

Környezeti informatika és a fenntartható információs társadalom víziója

A tanulmány a kibontakozó információs társadalom és a fenntarthatóság mint cél közötti kapcsolatokat tárgyalja. Hogyan járulhat hozzá az információs technológia a fenntartható fejlődéshez? Melyek az információs társadalom lehetőségei és kockázatai a fenntarthatóság mint elérendő cél szempontjából? A szerző az információs és kommunikációs technológiák (IKT) és a fenntarthatóság közötti kölcsönhatások két fő területét, nevezetesen a környezeti információk feldolgozásával foglalkozó környezeti informatikát (Environmental Informatics) és az információs társadalom működésében releváns szerepet játszó technológiák (röviden: információs társadalmi technológiák) hatásait vizsgálja.

Kulcsszavak: *információs és kommunikációs technológiák, fenntarthatóság, környezeti informatika*

Szerzői információ:

Lorenz M. Hilty

Az informatika professzora, a svájci Szövetségi Anyagvizsgálati és Kutatólaboratórium (Empa) technológia- és társadalomkutatói részlegének vezetője. Egyetemi oktatómunkája mellett 2000-tól az Empa „Fenntartható Információs Társadalom” című kutatási projektjét irányította. Főbb kutatási területei: az információs és kommunikációs technológia ökológiai és szociális aspektusai, továbbá az információs, nano- és biotechnológiák és a kognitív tudományok közeledése.

Így hivatkozzon erre a cikkre:

Hilty, Lorenz M., „Környezeti informatika és a fenntartható információs társadalom víziója.”

Információs Társadalom IX, 3. szám (2009): 6–26.

<https://dx.doi.org/10.22503/inftars.IX.2009.3.1>

A folyóiratban közölt művek

a Creative Commons Nevezd meg! – Ne add el! – Így add tovább! 4.0

Nemzetközi Licenc feltételeinek megfelelően használhatók.

Lorenz M. Hilty

Környezeti informatika és a fenntartható információs társadalom víziója¹

Háttér

A fenntarthatóság iránti igény és az információs társadalom kialakulása széles körben vitatott kérdéseket vet fel. Mi köze van azonban az egyiknek a másikhoz? Mielőtt megindokolnánk azt a meggyőződésünket, hogy ez a két témakör ténylegesen szorosan összefügg, szeretnénk röviden körvonalazni, hogy mit értünk rajtuk. Az *információs társadalom* kifejezést azoknak a társadalmi változási folyamatoknak az eredményeként értelmezzük, amelyeket az egyre olcsóbbá váló információs és kommunikációs technológiák (IKT) gyors terjedése gerjeszt, és amelyek révén fokozatosan egy posztindusztriális társadalom irányában haladunk előre. Azt, hogy a jövőbeli információs társadalom milyen formát fog ölteni, aligha tudja bárki is megjósolni. Egy dolog azonban biztos: az eredmény nagyrészt attól függ, hogy ezt a fejlődést mi magunk hogyan befolyásoljuk.

A *fenntartható fejlődés* (vagy röviden: fenntarthatóság) mértékadó meghatározását a Környezet és Fejlődés Világbizottság (*World Commission on Environment and Development, WCED*) fogalmazta meg: a fenntartható fejlődésnek „anélkül kell kielégítenie a jelen szükségleteit, hogy veszélyeztetné a jövő generációk lehetőségeit saját szükségleteik kielégítésére” (WCED, 1987). A fenntarthatóság így meghatározott értelmében a gazdasági fejlődés céljának a források igazságos megosztását kell tekintenünk mind az egyes generációkon *belül*, mind az egymást követő generációk között.

Az ENSZ 1992-ben „Környezet és Fejlődés” címmel Rio de Janciróban tartott konferenciáján (*United Nations Conference on Environment and Development, UNCED*) a fenntartható fejlődés célkitűzése vált a nemzetközi környezeti és fejlesztési politika legfontosabb kérdésévé. Széles körben elfogadottá vált az a felfogás, hogy a fenntarthatóságnak környezeti, társadalmi és gazdasági dimenziói is vannak: ezek tudományos alapjainak kidolgozása és továbbfejlesztése érdekében számos nemzeti és nemzetközi kutatási program és egyéb kezdeményezés indult útjára.

Az 1990-es években a fenntarthatóság fogalmának kétféle szélsőséges értelmezése alakult ki:

– Az *erős* fenntarthatóság feltétele a teljes természeti tőke megőrzése, vagyis az iparnak mint a természeti források felhasználójának csakis a természeti tőke „kamataiból” szabad merítenie. Következésképpen be kell tiltani a nem megújuló erőforrások

¹ E tanulmány első része L. N. Hilty és T. F. Ruddy „Fenntartható információs társadalom felé” (Towards a Sustainable Information Society) című cikkén alapul, amely először az *Informatik/Informatique* c. folyóirat 4/2000. számában jelent meg (2–9).

kihasználását, és a megújuló forrásokat is csak azok újjátermelésének arányában szabad felhasználni.²

– A *gyenge* fenntarthatósághoz elegendő az emberi tevékenységből eredő tőke és a természeti tőke összesített értékének megőrzése.³ Ez annyit jelent, hogy a természeti tőke tetszés szerint csökkenthető, ha ezt kompenzálja az ember által létrehozott tőke növekedése.

A politikai viták során ismételten világossá vált, hogy a járható út e két szélsőség *között* húzódik, és ennek megtalálására kell állandóan törekedni. A fenntarthatóság elérése tehát a jövőre orientált társadalmi folyamat, amelyben a tanulás, a kutatás és a strukturáló törekvések bizonyos mértékű sötétben tapogatózás, nagyfokú bizonytalanság és különféle konfliktusok mellett is fontos szerephez jutnak, vagyis a fenntarthatóság „szabályozó eszme” (Minsch et al. 1998).

Miközben azonban a legkiválóbb kutatók újabb és újabb kutatási programokon töprengenek azoknak a kisebb-nagyobb változásoknak a kimutatására törekedve, amelyek közelebb juttathatják a társadalmat a fenntarthatóság eléréséhez, a világ gyorsan változik az IKT fokozódó hatásai alatt. Ez a változási folyamat, melynek során világunk információs társadalommá alakul át, elvileg elvezethet ahhoz, hogy az anyagi termékek funkcióit bizonyos mértékig az információ és a tudás váltsa fel életünkben. Emellett az úgynevezett dematerializálódási folyamat mellett azonban a változási trend magában foglalja a gazdaság fokozódó globalizálódását is, ami eddig az anyagi termékek és az emberek növekvő mértékű fizikai helyváltoztatásával járt együtt. Végül pedig az információs társadalom egyúttal az innovációs folyamatok felgyorsulását is jelenti, és így a változás a meglévő dolgoknak az újak belépése révén bekövetkező, egyre gyorsabb ütemű leértékelődésével jár együtt, legyen szó akár hardverről vagy szoftverről, technikai termékekről vagy emberi készségekről és tudásról.

Az információs társadalom kialakulásának sebességét Moore törvénye határozza meg, amely kimondja, hogy az IKT-eszközök teljesítménye 18-24 hónaponként megkétszereződik. Ez mindaddig figyelemreméltóan pontos előrejelzésnek bizonyult, nem csupán a processzorok sebességét, hanem a számítógépek memóriakapacitását és a hálózatokban folyó adatátvitel gyorsaságát tekintve is.

Ennek eredményeként az emberek egyre nagyobb számítástechnikai teljesítmény és adatátviteli kapacitás előnyeit használhatják ki anélkül, hogy ez több helyet, több energiát vagy nagyobb költségeket igényelne, s erre a technikai infrastruktúrára alapozva szinte naponta új szolgáltatások jönnek létre, amelyek életünk egyre több és több területére hatolnak be.

² A fenntarthatóság „erős” kritériumai kizárják azokat a forgatókönyveket, amelyek szerint véges erőforrások kiaknázásával „gazdasági fellendülés jön létre, olyan jelentős technikai haladással együtt, melynek révén ismét takarékoskodni lehet azokkal, a megújuló források akkorra lehetővé váló hasznosításának köszönhetően (Meyer–Abich, 2001, 297).

³ „Így megengedhető az utóbbinak az előbbire való széles körű felcserélése, például a tengerpartok helyett élvezhetjük az úszómedencéket, a történelmi régiók helyett látogathatunk szabadidőparkokat, s a természetjárás szerepét átvehetik a fitnessközpontok” (Meyer–Abich 2001, 296).

1. táblázat

Az IKT és a fenntarthatóság környezeti dimenziója közötti kölcsönhatások kategóriái

Környezeti információk feldolgozása (<i>Environmental Information Processing, EIP</i>)	Állami szektor: az állami hatóságok által működtetett környezeti információs rendszerek (<i>Environmental Information Systems, EIS</i>)	A közjavak állapotának tudatosítása a közvéleményben
		A politikai döntések előfeltételei
		A környezetpolitika végrehajtási eszközei
	Magánszektor: környezetkezelési információs rendszerek (<i>Environmental Management Information Systems, EMIS</i>)	A jogi szabályozás figyelembevétele
		Beszámolási kötelezettség a környezeti hatásokról az érintetteknek
		Ökohatékonyság és az anyagáramlások kezelése
Információs társadalmi technológiák (<i>Information Society Technologies, IST</i>)	A gazdaság anyagigényességére gyakorolt közvetlen hatás	Az <i>IST</i> -termékek életciklusainak anyagigénye
	A gazdaság anyagigényességére gyakorolt közvetett hatás	Helyettesítési lehetőségek, optimalizációs lehetőségek, indukciós potenciál

A környezeti információk feldolgozása

A környezeti információk feldolgozására szolgáló számítógépes rendszerek az 1970-es évek óta vannak használatban. Ezekben a rendszerekben az alkalmazások széles skálájával találkozunk, beleértve a monitorozás és az ellenőrzés, az információkezelés, az adatelemzés, valamint a tervezés és a döntéstámogatás eszközeit egyaránt. Az ilyen típusú rendszerek átfogó neveként a „környezeti információs rendszerek” (*Environmental Information Systems, EIS*) kifejezés használatos (Günther 1998, Rautenstrauch és Patig 2001, Hilty et al. 2005). Az informatika fejlődése felbecsülhetetlen mértékben növelte a természetben lejátszódó biológiai, kémiai és fizikai folyamatok elemzésére való képességeinket. Ugyanakkor a környezeti változók körében felmerülő problémák bonyolult természete nagy kihívás az informatika számára. A kölcsönös ösztönzés folyamatában alakult ki a „környezeti informatika” névvel ismert speciális tudományág, melyben a számítógép-tudomány különféle eredményei – például az adatbázisrendszerek, földrajzi információs hálózatok, modellezési és szimulációs eljárások, tudásalapú rendszerek és

neurális hálózatok – kombinálódnak egymással, különös tekintettel a környezeti problémákra való alkalmazási lehetőségeikre (Avouris és Page 1995, Page és Hilty 1995, Hilty et al. 2006). A környezeti informatika körében folyó munka egyes típusai az alábbiakban leírt alkalmazási területek szerint tekinthetők át.

Alkalmazások az állami szektorban

A természeti környezetre vonatkozó információk feldolgozására az állami szektorban használt alkalmazások már a számítástechnika elterjedésének kezdetétől fogva folyamatosan fejlődnek. Szimulációs modelleket például a vízellátás területén már az 1950-es években is használtak. A legfejlettebb országokban ma kifinomult monitorozási rendszereket alkalmaznak, amelyek rendszeresen naprakész információt nyújtanak a környezet állapotáról. Az adatok egy részét teljesen automatizált telemetriai hálózatokban gyűjtik, amelyek a levegő és a víz minőségének, valamint a radioaktivitás szintjének monitorozására szolgálnak. A *telemetriai* eszközök (az adott közegben, például a vízben vagy a levegőben elhelyezett automatikus szenzorok) adatokat továbbítanak a rendszerint helyhatósági, regionális vagy országos környezeti ügynökségek által működtetett központi ellenőrző egységekhez. Ezen a területen újabban jelentős előrehaladás történt a nagy kiterjedésű szenzorhálózatok fejlődésének köszönhetően (Swiss Experiment, 2008). A környezeti adatok egy másik részét egyre nagyobb teljesítményű, távirányított érzékelő műszerek útján szerzik be, és a légi- vagy műhold-felvételekről származó földrajzi információkkal összevetve dolgozzák fel.

A környezeti információs rendszerek az állami szektorban legalábbis három igen fontos funkciót töltenek be (lásd 1. táblázat, jobb oldali oszlop).

A közvélemény tájékoztatása

Az információs ügynökségeket sok országban törvény kötelezi a környezet megfigyeléséből származó adatok közzétételére. Az ilyen adatok nyilvánosságra hozatala révén a közjavak (például a légkör vagy az üdülési régiók) állapota jobban tudatosodik a közvéleményben, ami egyébként nem történne meg, mivel a meghatározásuk értelmében áruba nem bocsátható közjavakra nézve árcédulák útján nem adható tájékoztatás. A környezeti adatok közzétételének más fontos hatásai is vannak: ennek alapján például az állampolgárok maguk is megítélhetik a kormány környezeti politikájának sikerét vagy kudarcát.

Döntéstámogatás

A környezeti információk nélkülözhetetlen alapot jelentenek olyan politikai döntések meghozatalához, amelyek kihatással vannak a természeti környezetre, vagy megfordítva, a környezet állapotától függenek. A döntéstámogatás nem csupán az adott *status quo* megítélésére vonatkozó információk nyújtásából áll, hanem magában foglal prognózisokat (például az ózonrétegre is kiható nyári füstködökre vonatkozó rövid távú előrejelzéseket), továbbá feloleli a különféle szóba jöhető alternatívák (forgatókönyvek, „mi-lenne-ha” típusú kérdések) hatásainak mérlegelését is. A környezeti infor-

matika fontos hozzájárulást nyújt a döntéstámogatáshoz azáltal, hogy módszereket és eszközöket biztosít a modellezéshez, a szimulációhoz. Az ilyen rendszerek központi szerepet játszanak többek között a klímaváltozás és abban az ember szerepének modellezésében, segítve az ezzel kapcsolatos döntések meghozatalát.

Környezetpolitikai intézkedések

A környezetpolitika eszközeit csak akkor lehet hatékonyan alkalmazni, ha folyamatosan pontos és naprakész információ áll rendelkezésre. A környezeti informatikai rendszerek segítenek a szabályok megszegésének felkutatásában (például az illegális kibocsátások forrásának kinyomozásával), közreműködnek a meghozott intézkedések sikerének monitorozásában, s válságok és katasztrófák esetén biztosítják az azonnali cselekvéshez szükséges információkat. Példaként ismét a klímapolitika területét idézhetjük. Az 1992. évi UNFCCC-egyezmény kötelező erejét tovább erősítette az 1997-ben hozzá csatolt kiotói protokoll. Ez jó példát nyújt arra, hogy az egyezmények hogyan válnak a gyakorlatban nemzetközi törvénnyé, egyre nagyobb részletességgel meghatározva az elfogadott környezetpolitika végrehajtását szolgáló intézkedéseket is. Az egyezmény előírja nemzeti adatbázisok létrehozását és folyamatos fenntartását, amelyek az üvegházhatású gázok, elsősorban a széndioxid és a metán kibocsátásának mértékét tükrözik a protokollt aláíró és ratifikáló valamennyi országban. Ezek az adatbázisok nélkülözhetetlenek az évi kibocsátási szintek nyomon követéséhez.

Alkalmazások a magánszektorban

A környezeti informatikai rendszereket az 1990-es évek elejéig szinte kizárólag az állami szektorban használták fel. Az 1990-es években azonban kialakult az olyan szoftverrendszerek piaca, amelyek a vállalatok környezetgazdálkodási tevékenységét támogatják: ezek „környezetkezelési információs rendszerek” (*Environmental Management Information Systems, EMIS*) névvel váltak ismertté (Hilty és Rautenstrauch 1997). A kezdeti időszak után, amikor az első ilyen rendszereket még csak egyes vállalatok operatív tevékenységeinek támogatására fejlesztették ki, ma az a trend érvényesül, hogy a környezeti információkat felhasználják a több területet érintő stratégiai döntések meghozatalakor, és beépítik az általánosabb célú alkalmazásokba is – a hatékony környezetkezelés egyre inkább megköveteli a stratégiai vállalati hálózatok létrehozását (Hilty et al. 2000a). Ma a legtöbb *EMIS* fontos szerepet tölt be a következő területeken (lásd 1. táblázat, jobb oldali oszlop).

Jogi szabályozás

Először is, a környezetkezelési információs rendszerek elősegítik a törvények és szabályozások betartását azáltal, hogy áttekintést nyújtanak a környezettel kapcsolatos szabályokról a bonyolult jogi szabályozási keretekben (Riekert és Kadric 1997). Másodszor, az információs rendszerek segítik a felső vezetőket a saját vállalatuknál a környezeti szabályozások szempontjából releváns fejlemények feltárásában és megértésében.

Ilyen típusú alkalmazásokra adnak lehetőséget például a vállalaton belüli kibocsátás monitorozására és az anyagáramlások modellezésére szolgáló rendszerek.

Környezeti hatások és fenntarthatóság

A környezetet vagy a fenntarthatóságot érintő hatásokról tájékoztató információs rendszerek lehetővé teszik a vállalatok számára, hogy a környezeti hatások és kockázatok tekintetében eleget tegyenek számos beszámolási kötelezettségüknek a működésük által érintett állami és önkormányzati szervek, bankok, biztosítók, beszállítók és fogyasztók, valamint alkalmazottaik, szomszédaik és a lakosság tekintetében. Az egyes vállalatokon belül számos szoftvert fejlesztettek ki a környezeti vagy fenntarthatósági jelentések elkészítésének támogatására. Az utóbbi években megnyilvánuló tendencia jegyében a környezeti hatások jelzésére szolgáló szoftvereket alkalmassá teszik az interneteken való felhasználásra és az adatoknak a leányvállalatokkal és az alkalmazottakkal való megosztására, továbbá meghatározott, szűkebb adatállományok nyilvánossá tételére az érdekelt résztvevők, például a beszállítók szélesebb köre számára is. Az ilyen html- vagy xml-alapú megoldások automatikusan képesek kiemelni valamely adatbázisból azokat az adatokat, amelyek elég nyilvánosak ahhoz, hogy az interneten is közzétehetőek legyenek (Isenmann 2005).

Ökohatékonyság

A környezeti információkezelési rendszerek elősegítik az ökológiai hatékonyság (röviden: öko-hatékonyság) javítását. Ez a kifejezés valamely funkcionális egyedi termék vagy szolgáltatás (például egy csésze kávé vagy a mindennapi tiszta öltözék) mint output és az ennek előállítására ráfordított anyag- és energiamennyiség mint input közötti arányt jelöli. Annak a meghatározására, hogy az érték-hozzáadási lánc melyik szakaszában lehet fokozni az ökohatékonytságot, az úgynevezett életciklus-értékelés (*Life Cycle Assessment, LCA*) szolgál, melynek során megvizsgálják egy-egy termék vagy szolgáltatás egész életciklusát „a bölcsőtől a sírig”, vagyis a természeti erőforrásoknak a környezetből való kivételétől kezdve valamennyi termelési és hasznosítási fázison keresztül egészen a hulladékok elhelyezéséig, és értékelik ennek ökológiai vonzatait. A termékek életciklusait, magukat a vállalatokat és a termelési eljárásokat egyaránt az ökohatékonyság szempontjából optimalizálható anyagáramlási rendszereknek lehet tekinteni. Az anyagáramlás ilyen értelemben különböző szinteken értékelhető, a legfelső stratégiai szinttől a közvetlen termelési szintekig, beleértve például

- stratégiai vállalati hálózatok (különösen újrafelhasználási hálózatok) kiépítését;
- az *LCA* felhasználását a meglévő termékek vagy eljárások alternatív megoldásainak rangsorolására a termékek vagy alkatrészek elkészítése vagy megvásárlása szempontjából;
- a „környezettudatos tervezést” (*Design for the Environment, DFE*) a termék egész életciklusa folyamán végbemenő anyagáramlások és a létrejövő környezeti kockázatok csökkentésének céljával; valamint

– az eljárások valós idejű ellenőrzését a kibocsátások minimalizálása vagy az energiahatékonyság növelése érdekében.

Az *LCA* és általánosabb értelemben az anyagáramlás-kezelés támogatásához különféle szoftverrendszerek állnak rendelkezésre. A legrugalmasabb megoldás a felhasználók támogatása saját anyagáramlási rendszereik modellezésében és értékelésében. Ennek egyik példája az anyagáramlási hálózatok alapján kidolgozott *Umberto* elnevezésű kereskedelmi szoftver, melynek reprezentációs formalizmusát a Petri-hálózatokból vezették le (Schmidt et al. 1997).

Az „ökohatékonyság” terminust néha összevont értelemben, mintegy rövidítés-ként alkalmazzák mind a gazdasági, mind a környezeti hatékonyság kifejezésére. Ezt teszi például az Üzleti Világtanács a Fenntartható Fejlődésért (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) elnevezésű szervezet, amely nemzetközi szinten szorgalmazza az ökohatékonyság elérésére irányuló törekvéseket.⁴

Információs társadalmi technológiák

Információs társadalmi technológiákon (angolul: *Information Society Technologies, IST*)⁵ azokat a technológiákat értjük, amelyeknek a felhasználása elősegíti az információs társadalomhoz vezető átmenet alapját képező változásokat. Ezek az IKT részhalmozat alkotják, és speciális lehetőségeket rejtenek magukban a mély társadalmi változások elérésére.⁶

A fenntarthatóság szempontjából az információs társadalmi technológiák legfontosabb jellemzője az, hogy mennyiben tudnak hozzájárulni a gazdasági folyamatok anyagigényességének csökkentéséhez (beleértve a termelést, a fogyasztást és a hulladék-kezelést, valamint az ezzel összefüggő logisztikai folyamatokat, például a szállítást és a raktározást is). A „anyagigényesség” (*material intensity*) kifejezést az ebben a témában folyó diskurzusban igen széles értelemben használják. A terminus a valamely termék vagy szolgáltatás (vagy makroszinten a GDP) létrehozásával együtt járó anyag- és energiaátviteli folyamatokra utal. Az anyagigényesség csökkentése egy adott termék vagy szolgáltatás azonos minőségben való előállítására vagy akár tökéletesítésére mellett lényegében ugyanazt jelenti, mint az ökohatékonyság növelése.

Az anyagigényesség jelentős csökkentését (más szóval az ökohatékonyság növelését) dematerializációnak is nevezik. A dematerializáció *valamely fenntartott vagy tökéletesített termék vagy szolgáltatás kevesebb anyag-, illetve energiafelhasználással való létrehozásaként definiálható.*⁷

⁴ <http://www.wbcd.org>

⁵ A továbbiakban a magyar szakirodalomban is elterjedt angol rövidítést használjuk. – A ford.

⁶ Az *IST* angol terminust az Európai Bizottság vezette be, amikor a „Felhasználóbarát információs társadalomért” elnevezésű programot az Ötödik Keretprogram (FT5) négy tematikus programjának egyikéül jelölték ki. A Hetedik Keretprogram életbelépését követően azonban ezt a kifejezést már mellőzték. Mai perspektívából helyesebbnek tűnik, ha inkább az IKT olyan pontosabban meghatározott fajtáiról beszélünk, amelyek szerepet játszanak a mély társadalmi változásokban, nevezetesen: *Ambient Intelligence, Ubiquitous Computing* vagy „a dolgok internete” (*The Internet of Things*).

⁷ Egyes szerzők a dematerializációt élesen megkülönböztetik az úgynevezett immaterializációtól – erre a kérdésre később visszatérünk.

Az információs társadalmi technológiák terjedése közvetlen és közvetett módon egyaránt kihatással van a gazdaságra:

- *közvetlenül* magának az IST-hardvernek a termelésén, felhasználásán és hulladékká válásán keresztül,
- *közvetve* pedig a szubsztitúciós vagy helyettesítési, optimalizációs és indukciós hatások révén.

A következőkben az IST mindkét típusú hatásaival foglalkozunk.

Közvetlen hatások

Az információs társadalmi technológiák maguk is gyorsan változnak egyre rövidülő innovációs ciklusokban. Ma a személyi számítógépet tekinthetjük a legfontosabb eszköznek az IST körében, de ezt akár néhány éven belül könnyen felválthatják más technikai eszközök. A közlekedés telekommunikációs eszközökkel való kiváltásáról vagy a papír digitális adathordozókkal történő helyettesítéséről folyó vitákban – hogy csak két példát említsünk – rendszerint feltételezik, hogy a „virtuális” alternatívák kevésbé anyagigényesek, mint a konvencionális megoldások. Ezt a feltételezést azonban esetről esetre komolyan meg kell vizsgálni, ami egyebek között annyit jelent, hogy az adott hardvertermékek egész életciklusát kell értékelni (az LCA különösen fontos az elektronikai készülékek esetében).

Ezen a területen először 2000-ben gyűjtöttünk össze bizonyos releváns adatokat (Hilty et al. 2000b). A források értékelése feltárta, hogy mindeddig csak a tévékészülékek, valamint a katódsugárcsöves monitorokkal működő személyi számítógépek életciklusát vizsgálták, és a síkképernyős kijelzőberendezések, a távközlési hálózatok, a mobiltelefonok és a műholdas kommunikáció eszközei tekintetében még mindig sok kérdés nyitva áll. A személyi számítógépeket illetően a legjelentősebb eredmény az volt, hogy a számítógépek életciklusa során a legtöbb anyag- és energiaráfordítás a termelés fázisában történik. A számítógépek előállításához felhasznált anyagoknak csak kevesebb mint 2 százaléka – egy tanulmány szerint mindössze 0,1 százaléka – épül be magába a termékbe, a többi pedig gyártási hulladék. Az egyetlen személyi számítógép előállítására fordított energia (5–12 GJ) körülbelül tízszeresen meghaladja az átlagos felhasználási ciklus során elfogyasztott energia mennyiségét.⁸ Egy színes tévékészülék előállításához negyedannyi energiára van szükség, mint egy személyi számítógéphez. A kommunikációs hálózatokat tekintve úgy tűnik, hogy ezek létrehozása és működtetése – a személyi számítógépekével összehasonlítva – viszonylag kis részét teszi ki az IST-nek tulajdonítható ökológiai terhelésnek. Egy telefonvonal működtetésének energiaigénye például megközelítőleg évi 100 kWh (0,36 GJ/a) nagyságrendű.

Egészében véve a vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy az IST-hez nélkülözhetetlen alapvető technológiák felhasználásának anyag- és energiaszükségletét nem szabad elhanyagolni, mivel befolyásolja az információs társadalom ökológiai kompatibilitását. Ennek mérlegelése csak még fontosabbá válik, ha tekintetbe vesszük, hogy

⁸ Az asztali személyi számítógépek esetében az újabb vizsgálatok már jóval alacsonyabb arányokat állapítottak meg, ami azzal a ténnyel magyarázható, hogy a termelés energiateljesítménye hatékonyabbá, a tipikus felhasználási fázis pedig energiaigényesebbé vált.

ezek a technológiák folyamatosan és egyre gyorsabban terjednek. Másrészt óvatosan kell kezelnünk ezeket az adatokat, nem feledkezve meg arról, hogy csupán egy pillanatfelvétel által rögzített helyzetet tükröznek, míg a technológia és az annak alkalmazására épülő gyártási folyamatok fejlődése elvileg nem látható előre.

Közvetett hatások

Az IST-nek a fizikai folyamatok világában kifejtett hatásait általában három fő típusba szokták sorolni. Ezt a felosztást eredetileg a távközlés által a közlekedési forgalomra gyakorolt hatások osztályozására vezették be, s így leginkább ennek a speciális esetnek a példáján keresztül világítható meg. Megjegyezzük azonban, hogy ezeket a kategóriákat általánosítjuk az IST minden fajtájára és azok mindenféle fizikai folyamatra gyakorolt hatásaira. A következő hatásokat különböztetjük meg:

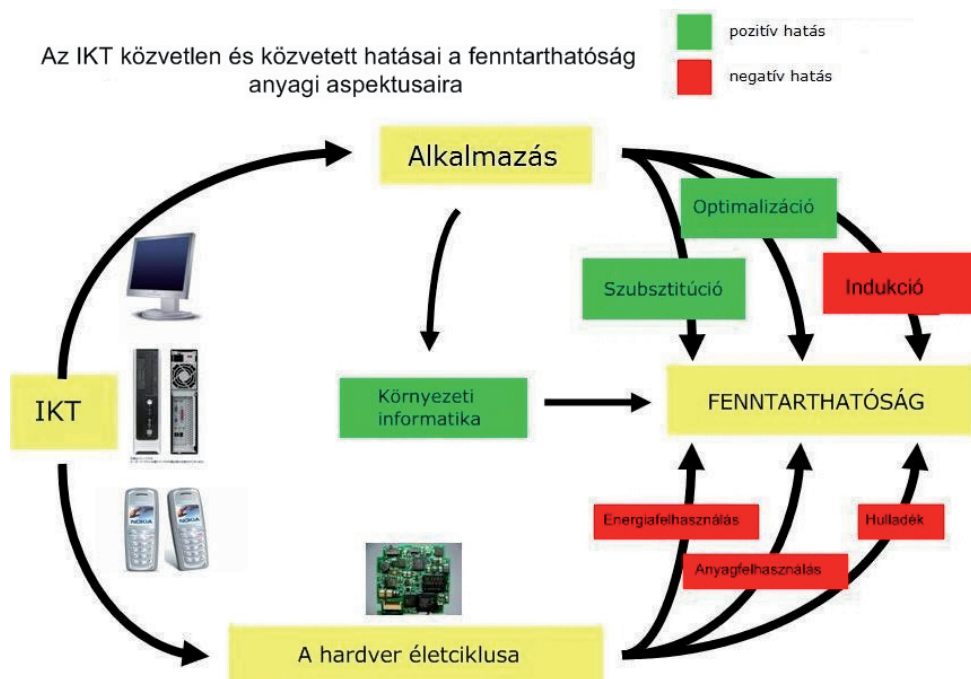
- *szubsztitúciós hatás* (a fizikai fogalom helyettesítése távközléssel),
- *optimalizációs hatás* (a távközlés hozzájárulása a forgalmi rendszerek optimalizálásához),
- *indukciós hatás* (a távközlés igénybevétele következtében, például a termelés megosztott formáinak lehetővé tétele révén létrejövő fogalom).

Vizsgáljuk meg a papírfogyasztás példáján, hogy ez a felosztás hogyan alkalmazható más területeken! A személyi számítógépnek az írógép modern formájaként és különösen az e-mail üzenetváltások, illetve a világhálón és az interneten keresztül elérhető más szolgáltatások közvetítőjeként ténylegesen megvan az a potenciálja, hogy csökkentse a papírfogyasztást. Tengernyi szöveges és grafikus információ szerezhető meg közvetlenül a képernyőről, amely sok esetben ténylegesen *helyettesíti* a papírt. Tapasztalható továbbá az *optimalizációs* hatás is, mivel ma például igen sok hibát ki lehet javítani, mielőtt egy-egy szöveget vagy képet első ízben kinyomtatnánk.

Mindazonáltal – mint az olvasó is tudhatja saját mindennapi tapasztalataiból – az *indukciós* hatás messze felülmúlja az egyéb hatásokat, mivel a mai személyi számítógépes és nyomtatási technológia lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy oldalak százait nyomtassa ki csupán néhány kattintás segítségével. Ennélfogva a papírfogyasztás tekintetében az IST – mindent egybevetve – hozzájárul az elmúlt hatvan év során megfigyelt általános növekedési trend fenntartásához (Ehrenfeld 1998). Az egy főre jutó papírfogyasztást sok helyen komolyan számításba veszik a jólét egyik indikátorként. A svájci napilapok a közelmúltban ünnepelték azt a tényt, hogy egy átlagos svájci állampolgár ma évente 240 kg papírt fogyaszt, és ez a trend csak erősödik. Ez a hatás volna az, amit az információs társadalomtól vártunk?

Napjainkban valószínűleg mégis a közlekedés az a legfontosabb terület, ahol az IST szubsztitúciós és optimalizáló hatásait túlkompenzálják az indukciós hatások. Míg a távmunkából és a távszolgáltatások különféle fajtáiból eredő helyettesítési hatások (például a szoftverek automatikus „karbantartása” vagy az „e-bankolás” területén) csökkenthetik a fizikai fogalmat, a piacok globalizálódásából és a távközlési hálózatoknak köszönhetően megvalósuló megosztott termelési formákból eredő indukciós hatások világosan láthatóan eltérnek a fenntarthatósághoz vezető úttól.

Az 1. ábra az IST hatásainak összefüggéseit szemlélteti.



1. ábra

Az IKT közvetlen és közvetett hatásai a fenntarthatóság anyagi aspektusaira

A visszacsapó hatás

A várakozásainknak ellentmondó trendek – például a papírfogyasztás és a közlekedési forgalom növekedése – a „visszacsapó hatás” (*rebound effect*) jelenségére nyújtanak példát. Ezt a hatást eredetileg az energiaszektorban fedezték fel, és abban nyilvánul meg, hogy a hatékonyság növekedésével létrehozott nyereséget kiegyenlíti vagy akár túlkompenzálja a mennyiségi növekedés (Binswanger 1999). Az energiahatékonyság (a bruttó hazai termék és a teljes energiafogyasztás hányadosa) az erősen fejlett országokban az elmúlt évtizedek során folyamatosan növekedett, évente körülbelül egy százalékkal. Ezt a „megtakarítást” azonban túlkompenzálja a bruttó hazai termék (GDP) növekedése, úgyhogy abszolút értékben egyre több energia felhasználása történik minden évben.

Ez a helyzet aligha fog változni az információs társadalomban: az IST révén elért valamennyi szubsztitúciós és optimalizációs hatás új szabadságfokokat hoz létre, amelyeket a mennyiségi növekedésre használnak fel. Nagyon gyakran előfordul, hogy a régi technológiák felhasználása is tovább növekszik, miközben az újakat ezek kiegészítéseként alkalmazzák, hozzájárulva a régi technológiákkal addig elért határok kiterjesztéséhez. F. J. Radermacher megfogalmazásában: „A ’csapda’, amelybe a technikai haladás során újból

és újból beleestünk, voltaképpen abban áll, hogy valami (a visszacsapó hatás) mintegy 'ráadásként' mindig hozzáadódik ahhoz, ami azelőtt is folyt. Ez a hatás előjelzi, hogy a piaci erők – az emberiség látszólag korlátlan fogyasztási kapacitására építve – arra fogják felhasználni az új technológiákat, hogy egyre több és több erőforrás kiaknázásával mind több tevékenység és funkció ellátását tegyék lehetővé új és még újabb szolgáltatások és termékek létrehozásával” (Radermacher 1996). A visszacsapó hatás legszemléletesebb példáját maguk az információs és kommunikációs technológiák nyújtják. A már említett Moore-törvény szerint a digitális elektronika fejlődése három-négy év alatt a gyártástechnológiai eljárások négyszeres arányú dematerializálódásával jár együtt. Felmerül a kérdés, hogy ez a folyamatos, drámai mértékű dematerializálódás miért nem vonja magával az IST által létrehozott teljes energia- és anyagáramlás megfelelő csökkenését. A helyzet ugyanis ennek éppen az ellenkezője: az elektronikai iparágak részesedése az energiafogyasztásból továbbra is növekszik, és az elektronikus hulladék mennyisége azt jelzi, hogy az anyagfelhasználás is hasonló ütemben emelkedik.

A jelenlegi gazdasági keretfeltételek között legvalószínűbb forgatókönyv 2015-ig az IST-piac folytatódó exponenciális bővülését jelzi, ami a használatban levő IST-eszközök összes fizikai tömegének lineáris növekedését eredményezi (Hilty et al. 2000b).

Az elmondottakból azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az ökohatékonyság vagy a dematerializáció irányában végbemenő technikai fejlődés szükséges, de nem elégséges feltétel a fenntarthatóság mint cél megközelítéséhez. Ugyanakkor a politikának olyan globális keretfeltételeket kell megteremtenie, amelyek a ritka ökológiai erőforrások világszinten optimális allokációját biztosítják piaci mechanizmusokon keresztül. A keretfeltételek megváltoztatásának szükségességét hangsúlyozza az Információs Társadalmi Fórum is: „A visszacsapó hatást a globalizált gazdaságban csakis az korlátozhatja, ha a politikusok megfelelő és a világgazdasági rendszer szerves részeként funkcionáló társadalmi és ökológiai védőkörlátokat állítanak fel. Az ilyen védőkörlátokat helyi szinteken országos és regionális keretfeltételek formájában kell bevezetni” (ISF 1998, 22).

Az ökohatékonyságtól az új életstílusokig

Az ökohatékonyság vagy dematerializáció mögött az a megfontolás húzódik meg, hogy a végfelhasználó számára megcélzott eredmény mint „funkcionális egyedi termék vagy szolgáltatás” sem mennyiségileg, sem minőségileg nem változik, miközben az output biztosításához vezető folyamat fizikai inputja változik, és pedig csökken. Az életciklus-értékelés (*LCA*) szakterületén bizonyos „funkcionális ekvivalencia” feltételezésével élnek. A funkcionális ekvivalencia azonban nehezen értelmezhető fogalom. Még ha olyan egyszerű dolgok összehasonlítását végzik is egy-egy *LCA*-vizsgálat során, mint amilyenek például az italok különféle csomagolásai, kétséges, hogy az adott csomagolási módok funkcionálisan valóban ekvivalensnek tekinthetők-e. Ezenkívül a funkcionális ekvivalencia fogalma az IST esetében félrevezethető lehet, amikor virtuális és valós alternatívákat kell összehasonlítani egymással. Ez jellemző a szubsztitúció esetére is, amikor a korábbi fizikai funkciókat tisztán információs szolgáltatások helyettesítik.⁹

⁹ Ezt a fajta változást nevezik néha „immaterializációnak”, szembeállítva a „dematerializációval”.

Vizsgáljuk meg a távmunka példáját! Funkcionálisan egyenértékű lehet-e valaha is az otthoni munka a munkahelyeken végzett munkával? Úgy véljük, hogy az emberek nem azért végeznek távmunkát, mert a távjelenlét funkcionálisan egyenértékű a fizikai jelenléttel, hanem azért, mert jelentős különbség van a kettő között. A fizikai folyamatok virtuális helyettesítői sohasem lesznek funkcionálisan egyenértékűek a fizikai folyamatokkal, és mindig lesznek bizonyos előnyök és hátrányaik az előbbiekhöz képest. A funkcionális ekvivalencia követelménye félrevezető, mivel tagadja a virtuális alternatíva másságát, más karakterét. Az információs társadalmi technológiák éretté válásuk során olyan virtuális alternatívákat biztosítanak, amelyek azért lépnek be életünkbe, mert konvencionális megfelelőiktől *eltérő* követelményeknek tesznek eleget. Lehet, hogy csupán a környezeti megtakarítások érdekében az emberek nem változtatják meg az életstílusukat, de a kibervilágban elérhető bizonyos funkcionális előnyök erősebben motiválhatják őket.

Az IKT hatásai a fenntarthatóságra - fogalmi keretek¹⁰

A 2. táblázatban bemutatott mátrix megkísérli integrálni a használatban levő terminológiákat. Ez különösen az első-, másod- és harmadrendű hatások osztályozására vonatkozik, beleértve a termék életciklusának fázisokra bontását, a szubsztitúciós, optimalizációs és indukciós hatások megkülönböztetését, valamint az olyan, különböző kontextusokból származó fogalmakat is, mint például a strukturális változás, a dematerializáció, a visszacsapó hatás és a kritikus információs infrastruktúra. Az IST így felvázolt fogalmi keretrendszer széles perspektívából veszi számba az IKT hatásait, lehetőséget nyújtva egyrészt saját elgondolásaink új kontextusba helyezésére, másrészt teret adva a képzelőerő számára is. Minden érintett megtalálhatja benne azokat a pontokat, amelyeket – potenciálisan – az IKT pozitív hatásainak maximalizálása és a negatív hatások minimalizálása érdekében tett saját hozzájárulása foglalhat el.

Ezt a keretet normatív értelemben igyekeztem semleges tartani, csupán az „IKT mint a megoldás része” és az „IKT mint a probléma része” kategóriák alapulnak nyilvánvalóan értékítéleteken. Természetesen normatív döntés eredménye továbbá az is, hogy a fenntartható fejlődést olyan célnak tekintem, amelynek eléréséért érdemes küzdeni. A fogalmi keretek mindazonáltal nem határozzák meg eleve, hogy az ily módon értelmezett pozitív és negatív hatások mely esetekben és milyen feltételekkel válnak uralkodóvá. A következőkben sorról sorra magyarázatokat fűzök a bemutatott mátrixhoz.

A táblázatban szereplő szövegek:

¹⁰ A tanulmány második részében elmondottak a szerző által „Az IKT-nak a fenntarthatósághoz való hozzájárulását befolyásoló tényezők” (*Factors influencing the contribution of ICT to sustainability*) címmel az ICT European Technology Platform (ETP) vezetőinek értekezletén 2008 februárjában Brüsszelben tartott előadásán alapulnak. European Commission DG Information Society and Media (INFOS).

2. táblázat

Fogalmi keretek. Az IKT-nak a fenntarthatóság szempontjából releváns hatásai

	IKT mint a megoldás része	IKT mint a probléma része		
Technológia	Többet kihozni kevesebből	Az IKT hardver életciklusa	Előállítás	Elsőrendű (közvetlen) hatások
			Felhasználás	
			Hulladékkezelés	
Alkalmazás	Optimalizációs hatások	Indukciós hatások		Másodrendű (közvetett) hatások
	Subsztitúciós hatások			
Társadalmi változás	Mély strukturális változás a dematerializált gazdaság irányában	Visszacsapó hatás		Harmadrendű (szisztemikus) hatások
		Új kritikus infrastruktúra		

Elsőrendű (elsődleges) hatások

Az elsőrendű hatások közé az IKT-hardver fizikai létezésének az olyan folyamatokból adódó hatásait soroljuk, amelyeken keresztül a hardver fejlesztése, gyártása, felhasználása és hulladékká válása a gyakorlatban ténylegesen megvalósul.¹¹

A negatív oldalon az elsőrendű hatások körébe tartozik az életciklus *valamennyi* releváns hatása, beleértve az úgynevezett háttérrendszer hatásait (például a valamely adatfeldolgozási központ számára elektromos áramot biztosító erőmű széndioxid-kibocsátását vagy a hardver előállításához szükséges értékes fémeket biztosító bányászati tevékenység környezetkárosító hatásait) is.

Nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy az IKT-hardver gyorsan egymásra következő innovációs ciklusokban fejlődik, tehát ennek a szektornak a lényegéhez tartozó jelenség, hogy a meglévő hardver gyakran lecserélődik a termékek következő generációjára, ami releváns környezeti hatásokkal járó anyag- és energiaáramlásokat indukál.

Többet kihozni kevesebből

Az IKT-szektor más iparágakra nem vagy csak kevésbé jellemző vonása, hogy növekvő mennyiségű szolgáltatásokat képes generálni csökkenő mennyiségű forrásokból; az új szolgáltatások a számítástechnikai teljesítmény, a tárolási kapacitás és az átviteli teljesítmény (sávszélesség) növelése révén valósulnak meg. A forráskihasználás hatékonyságának 18–24 hónaponként bekövetkező megkettőződése azért lehetséges, mert az IKT-szektorban az innováció nem magában az anyagban, hanem annak struktúráiban gyökerezik. Az innováció még akkor is elsősorban az egyre kisebb struktúrák valamilyen ellenőrzött (vagy a jövőben talán önszervező) módon való előállítását fogja jelenteni, ha egy napon többé már nem a szilíciumot használjuk fel alapanyag-

¹¹ Az elsőrendű hatásokat néha „közvetlen hatásoknak” nevezik, ennek a terminusnak a használatát azonban nem javasoljuk, mert szemantikailag túl van terhelve.

ként, hanem valami mást. Ha az ilyen típusú innováció átvihető lenne más szektorokra is, ez óriási hatásokkal járna.

A miniaturizálásnak megvan az a pozitív hatása, hogy a hardvertermékek nagyobb teljesítményű újakkal való felcserélése elvileg utat nyit más dolgok számára is. A kisebb helyszükséglet mellett a speciális anyag- és energiaigények is kisebbé válnak. Az IKT-hardver ilyen öndematerializáló jellege a fenntarthatóság irányába mutató trendet eredményezne, ha ugyanakkor nem idézne elő visszacsapó hatásokat is.

Az IKT-eszközök egyre nagyobb teljesítménye iránti igény gyorsabban növekszik, mint a forráskihasználás hatékonysága a hardver szintjén. Ha például egy modern számítógép teljesítménye ezerszerese az első számítógépekének, miközben a forrásigényessége ugyanolyan nagyságrendű marad, ez annyit jelent, hogy ha az elmúlt húsz év során megelégedtünk volna a számítástechnikai teljesítmény csupán tízszeres növekedésével az ezerszeres helyett, akkor ténylegesen százszoros forrásmegtakarítást kellett volna elérnünk, mivel néhány évente lecserélhettünk volna minden egyes készüléket kisebb, könnyebb és energiatakarékosabb újakra. Ahhoz azonban, hogy elég messzire jussunk, a kijelző berendezések és a számítógépet magában foglaló „házak” méretcsökkentését is lehetővé tevő innovatív interaktív technológiákra („kiberszemüvegekre”, virtuális billentyűzetekre) lett volna szükségünk.

Ez is megvalósulhat egy napon, mindazonáltal a hatékonyság terén elért haladást eddig ellensúlyozta a „többet ugyanabból” nem túlságosan innovatív követelménye. Ahogy azonban a források ritkává fognak válni, a visszacsapó hatás is csökkenni fog, úgyhogy az IKT-szektor magas szintű és feltehetően továbbra is növekvő forráskihasználási hatékonysága fontos hozzájárulást jelenthet a fenntartható fejlődéshez.

Az IKT-hardver életciklusa

Mindaddig, amíg az IKT-hardver egyre növekvő mennyiségű gyártása, felhasználása és hulladékká válása folytatódik, vagyis a tonna/évben mérhető anyagáramlás abszolút értékben növekszik, az általa okozott környezeti hatások jelentősége is növekedni fog. Ez nem fog együtt járni olyan általános környezeti hatásokkal, amelyek összehasonlíthatók lennének az építőipari vagy a közlekedési szektoréval, hanem egy nagyságrenddel ez utóbbiak alatt marad. Maga a trend azonban, amely még mindig erősödik, szükségessé fogja tenni, hogy ökológiai szempontok figyelembevételével folyamatosan elemezzük és optimalizáljuk az IKT-termékek életciklusát. A felhasználók az életciklus hatásait elsősorban a hardver felhasználási idejének kiterjesztésével csökkenthetik.

Másodrendű (másodlagos) hatások

A másodrendű hatások közé az IKT más folyamatokban való felhasználásából eredő hatásokat soroljuk.¹² Ezek a „más folyamatok” általában hozzátartoznak a termék életcik-

¹² A másodrendű hatásokat „közvetett hatásoknak” is nevezzük, ez a terminus azonban szemantikailag túl van terhelve. A termékek életciklusának értékelésében használt terminológia más értelemben tesz különbséget a közvetlen és a közvetett hatások között, mint a fenntarthatóságról szóló jelentésekben és más, ezzel összefüggő területeken használatos terminológiák.

lusához. Egy IKT-szolgáltatás ennél fogva hatást gyakorol valamilyen másik termék életciklusára, amelyet optimalizál (optimalizációs hatás), illetve amelyet ennél fogva kevésbé gyakran vagy még gyakrabban használnak (szubsztitúciós, illetve indukciós hatás).

Optimalizációs és szubsztitúciós hatások

A gazdaság négyszeres – vagy akár tízszeres – mértékű dematerializálásához a valódi kulcsot az optimalizációs és szubsztitúciós hatások adják, amelyek ily módon a fenntarthatósági dilemma megoldásának szükséges előfeltételét jelentik.

Az IKT-alkalmazásoknak tulajdonítható optimalizációs és szubsztitúciós hatások azonban ma nincsenek kellőképpen kihasználva, és ezeket néha kiegyensúlyozzák a visszacsapó hatások. A legnagyobb és eddig kihasználatlan optimalizációs potenciál az intelligens lakóterek fűtése és hűtése terén lelhető fel, továbbá olyan szolgáltatások létrehozásában, amelyek helyettesítik az anyagi tulajdonviszonyokat. A szubsztitúció egy másik típusa az irodai munkahelyek virtuálissá válása, ami azért válik lehetővé, mert a személyes munkaterületek egyre inkább függetlenednek a fizikai tértől. Ennek eredménye a létesítmények sokkal hatékonyabb kihasználása, jelentős közvetett energiamegtakarítás mellett.¹³

A legnyilvánvalóbb visszacsapó hatás a fizikai részvétellel járó értekezletek virtuális megoldásokkal való kiváltása terén mutatkozik meg: az üzleti utazások mennyisége nem csökkent, dacára az audio- és videokonferenciák, a távegyütműködés, a CSCW-rendszerek¹⁴ és más „virtualizáló” technológiák terjedésének.

Mindez azonban megváltozhat, ha a természeti erőforrások viszonylagos ára továbbra is emelkedik, különösen akkor, ha az ásványi energia ára az eddigi olajáresúcs elérése után még tovább nő. Egyszerűen fogalmazva: ha a fűtés és a hűtés drágábbá válik, akkor az emberek örömmel fogják csökkenteni a költségeket az IKT-eszközökre alapozott optimalizálás révén.

Ha az utazás drágább lesz, az emberek szívesebben beérik majd virtuális kirándulásokkal a kevésbé érdekes utazások helyett. A vitafórumok és a projekt munka nagy távolságok és több időzóna áthidalásával történő lebonyolítására szolgáló szoftverek minősége várhatóan ugrásszerűen javulni fog, s ennek következtében ezek a kommunikációs és munkaformák mind jobban beépülnek a mindennapi kultúrába, ahogyan az a telefon esetében is történt, mindössze néhány évtizeddel azután, hogy az új technológia a 19. század végén megjelent.

Indukciós hatások

Az indukciós hatások közé azokat a másodrendű hatásokat soroljuk, amelyek a fenntarthatósággal összefüggő tényezők miatt okoznak problémákat. Ezeket nem szabad összetéveszteni a visszacsapó hatásokkal. Például a tintasugaras és a lézernyomtatók jelentős papírfogyasztást *indukálnak*: ha vásárolunk egy nyomtatót a személyi szá-

¹³ Ezt illusztrálja például az *IBM Germany* „e-munkahelyek” programja, melynek során négy év leforgása alatt majdnem a felére sikerült csökkenteni az egy főre jutó munkahelyi energiafelhasználás mutatóit (Fichter 2006).

¹⁴ Computer Supported Co-operative Work, CSCW.

mítógéptünkhöz, a papírfogyasztásunk növekedni fog. Ez nem visszacsapó hatás, mivel a nyomtatót nem azzal a szándékkal vesszük meg, hogy takarékoskodjunk a papírral, hanem éppen azért, hogy papírra nyomtathassunk vele.

Az internetnek a mindennapi tapasztalatok alapján még a közlekedés és a teherszállítás terén is vannak indukciós hatásai. A távoli helyeken tartózkodó személyekkel való kommunikáció lehetősége megteremti mind a szükségletet, mind a szervezési eszközöket újabb üzleti kapcsolatok felvételéhez és utazások lebonyolításához, ami növekvő személy- és teherforgalmat indukál. Az internet csupán az utolsó szemet alkotja a telekommunikációs médiumok láncában, amelyek egyre nagyobb teljesítményűvé váltak már a telegráftól a telefonig és a faxig vezető fejlődési út megtétele során is.

Harmadrendű (harmadlagos) hatások

A harmadrendű hatásokat a társadalomnak az IKT-szolgáltatások biztonságosan elérhetővé válására adott adaptív reakcióiként határozhatjuk meg. Az effajta alkalmazkodás szolgálhatja a fenntarthatóságot, de annak ellenében is hathat. A harmadrendű hatásokat rendszerszintű vagy „szisztemikus” hatásoknak is nevezik.

A gazdaság dematerializálódása irányában ható strukturális változások

Az IKT-szolgáltatások hosszú távon biztosított elérhetősége kétféle módon is lehetővé teheti és elősegítheti a kevésbé anyagigényes gazdasághoz vezető átmenetet.

- Először is lehetővé válik a környezeti folyamatok sokkal hatékonyabb nyomon követése és jobb megértése, ami remélhetőleg a környezettudatosság magasabb szintjéhez és a környezettel való kölcsönhatásaink, vagyis a társadalom és az ökoszisztémák között lokális, regionális és globális szinten végbemenő anyag-, tömeg- és energiaáramlások hatékonyabb kontrolljához fog vezetni (ebben segít a környezeti információk feldolgozása).

- Másodsorban olyan üzleti modellek és életstílusok alakulhatnak ki, amelyekben a termelés és a fogyasztás dematerializálódik, vagyis az értékteremtés elsősorban az új struktúrák létrehozásán alapul, és majdnem teljesen elválasztódik az anyag- és energiaforgalomtól, miközben a fogyasztás a szolgáltatásokra koncentrálódik, és jórészt elválik a fizikai javak hagyományos birtoklásától (ezt nevezik strukturális dematerializációnak).

A környezeti információk feldolgozása

A klímaváltozásra vonatkozóan meglevő ismereteink – bár ma még korlátozottak – numerikus éghajlati modelleken és az ezek futtatásához szükséges számítástechnikai teljesítményen alapulnak. Az IKT-eszközök nélkül az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése nem szerepelne a politika napirendjén.

A klímaváltozás csak az egyik területe a gazdasági rendszer és a természet közötti kölcsönhatásoknak. Ahogy azonban globális tevékenységünk ellenőrizetlen kibővüléséből adódóan egyre közelebb jutunk az ember terjeszkedésének természet szabta korlátaihoz, más területeken is egyre mélyebb ismeretekre és nagyobb tudatosságra volna szükség.

Strukturális dematerializáció

A fenntarthatóság eléréséhez elengedhetetlenek a mély strukturális változások, amelyek a gazdaság alapvető vonásai közé emelik a fent említett helyettesítési hatásokat. Az ily módon dematerializálódó gazdaságban a hozzáadott érték előállítására nem elsősorban az anyag és az energia ide-oda szállítására, hanem – a jelenleginél sokkal nagyobb mértékben – a megfelelő struktúrák létrehozására épülne.

Egy ilyen hipotetikus gazdasági rendszerben minden ritka anyag megújuló energiával fenntartott zárt ciklusokban mozog. Minden értékteremtés zárt folyamatokban megy végbe, melyek során az anyag szerkezete – fizikai tulajdonságainak bizonyos határok között való megőrzése mellett – átalakul, ami biztosítja az újrafelhasználhatóságot. Az egész rendszer ilyen zárt körök hálózatából épül fel.

Az IKT-szektor hardver-szoftver dichotómiája általánosítható az egész gazdaságra: a hálózat minden egyes csomópontja tartalmaz egy hardver- és egy szoftverkomponenst (az anyag és az energia átalakításához szükséges termelőeszközöket, illetve a hozzáadott értéket létrehozó átalakítások vezérléséhez szükséges tudást). A nyersanyag, a termék és a hulladék mai megkülönböztetése elavulttá válik, mivel a termelési ciklusoknak nem lesz sem kezdete, sem vége. Az innováció új csomópontoknak a rendszerbe való beillesztését fogja jelenteni.

Visszacsapó hatások és a kritikus információs infrastruktúra kialakulása

Visszacsapó hatások akkor lépnek fel, amikor valamely szolgáltatás hatékonysága növekszik, de nincs olyan tényező (például az érte kifizetendő ár vagy az igénybevételehez szükséges idő), amely korlátozná az iránta megnyilvánuló keresletet. A gazdasági rendszer (a társadalom egyik funkcionális alrendszerként) a kereslet növekedésével alkalmazkodik a szolgáltatás magas hatékonysági szintjéhez.

Ennél is rosszabb azonban, hogy a rendszer nem csupán a nagyobb hatékonysághoz, hanem a szolgáltatás stabil és tartós elérhetőségéhez is alkalmazkodik, és ezáltal attól függővé válik. Az internet és más IKT infrastruktúrák (például a mobiltelefon-hálózatok) ennél fogva a társadalom kritikus infrastruktúráivá válnak. A kritikus infrastruktúrák védelmének programja (*Critical Information Infrastructure Protection, CIIP*) olyan új kutatási és gyakorlati területként alakult ki, melynek célja annak biztosítása, hogy az információs infrastruktúrák kevésbé legyenek kitéve esetleges üzemzavaroknak. Az IKT mára behatolt az élet minden területére, többek között a szállítási, energiaellátási, vízellátási, pénzügyi és nemzetbiztonsági infrastruktúrákba is, egyre összetettebbé és egymástól kölcsönösen függővé, s ennél fogva egyre sebezhetőbbé téve azokat (Hilty 2008). Az IKT-rendszerek tényleges biztonsági vagy sebezhetőségi szintjét – a páratlan komplexitásukból adódó problémák következtében – szinte lehetetlen pontosan meghatározni. Éppen emiatt az általános és mélyen gyökerező fogyatékoságuk miatt nem lehet kizárni az IKT infrastruktúra ellen irányuló katasztrofális támadások lehetőségét, és éppen emiatt nem lehet pontosan meghatározni az ilyen támadások kockázatának mértékét sem.

Mindössze annyit tudunk biztosan, hogy változatos szoftverek használata csökkenti a kritikus információs infrastruktúrák sebezhetőségét, míg az egységes szoftverek alkalmazására épülő monokultúra törékenyebbé teszi őket. A nyílt szabványok lehetővé teszik az interoperabilitás és a változatoság összeegyeztetését azáltal, hogy a „mit?” kérdését együttműködési folyamatokban döntenek el, a „hogyan?” kérdésében pedig a piacra bízzák a legjobb megoldások megtalálását. Ezzel szemben az úgynevezett tulajdonosi szabványok függővé teszik a fogyasztókat bizonyos termékektől (*lock-in effect*), és ezek elterjedése monokultúrák kialakulásához vezet.

A komplexitás csökkentése szempontjából jobban járunk, ha a „mit?” meghatározásához megbízható specifikáció áll rendelkezésünkre, a kivitelezés, vagyis a „hogyan?” terén pedig többféle, egymással versengő megközelítés közül választhatunk (miáltal a kivitelezés konkrét módja lényegtelennek válik, és akár el is rejthető). Ha viszont valamely rosszul körülírt, egyetlen kivitelezési lehetőséget nyújtó rendszerrel dolgozunk, számolnunk kell azzal, hogy annak valamennyi hibája és biztonsági kockázata több millió alkalommal ismétlődik.

A tulajdonosi szabványokon alapuló kritikus információs infrastruktúrák ennél fogva nem tarthatók fenn. További problémákat okoz ugyanis az a tény, hogy sok kereskedelmi szoftver-termék tele van hintve hibával, melynek következtében rendszeresen felújításra szorulnak, és ez ahhoz vezethet, hogy a hatalom annak a szereplőnek a kezében koncentrálódik, akit a legújabb szoftverváltozat legitim szolgáltatójaként ismernek el.

Következtetések és előzetekintés

A globális információs társadalom kialakulásához vezető átmenet számos lehetőséget biztosít a fenntartható fejlődéshez. A környezeti információk feldolgozása hozzásegít annak jobb megértéséhez, hogy a komplex természeti környezet, amelytől életünk függ, hogyan működik, és hogyan módosul a társadalom hatásainak kitéve. Emellett támogatja a környezeti kérdésekkel kapcsolatos racionális döntéshozatalt mind a politikában, mind a vállalatirányítás területén. Az úgynevezett „környezeti információs rendszerek” (*Environmental Information Systems, EIS*) fenntartása sok területen nélkülözhetetlen a meghozott döntések végrehajtásához is. Az információs társadalom nagy lehetőségeket nyújt a termékek és szolgáltatások dematerializálásához, ami egyenértékű az ökológiai hatékonyság növelésével, és képessé teszi a társadalmat olyan új és vonzó életstílusok kialakítására, amelyek az immateriális szolgáltatások sokaságának igénybevételére épülnek. Az információs technológia azonban csak szükséges, de nem elégséges feltételt jelent a fenntartható fejlődés mint cél eléréséhez. Mint az eddigi fejlemények világosan megmutatták, fennáll az a veszély, hogy ez a technológia ténylegesen több anyag és energia bevitelét és áramlását okozza a gazdasági rendszerben, mint amennyit megtakarít. Más szóval előfordulhat, hogy a tevékenységi szintjét tonnákban mérő ipari gazdaság szintjén tart bennünket ahelyett, hogy átvezetne a tudásalapú gazdasághoz. A hardver közvetlen hozzájárulása az anyagáramlásokhoz, valamint – ami még fontosabb – a közvetett indukciós és a visszacsapó hatások számos problémát okoznak, amelyekkel szembe kell néznünk. Az pedig, hogy a társadalom az

információs társadalomhoz vezető útján hogyan tud fellépni ezekkel a veszélyekkel szemben, tisztán politikai és kulturális kérdés.

A fenntarthatóság csak életstílusunk megváltoztatása révén érhető el. Több virtuális, immateriális áru és szolgáltatás társadalmi elfogadása valójában kulturális változást jelent. Ez a változás azonban csak akkor következhet be, ha az információs társadalom nem ugyanazoknak a dolgoknak új módon, más közvetítőeszközök használatával való megismétlődését fogja jelenteni számunkra. Az információs társadalmat olyan új gazdasági modellek és szolgáltatások változatos sokaságát élénk vetítő vízióként kell felfognunk, amelyek átalakítják életmódunkat azáltal, hogy lehetővé teszik a virtuális cselekvést ott, ahol ennek egyértelmű előnyei vannak, miközben meghagyják a valóságos világban mindazt, ami fizikai úton jobban elvégezhető.

Irodalom

- Avouris, N. – B. Page (eds.) 1995. *Environmental Informatics – Methodology and Applications of Environmental Information Processing*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Binswanger, M.: 1999. *Technological Progress and Sustainable Development: Different Perspectives on the Rebound Effect*. Series A Discussion Paper 99–07. Olten, Solothurn University of Applied Sciences.
- Bullinger, H.-J. – L. M. Hilty – C. Rautenstrauch – U. Rey – A. Weller 1998. *Betriebliche Umweltinformationssysteme in Produktion und Logistik*. Marburg, Metropolis.
- Cremers, A. B. – K. Greve (Hrsg.) 2000. *Umweltinformatik 2000 | Computer Science for Environmental Protection. Umweltinformation für Planung, Politik und Öffentlichkeit | Environmental Information for Planning, Politics and the Public*. [Marburg], Metropolis.
- Denzer, R. – D., Swayne – G. Schimak (eds.) 1997. *Second International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS)*, Whistler (Canada). New York, Chapman & Hall.
- Ehrenfeld, J. R.: 1997. Will Information Technology Produce Factor 4–10 Reductions in Energy and Material Consumption? Presented at the European Telematics Conference and Exhibition, Barcelona, February 4-7, 1998. In Geiger et al. (eds.): *Umweltinformatik '97, 11. internationales Symposium Informatik für den Umweltschutz – Informatique pour l'Environnement '97*. Strasbourg 1997. [Marburg], Metropolis.
- Fichter, K. 2006. *Das „e-place“-Konzept der IBM Deutschland. Fallstudie im Rahmen des nova-net Arbeitsmoduls „Nachhaltigkeit von Innovationsprozessen in der Internetökonomie“*. Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag.
- Gnauck, A. – Heinrich, R. (eds.) 2003. *The Information Society and Enlargement of the European Union*. [Marburg], Metropolis.
- Günther, O. 1998. *Environmental Information Systems*. Berlin Heidelberg, Springer.
- Haasis, H.-D. – K. C. Ranze (Hrsg.) 1998. *Umweltinformatik '98: Vernetzte Strukturen in Informatik, Umwelt und Wirtschaft. 12. Internationales Symposium Informatik für den Umweltschutz*, Bremen 1998. [Marburg], Metropolis.
- Hilty, L. M. 2008. *Emerging Risks in Information Infrastructures – A Technology Assessment Perspective. Proceedings of IDRC 2008*. Davos, International Disaster Reduction Conference.
- Hilty, L. M. – Gilgen, P. W. 2001. *Sustainability in the Information Society. 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection*, Zurich, [Marburg], Metropolis.

- Hilty, L. M. – C. Rautenstrauch 1997. Environmental Information Systems for Production and Recycling. In Denzer, R. – D., Swayne – G. Schimak (eds.): *Second International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS)*. Whistler (Canada), New York, Chapman & Hall, 21–29.
- Hilty, L. M. – D. Schulthess – T. F. Ruddy (eds.) 2000a. *Strategische und betriebsübergreifende Anwendungen betrieblicher Umwelteinformationssysteme*. Marburg, Metropolis.
- Hilty, L. M. – T. F. Ruddy – D. Schulthess 2000b. Resource Intensity and Dematerialization Potential of Information Society Technologies. Series A Discussion Paper 2000-01. Olten, Solothurn University of Applied Sciences.
- Hilty, L. M. – Seifert, E. – Treibert, R. (eds.) 2005. *Information Systems for Sustainable Development*. Hershey (PA), Idea Group Publishing.
- Hilty, L. M. – Page, B. – Hřebíček, J. 2006. *Environmental Informatics. Environmental Modelling and Software*, 21, 1517–1518.
- Hřebíček, J. – Racek, J., (Eds.) 2005. *EnviroInfo Brno 2005, Informatics for Environmental Protection; Networking Environmental Information*. Masaryk University.
- Hryniewicz, O. – Studziński, J. – Romaniuk, M. (Eds.) 2007. *EnviroInfo Warsaw 2007 - Environmental Informatics and Systems Research. 21st International Conference Informatics for Environmental Protection*. Aachen, Shaker.
- Isenmann, R: Corporate Sustainability Reporting. In Hilty, L. M. et al: 2005. *Information Systems for Sustainability*. London, Melbourne, Singapore, Idea Group Hershey, 164–212.
- ISF – Information Society Forum, Forum Info 2000: Challenges 2025 – On the Way to a Sustainable World-Wide Information Society. 1998. FAW Ulm.
- ITU 2008. Labelle, R. – Ludwig, K. – Rodschat, R. – Vetter, T.: ICTs for e-Environment – Draft. International Telecommunications Union (ITU). <http://www.itu.int/ITU-D/cyb/app/e-env.html> (Letöltve: 2008. 05. 30.)
- Meyer-Abich, K.-M. 2001. Nachhaltigkeit – ein kulturelles, bisher aber chancenloses Wirtschaftsziel. *Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik. ZfWu*, 2/3, 291–310.
- Minsch, J.– Feindt, P.-H. – Meister, H.-P. – Schneidewind, U. – Schulz, T. 1998. *Institutionelle Reformen für eine Politik der Nachhaltigkeit*. Berlin–Heidelberg–New York, Springer.
- NRP41 – *National Research Programme on transport and the environment*. 2000, Switzerland.
- Page, B. – Hilty, L. M. (Hrsg.) 1995. *Umwelthinformatik – Informatikmethoden für Umweltschutz und Umweltforschung*. Oldenbourg. München et al., 2. Auflage.
- Pillmann, W. – Tochtermann, K., (eds.) *Environmental Communication in the Information Society, EnviroInfo 2002, International Society for Environmental Protection*. Vienna.
- Radermacher, F. J. 1996. Die Informationsgesellschaft: Langfristige Potentiale für eine nachhaltige Entwicklung und die Zukunft der Arbeit. *Oracle Welt – Die globale Informationsgesellschaft als Chance*, 3. S. 36–39.
- Rautenstrauch, C. – Patig, S. (eds.) 2001. *Environmental Information Systems in Industry and Public Administration*. Hershey (PA), Idea Group Publishing.
- Rautenstrauch, C. – Schenk, M. (Hrsg.) 1999. *Umwelthinformatik 99 – Umwelthinformatik zwischen Theorie und Industrieanwendung. 13. Internationales Symposium Informatik für den Umweltschutz*. [Marburg], Metropolis.
- Rickert, W.-F. – L. Kadric 1997. A Hypertext-based Information Retrieval Network for Environmental Protection Regulations. Environmental Material Flow Analysis by Network Approach. In W. Geiger et al. (eds.): *Umwelthinformatik '97, 11. internationales Symposium*

- Informatik für den Umweltschutz – Informatique pour l'Environnement '97, Strasbourg 1997.* Marburg, Metropolis.
- Schimak G. – Swayne D. – Quinn N. – Denzer R. (eds.) 2003. *5th International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS 2003)*. May 25-27, Semmering, Austria, Environmental Software Systems Vol. 5.
- Tochtermann, K. – Scharl, A. (eds) 2006. *Managing Environmental Knowledge. 20th International Conference on Informatics for Environmental Protection – Celebrating Two Decades of Environmental Informatics*. Shaker.
- Scheer, A.-W. – H.-D. Haasis – I. Heimig – L. M. Hilty – M. Kraus – C. Rautenstrauch 1996. *Computergestützte Stoffstrommanagement-Systeme*. Marburg, Metropolis.
- Schmidt, M. – A. Möller – J. Hedemann – P. Müller-Beilschmidt 1997. Environmental material Flow Analysis by Network Approach. In W. Geiger et al. (eds.): *Umweltinformatik '97, 11. internationales Symposium Informatik für den Umweltschutz – Informatique pour l'Environnement '97, Strasbourg 1997*. Marburg, Metropolis 768–779.
- Schmidt-Bleek, F.: Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Gedanken über eine neue Dimension des Umweltschutzes. In L. M. Hilty et al. (eds.) 1994. *Informatik für den Umweltschutz*. Marburg, Metropolis, 13–36.
- Susini, A. – Minier, P. 2004. *Sharing. Proceedings of the 19th International Symposium on Environmental Informatics, EnviroInfo 2004*. Geneva, CERN, Editions du Tricorne.
- Swayne, D. – Denzer, R. – Schimak, G. (eds.) 1997. *2nd International Symposium on Environmental Software Systems (ISESS)*. Whistler (Canada), New York, Chapman & Hall, 355–342.
- Swiss Experiment. <http://www.swiss-experiment.ch/> (Letöltve: 2008. 05. 30.)
- Voinov, A. – Jakeman, A.J. – Rizzoli, A.E. (eds) 2006. *Proceedings of the iEMSS Third Biennial Meeting: „Summit on Environmental Modelling and Software”*. International Environmental Modelling and Software Society. Burlington, USA, July. CD ROM. URL: <http://www.icmss.org/icmss2006/sessions/all.html>
- WCED – World Commission on Environment and Development 1987. *Our Common Future*. Oxford, Oxford University Press.
- WSIS 2003. *World Summit on the Information Society (WSIS) Action Line C7: E-environment*. <http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/poa.html#c7-20> (Letöltve: 2008. 05. 30.)