak egy szöveget vagy kiszűrték a kéretlen leveleket.

A **generatív mesterséges intelligencia** (Generative AI) ennél egy lépéssel tovább megy: **nemcsak elemzi a meglévő információt, hanem új tartalmat is létrehoz.**

Képes szöveget írni, képet festeni, zenét komponálni, számítógépes programot készíteni vagy akár videót generálni. Mindezt úgy, hogy a tanulása során megismert mintázatokból új kombinációkat alkot.

A generatív mesterséges intelligencia nem egyszerűen másol. Ha arra kérjük, hogy írjon egy novellát vagy tervezzen egy épületet, olyan művet hoz létre, amely korábban nem létezett. Az új alkotás azonban mindig a korábban megtanult ismeretekre épül.

A működés alapja annak valószínűségi becslése, hogy egy adott helyzetben mi következik leginkább. Egy nyelvi modell például azt becsüli meg, hogy egy mondatban melyik szó illik legjobban az előzőekhez, míg egy képgeneráló rendszer azt, hogy milyen képi elemek alkotnak együtt valószínű vagy művészi egészet.

A generatív mesterséges intelligencia így nem rendelkezik képzelőerővel az emberi értelemben. Mégis képes olyan eredményeket létrehozni, amelyek újszerűnek, kreatívnak vagy meglepőnek tűnnek.

Érdekesség: Az emberi alkotás is ritkán a semmiből születik. Egy író korábbi olvasmányaira, egy festő korábbi élményeire, egy tudós elődei munkájára épít. A generatív mesterséges intelligencia is a múltból építkezik – akárcsak az ember. A legnagyobb különbség ma még az, hogy az ember alkotását célok, érzelmek, kíváncsiság és személyes tapasztalatok is formálják.

Fontos azonban megérteni, hogy a mesterséges intelligencia működése alapvetően különbözik az emberétől. A mai rendszerek nem rendelkeznek tudattal, érzésekkel vagy önálló szándékokkal. Rendkívül fejlett statisztikai modellek segítségével felismerik a mintázatokat, és ezek alapján választják ki a legvalószínűbb választ. Teljesítményük lenyűgöző, de nem jelent emberi értelemben vett gondolkodást.

Miért fekete doboz a mesterséges intelligencia?

Miért nem tudjuk pontosan, hogyan jutott az AI a válaszhoz?

A hagyományos számítógépes programok működése jól követhető. A programozó megírja a szabályokat, ezért bármikor meg lehet mondani, hogy egy adott eredmény melyik utasítás végrehajtásából származik.

A mélytanulás egészen másképpen működik.

A fejlesztők nem azt írják elő, hogy a rendszer mit gondoljon egy kutyáról, egy emberi arcról vagy egy mondat jelentéséről. Ehelyett óriási mennyiségű példát mutatnak neki. A neurális hálózat tanulás közben milliárdnyi apró módosítást végez a belső kapcsolatokon, amíg egyre pontosabb válaszokat nem ad.

A tanulás végére a hálózatban olyan bonyolult kapcsolatrendszer alakul ki, amelyet már senki sem képes teljes egészében átlátni. Tudjuk, hogy **mit** tanult meg, de sok esetben nem tudjuk pontosan megmagyarázni, hogy **hogyan** jutott egy adott döntésre.

Ezért nevezik a mély neurális hálózatokat gyakran „**fekete doboznak**”. Nem azért, mert titkosak vagy szándékosan elrejtik a működésüket, hanem azért, mert a bennük kialakuló kapcsolatok olyan összetettek, hogy az emberi értelem számára már nem követhetők lépésről lépésre.

Ez különösen fontos kérdés az orvostudományban, az igazságszolgáltatásban vagy az önvezető járműveknél. Egy diagnózis vagy egy közlekedési döntés esetén nem elegendő tudni, hogy az AI nagy valószínűséggel helyes választ adott – azt is szeretnénk érteni, hogy milyen érvek alapján jutott erre a következtetésre.

Ezért a kutatók ma egy új tudományterületen dolgoznak, amelyet **magyarázható mesterséges intelligenciának** (*Explainable AI*, röviden **XAI**) neveznek. Célja, hogy a mesterséges intelligencia ne csupán pontos, hanem átlátható és ellenőrizhető is legyen.

Érdekeség: Az emberi agy bizonyos értelemben szintén „fekete doboz”. Gyakran mi magunk sem tudjuk pontosan megmagyarázni, hogyan ismertünk fel egy ismerős arcot, hogyan jutott eszünkbe egy régi emlék, vagy honnan származott egy hirtelen ötlet. Az AI és az emberi gondolkodás között tehát van egy érdekes hasonlóság: mindkettő képes rendkívül összetett feladatok megoldására, miközben a belső folyamatok csak részben érthetők.

A mesterséges intelligencia ma már jelen van a mindennapokban. Segíti az orvosokat a diagnózis felállításában, optimalizálja a közlekedést, fordít, ajánlásokat készít, felismeri a csalásokat a bankrendszerben, támogatja a tudományos kutatást, és egyre több kreatív feladatban is partnerként jelenik meg.

Ugyanakkor komoly kérdéseket is felvet. Ki viseli a felelősséget egy mesterséges intelligencia döntéseiért? Hogyan különböztetjük meg a valódi képet a mesterségesen létrehozottól? Miként őrizhető meg a magánélet egy olyan világban, ahol algoritmusok elemzik

viselkedésünket? Hogyan változik az oktatás és a munka világa, amikor a rutinfeladatok egy részét gépek veszik át?

Az információ történetében a mesterséges intelligencia talán a legnagyobb fordulópont. Az ember évezredek óta olyan eszközöket alkotott, amelyek segítették emlékezetét, látását vagy hallását. A mesterséges intelligencia viszont már nem érzékszerveinket hosszabbítja meg, hanem bizonyos szellemi feladatainkat is támogatja.

A jövő valószínűleg nem az emberek és a mesterséges intelligencia versenyéről szól majd, hanem az együttműködésükről. Ahogyan a könyvnyomtatás nem szüntette meg a gondolkodást, a számítógép nem tette feleslegessé a matematikát, és az internet sem váltotta ki a tudást, úgy a mesterséges intelligencia sem helyettesíti az emberi kíváncsiságot, kreativitást és erkölcsi felelősséget. Inkább új eszközt ad a kezünkbe – minden eddiginél erősebbet.

Ha az információ történetét egyetlen mondatban kellene összefoglalni, talán így hangozna: először megtanultuk megőrizni az információt, aztán továbbítani, később feldolgozni, ma pedig olyan gépeket építünk, amelyek segítenek értelmezni és létrehozni azt.

Mit jelent az „intelligencia”?

Az intelligencia nem pusztán a tudás mennyisége. Sokkal inkább annak képessége, hogy új helyzetekben tanuljunk, alkalmazkodjunk, problémákat oldjunk meg és következtetéseket vonjunk le. Ezért a mesterséges intelligencia elnevezés kissé félrevezető: a mai rendszerek bizonyos feladatokban rendkívül intelligensnek tűnnek, más, az ember számára egyszerű feladatokban viszont még mindig nehézségeik vannak.

Eszköz vagy társ?

A történelem során minden nagy információs technológia – az írás, a könyvnyomtatás, a fényképezés, a rádió, a televízió vagy az internet – egyszerre váltott ki lelkesedést és aggodalmat. A mesterséges intelligencia sem kivétel. Hogy végül milyen szerepet tölt be az életünkben, nem kizárólag a technológián múlik, hanem azon is, hogyan használjuk. Az AI önmagában nem jó vagy rossz: olyan eszköz, amely képes felerősíteni az emberi szándékokat – legyenek azok építőek vagy rombolók.

Az információ útja során azt láttuk, hogyan tanult meg az ember egyre hatékonyabban tárolni és továbbítani az információt. A mesterséges intelligencia új korszakot nyitott: már nemcsak tárolja és továbbítja az információt, hanem tanul is belőle. Hogy ez a tanulás egyszer valódi megértéssé vagy tudattá válhat-e, azt ma még senki sem tudja.

Az ősember a barlang falára rajzolta gondolatait. Ma már olyan gépeket építünk, amelyek képesek válaszolni rájuk. Az információ útja talán éppen ezért nem ért véget – csak új korszakba lépett.

Tapasztalat → Beszéd → Írás → Nyomtatás → Hang → Mozgóképek → Interaktivitás →

Mesterséges intelligencia

VI. rész

Amikor már nem a valóságot őrizzük

18. A mesterséges intelligencia

Az információ újraalkotása

Az információ történetének évezredein át az ember egyetlen célja az volt, hogy gondolatait megőrizze és továbbadja. A barlangrajzok, az írás, a könyvnyomtatás, a fényképezés, a hangrögzítés, a film, a rádió, a televízió és a számítógép mind ugyanazt a feladatot szolgálták: az információ rögzítését, tárolását és továbbítását.

A XXI. század elején azonban valami gyökeresen új jelent meg. Olyan rendszereket hoztunk létre, amelyek már nem csupán megőrzik vagy feldolgozzák az információt, hanem új tartalmat is képesek létrehozni. Ez a mesterséges intelligencia egyik legfontosabb újdonsága.

A mesterséges intelligencia gondolata régebbi, mint a számítógép. Az emberek évszázadok óta álmodoztak olyan gépekről, amelyek képesek gondolkodni. A tudományos alapokat Alan Turing brit matematikus fektette le az 1950-es években, amikor felvetette a kérdést: képes lehet-e egy gép olyan válaszokat adni, hogy egy ember ne tudja megkülönböztetni egy másik embertől?

Az első mesterségesintelligencia-rendszerek még előre megírt szabályok alapján működtek. Hamar kiderült azonban, hogy a világ túlságosan bonyolult ahhoz, hogy minden helyzetet kézzel lehessen leírni. A valódi áttörést a gépi tanulás hozta. A számítógépek már nem kész szabályokat kaptak, hanem rengeteg példát. Ezekből fokozatosan maguk fedezték fel az összefüggéseket.

A következő lépést a mélytanulás jelentette. A számítási teljesítmény növekedése és a hatalmas mennyiségű digitális adat lehetővé tette olyan neurális hálózatok létrehozását, amelyek képesek felismerni a beszédet, lefordítani szövegeket, felismerni arcokat vagy akár orvosi felvételeken olyan elváltozásokat is észrevenni, amelyek az emberi szem számára nehezen felismerhetők.

Az utóbbi évek legnagyobb változását azonban a generatív mesterséges intelligencia megjelenése hozta. Ezek a rendszerek már nemcsak elemzik az információt, hanem új szöveget írnak, képet rajzolnak, zenét komponálnak, programkódot készítenek vagy videót állítanak elő.

Első pillantásra úgy tűnhet, mintha alkotnának. Valójában azonban működésük eltér az emberi gondolkodástól. A mai mesterséges intelligenciák hatalmas mennyiségű korábbi adat alapján statisztikai összefüggéseket tanulnak meg. Nem emlékeznek úgy, mint az ember, nincsenek saját élményeik vagy érzéseik. Mégis képesek olyan új kombinációkat létrehozni, amelyek gyakran meglepően hasznosak vagy kreatívnak hatnak.

Az információ történetében ez új korszakot jelent. Évezredek óta minden új információ emberi megfigyelésből, tapasztalatból vagy képzeletből született. A mesterséges intelligencia

ezzel szemben már maga is részt vesz az információ létrehozásában. Egy újságcikk első változatát, egy műszaki terv vázlatát, egy számítógépes programot vagy akár egy festmény stílusában készült képet néhány másodperc alatt képes előállítani.

Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az ember szerepe megszűnne. A mesterséges intelligencia nem rendelkezik saját célokkal, értékrenddel vagy erkölcsi felelősséggel. Nem tudja eldönteni, hogy egy információ igaz-e, hasznos-e vagy milyen következményei lesznek. Ezek továbbra is emberi döntések.

A mesterséges intelligencia ezért leginkább újfajta eszköznek tekinthető. Ahogyan az írás meghosszabbította az ember emlékezetét, a távközlés kiterjesztette a kommunikációt, a számítógép pedig felgyorsította a számításokat, úgy a mesterséges intelligencia bizonyos szellemi feladatokban nyújt segítséget. Nem helyettesíti az emberi gondolkodást, hanem annak új lehetőségeit nyitja meg.

Ugyanakkor minden új technológia új felelősséget is jelent. A mesterséges intelligencia képes felgyorsítani a tudományos kutatást, segíthet betegségek felismerésében, támogatja az oktatást és a mérnöki tervezést. De ugyanazzal a technológiával félrevezető hírek, hamis képek vagy megtévesztő videók is készíthetők. Ezért egyre fontosabbá válik nemcsak az információ létrehozása, hanem annak hitelességének vizsgálata is.

Ha végigtekintünk az információ történetén, jól látható a fejlődés íve. Először megtanultuk megőrizni a tudást, majd továbbítani, később feldolgozni. A mesterséges intelligencia megjelenésével pedig eljutottunk oda, hogy gépek is részt vesznek az információ újraalkotásában. Ez nem az emberi kreativitás végét jelenti, hanem egy új korszak kezdetét, amelyben ember és gép egyre szorosabban működik együtt.

Gondolkodik-e a mesterséges intelligencia?

A válasz attól függ, mit értünk gondolkodás alatt. Ha azt, hogy egy rendszer képes tanulni, következtetéseket levonni és problémákat megoldani, akkor a mesterséges intelligencia bizonyos feladatokban valóban „gondolkodónak” tűnik. Ha azonban a gondolkodáshoz tudatot, önismeretet, érzelmeket vagy szándékokat is társítunk, akkor a mai rendszerek még nagyon távol állnak az emberi értelemről. Inkább rendkívül fejlett mintafelismerő és információfeldolgozó rendszerek, mintsem valódi, öntudattal rendelkező elmék.

19. A valóság és a fantázia határán

Deepfake, generált képek, új világok

Évezredekken keresztül magától értetődő volt, hogy minden képnek, hangnak vagy filmnek létezett valós eredete. A festő ugyan szabadon alkothatott, de a fénykép, a hangfelvétel vagy a film mindig valamilyen megtörtént esemény lenyomata volt. A technikai fejlődés során egyre pontosabban tudtuk rögzíteni a valóságot, ezért ezeknek a felvételeknek különleges hitelt tulajdonítottunk.

A mesterséges intelligencia megjelenésével ez az évszázados kapcsolat meggyengült. Ma már olyan képek, videók, hangfelvételek és szövegek készíthetők, amelyek tökéletesen valóságosnak tűnnek, pedig soha nem léteztek. Az információ többé nem feltétlenül a valóság másolata, hanem önálló alkotássá vált.

A legismertebb példák közé tartoznak a **deepfake** videók. Ezekben mesterséges intelligencia segítségével valós emberek arcát, hangját vagy mozgását ültetik át más felvételekre. Egy politikus elmondhat olyan beszédet, amelyet valójában soha nem mondott el, egy színész olyan filmben szerepelhet, amelynek forgatásán nem is vett részt, vagy egy történelmi személy „megszólalhat” évszázadokkal halála után.

Hasonló forradalmat hoztak a képgeneráló rendszerek is. Néhány soros szöveges utasítás alapján másodpercek alatt készülhet festmény, fényképnek látszó kép vagy teljesen új művészeti alkotás. A felhasználó olyan világokat is megteremthet, amelyek a valóságban soha nem léteztek: elképzelt városokat, kihalt állatokat, idegen bolygókat vagy történelmi jeleneteket.

A generatív mesterséges intelligencia nemcsak képeket készít. Szöveget ír, zenét komponál, programokat fejleszt, sőt egyre valóság hűbb videókat is előállít. A különböző médiatípusok közötti határok fokozatosan eltűnnek. Egyetlen rövid utasításból teljes történet, illusztráció, narráció és film készülhet.

Ez hatalmas lehetőségeket teremt. A filmkészítők korábban elképzelhetetlen jeleneteket valósíthatnak meg, az oktatásban szemléletesebbé válhatnak a magyarázatok, a tudományban olyan folyamatok jeleníthetők meg, amelyeket közvetlenül nem figyelhetünk meg, a művészek pedig új kifejezési formákat kapnak.

Ugyanakkor új veszélyek is megjelentek. Ha egy fénykép vagy videó már nem bizonyíték, hogyan dönthető el, mi igaz? Hogyan védhető meg valaki attól, hogy hamis felvételt készítsenek róla? Hogyan őrizhető meg a közbizalom egy olyan világban, ahol a látottak és hallottak is manipulálhatók?

A válasz részben technikai. Egyre fejlettebb módszerek készülnek a mesterségesen előállított tartalmak felismerésére, digitális vízjelek alkalmazására és az eredet igazolására. De legalább ilyen fontos az ember szerepe is. A kritikus gondolkodás, a források ellenőrzése és a médiatudatosság minden korábbinál nagyobb jelentőséget kap.

A generált világok nemcsak megtévesztésre használhatók. A számítógépes játékok, a virtuális valóság és a tudományos vizualizációk mind olyan környezeteket hoznak létre, amelyek nem a valóság másolatai, hanem új, önálló világok. Ezekben az ember tanulhat, dolgozhat, alkothat vagy egyszerűen felfedezhet olyan lehetőségeket, amelyek a valóságban nem léteznek.

Az információ történetében ez új korszakot jelent. Hosszú időn keresztül az információ célja a valóság minél hűségesebb megőrzése volt. Ma már ugyanazzal a technológiával teljesen új valóságokat is létrehozhatunk. Az információ többé nemcsak tükrözi a világot, hanem maga is képes világokat teremteni.

Ez a változás nem csökkenti a valóság jelentőségét. Éppen ellenkezőleg: minél könnyebb hitelesnek látszó mesterséges tartalmat előállítani, annál nagyobb értéket képvisel a valóban ellenőrzött, megbízható információ. A jövő egyik legfontosabb feladata ezért nem pusztán az

lesz, hogy egyre több információt hozzunk létre, hanem az is, hogy felismerjük, melyik kötődik a valósághoz, és melyik a képzelet szüleménye.

A fénykép mint bizonyíték – egy korszak vége

Amikor a fényképezés a XIX. században elterjedt, sokan úgy tekintettek rá, mint a valóság megkérdőjelezhetetlen lenyomatára. Bár a képek már akkor is retusálhatók voltak, a manipuláció sok időt és szakértelmet igényelt. A mesterséges intelligencia korában azonban néhány másodperc alatt készíthető olyan kép, amely egyetlen pillanatilg sem létezett a valóságban. A mondás, hogy „*hiszem, ha látom*”, már nem elegendő. A digitális korban egyre inkább így fogalmazhatunk: „**Hiszem, ha ellenőrizni tudom.**”

20. Ki olvassa a világot?

Az információ és az értelmezés

A könyv elején láttuk, hogy az információ már jóval az ember megjelenése előtt létezett. A DNS molekulái öröközték át az élőlények tulajdonságait, a növények és állatok jeleket küldtek egymásnak, az ember pedig megtanulta beszéddel, írással és képekkel rögzíteni gondolatait.

Évezredekken át azonban volt egy közös vonásuk ezeknek a rendszereknek: az információ csak akkor nyerte el valódi jelentését, amikor egy élőlény – többnyire egy ember – értelmezte.

Egy könyv a polcon önmagában csupán papír és festék. Egy hangfelvétel csak apró mágneses vagy digitális jelek sorozata. Egy számítógép merevlemezén tárolt adatok is csupán bitek milliárdjai. Az információ jelentése nem magában az adathordozóban rejlik, hanem abban az elmében, amely képes megfejteni.

Ez a felismerés végigkíséri az információ egész történetét. Az írás csak annak mond valamit, aki ismeri az ábécét. Egy kotta csak a zenész számára válik dallammá. Egy térkép csak annak segít eligazodni, aki érti a jelrendszerét. Az információ tehát mindig kapcsolat a jel és az értelmező között.

A digitális korszakban azonban új szereplő jelent meg. A számítógépek már nemcsak tárolják és továbbítják az adatokat, hanem egyre nagyobb mértékben értelmezik is azokat. Felismerik az arcokat, megértik a beszédet, fordítanak nyelvek között, orvosi képeket elemeznek, sőt kérdésekre is válaszolnak. Mintha a gépek is „olvasni” kezdenék a világot.

De vajon valóban értik is azt?

Ez a kérdés ma is vita tárgya. Egy mesterséges intelligencia képes felismerni mintázatokat, összefüggéseket találni és valószínű válaszokat adni. Működésének alapja azonban nem a személyes tapasztalat, az öntudat vagy az érzelmek világa, hanem a korábban megtanult adatok statisztikai elemzése. Ez rendkívül hasznos lehet, de nem feltétlenül azonos az emberi megértéssel.

Az ember számára az információ mindig összekapcsolódik élményekkel, emlékekkel, érzésekkel és célokkal. Ugyanaz a mondat mást jelenthet egy gyermeknek, egy tudósnek vagy egy költőnek. A jelentés nem csupán a szavakban, hanem az értelmező tapasztalataiban is megszületik.

Talán ezért nem elegendő az információ mennyiségének növelése. A digitális korban soha nem látott mennyiségű adat vesz körül bennünket, mégsem biztos, hogy ettől többet értünk a világból. Az adatokból információ lesz, az információból tudás, a tudásból pedig – remélhetőleg – bölcsesség. Ez a folyamat azonban nem automatikus.

A mesterséges intelligencia korában különösen fontos megkülönböztetni ezt a négy fogalmat. Az adat önmagában még nem mond semmit. Az információ már összefüggéseket hordoz. A tudás lehetővé teszi a cselekvést. A bölcsesség pedig segít eldönteni, mikor és mire érdemes felhasználni ezt a tudást.

Az információ története ezért nem egyszerűen a technikai fejlődés története. Nem a barlangrajzoktól a számítógépekig vezető út a legfontosabb, hanem az, hogy az ember egyre hatékonyabb módszereket talált a világ megismerésére és megértésére.

Ma már olyan gépeket építünk, amelyek képesek segíteni bennünket az információ feldolgozásában. Talán egyszer még jobban is fogják ezt csinálni, mint mi. De hogy milyen kérdéseket teszünk fel, milyen célokra használjuk a tudást, és milyen jövőt szeretnénk építeni, az továbbra is az ember felelőssége marad.

Az információ útja tehát nem ért véget. A barlangrajzoktól a mesterséges intelligenciáig vezető több tízezer éves történet csupán egy hosszú fejlődési folyamat első szakasza. Nem tudhatjuk, mit hoznak a következő évszázadok, de egy dolog bizonyosnak látszik: az információ továbbra is civilizációnk egyik legfontosabb építőköve marad.

És talán ez a történet legfontosabb tanulsága. Az információ önmagában nem bölcs, nem igaz és nem hamis. Csak lehetőség. Jelentést, értéket és célt mindig az ad neki, aki olvassa, megérti és felelősséggel használja.

21. Mit hagyunk magunk után?

Az emberiség digitális öröksége

Az ember mindig szeretett volna nyomot hagyni maga után. A barlangrajzok készítői valószínűleg nem gondolták, hogy műveiket tízezrek évvel később is látni fogják. Az egyiptomi írnokok papirusztekercsei, a középkori kódexmásolók munkái vagy Gutenberg nyomdájának első könyvei sem a távoli jövőnek készültek. Mégis fennmaradtak, és ma ezekből ismerjük múltunk jelentős részét.

A digitális korban először fordul elő, hogy egyetlen ember élete során több információ keletkezik, mint amennyit korábban egész nemzedékek hagytak maguk után. Fényképek, videók, elektronikus levelek, közösségi oldalak bejegyzései, tudományos adatok, számítógépes programok, műholdfelvételek és mesterséges intelligencia által létrehozott tartalmak milliárdjai születnek nap mint nap.

Paradox módon azonban ez a hatalmas mennyiségű információ sérülékenyebb lehet, mint a kőbe vésett feliratok vagy a pergamenre írt könyvek.

A digitális adatok megőrzése nemcsak az adathordozók élettartamától függ. Legalább ilyen fontos, hogy száz év múlva lesznek-e még olyan eszközök és programok, amelyek képesek elolvasni őket. Egy régi papírkönyvet ma is bárki kinyithat. Egy negyven évvel ezelőtt készült mágnesszalag vagy hajlékonylemez tartalmát azonban már gyakran csak múzeumi berendezésekkel lehet visszaolvasni.

A történelem különös fordulata, hogy miközben minden korábbinál több információt őrzünk meg, egyben minden korábbinál nagyobb a veszélye annak is, hogy ezek jelentős része örökre elveszik. A digitális feledés éppoly valós veszély, mint egykor a könyvtárak leégése vagy a papiruszok pusztulása.

A kérdés azonban nem csupán technikai. Mit érdemes egyáltalán megőrizni? Lehetséges-e mindent eltárolni? Vajon a jövő embere számára fontosak lesznek a mai hétköznapi üzeneteink, fényképeink vagy közösségi oldalaink? Vagy éppen ezekből fogja a legjobban megérteni korunkat?

A mesterséges intelligencia új dimenziót nyit ebben is. Már ma képes óriási adatmennyiségek rendszerezésére, összefoglalására és kereshetővé tételére. Talán a jövő történészei nem poros levéltárakban kutatnak majd, hanem intelligens rendszerekkel beszélgetnek, amelyek segítenek eligazodni az emberiség digitális emlékezetében.

De bármilyen fejletté válik is a technológia, egy döntést nem hozhat meg helyettünk: mit tartunk értékesnek. Az emlékezet nem egyszerűen adatok gyűjteménye, hanem válogatás is. Minden nemzedék eldönti, mit ad tovább az utána következőknek.

Talán ez az információ történetének legfontosabb tanulsága. Az ember mindig azért alkotott új eszközöket, hogy emlékezzen. Az írás, a könyv, a fénykép, a számítógép és a mesterséges intelligencia mind ugyanennek a törekvésnek a különböző állomásai.

Hogy száz, ezer vagy tízezer év múlva mit tudnak majd rólunk, azt nemcsak a technológia dönti el. Hanem az is, hogy ma milyen nyomokat hagyunk magunk után.

Mert végső soron minden korszakot nem az jellemez, hogy milyen eszközöket használt, hanem az, hogy mit tartott érdemesnek megőrizni.

És talán egyszer majd valaki – ember vagy mesterséges intelligencia – ugyanazzal a kíváncsisággal fogja olvasni korunk emlékeit, ahogyan mi ma egy barlang falára rajzolt bölényt szemlélünk.

A barlang falára rajzolt bölénytől a mesterséges intelligenciáig vezető út valójában ugyanarról szól: hogy az ember nyomot hagyjon maga után. A jövő már azt dönti el, hogy ezek közül melyek maradnak fenn.

Epilógus

Amikor őseink több tízezer évvel ezelőtt megrajzolták az első bölényt egy barlang falára, aligha gondolhatták, hogy egyszer gépek is olvasni, írni és képeket alkotni fognak. Mégis ugyanaz a törekvés köt össze bennünket velük: szeretnénk megőrizni azt, amit fontosnak tartunk, és átadni azoknak, akik utánunk jönnek.

Az információ története ezért valójában nem a jelek, a könyvek vagy a számítógépek története. Hanem az ember története. Annak a különös lénynek a története, amely képes emlékezni a múltra, megérteni a jelent és elképzelni a jövőt.

Hogy ezt a jövőt már részben mesterséges intelligenciák is alakítják, nem a történet végét jelenti. Inkább egy új fejezet kezdetét.

Először az ember megtanulta megőrizni az információt. Később megtanulta továbbadni. Aztán feldolgozni. Ma pedig olyan eszközöket alkot, amelyek vele együtt új információt hoznak létre.

Az információ történetének következő fejezetét már nemcsak az ember írja. Először jelenik meg egy olyan eszköz, amely maga is részt vesz az információ létrehozásában. Hogy ez hová vezet, azt még nem tudjuk. De a történet tovább folytatódik – immár közös műként.

Ez a könyv nem az információ történetét meséli el, hanem azt, hogyan tanulta meg az emberiség legyőzni a felejtést.

A civilizációt nem az őrzi meg, amit birtoklunk, hanem amit továbbadunk.

Az információ útja nem ért véget. Csak először nem egyedül járjuk.

Egy személyes zárszó

Sokan azt mondják, nem visszafelé kell nézni, hanem előre. Én inkább Churchill mondásával értek egyet:

„Minél messzebbre nézünk vissza, annál messzebbre láthatunk előre.”

Vagy, ahogy egy francia könyvtár homlokzatán látható:

"A múltat megismerve, megérteni a jelent és elképzelni a jövőt"

A történelmet és a jelenünket csak folyamatában lehet megérteni. Ennek ismeretében tudjuk elképzelni a jövőnket és elkerülni a múlt hibáit.

E szemléletből kiindulva kezdtem el gyűjteni a régi informatikai eszközöket, dokumentumokat. A műszaki fejlődés rendkívül felgyorsult és ezek a tárgyak, dokumentumok igen gyorsan váltak feleslegessé és kerültek megsemmisítésre.

Úgy éreztem, talán még az utolsó pillanatban sikerült megmenteni belőlük valamit. Az eltelt huszonöt év alatt tekintélyes gyűjtemény ált össze. Gyűjteményemből számos kiállítást rendeztem, amelyek nagy sikert arattak a fiatalok és az idősebbek körében is. Öröm volt látni, hogy a régi technika ugyanúgy felkelti a fiatalok kíváncsiságát, mint azok nosztalgiáját, akik még használták ezeket az eszközöket.

Gyűjteményem megtekinthető a honlapomon: <http://retropages.hu>

Ma, amikor már magam sem vagyok fiatal, egyre többet gondolok arra, mi lesz ennek a gyűjteménynek a sorsa. Sajnos sok példát láttam arra, hogy egy élet munkája a gyűjtő halála után szétszóródik vagy megsemmisül. Mivel nem sikerült állandó kiállítást megvalósítanom és olyan intézményt sem találtam, amely át tudná venni, igyekszem fiatalabb gyűjtőknek átadni.

De ennél is fontosabbnak érzem az ismeretek továbbadását.

Mert végső soron nem a gépek, a könyvek vagy az adathordozók jelentik az igazi örökséget, hanem az a tudás, amelyet egyik nemzedék a másiknak átad. Ez a könyv is ennek a tudásláncnak egy apró szeme szeretne lenni.

Bízom benne, hogy lesznek, akik továbbviszik a lángot.

„Az információ megőrizhető.

A tudást azonban minden nemzedéknek újra meg kell alkotnia,
hogy eljuthasson a bölcsességig.”



Az információ tárolásának története az emberiség történetével egyidős. Ez a könyv időutazás az első barlangrajzoktól a felhőalapú tárolásig. Bemutatja, hogyan őriztük meg emlékeinket kőbe vésve, agyagtáblákon, papiruszon, pergamenen és papíron, hogyan forradalmasította a nyomtatás a tudás terjedését, majd hogyan jelentek meg a mágneses, optikai és végül a digitális adathordozók.

Megismerjük a legfontosabb találmányokat, a technológiai ugrásokat, a magyar vonatkozású eredményeket és azokat az embereket, akik nélkül ma nem létezne a digitális világunk.

Múltunk megértése a jövő kulcsa.



barlangrajzok



agyagtáblák



papirusz



pergamen



nyomtatás



távíró



hangrögzítés



mágneses tárolás



optikai adathordozók



felhő és digitális kor



Az információ útja végül mindig hozzánk vezet vissza:
ahhoz a képességhez, hogy emlékeinket megőrizzük,
tudásunkat továbbadjuk és közösen építsük a jövőt.



Információ.
Emlékezet.
Tudás.
Együtt jövőnk.
Együtt tanulunk.
Együtt haladunk.

ISBN 978-615-01-2345-1



9 786150 123451