

A kibernetikai forradalom és az eljövendő Az önszabályozó rendszerek korszaka

Grinin, Leonyid; Grinin, Anton

Veröffentlichungsversion / Megjelent változat
Monographie / monográfia

Empfohlene Zitierung / Javasolt idézet:

Grinin, L., & Grinin, A. (2016). *A kibernetikai forradalom és az önszabályozó rendszerek eljövendő korszaka*. Moszkva: Uchitel Kiadó. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-57569-8>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Basic Digital Peer Publishing-Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den DiPP-Lizenzen finden Sie hier:
<http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/>

Használati feltételek:

Ez a dokumentum az Alapvető digitális egyenrangú közzétételi licenc alapján érhető el. További információért lásd:
<http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/service/dppl/>

**A Nemzetközi Oktatási, Szociális és
Humanitárius Tanulmányok Központja
Volgográdi Társadalomkutatási Központ**

Leonyid Grinin és Anton Grinin

**A kibernetikai forradalom és az
eljövendő korszak
az önszabályozó rendszerek**

**Moszkva
a 2016**

Leonyid Grinin és Anton Grinin

A kibernetikai forradalom és az önszabályozó rendszerek eljövendő

korszaka. Moszkva: Uchitel Kiadó moszkvai fiókja, 2016. - 216 pp. ISBN 978-5-7057-4877-8

A monográfia bemutatja a *Homo sapiens* megjelenésétől napjainkig a technológiák fejlődésében bekövetkezett főbb változásokról alkotott elképzeléseket, és felvázolja a következő 30-60 év, illetve bizonyos tekintetben a XXI. század végéig tartó fejlődésük kilátásait.

Mi határozza meg egy társadalom átmenetét az egyik fejlettségi szintről a másikra? Az egyik legalapvetőbb ok a globális technológiai átalakulások. A történelem nagy technológiai áttörései közül a legfontosabb a három termelési forradalom: 1) az agrárforradalom; 2) az ipari forradalom; és 3) a kibernetikai forradalom. A könyv bemutatja a termelési forradalmak elméletét, amely egy új, értékes magyarázó paradigma, amely a történelmi folyamatok drámai változásainak okait és tendenciáit elemzi. A szerzők leírják a technológiai átalakulások menetét a történelemben, és bemutatják az elmélet lehetséges alkalmazását a jelenlegi és az elkövetkező technológiai változások magyarázatára. Elemzik a huszadik század második felében és a huszonegyedik század elején lezajlott technológiai váltásokat, és előrejelzik a következő fél évszázad főbb változásait. Ennek alapján a szerzők részletesen elemzik a legújabb, "kibernetikusnak" nevezett termelési forradalmat. A következő öt évtizedre és a XXI. század végéig tartó fejlődésére vonatkozó előrejelzéseket tesznek, és rámutatnak, hogy a különböző önszabályozó rendszerek fejlődése lesz e forradalom fő iránya. A szerzők azt állítják, hogy a kibernetikai forradalom kezdődő végső szakaszába való átmenet (a 2030-2040-es években) először az orvostudomány területén (annak néhány innovatív ágában) fog bekövetkezni. A jövőben az innovatív technológiák megkezdett konvergenciájával fogunk foglalkozni, amelyek a MANBRIC-technológiák rendszerét fogják alkotni (azaz az orvostudományon, az additív, nano- és biotechnológiákon, a robotikán, az informatikán és a kognitív technológiákon alapuló technológiai paradigmát). A monográfia felvázolja a jövő áttöréseit az orvostudomány és néhány más technológia területén (a 2010-es és a 2070-es évek között).

Ezt a kutatást az Orosz Tudományos Alapítvány támogatta (projekt № 14-11-00634).

Tartalomjegyzék

Bevezetés. Emberi és poszt-emberi forradalmak között, avagy milyen jövő vár ránk?	5
1. fejezet. Globális technológiai átalakulások:	15
.	
.	
2. fejezet. A kibernetikai forradalom jellemzői és logikája. MANBRIC-technológiák	41
3. fejezet. Az orvostudomány a kibernetikai forradalomban:	61
.	
.	
.	
4. fejezet. Biotechnológiák a kibernetikai forradalomban: Biotechnológiák és az önszabályozó rendszerek létrehozása	87 103
Fejezet A nanotechnológiák 5. mint a mikrovilág elsajátításának útja	116
Fejezet Robotika 6. és egyéb technológiák a kibernetikai forradalomban	134
.	
Utószó. Az önszabályozó rendszerek jövőbeli világának veszélyei és kockázatai	146 151
.	
1. függelék. A történelmi folyamat elméletének néhány kérdése . . .	163
. . .	
Függelék A történelmi folyamatok matematikai 2. értelmezése . . .	
.	
Függelék A 3. hatodik Kondratieff-hullám és a kibernetikai forradalom	
.	
Referenciák	173
.	215
A szerzőkről	
.	

Bevezetés

Emberi és poszt-emberi forradalmak között, avagy milyen jövő vár ránk? vár ránk?

A modern világban az egyén a tudományos és technológiai fejlődés különböző technológiáival és termékeivel foglalkozik, és egyre inkább függ tőlük, jelentős időt fordítva a változások megértésére és a fejlődéssel való lépéstartásra. Általánosságban elmondható, hogy az egész emberi történelem, különösen az elmúlt évszázadok története a tudomány, a technológia és az információs technológiák győzelmeinek és diadalának története. Ráadásul az emberiség, amely a technológia egyik fásza, egyúttal egyre inkább függővé vált tőle. Ma a technológiák behatolnak életünk szinte minden területére: a magánéletünkbe, a családi és intim életünkbe, valamint a mentalitásunkba. De a jövőben még súlyosabb átalakulások várnak ránk, amikor az eszközök és technológiák behatolnak az emberi testbe és tudatba, és így megterhelik valamennyi biológiai (idegrendszeri, fizikai és szellemi) alkalmazkodóképességünket. Napjainkban komolyan elgondolkodnak a furcsának tűnő elképzeléseken, hogy a mobiltelefonok, számítógépek és szervezők testünk és agyunk részévé válhatnak-e. Valójában a technológia a fejlődés egyik legerőteljesebb erejévé vált.

A társadalomban bekövetkező változásokat nagyon gyakran a technológiai átalakulások okozzák. Ezért a technológiai fejlődés kérdései vonzóak kortársaink számára. Rendkívül fontos tehát, hogy a technológiai fejlődés történetében bizonyos szabályszerűségeket vizsgáljunk meg, és igyekezzünk legalább a technológiák és a társadalom elkövetkező átalakulásait előre jelezni. De sajnos elég kevés olyan kutatás van, amely rendszerszerűen és következetesen írja le a technológiai fejlődést, és tudományos szempontból meg tudja magyarázni, hogy miért és hogyan következnek be a technológiai forradalmak. Emellett elég kevés olyan munka van, amely a technológiai fejlődésnek a lefedett fejlődési tendenciákból kiinduló, következetes előrejelzését mutatja be.

Tanulmányunk a mérnöki és technológiai fejlődés történetével, jelenlegi állapotuk elemzésével és a jövőjükkel kapcsolatos elmélkedésekkel foglalkozik. Ebben a könyvben figyelmet fordítunk a főbb technológiai forradalmakra a

az emberi társadalom történetében, mind a már befejezett, mind a jövőbeni, valamint a társadalomban és a tudatban már bekövetkezett és a jövőben bekövetkező átalakulásokat.

Az 1950-es és 1960-as években a világ (elsősorban a fejlett országok) a legnagyobb technológiai forradalom tanúja volt, amely a mai napig tart. A huszadik század végére e forradalom eredményei, különösen az információs technológiák területén, széles körben elterjedtek a világ legtöbb országában. Ezt a forradalmat különbözőképpen nevezik (tudományos-technológiai, információs *stb.*). Mi azonban ezt a forradalmat *kibernetikai forradalomnak* nevezzük, mivel a kibernetika az információval és annak átalakulásával foglalkozó tudomány a különböző komplex rendszerek szabályozásának folyamatában. A jelenlegi forradalom drámaian megváltoztatta az információfeldolgozást, valamint áttörést segített elő a komplex folyamatok szabályozásában a termelési folyamat részévé vált természetes és mesterséges rendszerek széles körében (és a jövőben valószínűleg teljes mértékben kiváltja ezt az áttörést egy alapvetően új környezet, *azaz az* önszabályozó rendszerek világának megteremtésével).

A kibernetikai forradalom az agrár (neolitikus) és az ipari forradalom után a harmadik legnagyobb termelési forradalom az emberiség történetében, de még nem ért véget. Ebben a kötetben azokat a forradalmi változásokat tárgyaljuk, amelyekkel a világnak az elkövetkező hat-hét évtizedben szembe kell néznie a folyamatban lévő kibernetikai forradalom keretében. A kibernetikai forradalom elkövetkező szakasza az emberi testre gyakorolt hatások fokozásával megváltoztatja életünk minőségét. Olyan technológiák is megjelennek majd, amelyek lehetővé teszik, hogy a különböző rendszerek közvetlen emberi beavatkozás nélkül, a szükséges rendszerben működjenek (*azaz* ezek a rendszerek autonómmá és önszabályozóvá válnak). Az adott paraméterek önfenntartó (autonóm, önszabályozó) rezsimben tartásának képessége magában foglalja majd a termelés és a belépés szabályozását, ami a kibernetikai forradalom évtizedei alatt különböző szférákban már lehetővé vált, valamint számos technológiai, társadalmi, természeti és különösen biológiai folyamat (valamint az emberi test) szabályozását.

Korábban a *Homo sapiens* megjelenését az új technológiákkal hozták összefüggésbe (azzal érvelve, hogy a munka tette a majmokat emberré, a munka pedig mindenekelőtt a kószerszámok "előállítását" jelentette). Ma már világos, hogy ez egy sor olyan ok eredménye volt, amelyek megváltoztatták az emberi genetikát, bár az anyagi tényezők (mint például az életmód és a természeti környezet) is óriási mértékben hozzájárultak ehhez a folyamathoz. A *Homo sapiensre* való áttérést *emberi forradalomnak* nevezzük (*pl.* Mellars és Stringer 1989), mégis jobb lenne, ha *proto-produkciós* forradalomnak neveznénk, figyelembe véve annak im-

a társadalomra gyakorolt hatása, mivel a technológia gyors fejlődését indította el (ráadásul a technológia különböző területeken fejlődött, beleértve a primitív festészetet is).

Ma a poszthumán forradalom küszöbén állunk. Talán kevésbé lesz drámai, mint ahogy azt a transzhumanisták és a gyakorlati halhatatlanság más hívei a biológiai testtől való megválás vágyában elképzelik. De mindenképpen az élet jelentős meghosszabbításáról, az emberi test szerveinek és sejtjeinek nem biológiai anyagokkal való egyre gyakoribb cseréjéről, elektronikus és egyéb (nano- *stb.*) elemek emberi testbe való beviteléről az egyéni funkciók rehabilitációja vagy javítása érdekében, valamint a genom szisztematikus befolyásolásáról beszélünk. Összességében meglehetősen drámai változások állnak előttünk.

Átvitt értelemben tehát kutatásunk a Hu-ember (vagy felső paleolitikum) forradalmának és az új "poszt-emberi" forradalomnak a metszéspontjában helyezkedik el, amelynek következményei sok tekintetben tisztázatlanok, de amely nyilvánvalóan az emberi testre gyakorolt intenzív hatás korszakát fogja elindítani.

Technológiai optimizmus és ésszerű óvatosság között

Könyvünkben a teljes korábbi technológiai fejlődés tanulmányozására alapozva megpróbáljuk felvázolni a további technológiai fejlődés irányát és logikáját, valamint leírni a jövőt, amely már most kopogtat az ajtónkon. A jelenlegi és a jövőbeli változásoknak szentelt fejezetekben nagy figyelmet fordítunk a technológiában megnyilvánuló jellemzők elemzésére, és arra, hogy mit várhatunk tőlük. Nem szeretnénk azonban, ha az olvasó azt gondolná, hogy a szerzők minden, a könyvben leírt változást csak pozitívan és optimistán értékelnek.

A jövőkutatókat fel lehet osztani indulatos optimistákra, riogató optimistákra és óvatos optimistákra, az utóbbiak arra hívják fel a figyelmet, hogy előre gondolkodjanak a negatív kon- szekvenciákról anélkül, hogy figyelmen kívül hagynák a fejlődést. Mi a harmadik kategóriába tartozunk, és úgy gondoljuk, hogy nem kell félnünk a jövőtől. Azt azonban nehezen várhatjuk el, hogy a jövő határozottan jobb lesz, mint a jelen, méghozzá minden szempontból. A tét mindig nagy.

A problémák megoldását jelentő vívmányok ugyanis problémákat is okozhatnak, méghozzá nagyobb léptékben, és így hozzájárulhatnak a növekvő függőséghez. Emellett a jövőben számos probléma fog jelentkezni a megszokott életmód megváltozásából adódóan.

Nehéz és tulajdonképpen értelmetlen megpróbálni akadályozni a fejlődést. Mindig kérdés azonban, hogy mit tekinthetünk fejlődésnek minden egyes korszakban, és mi ennek az ára. Mindenesetre jobb, ha nem kapkodunk.

homályos következményekkel járó változásokra. Új utakon járva jobb óvatosnak lenni, mint kapkodni. A tudomány, az innovációk és a változások gyorsan rengeteg új jogi, erkölcsi és gazdasági problémát vetnek fel, és éles vitákat, konfliktusokat, kereskedelmi háborúkat és főbiákat okoznak. A köztudat határozottan lemarad. A fékezhetetlen technológiai fejlődés a Rókhhoz hasonlítható, az Ezeregyéjszaka legendás madarához, amely gyorsan magával ragadja az emberiséget, de emberáldozatot követel. Készen állunk rá? Mindeközben az egyik legfontosabb kérdés, hogy mit vagyunk hajlandóak feláldozni a haladás érdekében.

Feltehetjük a kérdést: miért kell ma a veszélyekről beszélni, ha még mindig messze vannak? A helyzet az, hogy a jövő egészen váratlanul, sőt szörnyen alakulhat. Ezért előre kell számítani rá és előre kell gondolni rá. Mindenesetre szükséges beszélni róla, hiszen számos olyan veszély van, amelyek száma a gyorsuló változások miatt geometrikusan növekszik, ugyanúgy, ahogy a nagyobb sebesség növeli a balesetek valószínűségét (lásd még a 2. függelék utolsó részét).

A fejlődés általában az új eszközök vagy ismeretek bevezetésének eufóriájával kezdődik, és csak sokkal később jön a megértés az általuk okozott sürgető problémákról, és végül korlátozó intézkedéseket hoznak alkalmazásukkal kapcsolatban, hogy csökkentsék a feltárt negatív következményeket. Sokkal jobb azonban, ha ezt a sorrendet megváltoztatjuk, és még a bevezetés előtt megtaláljuk a jogi és megfelelő korlátozásokat.

Az evolúcióban és az emberi természetben bekövetkező drámai változásokra számítva

Sok kutató feltételezi, hogy igen jelentős átalakulások felé haladunk, és hogy a következő évtizedekben az emberi civilizáció drámai változásokon megy keresztül. Egyesek a szingularitási pont megközelítéséről beszélnek, mint a fejlődés egy bizonyos példátlan szintjéről (a szingularitás azonban matematikai és nem társadalmi vagy evolúciós fogalom), amely után az ember és a természet fejlődésének új szakasza kezdődik¹ (itt különösen Raymond Kurzweil műveit kell kiemelnünk, *pl.*: Kurzweil 2005, amelyeket úgy értékelhetünk, mint határtalan technológiai optimizmust, amelyből hiányzik a kellő tudományos megalapozottság). És ez a drámai változások érzékelése teljesen természetes. Mi is úgy gondoljuk, hogy a 2030-2040-es években a világ a jelentős, sőt drámai változások korszakába lép. Más kutatókkal ellentétben azonban mi azt állítjuk, hogy ez a korábbiak várható eredménye lesz.

¹ A szingularitással kapcsolatos nézetekről bővebben lásd Grinin L. és Grinin A. 2015: 11; ld: Tsirel 2014; lásd a Függelékben a Djakonov 1999-es idézettel 2kapcsolatban tett megjegyzést: 348.

a társadalom és különösen a technológiák fejlődése. A jövőbeli változások mozgatórugói tehát korántsem titokzatosak vagy egyediek. És mégis sok nyugtalanító dolog van... Tudomásul kell venni, hogy az emberi fejlődésben bekövetkező változások nemcsak új lehetőségeket kínálnak, hanem komoly kockázatokat is rejtenek, amelyekkel számolni kell.

A huszadik század végén és a huszonegyedik század elején széles körben elterjedt az az elképzelés, hogy az emberiség a közeljövőben egy új biológiai formába való lehetséges, sőt elkerülhetetlen átmenetet fog megvalósítani. Mit jelent ez, és milyen következményei lesznek? Lehetséges-e ezen a vonalon változtatni, vagy megvalósít-e valamilyen kivételesen kihívást jelentő evolúciós tendenciát? Rendkívül nehéz megválaszolni ezeket a kérdéseket, különösen azért, mert eredendően ideologizálják és egyfajta vallássá alakítják őket, amelynek fő posztulátuma minden egyes ember future halhatatlansága.

Röviden összefoglalva, ma az emberi természet megváltoztatásának növekvő lehetőségei állnak a középpontban. Ebből következően a kérdés az, hogy mi maga az emberi természet, és milyen mértékben módosítható? Úgy gondoljuk, hogy Francis Fukuyama alaposan elemezte ezt a kérdést *Our Post-human Future* (Fukuyama 2002) című művében, így a mi kutatásunkban nincs szükség arra, hogy ezzel foglalkozzunk. Szerinte az *emberi természet az emberre, mint fajra jellemző viselkedések és tulajdonságok összessége, amelyek genetikai háttérből, de nem környezeti tényezőkből erednek* (Fukuyama 2002). Ugyanakkor gyakran hangoztatta azt a gondolatot, hogy az emberi jogok a biológiai természetből vezethetők le, hogy bizonyítsa a demokratikus politikai rendszerek előnyeit másokkal szemben. Ezt a megközelítést meglehetősen vitathatónak tartjuk.

Szeretnénk azt is hangsúlyozni, hogy tizenöt év telt el Fukuyama könyve óta, és ma már sokkal sürgetőbb a kérdés. Az emberrel mint társadalmi fajjal kapcsolatban léteznek különböző filozófiai megközelítések, de ma már nem filozófiai, hanem konkrét orvosi és biológiai értelemben az emberi biológiai természet az aktuális kérdés. A mesterséges szervek és sejtek megjelenése már felvetette az emberi társas és biológiai természet kérdését, nevezetesen: milyen anyagból lesz a jövő embere - természetes biológiai vagy mesterségesen előállított biológiai anyagból, vagy egyáltalán nem biológiai lény lesz? Hogyan fog az ember szaporodni? Hogyan fog működni az agy és a tudat? Bármilyen változás drámaian megváltoztatja az emberi szórakoztató intézményeket, beleértve az erkölcsöt és a személyközi kapcsolatokat is. Valóban, mi lesz az erkölcsből és mi lesz az, ha a biológiai természet változásáról van szó? Az erkölcs és az emberi kapcsolatok nem léteznek a technológiáktól elkülönülten, annál inkább az emberi fiziológiától és tágabb értelemben a biológiai alaptól. Ez az összetett szociobiológiai-

ikai evolúció, és az erkölcs eltűnhet, miután elvesztette anyagi biopszichikai burokat.

Embertől a kiborgig?

Már a múlt század végén világossá vált, hogy az emberi genotípus befolyásolásának lehetőségei számos bonyolult és drámai társadalmi, politikai, etikai és jogi problémát generálhatnak a jövőben. Meg kell jegyeznünk, hogy a bioetika válasz lett ezekre a jövőbeli (és már most is felmerülő) veszélyekre. Természetesen ennek a társadalmi válasznak nincsenek komoly következményei, de mégiscsak volt értelme. Fukuyama meglehetősen részletesen felsorolja a veszélyeket. Különösen megemlíti az emberi viselkedés szabályozásának növekvő lehetőségeit (itt kiemeli, hogy a neuromediátorok már a múlt század végén lehetővé tették ezt), a genetikai kasztok, osztályok vagy társadalmi rétegek kialakulását, mivel a genetikai tulajdonságok változása erősen függhet a szülők vagyontól; egyébként a genetika szempontjából egalitáriusabb társadalom fog megjelenni (a kötelező korrekció esetén).² Valójában az a kísérlet, hogy az emberi erkölcsi természetet genetikai módosítások segítségével próbálják igazolni, meglehetősen veszélyesnek tűnik. Ebben az összefüggésben a csökkentett sokféleség jelentősen gyengítheti a társadalmat és a kihívásokra való reagálási képességét.

Eddig azonban alig érintettük a közelmúltban megjelent új és bizonyos mértékig súlyosabb fenyegetéseket. Nézzünk meg néhányat közülük.

Már említettük, hogy a tudományos és technológiai fejlődés üteme általában véve tovább gyorsul. A történelmi folyamat is felgyorsul, miközben sem az egyéni, sem a köztudat nem képes lépést tartani vele. Ez súlyos ütközésekkel és frusztrációkkal jár, ráadásul eléggé indokolt riadalmat kelt a jövőnkkel kapcsolatban, és ez nem a szociológiai, hanem a fiziológiai és biológiai jövőre vonatkozik, mivel egyre nő azoknak a száma, akik ezt le akarják tagadni, és az agyat és a tudatot egy abiotikus halhatatlan testbe (vasból, műanyagból vagy más anyagból) akarják helyezni. Vajon az emberek kiborgokká válnak-e a bionanotechnológia és a kognitív tudományok rohamosan fejlődő irányzatainak eredményeként? Ez egyáltalán nem tétlen vagy ártatlan kérdés, különösen az "avatarizáció" egyre növekvő számú prófétájának beszámolója alapján, ³akik bátran (és gondolkodás nélkül) a romlandó biológiai test elvetésére szólítanak fel.

² Ezek a félelmek azóta sem csökkentek; ellenkezőleg, a génmódosítások ellenzőinek száma nőtt, és érveik egyre meggyőzőbbek lettek. Ugyanakkor úgy tűnik, hogy az emberi embriók gyakorlati módosítása már megkezdődött. Így 2015 áprilisában Kína bejelentette az emberi embrió módosításával kapcsolatos elvégzett munkát (Field 2015).

³ Avatar a hinduizmus filozófiájában használt kifejezés, amely Isten (különösen Visnu) földi megtestesüléseit jelöli. Ennek megfelelően ezt a kifejezést az eljövendő emberi halhatatlanság egyes hívei is használják.

Mennyi az igazság? Tulajdonképpen egyrészt az orvostudomány már évtizedek óta ebbe az irányba halad, és megtanult műfogakat, kötőszöveteket, testeket készíteni, érzékszerveket eszközökkel helyettesíteni, életfenntartó rendszereket (szív, tüdő, vese *stb.*) létrehozni, nem is beszélve a mesterséges készítmények (gyógyszerek) előállításáról, amelyek hasonló reakciókat váltanak ki, mint amilyeneket az endokrin mirigyek működése, az agy impulzusai vagy a belső szervek működése eredményez. Jelenleg aktívan fejlesztik a bioprintereket, amelyekkel ilyen vagy olyan szervet lehet létrehozni; léteznek neurális interfészek (vagy agy-számítógép interfészek) is, amelyek lehetővé teszik egyes létesítmények, eszközök és berendezések működtetését "a gondolat erejével", biológiai áramok és mikroelektronika segítségével (lásd részletesebben a 3. és 6. fejezetben). Kétségtelen, hogy a jövőben jelentősen növekedni fognak a mesterséges, nem biológiai anyagokból származó szervek, szövetek és frakciók létrehozásának lehetőségei. Mindez hozzájárul ahhoz, hogy az emberi test egyfajta kiborggá alakuljon át. Mindemelllett ez a technológiák bizonyos közlő forgalmát is növeli az emberek és a mesterséges intelligens rendszerek közeledése szempontjából, különösen a humanoidok építése terén. Ezeket a robotokat nem csak munkásként fogják alkalmazni, hanem az emberekkel való nagyon szoros, sőt intim kapcsolatban is (*pl.* szexuális szolgáltatásokra, vagy társakként *stb.* használhatók). Ekkor valószínűleg feloldódnak a határok az emberi és a mesterséges antropomorf rendszerek között.⁴ A modern információs technológiák már most is olyan virtuális környezetet teremtenek, ahol egyre nehezebb lesz megkülönböztetni a valóságot az illúziótól; nem is beszélve a modern bio-, kognitív és robottechnológiák katonai célokra történő felhasználásáról.

Másrészt azonban az emberi testről, sőt, az agyról és a tudatról alkotott bármilyen leegyszerűsített elképzelés rendkívül veszélyes (hasonlóan az agy veszélyes használatához az elektronikus eszközök szintjén). A több millió éves biológiai evolúció a biológiai organizmusok minden alkotóelemét és azok működését optimálissá, összekapcsoltá és érzékennyé tette a test bármely részén bekövetkező változásokra, így a fiziológiába, sőt, az agyba való bármilyen beavatkozást sokszorosan át kell gondolni, hogy megelőzzük az esetleges károsodást. A biológia legcsekélyebb ismerete is világossá teszi, hogy az emberi agy nem tud működni anélkül, hogy

ty az emberi szellem (agy és tudat) új (nem biológiai) testbe történő átalakulásának meghatározására.

⁴ Megjegyezzük, hogy a szexuális robotok (eddig általában "női") gyártása már megkezdődött. Olyan kijelentések is elhangzottak, hogy az évszázad közepére az emberek és a robotok közötti ilyen jellegű kapcsolatok mindennaposá válnak. Nem véletlenül indult kampány ezek betiltásáért (lásd Griffin 2015). Ezek a követelések azonban egyelőre a feministáktól származnak, akik a női szerep ilyen mértékű csorbításától tartanak, de mi egyetértünk velük. Jobb, ha ezt a helyzetet előre megtiltjuk vagy ellenőrzés alá vesszük, mert ha az üzletembereknek lehetőségük van rá, bármilyen szexuális irányultságú szexrobotok megjelenhetnek.

test, mivel fő funkciója a testtől érkező jelek fogadása és továbbítása. Így minden olyan elképzelés, hogy a tudat valahogyan "átültethető", durva és tudatlan képzelgés. Ezért a kiborgizáció folyamata soha nem mehet túl messzire, mindig "kiegészítő" marad a szervezet biológiai összetevője számára, és jelentősen javíthatja az életminőséget, valamint meghosszabbíthatja azt.

Ma a tudósok őssejtek vagy más biotechnológiák segítségével mesterséges biológiai szöveteket és testeket hoznak létre. Feltételezzük, hogy a testünk "megjavításának" ez a módja ígéretesebb lesz. A presentben például ismerünk olyan eseteket, amikor egy embernek élete során hatszor cserélték ki a szívét (és egyszer a veséjét). Ez a multimilliomos idősebb David Rockefeller, aki az utolsó szívatültetési műtéten idősebb korában esett át. De 99. most már csak egy multimilliomos engedheti meg magának (és mégis, ő igazán szerencsés). A jövőben azonban sok embert lehet majd laboratóriumban növesztett szervekkel "megjavítani". De kétségtelen, hogy az emberi testbe való ilyen ~~ilyen~~ beavatkozásnak fiziológiai és társadalmi vonatkozású következményei is vannak. Az emberi genetikába való beavatkozás komoly problémákat is okozhat, különösen, ha emberfeletti képességekkel rendelkező egyének létrehozására használják, például sportrekordok felállítására. Napjainkban, mint tudjuk, a sportszervezetek harcolnak az orvosi és gyógyszerészeti vívmányok előnyök megszerzésére való felhasználása ellen. Ebben az összefüggésben jobb lenne elkerülni a sportolók feletti genetikai kontroll kialakulását, de még mindig létezik ilyen lehetőség. Így remélhetőleg lehetővé válik az emberi testbe való meggondolatlan beavatkozás megakadályozása, függetlenül annak indítékaitól: legyen az tudományos hírnévre vagy profitra való törekvés, vagy a szuperember ideológia megvalósítása. Miközben üdvözljük a tudományos és technológiai fejlődést, úgy gondoljuk, hogy meg kell őriznünk biológiai örökségünket, amely évmilliók alatt jött létre.

A könyv felépítése

A monográfia **első fejezetében** a szerzők ismertetik a főbb technikai-logikai változásokat. A leírás a társadalmi evolúció szinte teljes időszakát lefedi a *Homo sapiens* megjelenésétől kezdve egészen a XX. század közepéig, a kibernetikai forradalom kezdetéig. Nem mutattunk ki részletesen minden jelentős találmányt vagy különálló újítást, ehelyett arra tettünk kísérletet, hogy bemutassuk a változások általános folyamatát, és megmagyarázzuk, hogyan és miért követték egymást a technológiai korszakok.

A **második fejezetben** a cibériai forradalom főbb jellemzőit ismertetjük, amelyeket már most is megfigyelhetünk, de érett és tömeges formában csak a jövőben fognak megvalósulni. Rendkívül fontos az a tény, hogy az önszabályozó rendszerek az önszabályozó rendszerek nagy részét fogják képezni a

technológiai folyamat. Ez az oka annak, hogy a kibernetikai forradalom utolsó (közelgő) szakaszát az önszabályozó rendszerek korszakának nevezzük. Az önszabályozó rendszerek olyan rendszerek, amelyek a beágyazott programok és intelligens komponensek segítségével képesek önmagukat szabályozni, előre programozott és intelligens módon reagálnak a környezetből érkező visszajelzésekre, valamint önállóan működnek a helyzetek széles skáláján, és bizonyos célok és feladatok összefüggésében lehetőséget kapnak az optimális rendszerek kiválasztására. Ezek olyan rendszerek, amelyek minimális vagy nulla emberi beavatkozással működnek. A második fejezetben a kibernetikai forradalom logikáját is tárgyaljuk, amely lehetőséget ad arra, hogy megjósoljuk a kibernetikai forradalom köztes és végső szakaszának időtartamát, valamint megmagyarázzuk, hogy miért az orvostudomány lesz az áttörést jelentő szféra a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdetén.

Kutatásunk **harmadik és az azt követő fejezeteit** a kibernetikai forradalom következő 30-60 évre vonatkozó, köztes és végső fázisaira vonatkozó előrejelzéseknek szenteljük, egyes területek tekintetében a XXI. század végéig szóló előrejelzéseket adunk. Azoknak az irányoknak a fejlődését vizsgáljuk, amelyek véleményünk szerint a legnagyobb valószínűséggel kiváltják a jövőbeni technológiai áttörést, nevezetesen az orvostudomány, az additív (3D-nyomtatók), a nano-, bio-, robotika, információs és kognitív technológiák, amelyeket a MANBRIC-technológiák elnevezés alatt egyesítünk. Ezek a területek összességében az önszabályozó rendszerek korszakát indítják el, amelyek eddig nem látott lehetőségeket kínálnak, és egyben új, eddig nem látott problémákat is okoznak. Meg kell jegyeznünk, hogy az önszabályozó rendszerek irányába mutató technológiai fejlődés korrelál az általános evolúciós fejlődéssel, amely a rendszereken belüli önszabályozás növekvő szintje felé halad, különösen az emberi és társadalmi rendszerekben. És ez további relevanciát ad monográfiánk témájának. A **harmadik fejezetet** az orvostudomány fejlődésének szenteljük. A **negyedik és ötödik fejezet** a biotechnológiák és a nanotechnológiák fejlődését és jövőbeli átalakulását vizsgálja. A **hatodik fejezet** a többi technológia által kínált lehetőségeket ismerteti, nevezetesen a robotika, az additív és kognitív technológiák, a közlekedés, az energetika stb. által nyújtott lehetőségeket.

A könyv az első fejezethez kapcsolódóan **három függelék**et is tartalmaz. Az **első függelékben** a történelmi folyamat elméletének néhány kérdését vizsgáljuk (magát a fogalmat, valamint a történelmi folyamat periodizációjának eljárását). A **2. függelékben** a szerzők a történelmi folyamat technológiai aspektusának néhány táblázatos és grafikus értelmezését (a szerzők által elemzett termelési elvek és termelési forradalmak), valamint a történelmi folyamat felgyorsulásával kapcsolatos néhány kérdést mutatnak be. A **3. függelék** a termelési elvek ciklusai és a Kon-

dratieff-ciklusok, ez utóbbiak a fontos öko- nomikus változók ismétlődő ingadozásai, amelyek jellemző időtartama körülbelül 40-60 év.

Reméljük, hogy kutatásunk érdekes lesz azok számára, akik a technológiai fejlődés kérdéseit, a történelmi folyamatokban és a társadalmi fejlődésben betöltött szerepét tanulmányozzák, és azok számára is, akik többet szeretnének megtudni a technológiák és a társadalom jövőbeli fejlődéséről.

Visszaigazolás

Szeretnénk mély hálánkat kifejezni Elena Emanovának és Evgenia Sztoljarovának a könyv szerkesztésében nyújtott felbecsülhetetlen segítségükért.

Fejezet 1

Globális technológiai átalakulások: Elmélet és történelem

Az emberek évezredekken át fejlesztették szerszámaikat, valamint gazdasági mintákat, technológiákat, tárolási technikákat, csere- és szállítási módokat fejlesztettek. A technológiák történetében különösen az elmúlt két évszázadban számos jelentős áttörés történt, miközben a termelést újra és újra modernizálták. Manapság elég gyakran értesülünk új eredményekről a mérnöki és technológiai tudományok terén. Az emberiség történelmének nagy részében azonban más volt a helyzet. Évszázadokon, sőt évezredekken keresztül az át- alakítások észrevétlenül haladtak el (Anuchin 1923; Lurie *et al.* 1939; Semenov 1968; Chernousov *et al.* 2005; Belkind *et al.* 1956; ld. még: Boas 1911; Kosven 1953; Kremkova 1936; Osipov 1959; Virginsky és Khotenkov 1993; Sheypak 2009). Sok technológia rather konzervatívnak tűnne. A technológiai változások azonban már az ókori korszakok esetében is a társadalmak fejlődésének és bonyolódásának, a demográfiai növekedésnek és a kulturális fejlődésnek az egyik legalapvetőbb mozgatórugói voltak.

Ebben a nagy léptékben különösen nyilvánvalóvá válik, hogy - Fernand Braudel (1985) szavaival élve - "a valóságban minden az anyagi élet nagyon széles hátán nyugodott; amikor az anyagi élet kibővült, minden előrehaladt". Éppen ezért a legnagyobb technológiai forradalmak megkülönböztetése lehetővé teszi a történelmi folyamatok általános periodizációjának felállítását is. Az idők folyamán az ilyen átalakulások erőteljessé, többdimenzióssá, sőt olykor forradalmivá váltak. A technológia felszabadító dominanciája azonban csak nagyon nagy időtávlatokban és szigorú korlátok között ismerhető fel. Eközben az emberiség történelmében csak három legdrámaibb forradalmat lehet megkülönböztetni, amelyek az adott négy technológiai korszak (vagy termelési elv) küszöbét jelentik. Ezek a következők: 1) az agrárforradalom; 2) az ipari forradalom; és 3) a kibernetikai forradalom. A következőkben részletesen tárgyaljuk őket.

1. A termelési elvek és a termelési forradalmak

1.1. A történelmi folyamat periodizációja

Az általunk kidolgozott elmélet szerint a történelmi folyamat hatékonyabban négy fő szakaszra vagy négy formációra osztható. Az e formációk bármelyikéből egy másikba való átmenet az adott rendszer valamennyi alapvető jellemzőjének megváltozását jelenti. A periodizációnak ezen fő (a periódusok számát és jellemzőit meghatározó) alapja mellett azonban szükségünk van egy további alapra, amely segít kidolgozni egy kidolgozott kronológiát.

Ilyen további alapként javasoltuk a *termelési elv* fogalmát (pl. , Grinin 2007a, 2007b; 2012a: 1. k.; 2013; Grinin A. és Grinin L. 2015; Grinin L. és Grinin A. 2013a), amely a világ termelőerőinek főbb minőségi fejlődési szakaszait írja le.

Az alábbiakban a történelmi folyamatok periodizációjának modelljét javasoltuk a történelmi folyamatokról alkotott elméletünk alapján. Fontos leszögezni a következő fenntartást: ez a periodizáció csak a világtörténelmi folyamatra és jelentős (de nem teljes mértékben) a Világrendszer fejlődésére alkalmazható (Andre Gunder Frank [Frank 1990, 1993; Frank és Gills 1993; Korotajev és Grinin 2006; Grinin és Korotajev 2006, 2009] nyomán értelmezve). Periodizálásunk tehát csak makroevolúciós folyamatokra vonatkozik, és ezért csak speciális és meglehetősen bonyolult módszertani eljárásokkal alkalmazható átvitt értelemben egyes országok és társadalmak történetére. Feladata, hogy meghatározzon egy skálát az emberiség (vagy legalábbis a Világrendszer evolúciója) fejlődési folyamatainak mérésére, és kijelölje a társadalmak közötti összehasonlítás lehetőségeit.

A periodizáció eljárásáról, valamint a történelmi folyamat fogalmáról részletesebben lásd az 1. függelékét. A 2. függelékben bemutatjuk a tem- porális folyamatok és az időbeli ciklusok matematikai modellezésének lehetőségeit is a történelmi fejlődésben.

Négy *termelési alapelvet* emelünk ki:

- 1. Vadász-gyűjtögető.**
- 2. Kézműves- agrár.**
- 3. Kereskedelmi-ipari.**
- 4. Tudományos-kibernetikus.**

Bár az élet egyes területeinek minőségi átalakulásai szorosan kapcsolódnak más területek változásaihoz (és így egyetlen tényező sem tekinthető abszolút dominánsnak), egyes területek befolyásuk tekintetében jelentősebbnek tekinthetők; így a bennük bekövetkező változások nagyobb valószínűséggel hatnak más területekre, mint fordítva.¹ A termelési elv a következő okok miatt tartozik az ilyen szférák közé:

1. A termelési alapon bekövetkezett jelentős változások a megtermelt többlettermeléshez és a népesség gyors növekedéséhez vezetnek. Ezek a folyamatok pedig együttesen az élet minden más területén is változásokhoz vezetnek. Eközben az új társadalmi kapcsolatokra, új vallási formákra *stb.* való áttérés nem áll olyan közvetlen kapcsolatban a demográfiai változásokkal, mint a termelési elv átalakulásai.

2. Bár a jelentős többletet más tényezőkkel (természeti bőség, sikeres kereskedelem vagy háború) lehet magyarázni, az ilyen kivételes körülmények nem reprodukálhatók, míg új termelőerők újratehermelhetők és elterjeszthetők, és így sok társadalomban megjelennek.

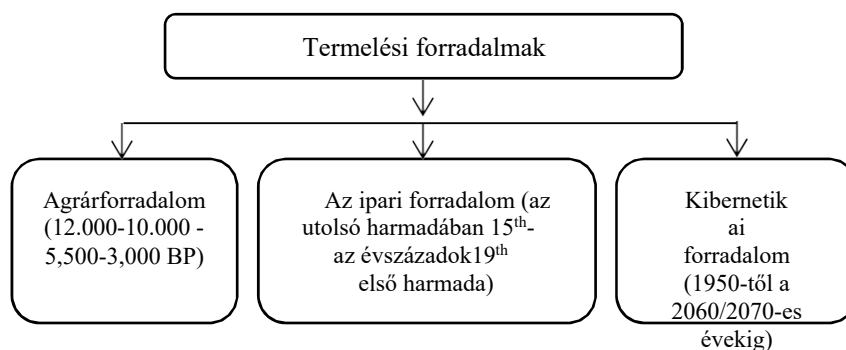
3. A termelési technológiákat az egész társadalom (és ami különösen fontos, az alsóbb társadalmi rétegek) alkalmazzák, míg a kultúra, a politika, a jog, sőt a vallás is a résztvevők (általában az elitek) által kifejlesztett rendszerek.

A termelési elvek változása a termelési forradalmakhoz kapcsolódik. Az ilyen forradalmak kiindulópontja kényelmes és természetes pontnak tekinthető a változó minták kronológiájának megállapításához.

1.2. A termelési forradalmak

Három termelési forradalom. Ismét hangsúlyozzuk: a történelem nagy technológiai áttörései közül a három termelési forradalom a legfontosabb: 1) az agrárforradalom (a neolitikus forradalom); 2) az ipari forradalom és 3) a kibernetikai forradalom. A mi szempontunkból mindegyik forradalom a világ termelőerőinek új fejlődési szakaszát indítja el, valamint átmenetet jelent a történelmi folyamatok új szakaszába.

¹ Természetesen nem folyamatos és rendszeres befolyásra gondolunk, hanem inkább minőségi áttörésre. Ha egy alapvetőbb szférán belüli áttörés után más szférák nem érnek fel hozzá, akkor az előbbin belül a fejlődés lelassul.



Ábra: Termelési forradalmak a történelmi folyamatban

1. *Az agrárforradalom nagy átmenetet jelentett a gyűjtögető szub-élelmiszertermelés mintáról, azaz a természetben rendelkezésre álló élelem gyűjtésével (vadászat, gyűjtögetés és halászat révén) történő élelemszerzésről a földművelésre. Ennek eredménye a rendszerszerű élelmiszertermelésre és az erre épülő komplex társadalmi munkamegosztásra való áttérés volt. Ez a forradalom új energiaforrások (állati erő) és anyagok megjelenésével is együtt járt.*

2. *Az ipari forradalom elképesztő átmenetet jelentett a kézműves-agrár termelési elvről egy új mintára, amely azt jelentette, hogy a fő termelés az iparban összpontosult, és azt gépek és mechanizmusok végezték. E forradalom jelentősége nemcsak abban áll, hogy a kézi munkát felváltotta a gépi termelés, hanem abban is, hogy a víz- és gőzenergia helyett biológiai energiát használtak. Ez a termelésben a tudományos és technológiai vívmányok rendszeres megvalósítását és az innovációkért folytatott állandó küzdelmet jelentette. Az ipari forradalom bevezette a tág értelemben vett munkaerő-megtakarítást (fizikai munka, valamint számvitel, ellenőrzés, irányítás, vezetés, csere, hitel és információátvitel).*

3. *A kibernetikai forradalom nagy átmenetet jelentett a kereskedelmi-ipari termelési elvről az önszabályozó rendszerek megvalósításán alapuló termelési és szolgáltatási szektorra. E forradalom első szakasza az 1950-es és 1960-as években kezdődött, és a nagy teljesítményű információs technológiák fejlődését, új anyagok és energiaforrások megjelenését, valamint az automatika elterjedését hozta magával. A 2030-as és 2070-es évek között kibontakozik e forradalom utolsó szakasza, amely drámaian megnöveli a hasznos technikai, biológiai, ökológiai, sőt társadalmi rendszerek feletti ellenőrzés lehetőségeit.*

amelyek önállóan működő önszabályozó rendszerré alakulnak át. Az emberi szervezet lesz a kibernetikai forradalom egyik fő alanya. Az orvostudományban bekövetkező drámai áttöréseknek köszönhetően lehetőség nyílik majd a várható élettartam radikális növelésére és az emberi biológiai természet lehetséges módosításainak körének bővítésére.

Irodalmi áttekintés a termelési forradalmakról. A fent említett technológiai küszöbök a társadalmak történetében már régóta vonzzák a tudományos közösséget. Az ipari forradalom a XIX. században és a XX. század elején mind a marxista kereteken belül, mind a nem marxista paradigmákon belül kiterjedt kutatások tárgyává vált (lásd *pl.* „Engels [19551845]; Marx [19601867]; Plehanov [1845]).

1956 [1895]; Labriola [19861896]; Toynbee [19271884]; [19561884]; Mantoux 1929). Az agrár (neolitikus) forradalommal kapcsolatos első elképzeléseket Gordon Childe mutatta be az 1930-as években, majd az 1940-es és 1950-es évek között kidolgozta a neolitikus forradalom elméletét (Childe 1934, 1944, 1948). Az 1940-es évektől kezdve megfigyelhető volt a termelésnek a történelmi fejlődésre és általában a történelmi folyamatra gyakorolt hatásának elemzése iránti növekvő érdeklődés; eközben a keletkező technológiai társadalom optimista és pesszimista értékeléseket egyaránt kapott. Az érdeklődés még inkább felerősödött, miután érzékelték, hogy a világ belépett a kibernetikai forradalomba (amelyet az 1950-es és 1980-as években különböző kifejezésekkel jelöltek; így egyes megközelítéseken belül John Bernal [1965] nyomán tudományos és technológiai forradalomnak nevezték). Nem meglepő tehát, hogy az 1960-as és 1980-as években a termelési forradalmak iránti növekvő érdeklődés számos műben, többek között olyan posztindusztriális ökonómusok publikációiban is kifejezésre jutott, mint Daniel Bell (1973, 1978, 1990), Alvin Toffler (1980, 1985, 1990; Toffler A. és Toffler H. 1995), Tom Stonier (1983), Alain Touraine (1974; 1983), Herman Kahn (1983), és kisebb mértékben más tudósok munkáiban (Drucker 1995, 1996; Thurow 1996; lásd még Dizard 1982; Martin 1981; Castells 1996), nem beszélve a technika filozófusairól (Ellul 19841964,1975,1982.; Mumford 1966; *stb.*; lásd még

Inozemtsev 1999).

Mindhárom termelési forradalomról sokat írtak már (lásd *pl.* Allen 2009, 2011; Bellwood 2004; Benson and Lloyd 1983; Bernal 1965; Cauvin 2000; Cipolla 1976; Clark 2007; Cohen 2007; Cohen

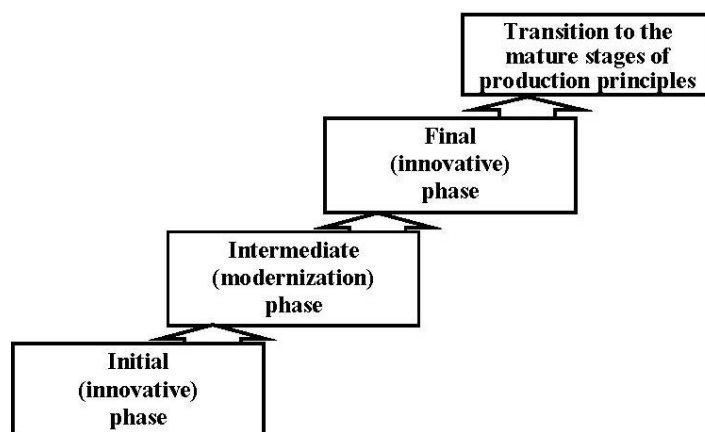
1977; Cowan és Watson 1992; Dietz 1927; Goldstone 2009; Harris és Hillman 1989; Henderson 1961; Huang 2002; Ingold 1980; Knowles 1937; Lieberman 1972; Mokyr 2010; 1985, 1990, 1993, 1999, Mokyr és Foth 2010; More 2000; North 1981; Philipson 1962; Phyllis 1965; Pomeranz 2000; Reed 1977; Rindos 1984; Sabo 1979; Shnirelman 1989, 2012a, 2012b; Smith 1976; Stearns 1998, 1993; Sylvester és Klotz 1983). Meglepően kevés tanulmány foglalkozik azonban ezekkel a forradalmakkal mint visszatérő jelenségekkel, amelyek mindegyike rendkívül fontos mérföldkövet jelent az emberiség történetében. A termelési forradalmak elméletét a világtörténelmi folyamat általános elméletének keretében dolgoztuk ki (Grinin 2007a, 2007b, 2012a; Grinin L. és Grinin A. 2013b, 2015).

Mi a termelési forradalom, annak jellemzői és szakaszai. *A termelési forradalom a világ termelőerőinek radikális fordulataként definiálható, amely nemcsak a technológiák, hanem a társadalom és a természet közötti kapcsolatok új irányítási elvére való áttéréssel jár. A termelési forradalom abban különbözik a különböző technikai fordulatoktól, hogy nem csak néhány különálló lényeges ágazatot érint, hanem a gazdaság egészét. És végül a menedzsment új irányzatai válnak uralkodóvá. Egy ilyen fordulat néhány szórakoztatóan új, megújuló vagy régóta kimeríthetetlen erőforrást vezet be az ökológiai körforgásba, és ezek az erőforrások a legtöbb területen elég széles körben elterjednek. A munkatermelékenység és/vagy a föld eltartóképessége (az egységnyi területre jutó hasznos termék hozama) nagyságrendekkel nő, ami a több nagyságrenddel nagyobb termelési volumen létrehozásában és a demográfiai forradalomban (vagy a demográfiai reprodukciós típus megváltozásában) is megnyilvánul.*

Ennek eredményeképpen az egész társadalmi struktúra minőségi átrendeződésének legerőteljesebb lendülete jön létre. Bár a termelési átalakulás egy vagy néhány helyről indul ki, a világ termelőerőinek fordulatát jelenti, és egy hosszú távú folyamatot jelent, amely fokozatosan egyre több társadalmat és területet érint. Ennek eredményeként a) az érintett társadalmak technológiai, gazdasági, demográfiai, kulturális és gyakran katonai szempontból is fejlődnek; b) az új termelési rendszerbe való bekapcsolódás szabályossá válik.

Minden termelési forradalomnak megvan a maga ciklusa. Három fázisról beszélhetünk, köztük két innovatív fázisról, és közöttük - egy új termelési elv elterjedésének modernizációs fázisáról, vagyis az újítások elterjedésének és diffúziójának hosszú időszakáról.

Így az egyes termelési forradalmak ciklusa a következőképpen néz ki: *a kezdeti innovatív szakasz* (egy új, forradalmi termelési ágazat megjelenése) - *a modernizációs szakasz* (az új technológiák elterjedése, szintézise és tökéletesítése) - *a végső innovatív szakasz* (az új technológiák potenciáljának fejlesztése az érett jellemzőkig). Lásd még a 2. ábrát.



2. ábra. Egy termelési forradalom ciklusa (fázisok és jellemzők)

A kezdeti innovatív szakaszban egy új, forradalmi termelőágazat jön létre. Kialakul egy új termelési elv elsődleges rendszere, amely hosszú ideig együtt él a korábbi technológiákkal. *A modernizációs fázis* az innovációk elterjedésének és fejlődésének hosszú időszaka. Ez a progresszív innovációk időszaka, amikor fokozatosan kialakulnak a feltételek a végső innovatív áttöréshez. *A végső innovációs fázisban* az innovációk új hulláma drámaian kiterjeszti és javítja az új termelési elv lehetőségeit, amelyek így teljes erejüket megőrzik. Ahogy a termelési forradalom végső fázisa kibontakozik, a termelési elv "lényege", lehetőségei és

korlátok, valamint az új államokkal való egyesülésen keresztül az expansion földrajzi határai is feltárulnak.

A termelési forradalmak is magukkal hozzák:

1. Alapvetően új erőforrások fejlesztése.
2. A termelési teljesítmény és a népesség erőteljes növekedése.
3. Jelentős bonyodalmak a társadalom számára.

(Részletesebben lásd Grinin 2006b, 2007a, 2012a; Grinin L. és Grinin A. 2013a; az ipari forradalomról lásd Grinin és Koro-tajev 2015a).

A termelési forradalom minden egyes innovatív fázisa jelentős áttörést jelent a termelésben. Az első innovatív fázisban kialakulnak az új termelési elvek melegágyai; az alapvetően új termelési elemeket koncentráló ágazatok megerősödnek. Ezután a minőségileg új elemek a modernizációs fázisban más társadalmakba és területekre is áttérjednek.

A legígéretesebb termelési és megfelelő társadalmi feltételekkel rendelkező országokban a termelési forradalom második innovatív szakaszába való átmenet az új termelési elv virágzását jelzi. Most az elmaradott társadalmak felzárkóznak a termelési forradalomhoz, és aktívabban részt vesznek benne. Így megfigyelhetjük a minőségi és mennyiségi szempontok váltakozásának bizonyos ritmusát. Ezen túlmenően bizonyos szabályszerűségeket azonosíthatunk a termelési forradalmak fázisaiban. Ezek a szabályszerűségek azt jelentik, hogy minden termelési forradalomban a három fázis mindegyike ugyanazt a szerepet játssza. Emellett feltártunk egy fontos arányt a fázisok időtartama között, amelyről megállapítottuk, hogy *minden ciklus keretében megközelítőleg azonos marad* (további részletekért lásd a Függelékét). Ez az arány lehetővé teszi néhány olyan szabályszerűség meghatározását, amelyek felhasználhatók az előrejelzésben. A fejezetben ezeket a szabályszerűségeket a termelési forradalmak fázisai közötti összefüggésekre alapozva tárgyaljuk, és felhasználjuk őket a kibernetikai forradalom utolsó fázisának sajátosságainak előrejelzésére.

A továbbiakban egy általános sémát kínálunk fel a pro-ciklikus forradalom két innovatív fázisára.

duction forradalom elméletünk szerint.

Az agrárforradalom nagy áttörést jelentett a vadászó-gyűjtögető termelési elvről a földművelésre. Az első innovatív szakasza a primitív kapás földművelésre és állattenyésztésre való áttérés volt (12 000-9 000 BP), míg a végső szakasz az intenzív földművelésre való áttérést hozta (különösen az öntözéses [5300-3700 BP] vagy a nem öntözéses szántóművelésre). Ezeket a változásokat az 1. táblázat is bemutatja.

Táblázat Az agrárforradalom 1.szakaszai

Fázisok	Típus	Név	Dátumok	Változások
Kezdeti	Innovative	Kézi gazdálkodás	12,000-9,000 BP	Átmenet a primitív kézikönyvre (kapa) mezőgazdaság és szarvasmarhatenyésztés
Intermediáre	Modernization	Distribúcia mezőgazdasági ture	9,000-5,500 BP	Új házasított állatok megjelenése növények és állatok, fejlődés a komplex mezőgazdaság, az emere teljes agrár- és vidékfejlesztési programcsomagot kulturális eszközök
Végső	Innovative	Öntözött és szántás mezőgazdasági ture	5,500-3,500 BP	Átmenet az öntözéses vagy nem öntözéses öntözött szántóföldi mezőgazdaság

Az ipari forradalom nagy áttörést jelentett a kézműves-agrár termelési elvtől a gépi ipar felé, amelyet a tudományos és technológiai újítások intenzív keresése és alkalmazása jellemezett a termelési folyamatban.

Kezdeti szakasza a XV. és XVI. században kezdődik a tengerhajózás és a kereskedelem erőteljes fejlődésével, a vízimotoron alapuló gépesítéssel, a munkamegosztás elmélyülésével (Durkheim 1997 [1893]) és más folyamatokkal. A végső fázis az ipari áttörés volt a tizenharmadik században és a tizenkilencedik század első harmadában, amely a különböző gépek és a gőzenergia bevezetésével jár együtt (az ipari forradalomról részletesebben lásd Grinin 2007a; Grinin és Korotajev 2015a). Ezeket a változásokat a táblázat mutatja be 2.

Táblázat Az ipari forradalom 2.szakaszai

Fázisok	Típus	A fázis neve	Dátumok	Változások
1	2	3	4	5
Kezdeti	Innovatív	Gyártás	15 th - 16 th század	A hajózás, a technológia és a gépesítés fejlesztése a vízimotor alapján, a munkamegosztáson és a mecha-nizáción alapuló gyártás fejlesztése.

1	2	3	4	5
Inter-közvetít	Modernizáció	Elsődleges ipar	17 th - század 18 th eleje	A komplex ipari szektor és a kapitalista gazdaság kialakulása, a gépesítés fokozódása. és munkamegosztás
Végső	Innovatív	Gépek	1730-1830s	Az ágazatok kialakítása a gépi termelési ciklussal együtt gőzenergia

A kibernetikai forradalom nagy áttörést jelent az ipari termelésből az önszabályozó rendszerek megvalósításán alapuló termelés és szolgáltatások felé.

Kezdeti szakasza, amelyet tudományos-információs korszaknak nevezünk, az 1950-es és 1990-es évek közötti időszakra tehető. Az áttörések az automatizálás, az energiatermelés, a szintetikus anyagok előállítása, az űrtechnológiák, az űr- és tengerkutató, az agrárkultúra, és különösen az elektronikus vezérlés, a kommunikáció és az információ fejlesztése terén történtek. Feltételezzük, hogy a végső fázis a közeli évtizedekben, azaz a 2030-as években vagy valamivel később kezdődik, és a 2070-es évekig tart. Ezt az elkövetkező szakaszt az önszabályozó rendszerek korszakának nevezhetjük, mivel a fő pont az önszabályozó rendszerek, illetve a közvetett módon, más rendszereken keresztül vagy ponthatások és korrekciók révén szabályozott rendszerek létrehozásában rejlik. Ennek eredményeképpen sokkal több lehetőség nyílik majd arra, hogy kiküszöböljük a közvetlen emberi beavatkozást a különböző természeti, társadalmi és termelési folyamatokba, amelyek irányítása jelenleg lehetetlen vagy meglehetősen korlátozott. A kibernetikai forradalom végső fázisának mozgatórugói az orvosi technológiák, az additív gyártás (3D nyomtatók), a nano- és biotechnológiák, a robotika, az informatika, a kognitív tudományok lesznek, amelyek együttesen az önszabályozott termelés kifinomult rendszerét alkotják majd. Ezt a komplexumot nevezhetjük MAN- BRIC-technológiáknak.² Mint fentebb említettük, a hatodik technológiai paradigmával kapcsolatban széles körben elterjedt az NBIC-konvergencia³ fogalmához kapcsolódó elképzelés (lásd Lynch 2004; Bainbridge és Roco 2005; Dator 2006; Kovalchuk 2011; Akayev 2012). Vannak továbbá

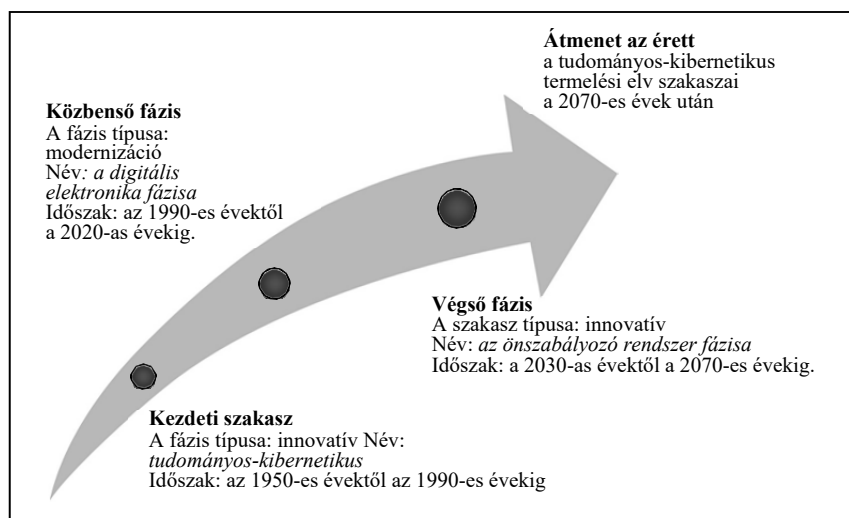
² A betűk sorrendje a rövidítésben nem tükrözi a komplexumba tartozó területek relatív fontosságának megértését. Például a biotechnológiák fontosabbak lesznek, mint a nanotechnológiák, nem is beszélve az additív gyártásról. A sorrendet egyszerűen a kijelzés kényelme határozza meg.

³ Nano-Bio-Info-Kognitív.

egyek kutatók (pl. Jotter és 2008), akik ebben a szerepben egy másik technológiai-logikai irányzatot látnak - GRAIN (Genomika, Robotika, Mesterséges Intelligencia és Nanotechnológia). Mi azonban úgy véljük, hogy ez a halmaz nagyobb lesz. Az orvosi technológiák pedig integráló részei lesznek (további részletekért lásd a következő fejezeteket).

Most tehát a modernizációs szakaszban vagyunk, amely valószínűleg a 2030-as évekig fog tartani. Ez a köztes fázis az előző szakaszban elért innovációk (pl. „számítógépek, internet, mobiltelefon stb.) gyors elterjedésének és tökéletesítésének időszaka. A technológiai és társadalmi feltételek is felkészülnek a jövőbeli áttörésre.

A kibernetikai forradalom sémáját az ábra mutatja be. 3.



Ábra A kibernetikai forradalom 3.szakaszai

1.3. Termelési elvek

A termelési elvek fázisai. Úgy véljük, hogy a termelési elv szerves részének és első "felének" tekinthetjük a termelési revo- lúciót, amely után az érett kapcsolatok kialakulása következik be. Ez a megközelítés meglehetősen explicit módon mutatja be a történelmi formációk ciklikus mintázatának fő "intrikáját". Első periódusukban többnyire drámai változásokat figyelhetünk meg a termelésben, míg a második féldőben a politikai és társadalmi kapcsolatok, a köztudat és más szférák különösen mélyreható változásaival van dolgunk. Ezeken belül

A politikai-jogi és társadalmi-kulturális viszonyok egyrészt felzárkóznak a fejlettebb termelőerőkhöz, másrészt új szintet teremtenek, amely lendületet ad egy új termelési elv kialakulásának.

A termelési ciklus elve azonban a hagyományos háromfázisú módon is ábrázolható: *kialakulás, érettség és hanyatlás*. Bizonyos értelemben mégis célszerűbbnek tűnik hat fázissal leírni, amelyek a minőségi és mennyiségi jellemzők változásának további ritmusát mutatják. Ez a ciklus a következőképpen néz ki:

1. Az első szakasz - az "átmeneti" - a *termelési forradalom és az új termelési elv kialakulásának kezdete*. Ez utóbbi egy vagy néhány helyen megjelenik, bár meglehetősen fejletlen, hiányos és tökéletlen formában.

2. A második szakasz a *kezdeti modernizáció szakasza*. Ez az új termelési formák szélesebb körű elterjedésével, valamint egy új termelési elv megerősödésével és erőteljes elterjedésével jár együtt.

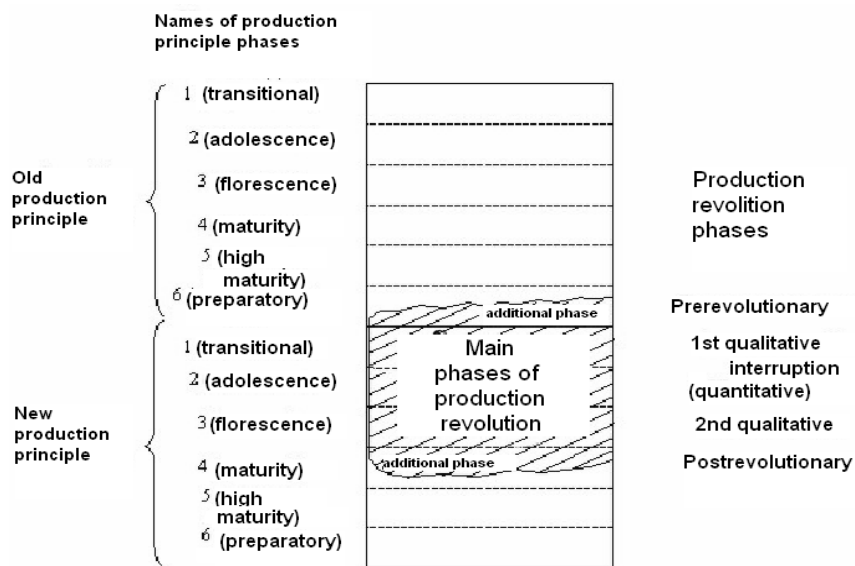
3. A harmadik szakasz a *termelési forradalom végső szakasza*. A termelési elv érett tulajdonságokat kap.

4. A negyedik fázis a *termelési elv érettségének és kiterjesztésének szakasza*. Ez az új technológiák elterjedéséhez kapcsolódik a legtöbb régióban és termelési szférában. A termelési elv elnyeri érett formáit, és ez fontos változásokhoz vezet a társadalmi-gazdasági szférában.

5. Az ötödik fázis *egy termelési elv abszolút dominanciáját* jelenti. A termelés intenzívebbé válását és az elvben rejlő lehetőségek teljes megvalósulását hozza magával.

6. A hatodik fázis a *rendszeren kívüli jelenségek szakasza* vagy *egy elő-előkészítő fázis* (az új termelési elvre való áttéréshez). Az elmélyülés olyan nem rendszerelemek megjelenéséhez vezet (az adott termelési elvhez), amelyek előkészítik egy új termelési elv kialakulását (amikor kedvező feltételek mellett ezek az elemek rendszert alkothatnak, így egyes társadalmakban elindítva az új termelési elvre való átmenetet és egy új ciklus elindítását).

A termelési elvek fázisai és a termelési forradalmak fázisai közötti összefüggést az ábra szemlélteti. 4.



4. ábra. A termelési elvek fázisai és a termelési forradalmak fázisai közötti összefüggés

Magyarázat:

///// - a termelési forradalom időbeli volumene

---- - határok a termelési elvek között

2. A történelmi folyamatok fejlődése a termelési forradalmak elméletének fényében

2.1. Mikor kezdődött a történelmi folyamat?

Most pedig ismertessük a termelési elvek, a termelési forradalmak és azok fázisainak kronológiáját. A kb. 40 000-50 000 évvel ezelőtti időszakból indulunk ki (de számításaink megkönnyítése érdekében a 40 000 évvel ezelőtti dátumból indulunk ki), vagyis a valóban emberi kultúra és társadalom első indiszponálható jeleinek megjelenése óta.

Megjegyzendő, hogy ez a dátum nem azonos a Homo sapiens megjelenésének modern kori datálásával (100 000-200 000 évvel ezelőtt). Bár a legújabb felfedezések a Homo sapiens sapiens kialakulásának időpontját 100-200 ezer évvel ezelőtre tolják vissza az időben (lásd pl. „Bar-Yosef 2002; Bar-Yosef és Vandermeersch 1993; Culotta 1999;

Gibbons 1997; Holden 1998; Kaufman 1999; Klima 2003: 206; Lambert 1991; Marks 1993; Pääbo 1995; Shea 2007; Stringer 1990; White *et al.* 2003; Zhdanko 1999; lásd még Atkinson *et al.* 2009; Derevyanko 2011; Grinin 2009b; Kazankov 2012; Markov 2011a, 2011b, 2012; Mellars 2006), a 40-50 000 évvel ezelőtti mérföldkö még mindig megőrzi nagy jelentőségét. Ez az a pont, amely után már biztosan beszélhetünk modern kulturális típusú emberről, különösen a fejlett nyelvek és a "sajátosan emberi" kultúra jelenlétéről (Bar-Yosef és Van- dermeersch 1993: 94). És bár vannak olyan felvetések, amelyek szerint a fejlett nyelvek már jóval 40-50 ezer évvel ezelőtt is megjelentek, ezek a felvetések még mindig hipotetikusak maradnak. A legtöbb kutató azt feltételezi, hogy a nyelvi függőség legkorábban 40 ezer évvel ezelőtt jelent meg (lásd Holden 1998: 1455); eközben, ahogy Richard Klein állítja, "mindenki elfogadná, hogy 40 ezer évvel ezelőtt a nyelv mindenütt jelen van" (*Ibid.*). Klein, a Stanford Egyetem paleoantropológusa egy elméletet dolgozott ki, amely megmagyarázza ezt a szakadékot az anatómiailag modern Homo sapiens eredete és a nyelv és a kulturális leletek késői megjelenése között: a modern elme egy drámai genetikai változás eredménye. Ezt a változást körülbelül évekkel 50,000 ezelőttre datálja, rámutatva, hogy a kulturális leletek megjelenése csak ezután következik be, ahogy a modern ember Afrikából való elterjedése is (lásd Zimmer 2003: 41 ff.). Tehát az 50 000 és 40 000 évvel ezelőtti időszak a társadalmi evolúció eredete a narrow értelemben vett társadalmi evolúció.

Az antropogenezis tehát a meghatározott időszakig aktívan kibontakozott. Egyetértünk egyes tudósok azon elképzelésével, hogy az antropogenezis időszakát előtörténetnek tekintsük, amely aligha sorolható be a tulajdonképpeni históriába (Roginszkij 1977; lásd még: Boriskovszkij 1980: 171-173; Rumjancsev 1987: 19). Mindazonáltal néhány új bizonyíték megváltoztathatja ezt a nézetet, hiszen a szimbolikus gondolkodás és a proto-art bizonyos nyomai már jóval a felső paleolitikum előtt is léteztek Afrikában (lásd *pl.* „Henshilwood *et al.* 2011). Időről időre szenzációs felfedezésekről szóló információk jelennek meg. Így 2006 novemberében Sheila Coulson, az Oslói Egyetem docense bejelentette egy 70 000 éves lelet felfedezését, amely egy óriáskígyó kultuszára utal. Ez a lelet az emberiség legrégebbi ismert rituáléjának bizonyítéka. Korábban azt hitték, hogy az emberi elme csak évekkel 40,000 ezelőtt fejlődött ki a csoportos rituálék szintjére. Azonban az ókorban...

Botswanában, a Kalahári-sivatagban található barlangban a régészek egy ember nagyságú pitont ábrázoló kőfigurát találtak (Steiger 2007).

Eközben, ha meg akarjuk érteni, hogy miért ezt a mérföldkövet választottuk, figyelembe kell vennünk, hogy minden periodizációnak bizonyos fogalmi és formai egységgel kell rendelkeznie. Különösen úgy véljük, hogy a társadalmi evolúcióról a maga helyes értelmében csak azután lehet beszélni, hogy a társadalmi erők az emberi közösségek fejlődésének alapvető mozgatórugóivá váltak. Feltételezésünk szerint az antropogenezis korszakába nemcsak azt a hosszú időszakot kell belevenni, amikor majomszerű őseink (Ingold 2002: 8) fokozatosan anatómiai hasonlóságot szereztek a mai emberrel (azaz „körülbelül 100-200 ezer évvel ezelőttig), hanem az ezt követő meglehetősen hosszú (sok ezer évig tartó) időszakot is, amikor a hozzánk anatómiailag hasonló lények *Homo sapiens sapiens*-szé váltak, azaz intellektuális, szociális, mentális és nyelvi értelemben emberré váltak. Természetesen az antropogenezisnek ebben a második szakaszában a társadalmi erők szerepe a hajtóerők általános egyensúlyában sokkal nagyobb volt, mint az első szakaszban. Úgy véljük azonban, hogy általában véve az antropogenezis egész folyamata során a hajtóerők elsősorban biológiaiak voltak, és csak meglehetősen kis mértékben voltak társadalmiak. Természetesen ez egy hosszan tartó folyamat volt, és nem lehet kimutatni egy konkrét pillanatot, amikor drámatikus változás következett be (és nagyon valószínű, hogy nem is volt radikális fordulat a szó szoros értelmében). Mindazonáltal úgy véljük, hogy a fent említett 40.000-50.000 évvel ezelőtti mérföldkő után az evolúciós hajtóerők társadalmi összetevője vált dominánssá.⁴ Azt is hisszük, hogy ugyanezen okokból kifolyólag ez előtt az idő előtt nem lehet az emberiségről mint társadalmak összességéről beszélni. Így a periodizációnk alapjául szolgáló fogalmak - a *történelmi folyamatok alakzatai* és a *termelési elvek* - nem alkalmazhatók a 40 000-50 000 évvel ezelőtti időszakokra. Periodizációnk tehát az emberi történelem legjelentősebb termelési forradalmából indul ki; mi több, az ember maga is kétségtelenül a termelőerők része.⁵

⁴ A biológiai alkalmazkodás és az antropológiai átalakulás azonban néhány fontos vonatkozásban még e küszöbérték után is hosszú ideig folytatódott (lásd pl. „Alekszejev 1984: 345-346; 1986: 137-145; Yaryghin *et al.* 2. kötet 1999: 165).

⁵ Vagy Paul Mellars és Chris Stringer könyvének címével élve, egy ilyen radikális fordulatot nevezhetünk "emberi forradalomnak" (lásd Mellars és Stringer 1989).

2.2. A történelmi folyamat első kialakulása. A vadászó-gyűjtögető termelési elv

Az első mintára vonatkozó információk szükségessége miatt ésszerűnek tűnik a vadászó-gyűjtögető termelési elv fázisait összekapcsolni az emberi természethez való alkalmazkodás és annak ak- cizíciójának minőségi mérőföldköveivel. Ebben az időszakban ugyanis a közösség mérete, az eszközök, a gazdasági módok, az életmód - vagyis gyakorlatilag minden - szinte kizárólag a természeti környezettől függött. Ha a fázisokat a környezet főbb változásaival hozzuk összefüggésbe, akkor lehetségesnek látszik, hogy egy abszolút kronológiával kössük össze őket a pánemberi léptékben. Ez különösen azért tűnik ésszerűnek, mert a javasolt elmélet szerint a természeti környezet egyes elemeit (egy elméleti modellen belül) be kell vonni a termelőerők közé, és minél több természeti tényezőt vonunk be, annál gyengébb a technológiai komponens (lásd Grinin 2003a, 2009b).

Az *első* szakasz a "felső paleolitikum" forradalmához (erről lásd Mellars és Stringer 1989; Marks 1993; Bar-Yosef 2002; Shea 2007) és a társadalmi termelőerők kialakulásához (függetlenül attól, hogy azok mennyire primitívek voltak akkoriban [részletesen lásd Grinin, Korotayev, and Markov 2012]) köthető. Már ebből az időszakból is több mint százféle szerszám ismert (Boriskovszkij 1980: 180; lásd még Tattersall 2008: 150-158; 2012: 166-173).

A *második* szakasz (megközelítőleg és nagyon konvencionálisan, 30.000 és 23.000 [20.000] BP között) az antropogenezis úgynevezett maradék ellentmondásának végleges felszámolásához vezetett: az emberi tevékenység biológiai és társadalmi szabályozói között. Ez a szakasz az emberek széles körű elterjedésével, új helyeken való letelepedésével jár együtt, beleértve Szibéria (Doluhanov 1979: 108) és valószínűleg az Újvilág (Zubov 1963: 50; Sergeeva 1983) népesedéseit is. Az időpontok azonban igen szórványosak (Mochanov 1977: 254; Sergeeva 1983; Berezkin 2007a, 2007b, 2013).⁶

A *harmadik* szakasz 18 000-16 000 BP-ig tartott. Ez volt a gleccserek maximális terjedésének időszaka (az úgynevezett glaciális maximum).⁷ És bár nem ez volt az első eljegesedés, ezúttal az embereknek elegendő termelőerejük és társadalmasságuk volt, így egyes csoportok képesek voltak túlélni, sőt, virágozni is azokban a súlyos körülmények között. Con-

⁶ A genetikai adatok ezt az időszakot 25-15 ezer évvel ezelőtre teszik (Goebel *et al.* 2008).

Amerika benépesítése mégis bonyolult és hosszan tartó folyamat volt.

⁷ Az utolsó jégkorszak alatt Würm III. A glaciális maximumot kb. 20.000-17.000BP körül figyelték meg, amikor a hőmérséklet 5 fokkal csökkent (Velichko 1989: 13-15).

a szerszámok sokféleségét és számát tekintve jelentős változások történtek (Chubarov 1991: 94). Pontosán ekkor történt a kőszerszámok típusainak gyors változása; például Franciaországban (Grigoriev 1969: 213), Levantében (18 000 BP) megjelentek a mikrokők (Do-luhanov 1979: 93). Ebben a fázisban, valamint az ezt követő *negyedik* fázisban - kb. 17.000-14.000 (18.000-15.000) BP - jelentősen megnőtt a változó természeti környezethez való alkalmazkodás szintje. Egyes helyeken, amelyek elkerülték a jégverést, intenzív gyűjtögetés alakult ki (Hall 1986: 201; Harlan 1986: 200; Fainberg 1986: 185). Ebben az időszakban megfigyelhető a protokézműves mesterségek fejlődése is, beleértve a varrást és szövést, a ruhakészítést és a kosárfonást (lásd Dyatchin 2001: 37).

Az *ötödik* szakasz - 14.000 és 11.000 (15.000-12.000) BP között, azaz a késő paleolitikum és a korai mezolitikum (Fainberg 1986: 130) - a jégkorszak végéhez és az éghajlat felmelegedéséhez köthető (Yasamanov 1985: 202-204; Koronovskij és Yakushova 1991: 404-406). Ez a felmelegedés és az ebből következő tájváltozások csökkentették a nagyemlősök számát. Ezért megfigyelhető volt az átmenet az egyéni vadászatra (Markov 1979: 51; Childe 1949: 40). A technikai eszközök (íjak, lándzsadobók, csapdák, hálók, szigonyok, új típusú fejszék *stb.*) a kisebb csoportok, sőt az egyes családok önálló szaporodásának támogatására alakultak ki (Markov 1979: 51; Prido 1979: 69; Avdusin 1989: 47). A folyókban és tavakban való halászatot fejlesztették ki, és nagy jelentőségre tettek szert (Matyushin 1972). Kialakultak a következő kő nyílhegytípusok: levél alakú, bordázott, hollow-bázisú és szárnyas nyílhegyek. A csont- és fa nyílhegyek hornyolt, később pedig tüskés és tüskés formájúak lettek (Semenov 1968: 323, 324).

A *hatodik* szakasz (kb. 12.000-10.000 BP) szintén a folyamatos éghajlati felmelegedéssel és környezeti változásokkal függött össze, amelyek a holocénbe való átmenetben csúcsoodtak ki (lásd *pl.* Hotinskij 1989: 39, 43; Wymer 1982 [és régészeti szempontból - a neolitikumba a köipar jelentős fejlődésével összefüggésben - Semenov 1968; Monghite 1973; Avdusin 1989; Yanin 2006]). Ez az időszak számos fontos újítást mutatott, amelyek általában véve megnyitották az utat az új, kézműves-agrár termelési elv előtt (lásd *pl.* , Mellaart 1975). Különleges érdeklődésre tarthatnak számot a szüreti gyűjtési gyakorlatok, amelyek a kézműves-agrár mód potenciálisan progresszívebb fejlődését jelentették, mivel az ilyen gyűjtés nagyon produktív lehetett (lásd *pl.* Antonov 1982: 129; Shni-

relman 1989: 295-296; 2012a; Lips 1956; Lamberg-Karlovsky and Sabloff 1979).

Előre ugorva szeretnénk megmagyarázni a vadászó-gyűjtögető termelési elv időszakai között feltárt mennyiségi arányokat, amelyeket az alábbiakban mutatunk be (lásd a 2. függelék 1-4. táblázatát). Empirikusan megállapítottunk bizonyos összefüggéseket az egyes termelési elveken belül ismétlődő szakaszok (fázisok) időtartama között. De vajon mennyire relevánsak ezek az arányok a vadászó-gyűjtögető termelési elvre nézve, ha a periódusok kezdetének azonosításához bizonyos exogén természeti tényezőket és éghajlati változásokat vonunk be?

Valójában, mivel az éghajlati változások bármely más időpontban is bekövetkezhettek volna, ezek az arányok bizonyos mértékig véletlenszerűek. Általában azonban egyáltalán nem véletlenszerűek, sőt, endogén módon ésszerűek, mivel minden egyes leírt egymást követő ciklikus változás többé-kevésbé meghatározott időt igényel. Ez tökéletesen megmagyarázza, hogy az adott folyamat- szakaszok hossza miért korrelál egymás között bizonyos arányokban. Másodsor, bár a társadalom szempontjából az éghajlati változások külső (és ezért véletlenszerű) tényezőnek tekinthetők, a makroevolúciós vonalak sokfélesége jelentősen semlegesíti ezt a véletlenszerűséget. A szükséges sokféleség szabályából következő gondolat azt állítja, hogy minél nagyobb a sokféleség, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy a megfelelő pillanatban és a megfelelő helyen megjelenik a szükséges randomness. Ugyanúgy, ahogyan az egyszerre több eseményre tétet tevő per- son biztosítja magát az akci- dentumoktól, és így, képletesen szólva, a nagyobb változatosságú evolúció is képes áttörést elérni, ha nem is az egyik helyen, de egy másik helyen. Ezért van az, hogy bár a vadászó-gyűjtögető termelési elv szakaszai közötti összefüggés arányai kissé eltolódhatnak, mégis majdnem ugyanazok maradnak, mivel a minőségi változások, ha előkészítetlenek, megakadályozzák az excesszív megfelelő eseteket. Eközben, ha egy ilyen váltás elmarad, amikor egy társadalom készül ("túlrettnek") tűnik a minőségi áttöréshez szükséges változásokra, még kevésbé alkalmas helyzetek is működnek. Különösen ismétljük meg, hogy az egyes régiókban a maximális lehülés időszakai mellett (ami összességében véletlenszerű volt a társadalmi makroevolúció szempontjából egy bizonyos ponton), más területeken magasan specializálódott gyűjtögetők voltak, és ez összhangban volt a társadalmi evolúcióval. Következésképpen a legfontosabb áttörések már a 18 000 évvel ezelőtti időszaktól kezdve ugyanazt a mintát követhették, és ez valószínűleg kissé felgyorsította volna az agrárforradalom kezdetét, de nagy valószínűséggel késleltette volna az átmenetet a második szakaszba.

2.3. A történelmi folyamat második formációja. A kézműves-agrár termelési elv

Bármilyen növényt is termesztettek, a mezőgazdaság önálló feltalálása mindig különleges természeti környezetben történt (Délkelet-Ázsiára vonatkozóan lásd *pl.* Deopik 1977: 15). Ennek megfelelően a gabonatermesztés kialakulása is csak bizonyos természeti és éghajlati környezetben történhetett meg (Gulyaev 1972: 50-51; Shnirelman 1989: 273);

2012a; Mellaart 1982: 128; Harris és Hillman 1989; Masson 1967: 12; Lamberg-Karlovsky és Sabloff 1979). A gabonafélék termesztése feltehetően valahol a Közel-Keleten kezdődött: a palesztinai hegyekben (Mellaart 1975, 1982), a Felső-Eufrátesz térségében (Alexeev 1984: 418; Hall 1986: 202) vagy Egyiptomban (Harlan 1986: 200). A mezőgazdasági forradalom kezdetét a Kr. e. 9000-től Kr. e. 9000-ig 12,000 terjedő intervallumra datálják, bár egyes esetekben az első termesztett növények nyomai vagy a házasított állatok csontjai még ennél is régebbi, 14 000-15 000 éves korúak. Így meglehetősen konvencionális módon lehetségesnek tűnik azt állítani, hogy a kézműves-agrár termelési elv *első* szakasza körülbelül az i. e. 10 500 és 7 500 közötti intervallumban (az i. e. kilencedik és a hatodik évezred között [az olvasó új tagként a kézműves-agrár elv első szakaszát egyidejűleg az agrárforradalom kezdeti innovatív szakaszának tekintjük]) folytatódott. Ez az időszak a nyugat-ázsiai mezőgazdasági régió kialakulásával ér véget, és összességében ebben az időszakban beszélhetünk a világrendszer kialakulásáról, beleértve annak első városait is (a városokról lásd Lamberg-Karlovsky és Sabloff 1979; Masson 1989).

A *második* fázis hagyományosan a Kr.e. 8.000-5.000 közötti időszakra (a Kr.e. hatodik évezred közepétől a negyedik évezred végéig) datálható, vagyis az egységes egyiptomi állam megalakulásáig és a kifinomult öntözéses gazdaság kialakulásáig. Ez magában foglalja az új mezőgazdasági központok kialakulását, a házasított állatok elterjedését Nyugat-Ázsiából más régiókba. Itt alakult ki a juh- és kecsketenyésztés, valamint az első igavonó állatok tartása (Shnirelman 2012b; Meadows *et al.* 2007; lásd még Gupta 2004; Zeder és Hesse 2000). A vívmányok (házasított állatok és fajtáik, technológiák *stb.*) aktív cseréje megfigyelhető. Az első rézleletek és szerszámok Egyiptomban és Mezopotámiában (és Szíriában) erre az időszakra (a Kr. e. ötödik évezredtől kezdődően) datálhatók (Tylecote 1976: 9). Childe szerint az ún. városi revo-

lution zajlott le ebben az időben (Childe 1952: 7. fejezet; lásd még Lamberg- Karlovsky és Sabloff 1979; Masson 1980; 1989: 33-41; Oppenheim és Oppenheim 1979; Masson 1980: 33-41). 1968; lásd még Adams 1981; Pollock 2001: 45; Bernbeck és Pollock 2005: 17; Zablotska 1989: 34-38; Bondarenko 2006: 50; Mellaart 1975; Wenke 1990: 326-330; Turnbaugh *et al.* 1993: 464-465; Harris 1997: 146; Schultz és Lavenda 1998: 214-215; Balter 2006).⁸

A *harmadik* fázisban, az i. e. 5000 és 3500 (5300-3700) között, azaz i. e. 3000 és 1500 között, a földművelés mellett kialakult az állattenyésztés, a kézművesség és a kereskedelem, amelyek külön gazdasági ágakká differenciálódtak (ahogy az olvasók emlékeznek a kézműves-agrár elv harmadik fázisára, egyúttal az agrárforradalom utolsó innovatív fázisának tekintjük). Bár elméletünk szerint a kézművesség nem határozta meg az agrárforradalom fejlődését, szükségesnek tűnik megjegyezni, hogy Csubarov adatai szerint a második szakasz végén és a harmadik elején a nagy újítások igen széles körű elterjedése (kerék, eke, fazekaskorong, hám [igásló], bronzkohászat *stb.*) volt megfigyelhető (Chubarov 1991; az ekéről lásd még McNeill 1963: 24-25; Kramer 1965; a bronzkohászatról lásd Ty- lecote 1976: 9). Ez volt az az időszak, amikor a Közel-Keleten felemelkedtek az első államok, majd em- pireumok. A városiasodás is kiterjedt, új területeket elérve. Ez az időszak Egyiptomban az Újbirodalom elején jelentős gazdasági, agrotechnikai és kézműves fellendüléssel zárult (Vinogradov 2000).

A *negyedik* szakasz (i.e. 3500-tól 2200-ig [3700-2500], vagy i.e. 1500-200 között) az az időszak, amikor a világ számos részén kialakultak az intenzív (többek között öntözés nélküli szántó) gazdálkodási rendszerek. A kézművesség, a városok és a kereskedelem példátlan virágzását, valamint új civilizációk kialakulását és más folyamatokat figyelhetünk meg, amelyek arra utalnak, hogy az új termelési elv közeledett az érettségéhez. Ez a szakasz egészen az új, hatalmas világbirodalmak kialakulásáig tartott, Rómától nyugaton Kínáig keleten, ami később a termelőerők és más társadalmi szférák jelentős változásaihoz vezetett.

Az *ötödik* szakasz (a Kr. e. harmadik század végétől a Kr. u. kilencedik század elejéig) volt a legteljesebb fejlődés időszaka.

⁸ A termelő gazdaságok kialakulása a Közép-Andokban és Mezoamerikában az i. e. hetedik és hatodik évezredben kezdődött (lásd Berezkin 2007b; 2013: 17; lásd még Dillehay *et al.* 2010; Quilter *et al.* 1991; Vega-Centeno 2010).

a kézműves-agrár gazdaság termelőerői, az ősi civilizációk virágzásának és felbomlásának, valamint az új típusú (arab, európai *stb.*) civilizációk kialakulásának időszaka.

A hatodik szakasz elején (a IX. századtól a XV. század első harmadáig) fontos változásokat figyelhettünk meg a termelésben és más szférákban az arab-izlám világban és Kínában; különösen a Kr. e. I. század második felében az Indiai-óceán medencéjében széles körű orszáközi kereskedelmi hálózat alakult ki a kelet-afrikai partoktól Délkelet-Ázsiáig és Kínáig (Bentley 1996, Chew 2014, 2016; Boussac *et al.* 2016). Később Európában megindult a városi és gazdasági növekedés, amely végül megteremtette az ipari forradalom első ipari központjait és előfeltételeit (lásd még Grinin és Korotajev 2013).

2.4. A történelmi folyamat harmadik formációja. A kereskedelem-ipari termelés elve

A kereskedelmi-ipari termelési elv első szakasza (ahogy az olvasó emlékszik rá, ez az ipari forradalom kezdeti szakaszának kezdetét jelenti) a tizenötödik század második harmadától a tizenhatodik század végéig tartó időszakra tehető. Ebbe a szakaszba azok a tevékenységtípusok tartoznak, amelyek egyrészt nyitottabbak voltak az újításokra, másrészt nagyobb többlet felhalmozására voltak képesek (a kereskedelem [Mantoux 1929; Bernal 1965; Cameron 1989; lásd még Acemoglu *et al.* 2005] és a gyarmati tevékenységek [Baks 1986], amelyek a XVI. század eleje után egyre inkább összefonódtak). Emellett ebben az időben bizonyos területeken kezdetleges iparok (de még mindig iparágak) alakultak ki. Ebben a korszakban keletkezett Wallerstein (1974, 1987) szerint a kapitalista világgazdaság.

Érdeemes megemlíteni azt az álláspontot, amely szerint a tizennyolcadik századi ipari forradalom mellett egy korábbi ipari forradalom (vagy akár ipari forradalmak) is zajlott. Ezt az 1100 és 1600 között Európában lezajlott technológiai fellendülést már régen - már az 1930-as években - észrevették Lewis Mumford (1934), Marc Bloch (1935), Eleanora Carus-Wilson (1941) munkáival kezdve, és a gazdaságtörténészek 1950 körül aktívan tanulmányozták (1980Lilley 1976; Forbes 1956; Armytage 1961; Gille 1969; White 1978; Gimpel 1992; lásd még Hill 1955; Johnson 1955; Bernal 1965;

Braudel 1973; Islamov és Freidzon 1986: 84; Gurevich 1969: 68; Dmitriev 1992: 140-141; Hoot 2010; további részletekért lásd Lucas 2005). Ezt az időszakot joggal tekinthetjük a tudományos áttörések, illetve számos forradalmi áttörés idejének is, például a matematikában, a csillagászatban, a földrajzban, a térképészetben stb. (lásd *pl.* Singer 1941; Goldstone 2009). Mégis úgy tűnik, hogy az utóbbi két évtizedben a kora újkor (az ötödik század vége - tizenharmadik század) megjelölésének gondolata számos támogatót talált. Azonban mindezek a tudósok nem kapcsolják a kora újkor időszakát egy korábbi ipari forradalomhoz.

Véleményünk szerint a korai ipari forradalom eszméje az explanatóriumi terminusokban nagyon hasznos, de szükség van a saját fogalmi fejlődésére abba az irányba, amely lehetővé teszi, hogy ezt a korai forradalmat ne annyira különálló, elszigetelt jelenségként, hanem az ipari forradalom kezdeti szakaszaként (vagy a kézműves-agrár termelési elv utolsó szakaszában bekövetkezett újításokként) kezeljük. Nagyon sematikus ez a megközelítés a következőképpen vázolható fel.

Az 1100 közötti időszak az ipari forradalom előkészítő időszakának tekinthető, amelyben Európa egyes régióiban (Észak-Olaszország, Dél-Németország, Hollandia, Dél-Franciaország) a korai kapitalista viszonyok és termelési formák igen élénk megnyilvánulása figyelhető meg [lásd *pl.* Pirenne 1920-1932; Wallerstein 1974; Postan 1987; Milszkaja] és Rutenburg 1993; Lucas 2005]).

A tizenötödik század végétől a tizenhatodik század végéig tartó időszak az ipari forradalom kezdeti szakasza, amely a hajózás, a gépészet és a vízimalom alapján történő gépesítés fejlődésével, a különböző gépek elterjedésével és javításával, a munkamegosztás fejlődésével jár együtt. Ebben az időszakban Európa különböző részein jelentős áttörések történnek különböző irányokban, amelyek a korszak végére szintetizálódnak az általános nyugat-európai rendszerben (Johnson 1955; Braudel 1973; Wallerstein 1974; Barg 1991; Yastrebitskaya 1993; Davies 1996). Az egyik országban bekövetkezett változások általában jelentős hatást gyakoroltak a többi ország gazdaságára és életére - az újítások elterjedése, speciális szakkönyvek kiadása, a műszaki szakemberek különböző országokba való vándorlása, a különböző vívmányok és újítások királyok és császárok által birodalmaikban történő bevezetése stb. révén. Így lenyűgöző eredményeket találunk a következő területeken

a bányászat gépesítése Dél-Németországban és Csehországban; a spanyolok és portugálok, de az angolok is jelentős mértékben hozzájárultak a hajózás, a földrajzi felfedezések és a világkereskedelem fejlődéséhez; a gyártási technológiák jelentős fejlődése olasz és flamand városokban; jelentős változások a mezőgazdaságban Észak-Franciaországban és Hollandiában; fontos tudományos és matematikai felfedezések olasz, francia, lengyel és angol tudósok által; új pénzügyi technológiák kifejlesztése Olaszországban (Barone 1993; Davies 2001, 1996; Collins és Taylor 2006; Goldstone 2006). 2009, 2012; Ferguson 2011; Porter 2012). De mindez amúgy is hamar Európa közös örökségévé vált.

A XVII. század elejétől a XVIII. század első harmadáig tartó időszak a középső szakasz, amikor megfigyelhetjük a komplex ipari szektor és a kapitalista gazdaság kialakulását, a gépesítés fokozódását és a munkamegosztás elmélyülését. Ez a korszak a hollandok kereskedelmi vezető szerepének kora, a spanyol és portugál hegemónia utódja. Hollandia a hajóépítés, a gépesített kikötői létesítmények és a halászat példátlan iparát hozta létre (Boxer 1965; Jones 1996; de Vries és van der Woude 1997; Rietbergen 2002; Israel 1995; Allen 2009). A XVII. század azonban a haditechnika és a tudomány, a mérnöki tudományok igen nagy változásainak évszázada; míg a háborúk és más folyamatok következtében Hollandia elvesztette vezető szerepét, amely fokozatosan Nagy-Britanniába került (Rayner 1964; Boxer 1965; Snooks 1997; Jones 1996; de Vries és van der Woude 1997; Rietbergen 2002). Az ipari forradalom (és az új termelési elv) ezen szakaszában tehát egyes országokban (elsősorban Hollandiában és Angliában) új iparágak váltak dominánssá.

Végül az 1730 és 1830 közötti időszakot az ipari forradalom utolsó szakaszaként azonosíthatjuk, amely a gépi termelési ciklus és a gőzerő felhasználásával járó ágazatok létrejöttével járt együtt. A kézi munka gépekkel való kiszorítása az Angliában kialakult pamuttextilgyártásban zajlott (Mantoux 1929; Berlanstein 1992; Mokyr 1993, 1999; Griffin 2010). Watt gőzgépét az 1760-as és 1770-es években kezdték el használni. Egy új, nagyhatalmú iparág - a gépi termelés - alakult ki. Az ipari áttörés többé-kevésbé az 1830-as években fejeződött be Angliában. Bár Nagy-Britannia itt egyértelműen vezető szerepet töltött be, de ebben az időszakban is megfigyelhetjük, hogy számos

fontos, páneurópaiként azonosítható folyamatok (többek között a haditechnika, a kereskedelem, a tudomány fejlődése, a tizennyolcadik század második felének páneurópai kereskedelmi és ipari válsága, a demográfiai forradalom kezdete - lásd alább). Ebben a koncepcióban az ipari forradalomban egyértelműen Európa különböző társadalmainak együttes eredményét, az eredmények egyfajta váltófutását látjuk. Az iparosodás sikerei ekkorra már számos országban megmutatkoztak, és jelentős demográfiai átalakulások is kísérték (Armengaud 1976; Minghinton 1976: 85-89).

A *negyedik* szakasz (az 1830-as évektől a XIX. század végéig) a gépi termelés győzelmének és erőteljes elterjedésének időszaka. Az *ötödik* szakasz a XIX. század végétől a XX. század elejéig, egészen az 1920-as évek végi és 1930-as évekbeli világgazdasági válságig tartott. Ebben az időszakban hatalmas változások zajlottak le. A vegyipar erőteljes fejlődésen ment keresztül, áttörés volt tapasztalható az acélgyártásban, a villamos energia széles körű használata (az olajjal együtt) fokozatosan kezdte felváltani a szenet. A villanymotorok megváltoztatták mind az üzemeket, mind a mindennapi életet. A belsőégésű motorok fejlődése az autók széles körű elterjedéséhez vezetett. A *hatodik* szakasz a huszadik század közepéig tartott. Ebben az időszakban a termelés erőteljes intenzívebbé válása és a termelésszervezés tudományos módszereinek bevezetése zajlott. A szabványosítás és a termelési egységek bővítése példátlanul nagymértékben fejlődött. A közelgő kibernetikai forradalom jelei egyre nyilvánvalóbbá váltak.

Szoros összefüggést állapítottunk meg a termelési elvek és a Kondratieff-ciklusok között. Erről az összefüggésről az ipari és a tudományos-kibernetikai termelési elvek tekintetében lásd a függelék 3.

2.5. A történelmi folyamat negyedik formációja. A tudományos-kibernetikai termelési elv és a kibernetikai forradalom

A tudományos-kibernetikus termelési elv még csak a kezdeténél tart (lásd a 3. ábrát); csak az első szakasza fejeződött be, és a második szakasz még csak most kezdődik. Ezért a következő fázisok hosszára vonatkozó számítások erősen hipotetikusak. Ezeket a számításokat az 1. és 2. táblázat tartalmazza (lásd a 2. függelék).

A tudományos-kibernetikus termelési elv *első* szakasza az 1950-es évek és az 1990-es évek közepe között zajlott, amikor az információs technológiák erőteljes fejlődése és a valódi gazdasági globalizáció kezdete volt megfigyelhető. Ez is a termelés és a körforgásirányítás tudományos módszereire való áttéréssel függ össze. Mint az olvasónak emlékeznie kell, a termelési elv első szakasza megfelel a termelési forradalom kezdeti szakaszának. Különösen fontos változások történtek az információs technológiákban. Ezen kívül ennek a termelési forradalomnak volt még néhány más iránya is: az energiatechnológiákban, a szintetikus anyagok előállításában, az automatizálásban, az űrkutatásban és az agrárkultúrában. Fő eredményei azonban még váratnak magukra.

Az 1950-es években kezdődött és napjainkig tartó *termelési forradalmat* néha "tudományos-technikai" forradalomnak nevezik (*pl.* Bernal 1965; Benson és Lloyd 1983). Mindenesetre helyesebb lenne azonban kibernetikai forradalomnak nevezni, mivel fő változásai a különböző folyamatok irányításának gyorsan növekvő lehetőségeit jelentik az önszabályozó autonóm rendszerek létrehozásával vagy a szükséges folyamatot elindítani képes kulcsparaméterekre és -elemekre gyakorolt hatás révén *stb.* (lásd e forradalom elnevezéséről és a kibernetika tudományterületével való kapcsolatáról szóló magyarázatainkat a következő fejezetben).

A tudományos-kibernetikus termelési elv *második* szakasza (= a kibernetikus forradalom köztes szakasza, lásd a 3. ábrát) az 1990-es évek közepén következett be, a felhasználóbarát számítógépek, kommunikációs technológiák, mobiltelefonok *stb.* kifejlesztésével és széles körű elterjedésével együtt. Az orvostudomány és a biotechnológia is nagyot lépett előre (lásd a 3-4. fejezetet), valamint néhány más innovatív terület (lásd az 5-6. fejezetet). Ez a szakasz a mai napig tart.

A *harmadik* szakasz körülbelül a 2030-as és 2040-es évek között kezdődhet. Ez a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdetét jelenti, amely véleményünk szerint az "önszabályozó rendszer" korszakává válhat (lásd alább a következő fejezetekben), vagyis a különböző természeti és termelési folyamatok célzott befolyásolásának és irányításának lehetőségeinek hatalmas bővülését. Az ilyen jellegű változásokkal kapcsolatban számos különböző feltevés létezik, ezekkel a tudósoktól kezdve a filozófusokon át a fantasztákig különböző területek értelmiségije foglalkoznak (lásd *pl.* Fukuyama 2002; Sterling 2005; de Grey 2008). De ahogyan mi is

az alábbiakban bemutatjuk, hogy ennek a forradalomnak a végső szakasza az orvostudomány területén kezdődhet, és annak innovatív ágaihoz fog kapcsolódni; ez tehát az emberi szervezet és talán annak biológiai természetének komoly módosításához vezet.

A tudományos-kibernetikus termelési elv *negyedik, ötödik és hatodik* szakaszának várható hosszát lásd a 2. függelék 1. táblázatában. Általánosságban elmondható, hogy ez a század végére vagy a következő század elejére érhet véget (további részleteket lásd Grinin 2006b).

A következő fejezetet a kibernetikai forradalom fő jellemzőinek elemzésének szenteljük, míg az ezt követő fejezetek a forradalom főbb innovatív ágait és irányait tárgyalják.

Fejezet 2

A kibernetikai forradalom jellemzői és logikája. MANBRIC-Technologies

1. A kibernetikai forradalom jellemzői

Az alábbiakban felsoroljuk a kibernetikai forradalom és a technológiák legfontosabb jellemzőit és tendenciáit. Ma már megfigyelhetők, de kiforrott és tömeges formában csak a jövőben fognak megvalósulni. Ezek a jellemzők szorosan kapcsolódnak egymáshoz, és egymást erősítik.

1.1. A kibernetikai forradalom fő jellemzői

A kibernetikai forradalom legfontosabb jellemzői és tendenciái a következők:

1. A növekvő információmennyiség és az információfeldolgozás bonyolultsága (beleértve a rendszerek önálló kommunikációra és interakcióra való képességét).
2. Fenntarthatóan fejlődő szabályozási és önszabályozási rendszer.
3. Korábban hiányzó tulajdonságokkal rendelkező mesterséges anyagok tömeges felhasználása.
4. Minőségileg növekvő irányíthatóság a) a különböző természetű rendszerek és folyamatok (beleértve az élő anyagot is); és b) az anyag új szintű szerveződése (egészen a szubatomi szintig és az apró részecskék építőelemként való felhasználásáig).
5. Miniaturizálás és mikrotizálás¹, mint a részecskék, mechanizmusok, elektronikus eszközök, implantátumok *stb.* folyamatosan csökkenő méretének tendenciája.
6. Erőforrás- és energiatakarékosság minden területen.
7. Az individualizáció/személyre szabás mint az egyik legfontosabb technológiai trend.
8. Intelligens technológiák bevezetése és funkcióik humanizálása (közös nyelv, hang *stb.* használata).
9. Az emberi viselkedés és tevékenység ellenőrzése az úgynevezett emberi tényező negatív hatásának kiküszöbölése érdekében.²

¹ Lásd: <http://www.igi-global.com/dictionary/microtization/18587>.

² Például az emberi figyelem ellenőrzése a balesetek megelőzése érdekében (*pl.* a közlekedésben), valamint az emberek előzetes szellőztetése a nagy kockázatot jelentő eszközök jogellenes vagy beteg állapotban történő használatától (*pl.* nem engedélyezi a gépjárművezetést alkohol vagy kábítószer hatása alatt).

A kibernetikai forradalom technológiáinak jellemzői:

1. Az információ átalakítása és elemzése mint a technológiák alapvető része.

2. A technológiai rendszerek és a környezet közötti növekvő kapcsolat.

3. Az autonómia és a vezérlés automatizálása felé mutató tendencia, a rendszerek növekvő irányíthatóságával és önszabályozásával együtt.

4. Az anyagok és technológiák képességei a különböző célokhoz és feladatokhoz való alkalmazkodásra (intelligens anyagok és technológiák), valamint az *egyes célokhoz és feladatokhoz szükséges optimális rendszerek kiválasztásának képessége*.

5. A különböző természetű rendszerek (pl. az élő és élettelen természet) anyagainak és jellemzőinek nagyszabású szintézise.

6. A gépek, berendezések és hardverek integrálása a technológiával (know-how és a folyamatra vonatkozó ismeretek) egy egységes műszaki és technológiai rendszerbe.³

7. Az önszabályozó rendszerek (lásd alább) a technológiai folyamat fő részévé válnak. Ez az oka annak, hogy a kibernetikai forradalom utolsó (közelgő) szakaszát az *önszabályozó rendszerek korszakának* nevezhetjük (lásd alább).

*A különböző fejlesztési irányoknak az innovációk rendszerszintű összefogását kell létrehozniuk.*⁴

1.2. Miért nevezzük a legújabb termelési forradalmat "kibernetikusnak"?

A termelési forradalmak elmélete abból a feltételezésből indul ki, hogy a forradalmak lényege csak a végső fázisban figyelhető meg a legtisztábban. A kezdeti és közbenső fázisokban, amelyek még nem alkotnak egyértelmű rendszert, visszamenőlegesen lehet felvázolni a jövőbeli jellemzőket. Így a harmadik termelési forradalom elnevezése a következőkön alapul

³ Az ipari korszakban ezek az elemek külön léteztek: a technológiák papíron vagy a mérnökök fejében maradtak fenn. Jelenleg az információs és egyéb technológiáknak köszönhetően a technológiai alkotóelemek töltik be az irányító funkciót. Ez pedig megkönnyíti az átmenetet az önszabályozó rendszerek korszakába.

⁴ Így például az erőforrás- és energiatakarékosság az autonóm rendszerek által választott optimális üzemmódok révén valósulhat meg, amelyek meghatározott célokot és feladatokat teljesítenek, és *fordítva*, az optimális üzemmód kiválasztása az energia- és anyagfogyasztás szintjétől és a fogyasztó költségvetésétől függ. Vagy az önszabályozás lehetőségei lehetővé teszik egy adott döntés kiválasztását az egyedi feladatok, megrendelések és kérések sokféleségére (pl. a 3D nyomtatókkal és egyedi program optimális kiválasztásával).

a végső fázisra vonatkozó előrejelzéseinkről. Feltételezzük, hogy *ennek a fázisnak a legfontosabb eleme az önszabályozás és az önellenőrzés elvének széles körű alkalmazása lesz a különböző technológiai rendszerekben, amelyek ennek eredményeként önszabályozó rendszerré alakulnak át. Ugyanakkor az új típusú rendszerek ötvözni fogják az élő anyag jellegzetességeit a technológiai elvekkel.* Ezt a megújulást "kibernetikusnak" nevezzük, mivel az önszabályozó rendszerek széles körű elterjedéséhez fog vezetni. Az ilyen rendszerek elemzését a kibernetika eszméire alapozzuk, amely a kommunikáción (azaz az információ fogadásán, továbbításán és átadásán) alapuló, különböző komplex szabályozott rendszerek feletti irányítás elmélete (lásd pl. Wiener 1948; Ashby 1956; Beer 1994/1959.; Foerster és Zopf 1962; Umpleby és Dent). 1999; Tesler 2004).

A kibernetika úgy is definiálható, mint az információ fogadásának, tárolásának és továbbításának általános törvényszerűségeinek tanulmányozása komplex irányítható rendszerekben. Fő elvei igen alkalmasak az önszabályozó és önvezérlő rendszerek leírására.⁵ Mindenesetre a szabályozás és az információ fogalmait a kibernetika legfontosabb fogalmainak tekintik, hiszen információ átalakítása nélkül nem lehet semmit sem irányítani. A kibernetikai forradalmon belül az információfeldolgozással és a bonyolultabb irányítási rendszerekkel kapcsolatos technológiák válnak kiemelkedő jelentőségűvé. Ezért van értelme a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának tekinteni az információs technológiák megváltoztatását, mivel az információs technológiák képezik a szabályozó technológiákra való áttérés alapját. A rendszereken belüli szabályozás és önszabályozás (mint a szabályozás legmagasabb formája) a kibernetika legfontosabb kategóriái is.

1.3. Mik azok az önszabályozó rendszerek?

A kibernetikai forradalom fő jellemzője tehát a sajátos típusú rendszerek megjelenése és széles körű elterjedése: a szabályozható rendszereké (bizonyos szempontból önállósult, azaz önállóan működni képes rendszerekként is nevezhetjük őket), valamint a magasabb szintű - önszabályozó - rendszereké.

⁵ Jelen munkában önszabályozó rendszerek alatt nemcsak önszabályozó gépeket és önszabályozó folyamatokat értünk, hanem a magas szintű önszabályozással rendelkező rendszerek szélesebb körét, valamint biológiai, techno-biológiai és egyéb természetű technológiákat, amelyeket az orvostudományban, a géntechnológiában, a robotikában és más ágazatokban és szférákban alkalmaznak és fognak alkalmazni. Különböző önszabályozó rendszereket fognak használni az emberi viselkedés szabályozására is különböző helyzetekben.

Hadd magyarázzuk el. *Az irányítható (önálló) rendszerek az irányíthatóság elvén alapulnak, ez egy magasabb szintű irányítást jelent, amely nem közvetlen emberi irányítás, hanem valamilyen élettelen (műszaki vagy más jellegű) irányító rendszeren vagy alrendszeren keresztül történő irányítás. Valójában az ilyen típusú szabályozott rendszereknek nagyobb autonómiával kell rendelkezniük.* Ahogyan még egy primitív gép is különbözik egy mechanikus készüléktől, úgy különbözik az autonóm rendszerek általi irányítás az emberi irányítástól vagy a primitív készülékek általi irányítástól. Az irányíthatóság legmagasabb szintjét *önszabályozásnak* nevezzük.

Önszabályozás és önszabályozó rendszerek. *Az önszabályozó rendszerek olyan rendszerek, amelyek a beágyazott programok és intelligens (és egyéb) komponensek segítségével képesek önmagukat szabályozni, előre programozott és intelligens módon reagálni a környezetből⁶ érkező visszajelzésekre, valamint önállóan működni (vagy alternatívákat javasolni) a legkülönbözőbb változatokban, lehetőséget biztosítva az optimális rendszerek kiválasztására bizonyos célok és feladatok összefüggésében.* Ezek olyan rendszerek, amelyek minimális vagy nulla emberi beavatkozással működnek.

Összességében ez a technológiákon keresztül történő szabályozásra utal, amely lehetővé teszi a rendszerek számára, hogy: a) az idő nagy részében emberi irányító beavatkozás nélkül működjenek; b) több lehetőségük legyen önállóan reagálni a változásokra és operatív döntéseket (és a jövőben felelős döntéseket is) hozni; c) önszabályozásra és önbeállításra. Más szóval, ezek a speciális technológiák lehetővé teszik, hogy a szükséges folyamatok önállóan működjenek, és csak az előre meghatározott paramétereiktől való váratlan eltérések vagy a paraméterek valamilyen fontos visszaállítása esetén avatkozzanak be (természetesen jelzést kell adni a változó paramétereikről, és üzenetet kell küldeni, amelyben megkérdezik a változtatások engedélyezését, vagy számos lehetséges opciót kell megadni). Hangsúlyozzuk, hogy ez nemcsak a technikai, hanem a bi-ológiai, összetett vagy néhány más típusú rendszerre is vonatkozik.

Ma már számos önszabályozó rendszer vesz körül bennünket, például a mesterséges Föld műholdak, pilóta nélküli repülőgépek, navigátorok, amelyek kijelölik az útvonalat a sofőr számára. Emellett megjelennek az önvezető elektromos járművek (további részletekért lásd a 6. fejezetet). Egy másik jó példa az életet támogató rendszerek (például az orvosi lélegeztetőgép vagy a mesterséges szív). Számos paramétert képesek szabályozni, kiválasztani a legmegfelelőbbet.

⁶ A környezettel való kapcsolat és a rendszer által a környezet változásai alapján hozott "döntés" "kiválasztása" szintén a kibernetika legfontosabb gondolatai közé tartozik.

képes üzemmódban és a kritikus helyzetek észlelésére. Vannak olyan speciális programok is, amelyek meghatározzák a részvények és más értékpapírok értékét, reagálnak az árváltozásokra, vásárolnak és eladnak, egy nap több ezer műveletet hajtanak végre, és nyereséget rögzítenek. Számos önszabályozó rendszer jött létre. Ezek azonban többnyire technikai és információs rendszerek (mint a robotok vagy számítógépes programok). A kibernetikai forradalom végső fázisában rengeteg önszabályozó rendszer fog megjelenni, amelyek a biológiához és a bionikához, a fiziológiához és az orvostudományhoz, a mezőgazdasághoz és a környezetvédelemhez kapcsolódnak. Az ilyen rendszerek száma, összetettsége és autonóm jellege drámaian meg fog nőni. Emellett alapvetően csökkenteni fogják az energia- és erőforrás-felhasználást. Az emberi életet nagyobb mértékben az ilyen önszabályozó rendszerek fogják szervezni (*pl. az egészségi állapot nyomon követése, a fizikai terhelésre, a diétára és a betegek állapotának és viselkedésének egyéb ellenőrzésére vonatkozó szabályozás vagy ajánlások révén; a törvénytelen cselekmények megelőzése stb. révén*). Ennek eredményeképpen megnő a lehetőség a különböző természeti, társadalmi és ipari termelési folyamatok közvetlen emberi beavatkozás nélküli (ami jelenleg lehetetlen vagy rendkívül korlátozott) ellenőrzésére.

Napjainkban számos olyan úgynevezett "intelligens" technológia és dolog létezik, amelyek megfelelő és meglehetősen rugalmas módon reagálnak a külső hatásokra. Egyszerű, de nagyon szemléletes példa erre a matrac vagy párna, amely felveszi (vagy megjegyzi) a felhasználó testének (fejének) formáját; egy másik példa a kaméleon napszemüveg, amely a napfény fényerejétől függően változtatja a napvédelem intenzitását. Ezek a technológiák, valamint egyes automatikus rendszerek, mint például az automatikusan nyíló ajtók, az automatikusan kapcsoló lámpák *stb.* azonban csak az önszabályozás néhány elemét alkalmazzák. Az önszabályozó rendszereken belül az azonosítás, a memorizálás és a rezsim kiválasztásának folyamatainak sokkal nagyobb léptékben kell működniük; gyakran bizonytalan lehetőségek keretein belül kell választani. Azt mondhatjuk, hogy az önszabályozás elemeivel rendelkező "intelligens" technológiák reakcióamplitúdója az előre meghatározott tartományon belül van. Például egy (WiFi-n keresztül az Internethez csatlakozó) hőmérséklet-szabályozó, amely megjegyzi az egyén éghajlati szokásait egy adott időszakban, meglehetősen kis amplitúdóval rendelkezik a preferenciák tekintetében. Míg az önszabályozó rendszerek esetében a variációk mennyisége nagyjából korlátlan, egy ilyen rendszer a lehetőségei keretein belül bármilyen kombinációban képes megfelelő cselekvési modellt választani.

Nézzük a navigátort. A célállomás eléréséhez általában több útvonal is létezik, de mivel a navigátorok minden pontról tudnak irányt mutatni, a navigátor feladata, hogy a sofört bármely helyről elvezesse a célállomáshoz. A célállomás eléréséhez vezető útvonalak száma nem korlátozott (hiszen ha több lehetséges útvonal is van, a variációk száma nő). Itt az önszabályozás foka magasnak tekinthető, bár maga a készülék nem túl bonyolult.

1.4. A kibernetikai forradalom fő irányai

Feltételezzük, hogy a kibernetikai forradalom végső fázisában a különböző *fejlődési tendenciák az innovációk rendszerklaszterét fogják létrehozni, ahogyan az a termelési forradalmak innovatív fázisaiban gyakran előfordul*. Ami tehát a kibernetikai forradalom végső szakaszára vonatkozó előrejelzéseket illeti, véleményünk szerint a *kibernetikai forradalom végső szakaszának általános mozgatórugói az orvostudomány, az additív (3D nyomtatók), a nano- és biotechnológiák, a robotika, az IT, a kognitív tudományok lesznek*, amelyek együttesen az *önszabályozó termelés kifinomult rendszerét* fogják alkotni. Ezt a komplexumot **MANBRIC-technológiák** néven jegyezzük meg (a betűk sorrendjéről a betűszóban lásd még az előző fejezet 2. megjegyzését).

Egy másik kérdés az, hogy a kibernetikai forradalom végső szakasza melyik szférában fog elindulni? Melyik lesz az első? Először is, nem szabad elfelejteni, hogy az "áttörés" szűk szférában fog történni, ahogyan az az ipari forradalom idején is történt (amikor az áttörés egy szűk területen - a gyapotiparban - történt). Hasonló módon feltételezzük, hogy a kibernetikai forradalom is egy bizonyos területen fog először elindulni. A tudományos eredmények és a technológiai fejlődés általános vektorát figyelembe véve, és figyelembe véve, hogy a jövőbeli áttörést jelentő területnek kereskedelmi szempontból rendkívül vonzóknak kell lennie, és nagy piaccal kell rendelkeznie, azt várjuk, hogy a forradalom utolsó szakasza (az önszabályozó rendszereké) az orvostudomány egyik új ágában vagy a hozzá kapcsolódó területen fog kezdődni. A fejlődés azonban az önszabályozó rendszerek különböző új területeken való elterjedésének, integrálásuknak és a MANBRIC-technológiák komplexumának fejlesztésének útját fogja követni.

Feltételezésünk, hogy az első terület az orvostudomány új ága lesz, a) a legújabb technológiai vívmányok elemzésén alapul; b) számos megfigyelt demográfiai és gazdasági tendenciára, amelyek kedvezőek az orvostudomány térnyerése szempontjából (lásd a 3. fejezetben); c) a termelési forradalmak elméletében felfedezett szabályszerűségekre, amelyeket a következő fejezetben elemzünk.

2. A termelési forradalom logikája: A hasznosság és a fázisok közötti összefüggések elemzése

A termelési elvek és a termelési forradalmak elméletének jelentősége abban áll, hogy lehetővé teszi a termelés és a technológiai fejlődés fejlődés részletesebb és gyümölcsözőbb leírását, valamint lehetővé teszi a kibernetikai forradalom és a tudományos-kibernetikai termelési elvek kibontakozásának előrejelzését. Ezek az eszközök bizonyítják az elmélet tudományos jellegét. Előrejelzésünk a termelési forradalmak fázisaiban azonosított szabályszerűségeken alapul. Ebben a fejezetben meghatározzuk ezeket a szabályszerűségeket és azt, hogy miként lehet őket az előrejelzésben felhasználni.

Emlékeztünk arra, hogy a termelési forradalmak javasolt koncepciójának alap gondolata az, hogy *minden termelési forradalmon belül a három fázis mindegyike funkcionálisan azonos szerepet játszik, miközben a fázisok időtartama az egyes ciklusok keretében megközelítőleg azonos* (további részletekért lásd a 2. függelékét). Így az agrár- és az ipari forradalmon belül azonosított szabályszerűségek alapján a következő feltevéseket tehetjük:

– *Először is*, a kibernetikai forradalom köztes (modernizációs) szakaszának időtartamáról;

– *Másodszor*, a forradalom végső szakaszának kezdetéről és hozzávetőleges időtartamáról;

– *Harmadszor*, az új technológiai áttörés által érintett ágazatokról és irányokról.

Ezért a termelési forradalmak elmélete módszertani-logikai megközelítést nyújt a kibernetikai forradalom jövőbeli technológiai változásaival kapcsolatos előrejelzéseink megalapozásához. Emlékeztetjük az olvasót, hogy a kibernetikai forradalom kezdeti szakasza már lezárult (1950-től az 1990-es évek elejéig tartott), a modernizációs pedig körülbelül a fejlődés felénél tart (az 1990-es években kezdődött, és feltehetően a 2020-2030-as évek végéig tart). Összehasonlíthatjuk tehát az elméletnek a termelési forradalom egyes szakaszaira vonatkozó előrejelzéseit a mai valósággal, és következtethetünk arra is, hogy a technológiák milyen szerepet fognak játszani a kibernetikai forradalom utolsó szakaszában.

Egy ilyen módszertan jobb magyarázatának megadása érdekében számos funkcionális és folyamatbeli kapcsolatot fogalmazzunk meg a kezdeti és a

a termelési forradalom végső fázisai, a kezdeti és a köztes fázisok, valamint a termelési forradalmak köztes és végső fázisai között. Annak az algoritmusnak az ismeretében, hogy a termelési forradalom kezdeti szakaszában megnyilvánuló folyamatok hogyan alakíthatók át a köztes és a végső fázisban, a kezdeti és a befejezetlen középső szakasz vizsgálatából kiindulva előrejelzéseket adunk a kibernetikai forradalom fejlődéséről a következő évtizedekre.

2.1. A kezdeti szakasz sajátosságai: A nem rendszerszintű tendenciák rendszerré való összeolvadása és újak kifejllesztése

A termelési forradalom *kezdeti szakaszát* a következő sajátosságok jellemzik:

1. *Számos olyan trend és újítás, amely a korábbi termelési elvben nem volt rendszerszintű, rendszerszintű jelleget kap.* A nem rendszerszintű jelleg azt jelenti, hogy a korábbi termelési elvben ezek a jelenségek nem játszottak döntő szerepet, és nem annak fő jellemzőiből következtek, míg egy új termelési elvben e jellemzők szerepe jelentősen megnő. Ezt példázhatja az automatizálás, amely az ipari termelésen belül bizonyos mértékben már jóval a kibernetikai forradalom előtt kialakult. Az ipari termelési elv egyik fő jellemzője az, hogy a termelést az emberek által működtetett gépek végzik, akik érzékszerveiket, erejüket és képzettségüket használják. Ugyanakkor egyes műveleteket emberi beavatkozás nélkül, azaz automatikusan végeztek. A folyamatok automatizálása azonban nem volt lényeges, és nem is volt az ipari termelési elv szükséges jellemzője, hanem annak extra bónusza. A huszadik század elején az automatizálás erőteljes fejlődésnek indult (*pl. az elektrotechnikában a balesetek megelőzésére, a motorokban a kényelmes vezérlés érdekében stb.*). De még mindig nem volt döntő jelentősége, mivel nem használták általában a technológiai folyamatok automatizálására.

Ezért ebben az időszakban az automatizálás az olyan alapvető jelenség, mint a gépesítés, hiperfejlődésének tekinthető. A huszadik század első felében azonban az automatizálás nem volt az ipari termelési elv vezető irányzata. Ellenkezőleg, a vezetés a legújabb laborosztás folyamataihoz tartozott, beleértve az összeszerelő-áramlásos termelés széles körű elterjedését (egy kon-

Az állandóan fokozódó munkamegosztás az ipari termelési elv lényeges és átlátható jellemzője, amely a manufaktúrákban szembetűnően megnyilvánul.) Az automatizálás fejlődése a huszadik század második felében egészen más kérdés. A tudományos-kibernetikai termelési elv legfontosabb jellemzőjévé vált (a kezdeti szakaszában), új alkalmazási és megvalósítási formákat találva a folyamatok feletti irányítás emberi költségeinek felszabadításában (különösen az információs és kommunikációs technológiákban [ICT]).

Így a termelési forradalom kezdeti szakasza a legnagyobb mértékben fejleszti az előző időszak nem rendszereségeit. Ebben a tekintetben az automatizálás követte a gépesítést (lásd pl. Lilley 1966; Philipson 1962; Bernal 1965); hasonlóan ahhoz, ahogy a szintetikus anyagok kémiaja követte a szerves kémiát (Zvorykin *et al.* 1962); és ahogy a mezőgazdaságban a zöld forradalom követte az agronómiát (Thirtle *et al.* 2003). A rádió- és televíziós technológiák fejlődése folytatta az információátadás új eszközeinek korábban kialakult tendenciáját. Az ilyen folytonosság elfedheti az egyik korszakból a másikba való átmenet intenzitását. Így nem meglepő, hogy az 1950-es és 1970-es években a tudományos és technológiai fejlődést az ipari forradalom folytatásának tekintették, legjobb esetben pedig új ipari forradalomként (tudományos és technológiai forradalom [Bernal 1965]) definiálták. Ez a szuperfejlődés azonban rendelkezett néhány minőségi jellemzővel, amelyeket az alábbiakban ismertetünk.

2. A korábbi nem rendszerjellemzők és az újonnan megjelenő jellemzők most egy új termelési elvet megjelenítő egységes rendszerré olvadnak össze. Az automatizálás, az anyagok kémiai szintézise, a nem számítógépes elektronika és a kommunikációs eszközök erőteljes fejlődése, a különböző motorok megjelenése, az új típusú energiára és üzemanyagra való általános áttérés, a szelekció és a növényvédelem áttörése, a korábban a mezőgazdaságban és az iparban foglalkoztatott egymillió munkás elbocsátása és a szolgáltatási szektorba való átmenetük; valamint a technológia, az informatika és a tudomány számos új iránya - mindez alapvetően új helyzetet teremt a gazdaságban, és egy új termelési forradalom, nevezetesen a kibernetikus forradalom kezdetét is bizonyítja.

3. Fontos, erőteljes szinergikus hatással bíró tényező a több irányzat kialakulásának és fejlődésének időbeli sűrűsége (klaszteres mintázata), amely kisebb-nagyobb mértékben jellemző egy új termelő-

tion elvét. Ilyen irányok voltak az 1950-es és 1960-as években az atomenergia-ipar, az űrkutatás és az űrfrekvenciák felhasználása kommunikációs és egyéb célokra, a mélytengeri kutatás, az információs és számítástechnika, a sokszorosító berendezések, a lézertechnológia és más területek (pl. genetika, orvostudomány és biotechnológia).

4. *Ezeknek az innovációs területeknek azonban különböző sorsuk lehet:* egyesek közülük a kezdeti szakasz második felében és a köztes szakaszban sajátos és fontos fejlődésen mennek keresztül, míg más irányzatok kevésbé intenzíven fejlődnek. Némelyik (legalábbis időlegesen) zsákutcává válhat. Így jelenleg az atomenergia-ipar a környezeti problémák miatt komoly nehézségekkel néz szembe, a termonukleáris energia elsajátításához fűzött remények elmaradtak a várakozásoktól, míg a mélytengeri kutatás (kivéve a talapzat-tengereket) még mindig egzotikus marad. Ugyanakkor az ICT fejlesztése vált a vezető trenddé.

5. *A vezető ágazat változása a termelési forradalom során.* Egy új termelési elv egyes sajátos jellemzőinek és ágazatainak vezető szerepe különösen nyilvánvalóvá válik a kezdeti szakasz végére vagy a modernizációs szakasz során (mint az ICT esetében). Ezeknek az ágazatoknak időre van szükségük ahhoz, hogy megérjenek és rendszerszintű jelleget nyerjenek. *Így a termelési reform e két első fázisában a vezető ágazatok és szektorok folyamatos változása, valamint új szektorok kialakulása figyelhető meg.* Az új termelési elv egyik ága meglehetősen hosszú ideig (a kezdeti szakasz végétől a köztes szakaszig) kezd dominálni a többi felett. Ez az ág válik a termelési forradalom kulcsjelenségévé és hajtóerejévé. *Később azonban hajtóerőként való szerepe csökken.* Például a gyapjúipar (az ipari forradalom kezdeti szakaszának legfontosabb ága) a fű-nális szakaszban jelentéktelennek tűnt, amikor a gyapotipar váltotta fel.⁷ Tehát feltételezhető, hogy a kibernetikai forradalom végső szakaszában az IKT-k aligha maradnak a legfontosabb szféra. Az új, fejlett technológiák által kiváltott áttörést megtehetik (és valószínűleg meg is fogják tenni), de ez a forradalom végső szakaszának kezdete után fog bekövetkezni. Később, a kibernetikai forradalom végső fázisában (körülbelül a 2040-2050-es években) újabb minőségi áttörésre lehet számítani az IKT-k terén. Például feltételezhetjük, hogy hamarosan

⁷ Az agrárforradalom modernizációs szakaszában kialakult állattenyésztés nem vált a forradalom végső szakaszának vezető irányává.

vagy később elkerülhetetlenül komoly változások következnek be a programozásban. Az előzetesen küldött ez a folyamat munkaigényes és lassú. Valószínűleg a programozás egyes elemeinek egyszerűsítése és robotizálása irányába fog fejlődni, különösen a programok megvalósításában. Más szóval, a gépi programozás nagymértékben helyettesíteni fogja az emberi programozókat, és az "önprogramozás" tendenciája előretör.

6. Már a kezdeti szakaszban megjelennek azok a prototípus ágazatok, amelyek a végső fázisban vezető ágazatokká válnak. A kezdeti szakaszban azonban még nem játszanak vezető szerepet (lásd alább a jövőbeli vezető ágazatról szóló további részleteket).

2.2. A köztes (modernizációs) szakasz jellemzői: az innovációk felhalmozódása és az áttörési pont keresése

1. *A már létező tendenciák nagymértékű elterjedése és újak kialakulása.* Egyrészt ebben a fázisban számos olyan folyamat alakul ki (különböző mértékben), amelyek a termelés felújításának kezdeti szakaszában alakultak ki. Másrészt a modernizációs fázisban nyomon követhetjük azoknak a formáknak a gyökereit, amelyek a termelési forradalom végső fázisában vezető szerephez jutnak. Ezért fontos különbséget tenni a már éretté vált tendenciák és a még csak kialakulóban lévő tendenciák között, valamint megérteni, hogy ezek közül melyek fognak növekedni, és melyek lesznek kevésbé fontosak, stabilizálódnak vagy később csökkennek.

2. *A kibővített fejlesztés. A mélyreható társadalmi és politikai változások szükségessége.* Az új technológiák elterjedése különösen a modernizációs fázis első felében no- gyarázható. A második felében ez a terjeszkedés bizonyos telítődésen megy keresztül, és lelassul, és így fokozódik az innovációs tevékenység. Úgy tűnik, hogy valami fontos dolognak a megelőlegezése történik. De az új rendszer kialakításához szükséges döntő komponens még hiányzik. Ez a hiány egyébként nemcsak az alapvető technológiai újítások, hanem a megvalósítás társadalmi feltételeinek hiányában is megnyilvánulhat. A modernizációs szakasz egyik legfontosabb jellemzője, hogy *ebben az időszakban a társadalmi és politikai viszonyokban bizonyos pro- found változásoknak, sőt áttöréseknek kell bekövetkezniük.* Ami az ipari forradalmat illeti, a XVII. és XVIII. század közötti időszak Nagy-Britanniában, Hollandiában, az USA-ban és Franciaországban olyan társadalmi forradalmak idején volt, amelyek

megváltoztatta a világot. Ez volt a világpolitikai változások időszaka is: A harmincéves háború (1618-1648) és az azt követő westfáliai darab hosszú időre megalapozta a nemzetközi kapcsolatokat. A globalizáció és az általunk az új koalíciók korszakának nevezett időszak (Grinin 2009a, 2012b; Grinin és Korotajev 2010b, 2015) jelentősen meg fogja változtatni a világot, és ez a folyamat már most is zajlik.

3. *A döntő komponens gondolata.* A modernizációs szakasz során felhalmozódnak a lehetőségek és a fejlesztések, amelyek hozzájárulnak a forradalom végső szakaszának elindításához. Minden összetevőnek készen kell állnia erre a kezdetre. Hangsúlyozzuk azonban, hogy az innovációk csak a kulcskomponens megjelenése után alkothatnak új rendszert. Ugyanakkor a termelési rendszeren belüli kapcsolatok újjáépítése általában jelentős lesz.

4. *Egy döntő újítás megjelenése az új területen.* A termelési forradalmak elemzése alapján levezethetjük, hogy a döntő innováció aligha a legfontosabb gazdasági ágazaton belül jelenik meg. (Ahogyan az öntözéses mezőgazdaság sem vált a legfontosabb mezőgazdasági ágazattá az állam előtti barbár társadalmakban, míg a gyapot- ipar nem volt a legfontosabb ipari ágazat a XVIII. század első felében.) Ezen kívül ezen a területen belül bizonyos feltételeknek kell megjelenniük, beleértve a magas kereskedelmi jövedelmezőséget és vonzerőt, amelyek hosszú időn keresztül állandó keresletet biztosítanak. Mindazonáltal a döntő innováció megjelenése még egy ideig alábecsülhető maradhat.

A kibernetikai forradalom végső szakaszának elindításához szükséges döntő innováció a bio- vagy nanomedicina (vagy az orvostudomány más új ága) egyes területein jelenhet meg. Ez lehet egy sor olyan innováció, amely az innovációk növekvő számát egy minőségileg új rendszerré teszi. Könnyen lehet, hogy egy ilyen áttörés a rák elleni sikeres módszerek feltalálásával fog társulni, mivel ez a betegség jelentősen különbözik más betegségektől, és genetikai szintű megoldásokat, valamint alapvetően új technológiák alkalmazását igényli.

2.3. A végső szakasz sajátosságai

1. *A termelési forradalom fő jellemzői eléri az érettséget.* A forradalom végső fázisának minden alapvető jellemzője megtalálható már a kezdeti fázisban, bár differenciálatlanul, hiányosan, illetve

fejletlen állapotban. A jövőbeli rendszer ezen jellemzői a köztes fázisban mutatkoznak meg, amikor a termelési elv viszonylag teljes, bár fejletlen formát ölt.

Így a kibernetikai forradalom fő jellemzőire a kezdeti és a köztes szakaszok elemzése alapján következtethetünk, azok jellemzőire és fejlődési dinamikájára összpontosítva. Ez az elemzés lehetővé teszi a kibernetikai forradalom legfontosabb jellemzőinek kiemelését, beleértve az erőforrás-takarékosságot, a miniatürizációt, az individualizációt, a mesterséges és intelligens anyagok szélesebb körű alkalmazását stb. Ezek a jellemzők már a mi korszakunkban is megjelennek, de a következő korszakban feltétlenül dominálni fognak.

2. *A kezdeti fázisban kialakult számos irányzat közül néhány elkerülhetetlenül a végső fázisban vezető irányzattá válik.* Ugyanakkor a kezdeti fázisban kevésbé jelentős szerepet játszanak. Így míg az ipari forradalom végső szakaszában a fő hangsúly a mechanizmusokon, a gépeken és a kézi munka gépekkel való felváltásán volt, addig a kezdeti szakaszban a gépek csak egy részét képezték ennek az új irányzatnak. Az ipari forradalom kezdetén a technikai újítások (a kézi munka gépekkel való helyettesítése) kevésbé voltak fontosak, és a fő tényező a fokozódó munkamegosztás volt. Ha az agrárforradalmat nézzük, akkor a kézi (kapa) mezőgazdaság vezető iránya a termékeny területek kézi munkával (pl. , éles bot vagy kőkapu segítségével) történő hasznosítása volt. A talaj termékenységet természetes módon vagy a növények elégetésével érték el. Ami az öntözési technológiákat illeti, az agrárforradalom kezdeti szakaszában ezek nem voltak annyira elterjedtek, és a helyi környezet határozta meg őket. A végső fázisban azonban előtérbe kerültek, és az egész időszakban, amikor a termelésben a kézműves-agrár elv dominált, vezető szerepet tölthettek be.

A kibernetikai forradalom végső szakaszának vezető ágazata tehát már kialakult, de ez egyike azoknak az ágazatoknak, amelyek még nem játszanak meghatározó szerepet a gazdaságban. Véleményünk szerint a kibernetikai forradalom kibontakozó végső szakaszában az orvostudomány (vagy annak valamelyik új ága) fogja játszani a vezető szerepet.

3. *Az innovatív ágazatok kölcsönös integrációja a meghatározó innovációk vagy azok csoportjának létrehozása után kezdődik.* Ez a folyamat különösen a termelési forradalom végső fázisában erősödik fel. Az innovációk kölcsönösen integrálódnak és egy alapvetően új rendszert alkotnak. Ez volt a helyzet az 1760-as években a gépi szövészek feltalálásával (amely

akkoriban folyamatosan fejlesztették). Ezt megelőzően két évtizeden keresztül fontos irányzatok (gőzgépek, gőzenergia, új típusú gépek, a nagyvállalatok irányítási elvei, a találmányok intézményének létrehozása és különböző technológiai újítások) alacsony tartották a gyapotgyárak alapvetően új ágazatának kialakulását. Ez okozta a hiányzó innovációk gyors fejlődésének kumulatív hatását a pamut kártolás (azaz a pamutszálak szétválasztása), a festés, a nyomtatás *stb. területén*.

Így az orvostudomány és a kapcsolódó technológiák áttörései a különböző innovációk "felzárkózását" és egy olyan rendszerré való összeolvadását fogják eredményezni, amely a kibernetikai forradalom kiteljesedését eredményezheti.

4. Különbséget kell tenni az áttörés területe és az új termelési rendszer lényege között. Az áttörés területe csak mélyreható átalakulásokat indít el. A termelési forradalom csak később nyeri el teljesen logikáját és "értelmét" vagy "lényegét", amikor az átalakulások mélyrehatóvá és kiterjedtté válnak. Megpróbálhatjuk azonban megsejteni ezt az "értelmet", "értelme" és "lényegét" a termelési forradalom kezdeti és köztes szakaszában zajló folyamatok alapján.

Így a kibernetikai forradalom általános gondolata összekapcsolható az állandó és átfogó energia-, erőforrás- és anyagtakarékossággal, amely az önszabályozó rendszerek tömeges fejlesztésének köszönhetően alapvetően új szinten fog megindulni. A takarékosági áttörés nélkül ugyanis nem lesz életszínvonal-növekedés a világ népességében, amelynek száma legalább a 2070-es évekig növekedni fog (a legtöbb előrejelzés szerint, lásd pl. UN Population Division 2012).

3. Az áttörés jövőbeli szektorának meghatározása. Miért az orvostudomány?

3.1. Az áttörési terület jövőbeli szektorának jellemzői

Amint fentebb bemutatuk, bármely termelési forradalom kezdeti és középső szakaszában meghatározott irányok közül az egyik a végső szakasz kezdetére áttörési területté válik. Ez a tényező azonban az áttörés kezdetéig nem játszik vezető szerepet a gazdaságban.

A termelési forradalmak tényleges fejlődésének elemzése a következő jellemzőket sugallja a jövőbeli ágazatra:

- az ebben az ágazatban előállított árucikkek elsődlegesen szükségesnek kell lennie. Így az agrárforradalom idején a gabona, az ipari forradalom idején pedig a gyapot alapvető szükséglet volt;
- az ágazat fejlődésének iránya igazodjon a társadalom vezető tendenciáihoz és problémáihoz (az öntözéses mezőgazdaság támogatni és növelni tudta a hirtelen exponenciális népességnövekedést; a gyapotipar megfelelt a növekvő urbanizáció igényeinek, és felhasznalta az agrárszektorban keletkezett munkaerő-felesleget);
- az ágazat jelentős számú szférát befolyásolhat és integrálhat (*pl. az agrárforradalom idején az öntözési lehetőségek közös társadalmi cselekvést igényeltek; az industriális forradalom idején pedig a gépekre és a gőzgépre való áttérés az ágyúiparban a gazdaság gyors növekedését, a szállítási útvonalak és a kereskedelem újjáépítését eredményezte*);
- a technológiai konzervativizmus ebben az ágazatban viszonylag gyenge;
- az áttörési ágazatnak magas nyereséget kell biztosítania, és stabil keresletre kell támaszkodnia, különben nem vonz nagyobb beruházásokat. Másfelől, ha ebből az ágazatból kölcsönveszünk olyan új technológiákat, amelyek a fejlett társadalomban keletkeztek, más társadalmakban nem ütköznek akadályokba (*pl. kormányzati tilalom stb.*);
- az ágazatnak nagy potenciállal kell rendelkeznie a termelékenység növekedése szempontjából, és a termelékenység növekedésének igényének hosszú ideig magasnak kell maradnia, hogy ösztönözze az innovációkat és a beruházásokat.

Tekintsük ezeket a következtetéseket a kibernetikai forradalom összefüggésében. Nyilvánvaló, hogy e forradalom végső szakaszának jövőbeli áttörést hozó ágazatának már ki kellett volna alakulnia. De a meglévők közül melyik felel meg az említett jellemzőknek? Azt állítjuk, hogy nem lesz áttörés például a zöld (alacsony szén-dioxid-kibocsátású) energiaágazatban (annak ellenére, hogy jelenleg a szél- és napenergia nagy növekedési ütemet mutat), mert a zöld energia nem fogja teljesen helyettesíteni a hagyományos energiaforrásokat, hanem együtt fog létezni velük, hasonlóan a víz- és atomenergia és a szénalapú energia együttéléséhez. Úgy gondoljuk, hogy a robotika áttörést hozhatna, ha olyan robotokat hoznánk létre, amelyek különböző funkciókat tudnának ellátni a szolgáltatási szektorban. Nem véletlenül gondolták, hogy a jövő tudományos és technológiai fejlődése a robotika területén elért eredményekhez kapcsolódik. Jelenleg a robotika széleskörűen alkalmazható és gyorsan fejlődik (lásd *pl. Makarov és Topcsev 2003; Gates 2007*). De még mindig egy

aligha mondhatjuk, hogy a robotika lesz az áttörést hozó irányzat, ha az e területre irányuló befektetések jelenlegi volumenét nézzük, amely lassan növekszik, és sokkal kisebb tőkét fektetnek be a biotechnológia területére. A kibernetikai forradalom végső szakaszában azonban nagyon fontos szerepet fog játszani, és kiemelkedő eredményeket kell elérnie, bár valamivel később, talán a kibernetikai forradalom végső szakaszának közepén (további részletekért lásd a 6. fejezetet). Az önvezető autók fejlődését élénk jelnek tekintjük arra, hogy a jövő techno- logikai áttörése az önszabályozó rendszerekhez fog kapcsolódni. Az önvezető járművek széles körű bevezetésének azonban számos jogi és társadalmi akadálya van. Így a robotizált járművek fejlesztését a kibernetikai forradalom közelgő végső szakaszának előfutárának, de nem a kezdetének tekintjük.

3.2. Miért lesz az orvostudomány az áttörést jelentő szféra?

A jelenlegi helyzet elemzése alapján megállapítható, hogy az egyetlen olyan terület, amely minden követelménynek megfelel, az orvostudomány. Ezért az orvostudomány lesz az első terület, ahol a kibernetikus forradalom végső fázisa elindul, de később az önszabályozó rendszerek fejlődése a termelés, a szolgáltatások és az élet legkülönbözőbb területeit fogja lefedni.

Az orvostudományt tág értelemben kezeljük, mert céljai érdekében számos más tudományos-technológiai ágat is bevon (és már most is aktívan bevon). Ilyen a robotok alkalmazása a sebészetben és a betegek gondozásában, az információs technológiák a távgyógyászatban, a neurális interfészek a mentális betegségek kezelésében és az agykutatásban; a génterápia és a géntechnológia, a nanotechnológiák a mesterséges immányok és a szervezetet monitorozó biochipek létrehozására; új anyagok a mesterséges szervek növesztésére és még sok minden más, ami a gazdaság erős ágazatává válhat.

Nézzük meg részletesen, miért lesz az orvostudomány az áttörést jelentő szféra.

a) Az orvostudomány egyedülálló, mert állandó tevékenységre ösztönöz az új csúcstechnológiák területén.

b) Az orvosi szféra egyedülálló lehetőségeket kínál a fent említett technológiák egyetlen komplexumban történő kombinálására. Számos terület (beleértve, de nem kizárólagosan a biotechnológiát, a nanotechnológiát, a robotikát,

a legújabb IKT-k és különböző eszközök használata, kognitív technológiák, új anyagok szin-tézise) integrálódnak ebbe a területbe (ezt a komplexumot MANBRIC-technológiákként határozzuk meg).

c) Az orvostudományban sokkal kevesebb társadalmi, kulturális vagy strukturális akadály áll az ilyen technológiák bevezetésének útjában, mint más területeken (ugyanaz a helyzet az innovációk átvételének akadályai tekintetében a feltaláló országban és számos más országban is megfigyelhető).

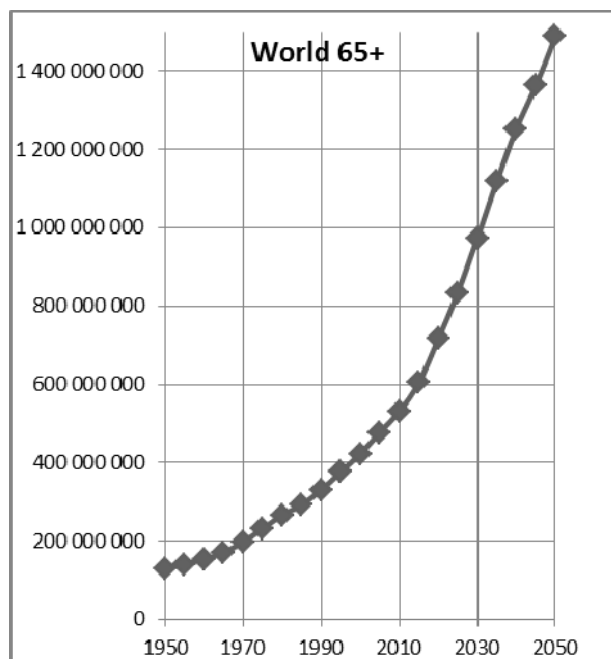
d) Az új technológiák kereskedelmi kilátásai és haszna ezen a területen óriási, mivel az emberek mindig készek fizetni értük.

e) Néhány fontos demográfiai és globális tendencia, növekvő sürgetéssel. Vizsgáljuk meg őket.

Előszőr is. A 2030-as évekre a világ középosztályának és a lakosság iskolázottsági szintjének gyors növekedése várható, különösen a fejlődő országokban (NIC 2012). Emellett a szegénység és az írástudatlanság a periférián fekvő országokban is visszaszorul. Ennek következtében a hangsúly a legelviselhetlenebb körülmények felszámolásáról az életszínvonal emelésének, az egészségügynek *stb.* a problémáira fog áthelyeződni. Így az orvostudomány fejlődésében hatalmas lehetőségek rejlenek.

A második és legfontosabb. A következő évtizedekben nemcsak a fejlett, hanem számos fejlődő országnak is szembe kell néznie a népesség elöregedésével (lásd az 5. és 6. ábrát), a munkaerőhiánnyal és a növekvő számú idős ember eltartásának szükségességével. Ráadásul a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszának hátralévő időszakában (a 2030-as évekig) a várható élettartam növekedése a fejlődő és közepesen fejlett országokban lesz a legnagyobb, ahol a várható élettartam jelentősen alacsonyabb, mint a fejlett országokban.⁸ 2030-ra a 65 éves és idősebb emberek száma a világon eléri az egymilliárdot (lásd az 5. ábrát).

⁸ Ezzel párhuzamosan addigra számos fejlődő országban jelentősen csökken a születési ráta. Ezért ezekben az országokban a kormányok nem a népességnövekedés korlátozásával, hanem a nemzeti népesség egészségével fognak foglalkozni.

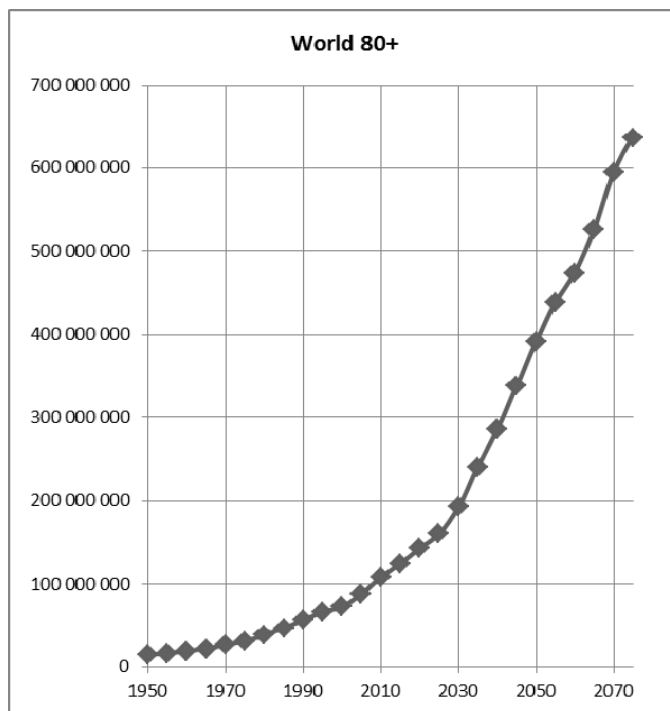


5. ábra. A 65 év felettek számának előre jelzett növekedése, 1950-2015-re becsülve és az előrejelzés szerint 2050

Forrás: Lásd még Grinin és Korotajev 2015b.

Jelenleg a várható élettartam növekedésének dinamikáját figyelhetjük meg, amikor az átlagos várható élettartam egyes országokban meghaladja a 80 évet. A 6. ábra a 80 évesek növekedési ütemének dinamikáját mutatja. A 2030-as évekre a 80 év felettek száma 200 millió lesz. Növekedésük a kibernetikai forradalom utolsó szakaszában új és új találmányokat fog generálni az orvostudományban. A 80 év felettek száma még az inerciális prognózis esetén is eléri a hét százmilliót. De valójában a kibernetikai forradalom végső fázisának végén a 80+ emberek száma sokkal nagyobb mértékben növekedhet.

Az előregedés előrehaladtával a nyugdíjproblémák egyre égetőbbé válnak (mivel az egy munkavállalóra jutó nyugdíjasok száma nőni fog), és ezzel egyidejűleg a képzett munkaerő hiánya is fokozódni fog (ami számos országban nagyon kritikus). *Így a munkaerőhiány és a nyugdíjárulék problémáját a nyugdíjkorhatár 10-15 vagy több évvel történő emelésével kell majd megoldanunk.* Ez a fogyatékkal élők alkalmazkodására is vonatkozik, hogy az új technológiák és az orvostudomány vívmányai révén teljes mértékben részt vehessenek a munkafolyamatban.



6. ábra. A 80 év felettek számának előre látható növekedése, 1950-2015-re becsülve és az előrejelzések szerint 2075

Forrás: Lásd még Grinin és Korotajev 2015b.

3.3. Az orvostudomány, mint a kezdeti technológiai áttörés szférája; a MANBRIC-technológiai komplexum kifejlődése

Érdeemes ismét felidézni, hogy az ipari forradalom a pamuttextilmanufaktúra meglehetősen szűk területén kezdődött, és egészen konkrét problémák megoldásához kapcsolódott - először a fonás és a szövés közötti szakadék felszámolásához, majd a szövők termelékenységének növelése után a fonás gépesítésének módjait keresték. E szűk körű feladatok megoldása azonban az innovációk robbanásszerű megjelenését okozta, amit a gépgyártás számos fő eleme (többek között a bőséges mechanizmusok, a kezdetleges gőzgépek, a nagy mennyiségű széntermelés *stb.*), amelyek lendületet adtak az ipari forradalom kibontakozásának.

Hasonló módon feltételezzük, hogy a kibernetikai forradalom először egy bizonyos területen, nevezetesen az orvostudományban fog elindulni.⁹ A 2030-as évekre egyedülálló lehetőségek nyílhatnak meg az áttörésre az orvostudományban. Amikor azonban az orvostudományról beszélünk, szem előtt kell tartanunk, hogy a lehetséges forradalmi átalakulások tekintetében az orvostudomány egy nagyon het- erogén terület. Ezért az áttörés nem az orvostudomány minden területén fog bekövetkezni, hanem annak egy-két innovatív területén. Lehet, hogy már kialakult (mint a biomedicina vagy a nanomedicina), vagy kialakulhat más innovatív technológiáknak az orvostudományba való bevonása eredményeként. Ami az orvostudomány más ágait illeti, a forradalmi átalakulások ott később kezdődnek. Sőt, az orvostudomány egyes ágai konzervativizmusuk miatt képtelenek lennének átalakulni. Így ezeken a területeken a jövőben radikálisabb reformok fognak bekövetkezni.

Általánosságban elmondható, hogy az áttörés vektora az orvostudományban és a kapcsolódó ágazatokban a *biológiai természetünk javításának vagy akár módosításának lehetőségei* gyors növekedéseként határozható meg. Más szavakkal: lehetőség nyílik az emberi test, esetleg bizonyos mértékig a genom megváltoztatására; a modern sebészeti műtétek helyett a minimálisan invazív műtétek lehetőségeinek éles kiterjesztésére; a szervezet regenerálására és rehabilitációjára extenzíven természetett biológiai anyagok, testek vagy azok részei és elemei felhasználására, valamint e biológiai anyagok (szervek, szövetek, testek, receptorok) mesterséges analógjainak előállítására és felhasználására *stb.* Ez lehetővé teszi a *várható élettartam drasztikus növelését és az emberek fiziológiai képességeinek, valamint az egészséggel kapcsolatos életminőség (HRQoL) javításának lehetőségeit. Természetesen az ebbe az irányba tett első lépésektől (a 2030-2040-es években) az általános alkalmazásig meglehetősen hosszú idő (kb. néhány évtized) telik majd el.*

Összességében a *kibernetikai forradalom végső szakaszának mozgatórugói a komplex MANBRIC-technológiák lesznek*, nevezetesen az *orvostudomány, a reklámtechnológia (3D nyomtatók), a nano- és biotechnológia, a robotika, az IKT, a kognitív tudományok.*

⁹ Meg kell jegyezni, hogy Leo Nefiodow a hatodik Kondratieff-hullám vezető technológiájaként ír az orvostudományról (Nefiodow 1996; Nefiodow és Nefiodow 2014a, 2014b). Általában támogatjuk az orvostudomány szerepéről szóló elképzeléseit (beleértve az új típusú orvostudományról szóló elképzeléseket is), de fontos kiemelni, hogy Nefiodow szerint a biotechnológiák azok, amelyek az új módusz integrált magjává válnak. Feltételezzük azonban, hogy a biotechnológiák vezető szerepe mindenekelőtt abban fog állni, hogy képesek lesznek megoldani a legfontosabb orvosi problémákat. Ezért van értelme az orvostudományról mint az új technológiai paradigma magjáról beszélni.

Fejezet 3

Az orvostudomány a kibernetikai forradalomban: Az orvostudomány és az orvosi technológiák, mint áttörés a kontroll felett

Emberi test

Ebben a fejezetben az orvostudomány jelenlegi és jövőbeli átalakulásainak leírására összpontosítunk. Azokra az átalakulásokra fogunk összpontosítani, amelyek a kibernetikai forradalom utolsó szakaszának kezdeti időszakában e komplexum szerves részét képezik. Ahol lehetséges, rámutatunk az orvostudománynak a robotikával, a kognitív és az információs technológiákkal való összefonódására.

1. Az orvostudomány a kibernetikai forradalom kezdeti és modernizációs szakaszában

A kibernetikai forradalom kezdeti szakaszában (az 1950-es évektől az 1990-es évekig) az orvostudomány, mint egyre fontosabb szolgáltatási ágazat gyors növekedése volt tapasztalható. *Ezzel egyidejűleg az egészségügyi szolgáltatások növekedése a szolgáltatási szektor gyors növekedésének általános folyamatába illeszkedett, amely a fejlett országokban a GDP szempontjából vezető ágazattá vált.* A kibernetikai forradalom e kezdeti szakaszában az orvostudomány új irányzatai jelentek meg, miközben a korábban kialakult irányzatok bizonyos fokú érettséget értek el (többek között az elektroencefalográfia, az elektrosokk-terápia, a transzplantológia, az elektrotronika aktív használata, a lézer és az új diagnosztikai módszerek, mint az ultrahang *stb.*). Jelentős előrelépés történt a gyermekhalandóság csökkentése, a meddőség kezelése, a gerontológia, a pszichiátria, a fogamzásgátló módszerek fejlesztése, valamint a szervátültetés és a mesterséges szervek létrehozása, a nemváltoztató műtétek *stb.* terén. Ebben az időszakban jelent meg a sportorvoslás, az úrgyógyászat és az orvostudomány egyéb irányzatai. Összességében az orvostudománynak köszönhetően az emberek megtanulták a kontrollt. testük és egészségük maximalizálása.

A kibernetikai forradalom kezdeti szakaszában a medicinában bekövetkezett áttörések jobb megértése érdekében a kibernetikai forradalomnak

értelemben a tudomány legrangosabb díjára utal. Az 1930-as évektől az 1980-as évekig terjedő időszakban a vitaminok, hormonok, antibiotikumok, idegrendszeri szabályozás, enzimek területén tett felfedezések szerzői kapták a Nobel-díjat. Mindezeket a felfedezéseket a farmakológiában kezdték alkalmazni. A genomkutatók 1958 után kaptak Nobel-díjat.

Az orvostudomány a modernizációs szakaszban. Az 1990-es évektől napjainkig tartó időszak a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszát jelenti.

Ebben a szakaszban az orvostudomány fő iránya drámai változásokon ment keresztül. A XIX. és XX. században számos halálos betegséget sikerült legyőzni (kolera, sárgaláz, tífusz, tetanusz, gyermekbénulás, szamarcköhögés, kanyaró, malária, diftéria *stb.*). Úgy tűnik, hogy a halálos kimenetelű, magas fertőző betegségeket - az AIDS kivételével (amely az afrikai országokban széles körben elterjedt) - legyőzték. A kibernetikai forradalom kezdeti szakaszában az alapvető feladat a várható élettartam növelése volt. Ennek eredményeként, amikor a feladatot teljesítették, a kezdeti szakasz utolsó időszakának és a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszának fő gondja az idős emberek betegségei elleni küzdelem lett.

A WHO szerint a világon a2012 leggyakoribb halálokok a légzőszervi betegségek - 6,2 millió (14 százalék), az ischaemiás szívbetegségek - 7,4 millió (11,1 százalék), a stroke - 6.7millió (11,9 százalék), a HIV/AIDS - 1,5 millió (2,7 százalék) (WHO 2014).

A kibernetikai forradalom eredményeként az orvostudomány általános trendjének megváltozása új gyógyszerek megjelenéséhez vezetett. A kortárs orvostudomány fejlődésének egyik sajátossága a folyamatosan növekvő gyógyszergyártás. Az USA-ban például 1950 és 2000 között több mint hétszeresére nőtt a gyógyszergyártó cégek száma (Demirel és Mazzucato 2008). 2006-ra a gyógyszergyártás megduplázódott, és a gyógyszerek teljes világpiaci volumenét 640 milliárd dollárra becsülték, amelynek mintegy fele az USA-ra esett (Kondratieff 2011). Ez a terület továbbra is az egyik legjövedelmezőbb terület, 17 százalékos értékesítési nyereségességgel (*Ibid.*). Az elfogyasztott gyógyszerek mennyisége minden évben több százalékkal nő. Az elmúlt 15 évben a világ gyógyszerpiacának bevétele több mint kétszeresére nőtt.¹

¹ Lásd URL: <http://www.statista.com/statistics/263102/pharmaceutical-market-worldwide-revenue-since-2001/>

Ma már az orvostudomány szorosan kapcsolódik a biotechnológiához (a gyógyszerek, géntechnológiák, új anyagok *stb.* révén). A modern orvostudomány megkülönböztető jellemzője a "biológiailag kapcsolódó irányzatok" - a molekuláris és sejtbioológiai módszereken alapuló megközelítések széles körű alkalmazása. Megjegyzendő, hogy az orvostudomány növekvő jelentősége a medikalizáció jelenségében mutatkozik meg. Ez abban nyilvánul meg, hogy az emberi viselkedés (különösen a deviáns) és a psziché számos olyan aspektusát, amely eddig nem kapcsolódott az orvostudományhoz, orvosi terminusokkal kezdik leírni, és orvosi megfigyelést és beavatkozást igényelnek (lásd Yudin 2008).

Az orvostudomány differenciálódási folyamata, amely sok évvel ezelőtt számos ágazatban elkezdődött, felerősödött. Jelenleg mintegy száz orvosi ág és rokon tudományág létezik. Többek között a nanomedicina, a biomedicina, az őssejtkutatás és a generatív medicina deklaráltan kialakult ágak (lásd Stratégia... 2013; Wagner *et al.* 2006; Minger 2006). Érdemes megemlíteni olyan új irányzatokat is, mint a lökéshullám-terápia és a koleszterinszint szabályozása. A korábban kialakult irányzatok aktívan fejlődnek, például azok, amelyek a mesterséges megtermékenyítéssel, a terhesség fenntartásával és a szüléssel *stb.* kapcsolatosak.

Jelenleg az orvostudomány nagymértékben számítógépesített, különösen a diagnosztika területén, különböző automatikus vezérlőrendszereket fejlesztettek ki; például a légzés, az egyes szervek tápanyagellátásának, a vérnyomásnak, egyes belső szervek működésének ellenőrzésére *stb.* Gyógyszerek széles skáláját fejlesztették ki, amelyek ára idővel csökken, és egyre inkább elérhetővé válnak a nagyközönség számára. A szervátültetéssel és bizonyos emberi szervek mesterséges szervekkel való helyettesítésével kapcsolatos sebészet, a metszés nélküli műtéteket biztosító endoszkópos sebészet és a rehabilitációs orvostudomány mind gyorsan fejlődik. A sebészeti módszerek kevésbé invazívvá váltak, és kevesebb időt igényelnek a rehabilitációhoz.

A jelenlegi szakaszt az elmúlt évtizedek során felhalmozott innovációk túlsúlya képviseli, mivel a legújabb technológiák többsége korábbi felfedezések és találmányok továbbfejlesztésén alapul. Az 1980-1990-es évektől kezdődően jelentős előrelépést figyelhetünk meg a leggyakoribb halálozási okok - szívroham, agyvérzés, árva betegségek és egyéb, többek között örökletes betegségek - elleni küzdelemben. Jelentős előrelépés történt a belső szervek és szövetek diagnosztizálására szolgáló technológiákban, például a röntgen komputertomográfia segítségével,

nukleáris mágneses rezonancia introszkópia, röntgenfelvétel és mások (Mirsky 2010: 19). Jelenleg az orvostudomány (tágabb értelemben vett) leggyorsabban fejlődő területei a gyógyíthatatlan betegségek elleni küzdelem, az implantátumok, a reprodukciós orvostudomány, a génterápia, a gyógyszerészet és az esztétikai orvoslás, amelyeket az alábbiakban fogunk megvizsgálni.

Összességében az orvostudomány (állami és magánfinanszírozással egyaránt támogatva) nagyban befolyásolta a GDP-t. Az orvosi technológiák elterjesztése nagyon költséges folyamat. A költségek ellenére az állam által az orvostudományra fordított pénzeszközök folyamatosan növekedtek. Általában a növekedés a GDP növekedési üteméhez hasonlítható. A fejlett országokban azonban az egy főre jutó egészségügyi kiadások 10-20-szor nagyobbak, mint a fejlődő országokban. Figyelembe véve a fejlődő országokban várhatóan gyorsabb GDP-növekedést és a középosztály gyors kialakulását, feltételezhető, hogy az egészségügyi kiadások általában jelentősen növekedni fognak. A népesség elöregedése a növekvő jóléttel együtt olyan helyzethez fog vezetni, amelyben az egészségügyi kiadások meghaladják az általános GDP-növekedést. És ez a tendencia valószínűleg erősödni fog.² Ez nem furcsa, mert a fejlett országokban a lakosság jelentős része részt vesz az orvostudományban. Németországban például az egészségügyi dolgozók száma az összes foglalkoztatott 22 százalékát teszi ki, míg az autóipar részesedése mindössze 2,3 százalék (Nefiodow és Nefiodow 2014). Az egészségügyi fejlettségi szint jelentős hatással van az olyan népszerű fejlettségi mutatókra, mint az emberi fejlettségi index (HDI).

Ugyanakkor az orvosi szférán belül néhány jelentős innováció két-három évtizeden belül (néhányik még korábban) érik el az érettséget. Jelenleg az orvostudomány (tágabb értelemben vett) leggyorsabban fejlődő területei a gyógyíthatatlan betegségek elleni küzdelem, az implantációk, a reprodukciós orvostudomány, a génterápia, a gyógyszerészet és az esztétikai orvoslás, amelyeket az alábbiakban fogunk megvizsgálni. Az orvostudomány szorosan kapcsolódik a biotechnológiákhoz (gyógyszerek, géntechnológiák, új anyagok *stb.* révén). A modern orvostudomány megkülönböztető jegye a "biológiailag kapcsolódó

² Ezt bizonyítja az a tény, hogy még a GDP jelentéktelen növekedésének időszakában is nagyon gyorsan nőnek az egészségügyi kiadások. Különösen az EBESZ-országokban a legutóbbi válság idején (2008) az egy főre jutó GDP növekedése nagyon alacsony volt - 3 százalék (2007-ben ennek megfelelően - 35 855 USD, 2010-ben - 36 994 USD), az egy főre jutó egészségügyi kiadások pedig 13 százalékkal nőttek (2007-ben ennek megfelelően - 3858 USD, 2010-ben - 4364 USD) [a Világbank 2012-es adatai alapján számolva].

trendek" - a molekuláris és sejtbiológiai módszereken alapuló megközelítések széles körű alkalmazása. Megjelentek a biomedicina (lásd Strategy... 2013) és a nanomedicina (Wagner *et al.* 2006) új perspektivikus irányai. Be- lentebb néhány fontos trenddel foglalkozunk az orvostudományon belül. Megjegyezzük, hogy az orvostudomány növekvő fontossága a medikalizáció jelenségében mutatkozik meg. Ez abban nyilvánul meg, hogy az emberi viselkedés (különösen a deviáns) és psziché számos olyan aspektusát, amely eddig nem kapcsolódott az orvostudományhoz, orvosi terminusokkal kezdik leírni, és orvosi megfigyelést és beavatkozást igényelnek (lásd Yudin 2008).

Új gyógyszerek kifejlesztése. A gyógyszerfejlesztés egyik kritériuma a folyamatosan növekvő gyógyszergyártás. Az Egyesült Államokban 1950 és 2000 között több mint hétszeresére nőtt a gyógyszergyártó cégek száma (Demirel és Mazzucato 2008). A gyógyszergyártás 2006-ra megduplázódott, és a gyógyszerek teljes világszertei volumenét 640 milliárd dollárra becsülték, aminek mintegy fele az USA-ra jutott (Kondratieff 2011). Ez a terület továbbra is az egyik legjövővelmezőbb terület, 17 százalékos értékesítési nyereségességgel (*Ibid.*). Az elfogyasztott gyógyszerek mennyisége minden évben több százalékkal nő. Eközben a gyógyszergyártás bővülésével párhuzamosan csökken a hatékonysága, és csak a tüneteket nyomják el, de gyógyító hatásuk nincs (mindössze 30-50 százalékos). A gyógyszergyártás növekedése az egységesítéssel jár együtt, ami a hatékonyság csökkenéséhez vezet, mivel még a jól vizsgált betegségek is gyakran osztatlanul haladnak. Erre a helyzetre megoldást jelenthet a géntechnológia révén a gyógyszer individualizációja.

2. Az orvostudomány a nagy áttörés küszöbén

2.1. Két évtizeddel a kibernetikai forradalom utolsó szakaszának kezdete előtt

Ahogy az orvostudomány területén is megjósoljuk, néhány jelentős újítás két-három évtizeden belül (némelyik még korábban) érik majd el az érettséget. Be- lentebb az orvostudomány néhány fontos trendjét fogjuk megvizsgálni.

Az esztétikai orvoslás fejlődése. Jelenleg az esztétikai és kozmetikai gyógyszerek erőteljesen fejlődnek, és fő feladatuk a személyt érintő hibák vagy elváltozások kijavítása és az atraktivitás javítása (ráncok eltüntetése, vonzó fiatalítás, különböző típusú arcfelvarrások, zsírszívás, testformálás, hajatültetés, széleskörű hajbeültetés, szőrszálak átültetése).

a már bevált technológiák elterjedése *stb.*). A *Forbes* szerint a globális kozmetikai sebészeti és esztétikai orvosi piac milliárd180 dollárt tesz ki (Zhokhova 2011).

A plasztikai sebészet egyik legnagyobb vívmánya az arctranszplantáció. Az első teljes arcátültetést 2005-ben végezték el Franciaországban egy nőn, akit a kutyája bántalmazott. A közelmúltban mutatták be a 2012 márciusában elvégzett legátfogóbb arcátültetés részleteit. A University of Maryland Medical Center orvosai új arcot adtak állkapoccsal, fogakkal és nyelvvel együtt a 37 éves Richard Norrisnak.

A következő két évtizedben a kozmetikai és esztétikai gyógyszerek várhatóan gyorsan fejlődnek (bár ez meglehetősen komoly pszichológiai problémákat okozhat, beleértve az egyén önazonosságával kapcsolatos problémákat is). Ezt az új technológiák megjelenése, valamint a fejlődő országok életszínvonalának növekedése fogja elérni. Az új technológiák mellett a már bevált technológiák (pl. arcfelvarrás, zsírleszívás, testformálás *stb.*) is széles körben elterjednek majd. Minél gazdagabb egy társadalom, annál több pénzt költenek az emberek egészségre és szépségre. Figyelembe véve a világ középosztályának növekedését, ez az irányzat és az esztétikai orvoslás minden fajtája várhatóan gyorsan fejlődik. Az orvostudomány és a géntechnológia vívmányain alapuló új technológiák meghonosodása után az esztétikai medicina a jövő korrekciós medicinájává válhat, amelynek legfontosabb feladata a születési és szerzett hibák korrigálása lesz.

A gyógyszeripar rendszerszintű problémái. Mint már említettük, jelenleg a gyógyszeripar jelentős előrelépést ért el.

Megfigyelhető például az úgynevezett generikumok gyors fejlődése, amelyek olyan gyógyszerek, amelyek előállítására vonatkozó szabadalmi védelem már nem érvényes. Feltételezések szerint a generikumok globális piaca 2010 és 2018 között megduplázódik, és eléri a 230 milliárd dollárt. Az ilyen gyors növekedést azzal lehet magyarázni, hogy a fejlődő országok, például India és Kína erőteljesen növekvő gazdaságai aktívan belépnek erre a piacra. Az ilyen növekedés a termelési forradalom modernizációs szakaszára jellemző, valamint egy ellentétes tendenciára, amelyet az alábbiakban ismertetünk. Az értékpapírpiacra a gyógyszeripar is gyors növekedést mutat (Williams 2014).

A súlyos szisztémás problémák száma azonban egyre nő a gyógyszereszedésben. Különösen az elmúlt évtizedben csökkent a szabadalommal védett, hivatalosan engedélyezett biofarmakonok száma. Másrészt a gyógyszerek klinikai vizsgálatainak száma folyamatosan növekszik (Woollett 2012). Annak ellenére, hogy a biotechnológiai (gyógyszeripari) vállalatok piacain 2013-2015-ben gyorsan nőtt a kapitalizáció, ami hasonlít az informatikai vállalatok kapitalizációjának gyors növekedéséhez az 1990-es években, az innovációs folyamat lassul. Sokan megjegyzik, hogy az új gyógyszerek fejlesztésére fordított kiadások csökkentek, mivel a vállalatoknak 1,5-3 milliárd dollárt kell költeniük új gyógyszerek kifejlesztésére, és a gyógyszerfejlesztés a teszteléssel együtt 10-17 évig tart. Ezért az alapvetően új gyógyszerek száma nemhogy nem növekszik, hanem éppen ellenkezőleg, csökken, nincsenek áttörést jelentő találmányok (pl. , Saigitov 2015; Martyushev-Poklad 2015). A biostimulátorok gyártásának csökkenésének egyik fontos oka a gyártásuk feletti ellenőrzés megerősítése. És valószínűleg a közeli évtizedekben súlyosbodni fog a biztonságos gyógyszerek gyorsított gyártásának prob- lemája; ennek a problémának a megoldása áttörés lendületévé válhat.

Nyilvánvaló, hogy a tömegpiaci gyógyszereknek van egy fontos hátrányuk: hatékonyságuk csökken, és csak a betegek egy részének (30-50 százalékának) segítenek igazán. A gyógyszergyártás növekedése az egységesítéssel függ össze, ami a hatékonyság csökkenéséhez vezet, mivel még a jól vizsgált betegségek is gyakran egyénileg haladnak. A felírási hibák súlyos mellékhatásokat is okoznak. Egyes (valószínűleg túlbecsült) adatok szerint például az 1990-es évek végétől a 2000-es évek elejéig terjedő időszakban a felírási hibák évente több halálesetet 100,000 okoztak (Null et al. 2003: 1. táblázat).

A termelési forradalmak elmélete általános magyarázatot adhat a gyógyszeripari innováció ilyen lassulására. A kibernetikai forradalom modernizációs szakaszának fő vektora a már (az első szakaszban) megjelent innovációk széles körű elterjedése, módosítása és szintézise. Ezért ebben az időszakban bizonyos irányokban kevesebb alapvető innovációról lehet szó, mint az előző időszakban (mégis sokkal elterjedtebbek). Emellett a termelési forradalom növekvő léptéke miatt a "konzervatívok" és az "újítók" közötti harc kiéleződik az újítások megvalósítása tekintetében, például a kábítószer-ellenőrzés területén (valamint a GMO-k és más újítások, például a klónozás, a géntechnológiával módosított szervezetek terjesztésének területén).

stb.).³ Ilyen helyzetekben elég nehéz megmondani, hogy kinek van igaza: a "konzervatívoknak" vagy az "újítóknak". Összességében az ilyen viták hozzájárulnak a haladás felé vezető optimális utak kereséséhez. Másrészt feltételezhetjük, hogy a közeli évtizedekben az innovációk és az új kor gyógymódjainak megteremtése új lendületet kap. Jelenleg megfigyelhetünk néhány kísérletet arra, hogy új irányokat találjunk a gyógyszerészet területén.

Nyilvánvaló, hogy a gyógyszergyárak munkájából hiányzik a kibernetikai forradalom olyan fontos jellemzője, mint az individualizáció. Ez teljesen nyilvánvaló, hiszen az új gyógyszerek kifejlesztésének jelentős kiadásai hatalmas piacot igényelnek a forgalmazásukhoz.

Vannak azonban a stratégiaváltás előfutárai, hogy a stratégiát a körtermek individualizálására változtassák. Vegyük például Christopher Wasden és Brian Williams modelljét. Rámutatva az olyan nehézségekre, mint az alacsony visszatérítési ráták, a kockázati tőke csökkenő forrásai, a személyre szabott ellátás megjelenése és a jobb betegeredmények iránti növekvő igény, úgy vélik, hogy ezek egy olyan hurrikán előfutárai, amely a felkészületlen vállalatokat sújtja, és alapvetően megváltoztatja az egészségügyi ellátás de- liverálásának és értékelésének módját (Wasden és Williams 2012: 2).

Az innovatív vállalkozások e képviselői új modellt kínálnak a gyógyszeripari és orvosi üzletágban, amelynek neve "Owning the disease": Egy új, átalakító üzleti modell az egészségügyben". Javasataik az informatikai vállalatok tapasztalatain alapulnak, és azt javasolják, hogy a hagyományos K+F részlegek megközelítései helyett a fogyasztóközpontú betegségmegoldások felé forduljanak (*Ibid.*).

A modell alap gondolata az, hogy egyesíti a lehetőséget egy adott betegség diagnosztikájával és kezelésével kapcsolatos feladatok és problémák megoldására. Más szóval a beteg a szolgáltatások teljes körét megkapja a valós (vagy potenciális) betegséggel kapcsolatos egészségügyi problémák megoldására.

Az orvostechnológiai vállalatok három fontos módon változtatják meg fókuszukat: a funkciók eladásáról a megoldások nyújtására; a silókra való összpontosításról a szélesebb körű rendszerszemléletre; és a volumen növelésével elért nyereségről a nagyobb érték nyújtásával elért nyereségre. Ezek a stratégiák viszont átalakítják az orvostechnikai eszközök gyártóinak alapvető üzleti modelljét, ami azt eredményezi, hogy átfogóbb megközelítést alkalmaznak a következőkre vonatkozóan.

³ Itt analógiát lehet tenni a tizenhetedik és tizennyolcadik századi helyzettel, amikor különböző kézműves korlátozások álltak a technológiai fejlődés útjában (és a technológiai fejlődés megkerülte ezeket a korlátozásokat). Ezért feltételezhetjük, hogy egy vadonatúj áttörés más mintát követhet.

forradalomban

üzleti tevékenységük, amely arra kényszeríti őket, hogy a termékeik által kezelni kívánt betegségeket vagy állapotokat "magukénak" érezzék. A betegség birtoklása nem tévesztendő össze a betegségkezeléssel, amelynek korai változatai a menedzselt ellátás fénykorában alakultak ki, de nem rendelkeztek megfelelő kapcsolódási lehetőségekkel és ösztönzőkkel a betegek viselkedésének hatékony megértéséhez, nyomon követéséhez, befolyásolásához és megváltoztatásához, valamint az ellátás koordinációjának támogatásához vagy a fizetők és a szolgáltatók közötti kulturális szakadék leküzdéséhez (Wasden és Williams 2012: 7).

Ez a megközelítés figyelembe veszi a közelgő kibernetikai forradalom olyan fontos tendenciáit (amelyeket már említettünk), mint az erőforrások megtakarítása (a projekt szerzői szerint a rendszerszintű megközelítés lehetővé teszi a költségek csökkentését) és az individualizáció. Az egészségügyi vállalatok ügyfelei ragaszkodnak a személyre szabott megközelítéshez és a kezelésért fizetett összeg és az eredmények közötti korrelációhoz, de nem a manipulációk számához. Mivel a vállalat a kezelés eredményeiért és nem a kezelési folyamatért kapja a fizetést, ezért érdekelt a kezelések elkerülésében és a megelőző intézkedések és az optimális megoldások keresésében.

A munka szerzői úgy vélik, hogy az a vállalat, amelyik képes lesz létrehozni egy platformot a "betegség elsajátítására", számos stratégiai előnnyel fog rendelkezni a versenytársakkal szemben.

A jelenlegi gyógyszerészeti és orvosi intézmények konzervatívizmusa és a mögöttük álló, igen befolyásos erők hatalmas pénzügyi érdekei azonban minden bizonnyal akadályozni fogják ezt az átmenetet.

A gyógyíthatatlan betegségek elleni küzdelem, mint mondták, az orvostudomány legfontosabb iránya. A WHO szerint 2008-ban a leggyakoribb halálokok az alsó légúti betegségek (11,3 százalék), a hasmenéses betegségek (8,2 százalék), a HIV/AIDS (7,8 százalék) voltak. Eközben a fejlett országokban a leggyakoribb halálokok a koszorúér-betegség (12-15 százalék), a stroke és egyéb agyi érrendszeri betegségek (8,7 százalék), a légcsőrák, hörgőrák, tüdőrák (5,9 százalék). Általánosságban elmondható, hogy a fejlett országokban a rák okozta halálozás eléri a koszorúér-betegséggel azonos szintet.

A népesség gyors elöregedésével az időskori betegségek potenciális veszélye növekedni fog. A jelenlegi tendencia az, hogy a várható élettartam növekedésével a betegségek között a rákos megbetegedések kerülnek az első helyre. Ezért az orvostudomány legjelentősebb feladata a rák és más, az életkorral összefüggő betegségek elleni küzdelem lesz. A XIX. és XX. században számos halálos betegséget sikerült legyőzni (kolera, sárgaláz, ty-

gyermekbénulás, tetanusz, gyermekbénulás, szamárköhögés, kanyaró, malária, diftéria *stb.*). Úgy tűnik, hogy a végzetes, erősen fertőző betegségeket az AIDS kivételével (amely az afrikai országokban széles körben elterjedt) legyőzték. Ennek ellenére jelenleg számos fejlődő, trópusi éghajlatú országban emberek sokasága hal meg fertőző betegségekből és lázban. Napjainkban a gyógyíthatatlan betegségek jelentenek kihívást az emberiség számára. Nem meglepő, hogy e problémák megoldására nagy díjakat biztosítanak.

A rák elleni küzdelemben a korai diagnózis lehetőségével és a gyógyultak arányának növekedésével kapcsolatban vannak pozitív változások (lásd alább), de a helyzet nem változott drámaian. Lehetséges, hogy a rákot a 2030-as évekre sem sikerül legyőzni. Úgy tűnik, a rák kezelése jelentős változásokat igényel. Ha ezt a betegséget legyőzzük, akkor erős lendületet kap az orvostudomány áttörése és egy teljesen új szintre való áttérése.

Mozgás az önszabályozó rendszerek és a beavatkozás minimalizálása felé. A rendszerek növekvő szabályozhatóságát az orvostudomány különböző ágaiban figyelhetjük meg. Némelyikük már elérte a valódi önszabályozás szakaszát. Ilyen például az életfenntartó rendszerek vagy a műszervek. Más rendszerek az önszabályozás felé haladnak, és ezek szorosan kapcsolódnak a páciens traumatizációjának minimalizálásához. A sebészetben például sok rugalmas műszert használnak, ami lehetővé teszi az orvos számára, hogy az emberi test legnehezebben hozzáférhető részein is minimális bemetszéssel tudjon műtétet végezni. Ezeket a műtéteket endoszkópok és videokamerák segítségével végzik, amelyek nagyított képet közvetítenek a monitoron. A kézremegés problémájának megoldására speciális robotokat használnak az emberi kéz helyettesítésére. Egy ilyen készüléket működtetve a sebész irányítja az eszköz (beleértve a lézert vagy az ultrahangot is) legapróbb mozdulatait. Várható, hogy a közeljövőben sok műtétet emberi sebész közreműködése nélkül végeznek majd.

Robotok a sebészetben. A sebészeti robotok gyorsan fejlődő ágazat. A sebészeti robotok a következő kategóriákba sorolhatók: asszisztencia funkciókat ellátó robotok, távsebészeti műszerek, navigációs rendszer, pontos pozicionálásra szolgáló robotok, speciális műtéti feladatokra szolgáló robotok (Taylor 1997).

A robotok részvételével végzett sebészeti műtétek számos előnnyel járnak. Leginkább a DaVinci sebészeti robot terjedt el.

Ez egy nagy gép, amely rugalmas "kezekkel" - sebészeti eszközökkel ellátott manipulátorokkal - van felszerelve. Nagyon kis bemetszést ejtenek a páciensen, ezért a műtéti beavatkozások nem olyan fájdalmasak és nem igényelnek olyan nagy fájdalmat.

a kisebb helyreállítási időszak. A robotok lehetővé teszik a legmodernebb tele-videórendszerek használatát, amelyek segítségével az orvosok tisztán láthatják a műtéti folyamatot, sokkal nagyobb méretben és színesben. Az orvos a monitort figyeli és a robotot irányítja, a műtő másik részében ülve (a jövőben akár egy másik városban vagy akár országban is lehet), az asszisztens pedig a robotot és a beteget figyeli. A műtéti folyamat teljes részletességgel történő megtekintéséhez a páciensek számára HD 3D képernyőket telepítenek. A robotok részvételével végzett műtétek egyre népszerűbbek, az USA-ban például az orvostudományi cégek az óriásplakátokat használják arra, hogy minél több ügyfelet vonzzanak ezekre a fájdalommentes, gyors beavatkozásokra (Pinkerton 2013).

Az előnyök mellett azonban a sebészeti robotok komoly félelmeket is kiváltak. A Rush University Medical Center, az Illinois-i Egyetem és a Massachusetts Institute of Technology orvosai olyan adatokat szolgáltatottak, amelyek szerint a robotok által végzett műtétek után a sérülések és halálesetek számának erős növekedése figyelhető meg, a következőktől kezdve

a 2004-es 13,3 eset 100 000 sebészeti műtetre vetítve 2012-ben 50 esetre csökkent (*Ibid.*). Az FDA 34 százalékos növekedést regisztrált a robotokkal végzett sebészeti műtétekből eredő halálesetek számában az előző évhez képest 2013, (*Ibid.*). 2013-ban Massachusetts egészségügyi tisztviselői tanácsot küldtek az állam kórházainak, amelyben óvatosságra intették őket: "Mint minden új technológia esetében, itt is ügyelni kell arra, hogy a megfelelő betegkiválasztás, valamint a kockázatok és előnyök teljes körű ismertetése érdekében minden műtéti lehetőség esetében protokollok legyenek érvényben" (*Ibid.*). A robotokkal végzett sebészeti műtétek költségei a szokásos műtéti típusokhoz képest magasak, és az USA-ban 30 000 és 50 000 USD között mozognak. A Da Vinci ára egymillió dollárnál kezdődik. Tekintettel azonban a jelentős gazdaság fellendülési szakaszában lévő gazdaságra, megjósolható, hogy a klinikák a hosszú távú gazdaságosság és az ügyfelek elkötelezettsége miatt inkább robotokat fognak vásárolni (*Ibid.*). Jelentős megtakarítások realizálhatók a sebészek szakképzett munkáján. Sok klinika nem biztos, hogy rendelkezik a vezető sebészekkel; képesek lesznek igénybe venni a vezető szakértői kezek által végzett online sebészeti műtétek szolgáltatásait.

2.2. Még egyszer az áttörés helyiségeiről

Az előző fejezet harmadik bekezdésében összefoglaltuk azokat a reasonokat, amelyek szerint a kibernetikai forradalom végső fázisának kezdetén az áttörés az orvostudomány egyes innovatív ágaiban kezdődik. Ennek sikeres feltételei jelentős beruházásokat fognak feltételezni az orvostudományban: a jól szituált és képzett emberek számának növekedése a fejlődő országokban, valamint a középkorú és idős emberek számának növekedése a fejlődő országokban.

(akik különösen hajlandóak aktívan pénzt költeni a gyógyszerekre), valamint az extra munkaerő iránti igény és az államnak az idősek munkaképességének javításában való érdekeltségének erősödése. Más szóval, a feltételek, amelyek lendületet adhatnak az üzleti életnek, a tudománynak és az államnak ahhoz, hogy áttörést érjenek el az orvostudomány területén, egyedülállóak lehetnek, és az *ilyen egyedülálló lehetőségek kialakítása szükséges a forradalom új szakaszának kezdetéhez!*

A kibernetikai forradalom 2030-as évekbeli végső szakaszának megkezdéséhez még egy előfeltétel lesz a távgyógyászati ellátás, amely ekkorra már jól ki lesz dolgozva, és amelynek köszönhetően a betegek számára is kiegyenlítődnek a feltételek. Ez azt jelenti, hogy az orvosi ellátási szolgáltatások minősége nem fog olyan nagymértékben függeni az adott egészségügyi ellátóegységben dolgozó egészségügyi személyzet képzettségétől. Már most is tanúi vagyunk ennek a folyamatnak, így elmondhatjuk, hogy a közeli évtizedekben és a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdetén nagyon erős lesz.

3. A változások a kibernetikai forradalom utolsó szakaszában

3.1. A kibernetikai forradalom kialakuló jellemzői

Előzetes elképzelések az orvostudományban bekövetkező változásokról. Mint már említettük, a cibériai forradalom végső fázisába való átmenet az új orvostudomány valamelyik területén kezdődik (amely szorosan kapcsolódhat más innovatív technológiákhoz), majd lépésről lépésre más területeket is érint. Ezek a forradalmi változások különösen az egészségmegfigyelő rendszerek kialakulásához kapcsolódnak majd, a szervezetet támogató és a kezelést főként az autonóm rendszerek fogják végezni, amelyek képesek lesznek rendszeresen és folyamatosan működni.

Napjainkban az orvosi diagnózis és a kezelés közötti határvonal már egyre észrevehetőbbé válik. A diagnosztika a betegségek ellenőrzéséhez és a gyógyszeradagoláshoz szükséges állandó intézkedés. A kibernetikai forradalom végső fázisában áttörés kezdődik az orvostudományban. Ez az egészséget felügyelő, a szervezetet támogató rendszerek kialakításával lesz kapcsolatos, a kezelést pedig főként autonóm rendszerek fogják végezni, amelyek képesek lesznek a következőkre

rendszeresen és folyamatosan működjön. Emellett, az újbóli orvosi ellátás lehetőségei miatt a betegek feltételei is kiegyenlítődnek. Ez azt jelenti, hogy a szolgáltatások minősége nem függ majd olyan nagymértékben az adott egészségügyi ellátóegységben dolgozó egészségügyi személyzet képzettségétől.

A gyógyíthatatlan betegségek elleni küzdelem területén áttörés fog bekövetkezni, de a legfontosabb - az életminőség javítása és a munkaképes kor meghosszabbítása terén. Az orvostudomány a következő irányban is fejlődni fog: a) a betegségek megelőzése és propedeutikája; b) az életfolyamatok irányítása és a rendellenességek megszüntetése; c) az egyéni sajátosságok maximális figyelembevétele.

A rendszerek önszabályozása és irányíthatósága az orvostudomány számos ágában megnyilvánul. Az önszabályozás abban fog megnyilvánulni, hogy a kezelés, a műtétek és a további rehabilitáció az önszabályozó rendszerek teljesebb ellenőrzése alá kerül. A jövőben lehetőség lesz arra, hogy bizonyos kezeléseket speciális eszközökkel, rendszerekkel, robotokkal *stb.* végezzünk. Ez az egyik legfontosabb irány, amely a 2030-2050-es években valósul meg.

Eközben a robotok megjelenése is az önszabályozó rendszerek felé való átmenetet mutatja. A norvégiai Oslói Egyetem tudósai a 3D-nyomatás segítségével feltalálták az öntanuló robotokat, amelyek alig 3D-nyomatóval rendelkeznek a szerkezetükben, és képesek a szükséges részleteket kinyomtatni (Howell O'Neill 2014). A RoboEarth projekt nagyon érdekes: ez az internet a robotok számára, amelyben rögzítik minden műveletüket, és képesek megszólítani, ha a szükséges művelet hiányzik a telepített programból. Ez a robotok kollektív intelligenciájának kezdete (Waibel *et al.* 2011).

Az önszabályozás egy másik megnyilvánulása az emberi szervek folyamatainak techno- logikus és automatizált irányításában fog állni (a szükséges fehérjevegyületek, sejtek, antitestek, az immunrendszer aktiválása *stb.* révén).). Más szóval a kezelés célzottabbá válik.⁴ A gyógyszeradagoló rendszerek drámaian meg fognak változni. A nanotechnológia, különösen a nanocsövek, valószínűleg kulcsszerepet fognak játszani ebben.

⁴ Az egyik kortárs optogenetikai technológia jó példát szolgáltat, és általános elképzelést ad arról, hogyan működhet ez. A technológia lényege, hogy a speciális membránfehérjéket kódoló DNS-törödéket beépítik a genomba. Ezek a fény által aktivált fehérjék (az agyszövetbe beültetett fényforrásból, vagy transzosszeális lumineszcencia révén) ionáramlást tudnak létrehozni a sejt belsejében, és így annak aktiválásához vezetnek (Sagitov 2015).

Az orvostudomány radikális átalakulásai drámaian megváltoztatják az orvosok helyzetét. Milyen technológiai újítások okozzák majd ezeket az átalakulásokat?

Jelenleg a fontos mutatók vizsgálatát speciális eszközökkel és tesztelőkkel doktorok nélkül is el lehet végezni (lásd *pl. az antitestekről* szóló alábbi bekezdést). A teszteredmények alapján meghatározható a norma és a rendellenességek. A *Scientific American* szerint megjelennek majd a bélyegméretű orvosi eszközök, amelyek, ha egy sebre helyezük őket, elvégzik a vérvizsgálatot és meghatározzák, hogy milyen gyógyszereket kell használni, majd befecskendezik azokat (Rybalkina 2005: 46). A betegek távvezérlésére az Applied Digital Solutions cég kifejlesztette a "Digital Angel" nevű eszközt, amely önfelújító energiával van felszerelve. Ez az apró biochip a szervezet biológiai paramétereit méri. Nem valószínű, hogy ilyen eszközök a közeljövőben megjelennek. Mindazonáltal az ilyen előrejelzések megjelenése igen figyelemre méltó, mivel az önszabályozó rendszerek fejlesztése felé való elmozdulást mutatják.

Az ilyen technológiáknak köszönhetően az orvos számos funkcióját a betegek is el tudják látni. Lehet, hogy a közeljövőben a diagnosztika a biochipek alapján mobil eszközökre kerül át, amelyek nem igénylik a szakemberek részvételét. Már most kialakulóban vannak a legjobb gyakorlatok központjai (Centers of Excellence), *vagyis* azok a helyek, ahonnan a vezető orvosok online végzik majd a műtéteket és konzultálnak a kollégákkal (Binder *et al.* 2004). Így az orvosi hivatás a jelenlegi formájában elveszítheti számos jelenlegi tulajdonságát. Jelenleg ilyen metamorfózis történik a szolgáltatási szektorban (például fotószolgáltatás, tipizálás és lapkészítés, dizájn, enteriőr kiválasztása, turisztikai utalványok vásárlása, útvonalak kiválasztása *stb.*). Természetesen az orvosi szakma létezni fog, de az orvosok száma valószínűleg nem fog növekedni, sőt a kibernetikai forradalom végső fázisának végén még csökkenni is fog. Ha szükség van az orvosok számának növelésére, akkor a képzési problémák és a költségek miatt nehéz lesz technológiai áttörést elérni. Az olyan rendszerek, mint az alább ismertetett egészségmegfigyelő rendszer, az orvosi pozíciókat is befolyásolni fogják.

A kezelés pontosságának javítása nagyon fontos irány, amely a betegségek kezelését ellenőrizhető folyamattá teheti. Az egyik módszer, amely pontos lesz, a célzott gyógyszeradagolás.

cellák. Itt valószínűleg a nanocsövek, amelyekkel a nanotechnológiákról szóló részben foglalkozunk majd, kulcsszerepet fognak játszani. Más módszerek közé tartozik az immunrendszer befolyásolása, a genetikai rendellenességek korrekciója, a sebészeti eljárások technológiájának megváltoztatása a kevésbé káros manipulációk irányába *stb.*

Folyamatos egészségmegfigyelés mint önszabályozó szuperrendszer. Napjainkban az orvosi diagnózis és a kezelés közötti határvonal egyre inkább észrevehetetlenné válik. A diagnosztika állandóan szükséges intézkedés a betegségek ellenőrzéséhez és a gyógyszeradagoláshoz. A kibernetikai forradalom végső szakaszában az orvosi ellátás minden területén áttörés fog bekövetkezni. Így az önszabályozás nagyon fontos iránya az egészségmegőrző rendszer fejlesztésével hozható összefüggésbe, amely lehetővé teszi a korai diagnózist és a betegségek megelőzését. Az ilyen eszközök kulcsfontosságú összetevői a bioérzékelők.

A bioszenzorok jó példái az önszabályozó rendszereknek és az individualizáció de- vitelésnek. Ezek olyan elektronikus regisztráló eszközök, amelyek biológiai anyagokat, például enzimeket, sejteket és antitesteket használnak. A bioszenzorok képesek a biológiai energiát elektromos energiává alakítani. Jelenleg aktívan használják őket az orvostudományban különböző elemzésekre: metabolitok és hormonszintek meghatározására *stb.* A bioszenzorokat is használják, amelyek lehetővé teszik a szervezetben a műtét során bekövetkező változások ellenőrzését. Az otthon használt bioszenzorok egyik példája a glükométer, a vér glükózkoncentrációjának meghatározására szolgáló de- vikométer. A bioszenzorokat a fizikai aktivitás mérésére is használják. A termelésben különböző paraméterek mérésére alkalmazzák őket: keverék arányok, toxinok, mérgező gázok koncentrációja, *stb.* mérésére. Folyik a bioszenzorok és nanorobotok fejlesztése, amelyek például online nyomon követhetik a vi- ruszok terjedését a vérben (Cavalcanti *et al.* 2008).

Könnyen elképzelhető, hogy a jövőben a bioérzékelők az emberi élet szerves részévé válnak, és a szervezet vagy egyes szervek folyamatos letapogatásának funkcióját töltik be, sőt, az esetleges veszélyek vagy az egészségi állapot súlyos romlása esetén az erről szóló információkat továbbítják az egészségügyi központoknak. A beépített érzékelők lehetővé teszik az összes létfontosságú folyamat ellenőrzését és szabályozását, valamint a gyógyszerek bevitelének és adagolásának, a fizikai tevékenységek és a szükséges gyakorlatok időpontjának meghatározását a különböző körülmények figyelembevételével, a legmegfelelőbb étrend ajánlását *stb.* A sportolók számára a bioszenzorok már a fiziológiai mutatóik ellenőrzésének eszközei a következő célokra

a fizikai tevékenységek szintjének kiszámítása és valószínűleg a képességeik is növekedni fognak. A műtétek során a bioszenzorok ellenőrzik a szükséges paramétereket, és a sebészt a további lépésekkel kapcsolatban felkérlik. Ezek a programok, amelyek konkrét ajánlásokat adnak az egyéneknek, valósággá válnak. Ugyanakkor az intelligens számítógépes rendszerek képesek lesznek a mutatók jelentős ingadozásait nyomon követni, és ajánlásokat adni a rövid és hosszú távú életmóddal kapcsolatban.

Mit hoznak ezek az újítások: jó vagy rossz következményekkel járnak majd? Természetesen az emberek szabad cselekvőképessége korlátozva lesz, mivel néha nehezebb ellenállni a gépeknek, mint az emberi kívánságoknak. Ugyanakkor az egészséggel kapcsolatban bizonyos imperatívuszok fognak kialakulni. Valójában minden testnek saját elektronikus dajkája lesz (ahogyan az ókori görög jómódú polgárok gyermekeinek a rabszolgák közül volt tanítójuk, a földbirtokos nemesek gyermekeinek pedig a szolgák közül volt tanítójuk). Ez egyébként különösen fontos lehet a gyermekek ellenőrzésére és az otthon maradó betegek ápolására. Ha megjelenik néhány relatíve olcsó, a változásokra rugalmasan reagálni képes multifunkcionális robot, akkor az emberek élete sokkal kényelmesebbé válik (de ebben az esetben függetlenségük csökken).

Az ilyen minirendszerek integrálhatók egy nagy rendszerbe, amely nagyszámú embert felügyel, például egészségügyi központokban, gyógyászati létesítményekben, szállodákban *stb.* Már említettük a kórházak csökkenő számát, és az ilyen megfigyelés és távoli online hozzáférés jelentősen tehermentesítheti a kórházakat. Elképzelhető, hogy az ilyen rendszerek képesek lesznek felismerni a potenciálisan veszélyes helyzeteket, és gyorsan reagálni a kritikus helyzetekre. Ez jó példa a prog- nosztikára és a problémák megelőzésére. Feltételezzük, hogy az ilyen rendszerek létrehozása sok időt vesz igénybe. Emellett bonyolult etikai és jogi problémák merülnek fel az ilyen megfigyeléssel kapcsolatban, mivel mindig fennáll a veszélye annak, hogy egy figyelő "Nagy Testvér" kihasználja ezt.

Az erőforrás-fogyasztás gazdaságossága és optimalizálása. Az orvostudományban elért eredmények jelentősen hozzájárulnak *az erőforrás-felhasználás optimalizálásához*: egyrészt növeli a várható élettartamot (ami a legértékesebb erőforrás), másrészt növeli az ember egészségét és ezáltal a termelékenységet. Az erőforrás-felhasználás optimalizálása például a gyógyszer-gazdaságosságban fog kifejeződni a célzott adagolásnak és a szervezetbe való beavatkozás minimalizálásának köszönhetően. A kórházi kezelés kevesebbet fog igénybe venni, mivel a műveletek célzottabbak lesznek, és

a rehabilitációs időszak minimális lesz. Több embert fognak otthon kezelni, mivel a távgyógyítás fejlődése meglehetősen valószínű, amikor az orvosok online ellenőrzik a beteg indexeit, és távolról is ki tudják írni a szükséges recepteket. Ez jelentősen csökkentheti az orvosi kezelés költségeit, amelyek most sok ember számára túlzottan magasak. A pénz (és az erőforrások) megtakarítása a gazdaság egyik legfontosabb iránya.

Az orvostudomány a növekvő *miniatürizálás* felé tart (*mint az egyik gazdasági ágazat*). Úgy gondoljuk, hogy az orvostudomány tekintetében a "miniatürizálás" kifejezést két értelemben is használhatjuk. Az első jelentés a műszerek méretének folyamatos, mikro- és nanoméretűvé történő csökkentésének tendenciáját jelenti (Peercy 2000). A második jelentése az emberi szervezetre gyakorolt orvosi beavatkozási zóna folyamatos csökkenésének tendenciája. A műtétek során például az érintkezés csak a célzott hámrétegekre összpontosul. Például egyes szemműtétek lézerrel történő elvégzésének célja a csak néhány milliméter vastagságú szövetek eltávolítása. Az ilyen műtétek nem igényelnek utólagos rehabilitációt.

A várható élettartam növekedése és a kibernetikai forradalom jellemzői. A 2030-2050-es években valószínűleg áttörés lesz a várható élettartam növelésében. Talán akár évekkel is nőhet. A várható élettartam növelése és különösen az életminőség és az egyének aktivitásának minél hosszabb ideig történő megőrzése a kibernetikai forradalom fent említett jellemzőinek összefüggésében az önszabályozó rendszerek, az individualizálás, az optimális rezsimek kiválasztása, a hatalmas energiatakarékosság (beleértve az érzelmi) és az egyedi élmény- és világerzékelés továbbfejlesztését jelenti. Minden ember felbecsülhetetlen értékű élettapasztalatot szerez élete során. Megjegyezhetjük azt is, hogy ez egy lehetőség az előző generációk tapasztalatainak megőrzésére a hosszú életűek személyes tapasztalatainak és az utódok személyes kapcsolatának rovására. Ez különösen fontos a gyors technológiai fejlődés és ennek következtében a korábbi generációk által felhalmozott tapasztalatok és tudás elvetése mellett, amit már a több generáció alatt is megfigyelhettünk.

3.2. Az egyes orvosi technológiák fejlődésének előrejelzései

Mesterséges antitestek és az immunrendszer felhasználásának növekvő lehetőségei. Soha nem lesz univerzális gyógyszer minden betegség ellen. De az immunrendszer erősítése az egyik univerzális irány.

amely átalakíthatja ezt a helyzetet, és segítheti a különböző betegségek elleni küzdelmet. Az emberi immunrendszernek van egy különleges eszköze - az antitestek.

Az antitestek olyan molekulák, amelyek bizonyos idegen eredetű sejtek - antigének - elleni küzdelemre szintetizálódnak. Az antigén által okozott károsodás általában az idegen organizmusok elpusztulásához és gyógyulásához vezet. Minden antigénhez specifikus antitestek termelődnek. Ezeket speciális immunsejtek - limfociták - termelik, amelyek egy életen át felhalmozódnak és keringenek a vérben. Így mindenkinek megvan a maga "betegség-történetén" alapuló védekező rendszere. Ez az *individualizáció* fejlődésének egyik legfontosabb iránya.⁵ Az orvostudomány minden módon kapcsolódik a beteg egyéniségéhez. A huszadik században azonban a tömeggyógyászat irányába mutatkozott a tendencia (tömeges oltásokkal, megelőző vizsgálatokkal *stb. kapcsolatban*). Jelenleg a tömeggyógyászatról a személyes/individuális orvoslásra való áttérés jelei mutatkoznak (különösen az esztétikai orvoslásban), ami a kibernetikai forradalom általános individualizációs tendenciájához kapcsolódik. De az individualizáció még nagyobb mértékben fog megnyilvánulni, ha a szervezet egyedi jellemzőire alapozódik, amelyek közül az egyik az immunrendszer. A mesterséges antitestek erősíthetik az orvostudomány individualizálódási tendenciáját.

A tudósok már többször próbálkoztak mesterséges antitestek előállításával. Különböző módszereket alkalmaztak, a legerjedtebb módszer az antitestek izolálása volt állatok véreből, de a tisztítás mértéke alacsony maradt. 1970-ben Cesar Milstein és Georges Köhler megtalálta azt a módszert, amellyel egy bizonyos típusú, azaz monoklonális antitesteket lehet előállítani. Ezért a felfedezésért 1984-ben Nobel-díjat kaptak. Az antigének egérbe történő befecskendezésével és az antitestek izolálásával a lépéből a tudósoknak sikerült különálló antitesteket előállítaniuk, amelyeket önmaguk többszörös másolatát alkotva klónoztak. Ezek a sejtek azonban csak rövid ideig tudtak létezni, és csak a rákos sejtekkel való hibridizációjuk révén jöttek létre hosszú életű, önklónozó antitestek - hibridómák. Napjainkban sok orvosi kutatás fókuszában áll az antitestek más módon történő előállítása (Schirhagl *et al.* 2012), valamint a kemoreceptorok létrehozása (Dickert *et al.*

⁵ Az individualizáció fogalma itt nem minden antitestre, hanem az egyes organizmusok által specifikusan létrehozott mesterséges antitestekre vonatkozik.

2001). Az antitesteket már széles körben használják a terhességi tesztekben, számos betegség diagnosztikájában, laboratóriumi kísérletekben.

Feltételezzük, hogy a kibernetikai forradalom végső szakaszában jelentős előrelépés lesz a mesterséges antitestek létrehozásában és a szervezet általi elfogadásában. Kétségtelen, hogy az e téren elért haladás áttörést hoz majd az orvostudományban. A mesterséges antitestek képzése fontos szerepet fog játszani számos súlyos betegség megelőzésében és kezelésében, megakadályozzák az átültetett szervek kilökődését stb. Ezáltal könnyebbé válik a betegség lefolyásának ellenőrzése, és segít a betegség elfojtásában, illetve a betegség legyőzésében, ha ez lehetséges. A mesterséges antitestek létrehozásának és elfogadottsági szintjének előrehaladása a korábban a szabályozható beavatkozás számára hozzáférhetetlen folyamatok irányításának lehetőségeinek jelentős növekedését és az ilyen beavatkozás szabályozására szolgáló önszabályozó rendszerek megjelenését fogja jelenteni.

A programozott sejthalál (apoptózis) szabályozása az egyik legjelentősebb módszer a súlyos betegségek, köztük a rák legyőzésére. Az 1960-as évektől kezdődően folytak kutatások ezen a területen. Ezek azt mutatják, hogy egyes sejtek gyakran az előre meghatározott tervnek szigorúan megfelelően halnak el. Így a mikroszkopikus féreg fonálféreg embriója a kikelés előtt 1090 sejtből áll, de később ezek egy része elhal, és a kifejlett féreg szervezetében csak 959 sejt marad (Raff 1998; Ridley 1996). Az apoptózis mechanizmusa a jelzőmolekulák és speciális receptorok aktivitásával függ össze, amelyek a jelet fogadják, morfológiai és biokémiai változások folyamatát indítják el, és ennek eredményeként a sejtek elhalásához vezetnek.

A betegségeket előidéző sejtek önpusztításának kiváltására adott lehetőség ellenőrizhetővé teheti a betegségek elleni küzdelmet. Másrészt gyors gyógyulást biztosít a sebészeti beavatkozás, kemoterápia vagy sugárkezelés után szükséges hosszú rehabilitációs időszak nélkül (ez a példa a beteg energia- és időtakarékoságára). A sejtek önpusztító mechanizmusának kikapcsolása is segít megmenteni a szervezetet bizonyos betegségektől, és valószínűleg az öregedés folyamatát is kontrollálni lehet. Feltételezzük, hogy a kibernetikus forradalom végső fázisában az orvostudomány képes lesz előrelépni ebben a direktívában és a tudományos-kibernetikai termelési elv kiforrott fázisaiban ennek irányítására. Ebben az esetben a mesterséges antitestekhez és az immunrendszerek előállításának rendszereihez hasonlóan (lásd erről alább) a mozdulatok-

Az önszabályozó rendszerek létrehozása irányába történő elmozdulás a szerv ezen alrendszerének kulcsfontosságú elemeire gyakorolt hatás alapján történik, hogy bizonyos célok és feladatok összefüggésében kiválasszák az optimális rendszert. Így bizonyos esetekben lehetőség lesz a nem kívánt sejtek halálának szándékos előidézésére, más esetekben pedig a szükséges sejtek halálmechanizmusának blokkolására.

Áttörések az emberi test irányítása terén. Transzplantáció: a legmagasabb szintű biotechnikai rendszerek felé vezető úton. Az orvostudomány egy másik fontos iránya az emberi test szerveinek és részeinek regenerálásához és transzplantációjához kapcsolódik. A presentben már végeznek ilyen műtéteket, például szívet, tüdőt, májat, hasnyálmirigyet és vesét ültetnek át. Az emberi donorszervek azonban szűkösek, és a donorszerveket külön megállapodás nélkül elosztó embereket világszerte büntetőjogi felelősségre vonják. A szervhiány problémájának megoldása különböző irányokban történik:

1. A donorszerv egy részének felhasználása és új szerv növesztése őssejtek felhasználásával.
2. A xenotranszplantáció (állati szervek emberbe történő átültetése) lehetősége.
3. A különböző szervhelyettesítő technológiák, például a 3D nyomtatók (a legígéretesebb irány) kifejlesztése.

Emellett az orvostudományban a tudósok már használnak vagy dolgoznak különböző mesterséges szervek tervezésén: bőr, retina, légsző, erek, szív, fül, szem, végtagok, máj, tüdő, hasnyálmirigy, hólyag, petefészek. A fent említett lehetőségek kombinációja is lehetséges. Már most is van lehetőség a szövettechnológiára. Laboratóriumokban egészséges bőr- vagy porcsejteket tenyésztnek, hogy sérült csontot vagy porcot helyettesítsenek.⁶ Ennek a technológiának a lehetősége a sejterápia és a szövetek regenerálására szolgáló módszerek kialakításában rejlik.

Áttörést jelentett az orvostudományban a Stanford Egyetem (USA) tudósai által kifejlesztett műszaruhártya. Ez a nagyszerű eredmény a kémia, a nanotechnológia, a biológia és az orvostudomány területén végzett közös kutatásoknak köszönhetően vált lehetővé (amelyek a kibernetikai forradalom komplex technológiáira jellemzőek).

⁶ Miután elegendő számú sejtet növesztettek, ezeket a sejteket a kifejlesztett anyagokba ültetik be poliszacharidok és speciális szubsztátumok alapján, amelyek szabályozzák a növekedést. A sejtek növekedési körülményei ezekben a struktúrákban nagyon hasonlóak a természetes környezetükhöz.

Előre jelezhetjük, hogy az idegen sejtek immunszuppressziójának "megtévesztésére" való lehetőség megtalálása áttörést jelent majd a szervek és szövetek regenerálásának és transzplantációjának területén (lásd fentebb). Már most is történtek lépések ebbe az irányba. Itt is rámutathatunk arra a lehetőségre, hogy az emberi szervezet kezdeti alrendszerének kulcselemeit befolyásolva irányíthatjuk a folyamatokat, ebben az esetben kikapcsolva az immunvédelem legéberebb rendszereit (akárcsak az érzéstelenítés egy sebészeti beavatkozás során). Fontos esemény volt, amikor japán tudósok felfedezték a sejtek funkcióinak átprogramozásának módját. Például a bőrsejteket átprogramozták, és egy szem sérült sejtjeit helyettesítették. Az ilyen típusú sejtek nem lökődnek ki, így ez a di- rektorálás rendkívül ígéretes (Kostina 2013).

Idegi interfészek és kiborgizáció. Milyen messzire mehet ez előre? Amint a bevezetőben rámutattunk, nyilvánvaló, hogy az orvostudomány számos vívmánya el fogja sodorni civilizációnkat abba az állapotba, amelyben egyre több ember válhat részlegesen kiborggá. Így egy új típusú önszabályozó rendszerek fejlődésének útját követjük, amelyeket különböző eredetű elemek alkotnak majd: biológiai és mesterséges elemek. Mindaz, amit a mesterséges szervekről és szövetekről írtunk, a teljesen új anyagok gyártásának területén elért áttörésnek lesz köszönhető, amely kiterjeszti a nem biológiai elemek alkalmazását az emberi testben. A kibernetikai forradalom tehát szorosan összefügg azzal a folyamattal, amelyet kiborgizációnak nevezhetünk. A fogyatékkal élő emberek a legtöbbet hozzátják ki a medicina és a kiborgizáció fejlődéséből, mivel képesek lesznek jelentősen kompenzálni hátrányaikat.

A népszerű "cyborg" szó (a "cybernetic organism" rövidítése) a "cybernetic" szóból származik.⁷ Jelenleg a kiborg kifejezést gyakran alkalmazzák olyan szervezetre, amely valamilyen mesterséges komponens vagy technológia integrálása révén helyreállított funkcióval vagy megnövelt képességekkel rendelkezik, amelyek valamilyen visszacsatolásra támaszkodnak.

Az idegi interfészek új lehetőségeket kínálnak a fogyatékoságok részleges kiborgizálására. Az interakciót létrehozó technológiák egy

⁷ A "kiborg" kifejezést Clynes és Kline vezette be az űrben való túlélés emberi képességeinek expansion elméletével kapcsolatban. A "kiborgok" fogalmát bevezető cikkükben a következőket írták: "Az ember testi funkcióinak megváltoztatása a földönkívüli környezet követelményeinek megfelelően logikusabb lenne, mint földi környezetet biztosítani számára az űrben...". Az ember öntudatlan, önszabályozó kontrollját kiterjesztő mű- szervrendszerek az egyik lehetőség" (Clynes és Kline 1960: 26).

Az egyén idegrendszerének és külső eszközöknek az összekapcsolását neurális interfésznek (Brain-Computer Interface) nevezzük. Ezek az agy és a számítógépes rendszerek közötti interakciót valósítják meg, amely a fejbőrrel való elektródakapcsolat vagy az agyba ültetett elektródák segítségével valósítható meg. A neurális interfészek megvalósítása már széles körben elterjedt. Olyan neurális interfészeket fejlesztettek ki, amelyek lehetővé teszik a protézisek mozgatását az agyi jelek segítségével. Ma már kifejlesztettek olyan szkennelési technikákat, amelyekkel az agyi jeleket tanulmányozhatják. Ez lehetőséget ad bármilyen agyi válasz reprodukálására.

Jelenleg már léteznek olyan eszközök, amelyek lehetővé teszik, hogy a bénult emberek beszéljenek, írjanak, sőt, akár számítógépen dolgozzanak, mint például a híres asztrofizikus, Stephen Hawking esetében. A Pittsburghi Egyetem orvosi karának idegsebészei csodát tettek, amikor beültettek egy chipet Tim Hemmes agyába. Mivel paralízisben van, egy bionikus protézist tud mozgatni az elméjével. A protézis egy speciális számítógéppel rendelkezik, amely az agyból érkező idegi impulzusokat a meghatározott cselekvésig vezeti (Pylyshyn 2003). A globális média aktívan tárgyalta a hírt, miszerint olasz és svéd sebészek elektromos protézist csatoltak egy 22 éves doboshoz, Robin Ekestamhoz, aki rák következtében elvesztette a karját. A neurális interfészek tárgyalását az alábbi 6. fejezetben folytatjuk.

Ezért tudatában kell lennünk annak, hogy ezek a technológiai vívmányok valójában nemcsak az orvostudomány új irányának kialakítását jelentik, hanem az ember *kiborgizálódása* és a transzkibernetikus rendszerek (azaz a különböző természetű elemeket kombináló rendszerek) létrehozása felé való elmozdulást is. Ez persze bizonyos és teljesen jogos aggodalmat okozhat. Másrészt a nem csak hosszú, hanem aktív élet lehetőségeinek bővítése aligha lehetséges az érzékszervek és más, az öregedés és más okok miatt gyengülő testrészek jelentős támogatása nélkül. Végül a kontaktlencsék, a műfogak, a fogtömések, a csontok, az aerofonok, a mesterséges erek, a mitrális billentyűk *stb.* emberek százmillióinak teszik lehetővé az életet és a munkát, és ezek az emberek még mindig emberek maradnak. Ugyanez igaz a bonyolultabb rendszerek és funkciók tekintetében is.

Azt azonban csak pusztán fantáziálásnak tartjuk, hogy az emberi testet egy napon teljesen nem biológiai anyag fogja helyettesíteni, és az agyat vagy az érzékszerveket támogató szerveket is (lásd a Bevezetést; az emberiség ilyen jövőjéről szóló közismert elképzeléseket Kur- zweil [1999] mutatja be; lásd még Rybalkina 2005: 333). Ez soha nem fog bekövetkezni

Igaz. Azok, akik ilyen megoldásokat javasolnak, például azt, hogy az előrejelzéseikben a szuper- posztosan kevésbé tartós és kényelmes biológiai anyagot a techno- logikus találmányokkal helyettesítsék (például a véresejtek helyettesítését nanorobotok milliárdjaival *stb.*), azt az elavult logikát próbálják alkalmazni, amely néhány évtizeddel ezelőtt a sci-fi vagy a rémtörténetekben volt elterjedt: a biológiai organizmusok technikai szervezetekkel való helyettesítését. A tudományos és technológiai fejlődés modern logikája, beleértve a biotechnológia legújabb vívmányait is, a biológiai formák és a technikai megoldások egységes rendszerré való színézise felé mutat. A technikai vívmányok aligha helyettesíthetik a biológiai mechanizmusokat, amelyek évmilliók óta szelektáltak. Éppen ellenkezőleg, a "javítás", a tökéletesítés, az önszabályozás kialakításának és a biológiai mechanizmusok támogatásának útját kell követnünk bizonyos technikai megoldásokon keresztül.

Az emberi agy nagyon szorosan kapcsolódik a testhez és az érzékszervekhez, legtöbb funkciója a test irányításán alapul, ami nem jelenti azt, hogy teljes értékűen a biológiai alapokon kívül működjön. A tudomány és az orvostudomány lehetőségei az elhasznált szervek pótlására növekedni fognak, de az ember biológiai alapjai mindig létezni fognak, és érvényesülniük kell. Ha az emberi szervezetet különböző eszközökkel lehet segíteni, beleértve az immunrendszer aktiválásának módszereit, a genetika lehetőségeit, az öregedési folyamatok blokkolásának vagy lassításának módszereit *stb.* sokkal ésszerűbb az emberi biológiai alapokat megőrizni. Mindenesetre a közeli évtizedekben a kiborgizáció folyamatában egészen radikális áttörések lehetségesek, de ettől függetlenül a kiborgizáció folyamata nem fog túl messzire menni.

Az egyének természetes képességeinek fejlesztése. Fontos megjegyezni, hogy jelenleg mindezen technológiák célja az egyén elvesztett funkcióinak helyreállítása. Ez nem zárja ki annak lehetőségét, hogy ez az irányvonal a jövőben lehetőséget ad a természetes és intellektuális képességek természetes határokat meghaladó javítása felé való elmozdulásra. Ez azonban a XXI. század végére aligha történhet meg. Valószínűleg a folyamat hasonló lesz, mint a plasztikai sebészet területén, amely először a sérült szövetek helyreállítására jött létre, de aztán a szépségipar lett belőle.

A génterápia a szervi korrekció fejlett eszköze. A génterápia a modern orvostudományban külön irányzatot képez. Fejlődéséhez jelentős mértékben hozzájárult a Hu-

man Genome Project, amelynek célja az emberi DNS szekvenciájának meghatározása (Brown 2000; Stein 2004). A genom szerkezetének meghatározásától a funkcióinak megértéséig azonban hosszú az út, és ez a tudományág a fejlődésének legelején áll. A vezető országok dollármilliárdokat költenek a génterápia területén végzett kutatásokra.

A génterápia a cik- bernetikus forradalom számos jellemzőjét egyesíti magában, beleértve az *op- timális kezelési módok kiválasztásának* bővülő lehetőségeit *bizonyos célok és feladatok összefüggésében*. Történelmileg a génterápia az örökletes genetikai rendellenességek kezelésére irányult. Jelenleg azonban a génterápiát már a betegségek széles körének - a genetikai betegségektől a fertőző betegségekig - kezelésére szolgáló, potenciálisan univerzális megközelítésnek tekintik.

A génterápiának két megközelítése van: a *magzati génterápia*, amikor idegen DNS-t juttatnak a zigótába (megtermékenyített petesejt) vagy egy csírába a fejlődés korai szakaszában; így várható, hogy a behozott mátrix öröklődik. A második megközelítés a *szomatikus génterápia*, amikor a genetikai anyagot csak a szomatikus (azaz nem csírai) sejtekbe juttatják be, és az nemi sejtekbe nem kerül át.

Van egy másik megközelítés is - a szervezet saját génjeinek aktiválása a mutáns gén hatásának teljes vagy részleges leküzdése érdekében. Az ilyen megközelítés szembetűnő példája a *hy- droxyurea* alkalmazása a magzati hemoglobin szintézisének aktiválására sarlósejtes vérszegénységben és thalassémiában szenvedő betegeknél.

A génterápia a technológiák individualizálásának és a folyamatok célzott befolyásolásának példája lehet. A genetikai adatok alapján az egyes betegek számára a legmegfelelőbb kezelést adaptálják, és ha szükséges, a hibás géneket korrigálják. Emellett a szükséges gének működtetése és a géncsendesítés (ha szükséges) is teljesen lehetséges. Véltetően a génterápia mindenekelőtt a sportorvoslásban fog megnyilvánulni, mivel egyrészt új eszközzé válhat a gyógyszergyárak azon törekvésében, hogy elkerüljék a doppingbizottságok ellenőrzését, másrészt a benne rejlő lehetőségek elégtelenné válnak a legjobb eredmények eléréséhez a nagy sportágakban.

A jövőbeli gyermek megjelenésének kiválasztásakor (szemszín, bőrszín *stb.*) génterápia alkalmazható. A jövőben lehetséges lehet, hogy szinte rendelésre születnek majd csecsemők, ezek lesznek a "tökéletes csecsemők" (Fuku-

yama 2002, idézi McGee 1997).⁸ Más szóval ez azt jelenti, hogy a felek már a gyermek születése előtt kiválasztják a gyermek kívánatos tulajdonságait. Tehát a genetikusok valószínűleg megtalálják az olyan tulajdonságok "génjeit", mint a nemesség, az agresszió vagy az önértékelés, sőt az intelligencia, és ennek köszönhetően létrejön egy "jobb" baba. Az ilyen genetikai javulás az arc és a test plasztikai sebészeti módszerekkel történő javítását fogja szem előtt tartani. Más szóval, lehetetlen lesz zsenit vagy bajnokot faragni bármelyik gyermekből, de nem kizárt, hogy lehetséges lesz javítani az adottságait. Ahogyan jelenleg is lehetséges a sport és az intellektuális képességek fejlesztése pedagógiai technológiák és bizonyos feltételek segítségével. Ez a javulás bizonyos mértékig a mezőgazdasági biotechnológia helyzetére fog emlékeztetni.

Vélhetően a génterápia először a sportorvoslásban fog megnyilvánulni, mivel hatalmas befektetések folynak ebbe a területbe, és a legjobb elmék foglalkoznak vele (pl. egy sportorvos éves átlagfizetése 200 000 USD). Másodsor, új módszerré válhat a gyógyszeripari vállalatok doppingellenes bizottság elleni harcában. Harmadszor, a sportolók képességeinek növelésére nagy szükség van a profi sportban, mivel a veleszületett adottságok már nem elegendők a rekordok felállításához.

Az emberi reprodukciós képességek megváltoztatása különösen fontos területe az orvostudománynak. Csökken a termékenységet okozó gyógyíthatatlan betegségek száma. Ennek ellenére az ilyen betegek számára az egyetlen lehetőség az *in vitro* megtermékenyítés. Emellett a medicina fejlődésének köszönhetően növekszik azon nők száma, akik reproduktív koruk után is szeretnének gyermeket vállalni (pl. , Annegret Raunigk, egy 65 éves német nő négyes ikreket szült [McKie 2015]). Meg kell említeni az embriónak a nő testén kívüli növesztésére szolgáló technológiákat. Lehetővé válik a reproduktív szervek átültetése.⁹ A tudósok kifejlesztik a mesterséges méhet, amelyet át lehet ültetni egy sérült méhű nőbe vagy akár egy férfiba is, ami gyökeresen megváltoztatja a nem fogalmát (McKie 2002), és új etikai problémákat vet fel. A mesterséges anyaméh-kísérletek sikeresek voltak...

⁸ Nehéz megmondani, hogy mennyire lesznek "tökéletesek", és milyen problémák fognak jelentkezni e technológiák eredményeként. Például a baba nemének előrejelzésének lehetősége Kínában a nemek közötti egyenlőtlenséget eredményezett. Ennek eredményeként aránytalanul sok a fiú. Egyetértünk tehát Francis Fukuyamával, aki szerint a "biotechnológiai forradalom" jövőbeli vívmányait nagy körültekintéssel kell elfogadni (Fukuyama 2002).

⁹ Lásd először a <http://www.theguardian.com/science/2014/oct/04/woman-gives-birth-womb-transplant-medical->.

teljes mértékben Olaszországban végeztek, ahol mesterséges méhet növesztettek és ültettek át egy nőbe. Véleményünk szerint a kibernetikai forradalom végső fázisának eredményeként a mesterséges méhbeültetéssel kapcsolatos kísérletek száma növekedni fog, és az embriónak a női testen kívüli növesztése valósággá válik.

Az orvostudomány perspektivikus iránya az öregedési folyamat lelassítása. Az öregedési folyamat tudományos megalapozását nagyon nehéz volt megtalálni, de végül valószínűleg a sejtek osztódáshoz szükséges speciális testek - a telomerek - genetikai szerkezetének felfedezése után vált kézzelfoghatóvá. Kiderült, hogy a kromoszómák megkettőződése után a kromoszómák végén lévő telomerek száma minden alkalommal csökken. Ez az egyik oka annak, hogy a sejtek előregednek és elpusztulnak, amikor egy szervezet elér egy bizonyos életkort. Talán ezért öregszik a szervezetünk, bár erről a kérdésről még mindig heves viták folynak a tudósok között (Slagboom *et al.* 1994). 2009-ben Elizabeth H. Blackburn, Carol W. Greider és Jack Szostak kapta meg a fiziológiai vagy orvosi Nobel-díjat annak felfedezéséért, hogy a kromoszómákat a telomerek és a telomerase enzim védi a terminális alulreprodukciónak. Valószínű, hogy genetikai módszerekkel jelentősen növelhető a várható élettartam. Az öregedést meghatározó folyamatokról és az öregedés "leküzdésének" lehetőségeiről lásd még Aubrey de Grey és Michael Rae *Ending Aging (Az öregedés megszüntetése)* című monográfiáját: *The Rejuvenation Breakthroughs That Could Reverse Human Aging in Our Lifetime*.

Fejezet 4

Biotechnológiák a kibernetikai forradalomban: Biotechnológiák és az önszabályozó rendszerek létrehozása

A biotechnológia széles körű és sokrétű fogalom. Az 1970-es évekig a "biotechnológia" kifejezést elsősorban az élelmiszeripar és a mezőgazdaság egyes technológiai folyamatainak leírására használták. Miután a laboratóriumokban elkezdtek használni az *in vitro* termesztett rekombináns DNS-t és a sejt kultúrákat, a biotechnológiát a géntechnológiával kezdték összekapcsolni, és jelenleg ezt a két fogalmat gyakran szinonimaként használják. Ma már több tucatnyi meghatározás ismert a biotechnológiára (lásd *pl.* Bli- nov 2003). Vannak hivatalos nemzetközi meghatározások is, például: "A biotechnológia olyan komplex tevékenységi kört képvisel, amelyben a modern biotechnológia új módszerei összekapcsolódnak a hagyományos biotechnológiai eljárások bevett gyakorlatával. Ennek a növekvő tudásintenzív iparág az alapját az a komplex módszeregyüttes képezi, amely lehetőséget ad arra, hogy az ember célzottan megváltoztassa a dezoxiribonukleinsav (DNS), vagyis a növények, állatok és mikroorganizmusok genetikai anyagának szerkezetét, hasznos termékek és technológiák átvételének eredményeként" (ENSZ 1992: 16. k.). *A biotechnológiát úgy értelmezzük, mint a különböző dolgok előállításának tudományos és ipari módszereinek egész sorát élő szervezetek és biológiai folyamatok felhasználásával.*

A modern biotechnológia fő irányai az élelmiszerek, a mezőgazdaság, az ipari és háztartási felhasználásra szánt termékek, a gyógyszerkészítmények és egyéb orvosi készítmények, a környezetszennyezés elleni védelem *stb.* biotechnológiája.

1. A biotechnológia története a kibernetikai forradalom kezdete előtt

Annak ellenére, hogy a biotechnológia egy meglehetősen új ágazat, a "hagyományos" mikrobiológiai előállítás időszak a kőkorszakig nyúlik vissza: élesztős kenyeret, joghurtot, sört, bort és ecetet már az ókor óta használnak. A biotechnológia első tudományos alapjait a következők teremtették meg

Louis Pasteur, aki felfedezte az erjesztést. A XIX. század végén és a XX. század elején aktívan halmozódtak a mikrobiológiai ismeretek, amelyek egyre nagyobb gyakorlati alkalmazásra találtak. Ereky Károly magyar mérnök 1917-ben vezette be a biotechnológia kifejezést.

Egyes kutatók (Glick és Pasternak 2002) a biotechnológia fejlődésében a következő periódusokat jelölik meg: 1) 1917-ig a "hagyományos" mikrobiológiai termelés időszaka; 2) 1917-től 1917/1973- a modern biotechnológia tudományos alapjainak lerakásának időszaka. Ezen kívül ez az időszak két intervallumra osztható: 1917-től 1940-ig bizonyos értelemben egy "inkubációs" al- periódus, amikor a biotechnológiákat már készen álltak az aktív alkalmazásra, de általában nem játszottak jelentős szerepet az iparban és a gazdaságban; 1940-től 1970-ig pedig a biotechnológia már az ipar egy észrevehető ága lett; 3) 1970-től napjainkig a modern biotechnológia időszaka, a tudományos kutatás eredményeinek a biotechnológiai termelésben való megvalósítása.

Ez a periodizáció jól illeszkedik a kibernetikai forradalomról alkotott elképzelésünkhöz. Valójában az 1940-es évektől kezdve egészen az 1970-es évekig a kibernetikai forradalom tudományos és információs szakaszán belül beszélhetünk a biotechnológiák gyors fejlődéséről. Ezek a kibernetikai forradalom alapján az 1970-es évektől kezdtek el a legerőteljesebben fejlődni.

A biotechnológia az ipari termelési elv utolsó szakaszában jelent meg, sok más innovatív ággal együtt. A XIX. század végén és a XX. század elején megjelentek a biotrágyák és biológiai készítmények a kártevők elleni védekezésre és a növénybetegségek elleni küzdelemre, a biokonverziós termelési kísérletek (Volova 1999). Kialakult az acetone, butanol, antibiotikumok, szerves savak, vitaminok, takarmányfehérjék stb. előállítása mikroorganizmusok segítségével (Yegorova és Samuilova 1987).

Az 1930-as és 1940-es éveket a kibernetikai forradalomra való áttérés háttérének kialakulása jellemezte. Ebben az időben kezdődött meg egyes vitaminok, például a C-vitamin ipari előállítása, és a biotechnológiai módszerekkel előállított készítmények gyártása is egyre inkább elterjedt. Az első tömeges biotechnológiai termelés a penicillin előállítása volt, amely 1943-ban kezdődött. A világháború sürgősen szükségessé tette az olcsó gyógyszerek, provitaminok és vitaminok tömeges előállításának megszervezését.

2. A kibernetikai forradalom kezdeti szakasza

2.1. A biotechnológia az ipar egyik legfontosabb ágává válik

Koncepciónk szerint a kibernetikai forradalom (annak tudományos és információs szakasza) az 1950-es években kezdődött, amikor *számos, korábban a korábbi termelési elvhez képest nem rendszerszintűnek számító tendencia rendszerszintű jelleget kapott*. Ebben az időszakban a biotechnológia végül az egész gazdaságot érintő, gyorsan növekvő ipari ágazattá vált. A biotechnológiai termékeket széles körben alkalmazták. A II. világháború utáni első évtizedekben megszervezték az aminosavak, az egysejtű takarmányfehérjék (olaj- és papírmáséipari hulladékokból), a ster- oidok nagyüzemi előállítását, és elsajátították az állatok és növények sejt kultúráját. Már az 1940-es évek végétől elkezdték megszervezni az antibiotikumok tömeges előállítását, amelyek nemcsak az orvosi iparban, hanem a mezőgazdaságban is széleskörű felhasználásra találtak az állatok és növények kezelésére, takarmányok bioadalekanyagaként. Az antibiotikumok néhány igen hatékony formáját mutációk segítségével hozták létre. A mikroorganizmusok ép sejtjeit széles körben kezdték használni a szteroid típusú gyógyászati anyagok befogadására, megszervezték a vakcinák nagyüzemi előállítását (Volova 1999). A gyógyszergyártás sikeres és egyben nagyon jövedelmező üzletággá vált, ezért tőke és tudományos erők áramlottak oda. A biotechnológiai módszerrel vagy az úgynevezett "vörös biotechnológiával" kapott gyógyszerek szállítmányok mennyisége folyamatosan növekedni kezdett. Említsük meg, hogy a biotechnológia a mezőgazdaság számára is erőteljes támasz lett, hiszen takarmány, adalekanyagok, vitaminok és műtrágyák előállítását, valamint a kártevők elleni védekezést biztosítja. A biotechnológia segítségével az emberek biotrágyát, aminosavakat, szerves savakat, alternatív energiaforrásokat is kapnak, és hasznosítják a biológiai hulladékot. Az ipari biotechnológiai termelés az automatizált folyamatok széleskörű bevezetésének köszönhetően is lehetővé vált. Mint fentebb említettük, az automatizálás a kibernetikai forradalom kezdeti és köztes szakaszának egyik fő jellemzője.

2.2. Alapvető áttörések a biotechnológiákban

A biotechnológiában elért áttörések mindenképp az örökletes információk átvitelének tanulmányozásában elért eredményekhez kapcsolódnak. James 1953, Watson és Francis Crick meghatározta a DNS szerkezetét.

molekula. Megalapozta a genetikai információ szerepének megértését és a gének egyik szervezetből a másikba történő célzott átvitelének alapvető lehetőségeit. Hatalmas, talán a legbátrabb fantáziákat is felülmúló távlatokat nyitott, mint amelyeket Herbert Wells "Doktor Moreau szigete" című regényében bemutatott. A genomhoz kapcsolódó további felfedezések bőségesek voltak. De természetesen évtizedekbe telt, amíg a felfedezések ipari alkalmazásra találtak.

Az 1970-es évektől az 1990-es évekig tartó időszakot (a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának vége és a köztes szakaszba való átmenet) szintén a molekuláris biológia megértésében elért eredmények hulláma jellemezte.

Felsorolunk néhányat közülük:

- 1973 - Herbert Boyer és Stanley Cohen lefektette a rekombináns DNS-technológia alapjait;
- 1975 - George Köhler és Cesar Milstein kifejlesztette a monoklonális antitestek előállításának technológiáját;
- 1978 - a Genentech vállalat *E. coli* (*colibacillus*) segítségével előállított humán inzulint;
- 1981 - a piacra kerültek az első automatikus DNS-szintetizátorok;
- 1982 - Európában engedélyezték az első rekombináns DNS-technológiával előállított, állatoknak szánt vakcinát;
- 1983 - hibrid Ti-plazmidokat alkalmaznak a növények transzformációjára;
- 1988 - feltalálják a polimeráz láncreakció (PCR) módszerét. Az említett és más felfedezések eredményeként a géntechnológiai mérnök-

a biotechnológia erőteljes ágává válik. A biotechnológiák fejlődésének minőségileg új szintje az 1970-es évektől azt jelentette, hogy a kibernetikai forradalom keretében már túlnőttek az ipari termelési elv által nyújtott lehetőségeken, és új alapokon kezdtek el fejlődni. A kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának utolsó évtizedeiben (az 1970-es évektől az 1990-es évek elejéig) a biotechnológia már elég jelentős ipari ágává vált, és jelentős mértékben hozzájárult a mezőgazdasághoz (mind a növénytermesztéshez, mind a szarvasmarhatenyésztéshez, beleértve az állatorvosi tudományt is), az élelmiszer- és vegyiparhoz, a gyógyszeriparhoz és a gyógyászatához.

3. A biotechnológia a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszában

Az 1990-es évektől a 2000-es évekig tartó időszakot a biotechnológia mint iparág erőteljes fejlődése jellemezte.

A biotechnológia gyorsan növekvő ágazattá vált, amelybe számos ország kezdett jelentős összegeket befektetni. Az Ernst & Young (EY) cég, amely 30 éve elemzi a biotechnológiai piacot, a biotechnológiai ipar ugrásszerű növekedését regisztrálta 2000 és 2005 között, amikor a biotechnológiák globális bevétele megduplázódott és elérte az 50 milliárd dollárt. 2013-ban pedig az USA-ban, Európában, Kanadában és Ausztráliában a biotechnológiák területén a bevétel mintegy 100 milliárd USD volt (Glen *et al.* 2013). 2008-tól a biotechnológiákba a legtöbb beruházás a K+F-be, azaz az innovációba történt.

Ebben az időszakban erősödtek meg a genetikai módosítással kapcsolatos irányzatok, amelyek az előző szakaszban alakultak ki. Szervezeteket klónoznak, és számos betegséget kezelnek genetikai módosításokkal. A gyógyszerek, takarmányok bioadalekanyagainak *stb.* előállítása mellett a GMO-gyártás igen jelentős mezőgazdasági szegmenssé vált; az energiaárak emelkedése a bioüzemanyag-gyártás (amely magában foglalja a génmódosított élelmiszereket is) gyors növekedését eredményezte.

Nem csoda, hogy a biotechnológiákat tartják a legígéretesebb ágazatnak, amely egy új innovatív áttörés motorjává válhat.

A biotechnológiák jelentőségét a különböző területeken elért eredményeik széles körű felhasználása bizonyítja. Széles körben alkalmazható például az élelmiszeriparban, valamint a vegyiparban (különösen a poliszacharidok, biológiailag lebomló polimerek előállítása, biokatalízis, valamint új anyagok, például bioműanyagok előállítása), az energetikában, a mezőgazdaságban, a kommunális szolgáltatásokban (*pl.* a hulladékok újrahasznosításában), a hosszú távú tárolással kapcsolatos ágazatokban, az orvostudomány és a farmakológia, a nanotechnológiák, a kozmetológia, a katonai ágazat is kapcsolódik a biotechnológiához. Végül a biotechnológiák általánossá válnak azok számára, akik bioad- ditívumokat és vitaminokat, speciális termékeket használnak az étrendben, bizonyos típusú kozmetikai termékeket használnak *stb.*

A biotechnológiák hozzájárulnak a bioérzékelők fejlesztéséhez.

A bioszenzor általánosságban olyan eszközként definiálható, amely egy biológiai felismerő rendszerből, gyakran bioreceptornak nevezik, és egy átalakítóból áll (Fer- rari 2006). A különböző biológiai anyagok, például enzimek, sejtek és an-

tibody-kat bioszenzorokban használják (Vo-Dinh és *mtsai.* 2001; Rusmini és *mtsai.* 2007). A bioérzékelők képesek a biológiai energiát elektromos energiává alakítani. A bioszenzor-technológia tehát egyesíti a biológia és a modern mikroelektronika vívmányait, és rendkívül fontosnak tűnik a műszaki és biológiai elemek egyetlen rendszerben való egyesítése a jövő önszabályozó rendszerei számára. A bioérzékelőknek különböző típusai vannak. Egyesek közülük korlátozott számú paramétert mérő eszközök (*pl.* vércukorszint), mások egyszerre több paramétert is monitoroznak. Jelenleg számos területen alkalmazzák őket, többek között a környezetszennyező anyagok mérésére. Különösen hasznosak az orvostudományban végzett elemzésekhez, például anyagcseretermékek vagy hormonszintek meghatározásához (lásd még fentebb az egészségmegfigyelésről a jövőben). A bioszenzorok lehetővé teszik a szervezetben a műtétek során bekövetkező különböző változások ellenőrzését. Az otthoni használatú bioszenzorok példája a vércukormérő. A bioszenzorokat a fizikai aktivitás mérésére is használják. A sportolók számára a bioszenzorok már most is műszerek a fiziológiai paraméterek monitorozására. Bioszenzorok százai, sőt ezrei kombinálhatók biochipekben. A biochip egy miniatűr eszköz, lényegében az egész laboratórium, amely több ezer egyidejű biokémiai reakciót képes végrehajtani. A biochipek segítségével számos biológiai paraméter gyors elemzése végezhető el különböző célokra, többek között a rák, fertőzések és mérgezések diagnosztizálására (Fung *et al.* 2001). A biochipek és a nanorobotok kombinációja meglehetősen ígéretesnek tűnik a vírusok vérben való terjedésének online nyomon követése tekintetében (Cavalcanti *et al.* 2008).

A biotechnológiák kilátásai nagyszerűek. Eddig szorosan kapcsolódnak a mikrobiológiához, a mikroorganizmusok pedig mindenütt jelen vannak, így a biotechnológiák alkalmazási területe határtalannak tűnik (az úrszükségletektől az ásványi nyersanyagok termeléséig és feldolgozásáig). Végül a biotechnológiák lesznek az egyik fő terület, ahol a kibernetikai forradalom végső szakasza és az azt követő korszakok kibontakoznak (a 2030-as és 2070-es években).

4. A kibernetikai forradalom jellemzői a fejlesztés és alkalmazás terén **Biotechnológiák**

Haladás az önszabályozó rendszerek felé vezető úton. Már az 1970-es években számítógépeket alkalmaztak a biotechnológiai termelés automatizálására. A számítógépek meglehetősen gyorsan megszűntek másodlagos szerepet játszani, és az automatizálás alapjává váltak (Zudin *et al.* 1987). Így a

Az Ed- mund C. Berkeley által szerkesztett *Computers and Automation* című folyóirat megjelenése 1961-ben nem volt véletlen. Rengeteg biotechnológiai, különösen DNS-feldolgozó eszközt terveztek mikroprocesszorok segítségével. A kibernetikai forradalom modernizációs szakaszában az IKT-k és a szoftverek erőteljes fejlődése új szintre emelte a biotechnológiai termelés és a tudományos kutatások autómációját.

Különösen a biotechnológiai termékeket előállító üzemek az idők folyamán kevesebb emberi részvételt igényeltek. Ez lényegesen olcsóbbá teszi a gyógyszerek és mezőgazdasági termékek tömegtermelését, és ezáltal elérhetőbbé teszi azokat.

A géntechnológia igényeit kielégítő szoftverek gyorsan fejlődtek. Ez az egyik példa a kibernetikai forradalmon belül a különböző irányzatok konvergenciájának számos példája közül. Ma a szakértők, anélkül, hogy elhagynák a számítógépet, kiválaszthatják a szükséges gént, modellezhetik annak beágyazódását és viselkedését az átalakítás során. Vannak eszközök az automatikus tisztításra, a DNS megtisztítására és a szükséges fragmentumokra való felosztására, a gén átvitelére *in vitro*. A szekvenátorok (a nukleinsavak láncának nukleotidokra való felosztására és összeállítására szolgáló eszközök), amelyek korábban a laboratóriumok imponáló részét foglalták el, ma már USB flash meghajtók formájában készülnek, és szintén a miniatürizálás példaként szolgálnak.¹

Rendkívül fontos, hogy jelenleg már az önszabályozás elveinek genom szintű megvalósításáról beszélhetünk. Konkrétan egy hasznos génnel együtt például a növények sótűrő képességének (Grinin, Kholodova és Kuznyecov 2010) a tudósok speciális génszabályozókat - a promótereket - építenek be, amelyek csak bizonyos körülmények között (magas sókoncentráció a talajban) indítják el a szükséges gént. Így egy olyan önszabályozó biológiai rendszer jön létre (közvetlen emberi közreműködés nélkül, de az ember által irányítva), amely korábban még nem létezett, és amely azonban megfelelően működik. Röviden, az autonóm és önszabályozó biológiai rendszerek prototípusát figyelhetjük meg, amelyeket a biotechnológiáknak köszönhetően a jövőben széles körben és aktívan fognak használni az élet szinte minden területén.

A biotechnológiában az önszabályozást a sejtek szintjén is széles körben alkalmazzák. Például a szubsztrát és a szubsztrátum visszacsatolási stratégiái

¹ Lásd az Oxford Nanopore Technologies-t. URL: <https://www.nanoporetech.com/products-services/minion-mki>.

enzimet használnak, amely operonmodellként ismert, és amelyért François Jacob és Jacques Monod 1965-ben Nobel-díjat kapott.

A kortárs genetikai tudomány és technológia vívmányai a jövőben meglehetősen magas szintű önszabályozó biológiai (és ökológiai) rendszerek létrehozásának lehetőségét mutatják. A genetikai módosítás már ma is képes megváltoztatni egy egész populációt. Így a gének "csalogató" egyedeken keresztül történő terjesztésének módszere széles körben elterjedt. Például terméketlen szúnyogokat juttattak be tömegesen a vadon élő populációba. Az ilyen hatástalan keresztezés a rovarok számának csökkenéséhez vezetett (Tkachuk 2011; Benedict és Robinson 2003).

Új anyagok szintézise. Az 1940-es és 1970-es években az egyik fő irány a már ismert anyagok (pl. vitaminok) vagy azok analógjainak ipari előállításának fejlesztése volt; ugyanebben az időszakban azonban olyan anyagok is megjelentek, amelyek a természetes környezetben nem léteznek (pl. a Humalog, amely a humán inzulin széles körben alkalmazott szintetikus analógja [Woollett 2012]). Ez a sorrend a kémia fejlődéstörténetére emlékeztet: először az emberek megtanulták előállítani az ismert anyagokat, majd a mesterséges anyagokat.

A biotechnológiáknak köszönhetően számos új anyagot állítanak elő, például bioműanyagokat. Ennek az anyagnak a fő előnye, hogy a közönséges műanyagokkal ellentétben sok bioműanyagot úgy terveztek, hogy biológiailag lebomló legyen. Így a bioműanyagok gyártása hozzájárul a környezet megóvásához azáltal, hogy csökkenti a nem megújuló erőforrásokból származó termékek előállítását, és csökkenti a légkörbe kerülő szén-dioxid kibocsátását. Ez fontos lépés az öntisztuló ökológiai rendszerek létrehozása és a környezet megóvása felé. A bioműanyag termékek választéka már most is igen széles. 2000 és 2008 között a keményítőtől, cukorból és cellulózból készült komposztálható műanyagok világszintű fogyasztása 600 százalékkal nőtt (Ceresana Research 2011). Az olajmentes műanyag előállítása azonban eddig csak egy százalékot tesz ki. A szakértők úgy vélik, hogy 2020-ra a bioműanyagok gyártása 3,5-5 millió tonnát tesz majd ki, de sajnos ez a teljes műanyagtermelésnek csak mintegy 2 százaléka lesz (Leshi- na 2012). A nehézségek ellenére a biotechnológia reményt ad a környezetkímélőbb és megújuló termelésre, amely hosszú távon lehetővé teszi az erőforrások megtakarítását.

Individualizálás a biotechnológiákban. A géntechnológia különösen ragyogó példája az individualizációnak, amely az egyik

a kibernetikai forradalom fő jellemzői. A biotechnológiák individualizációja mindenekelőtt a genom megváltoztatásának és a szervezet új tulajdonságainak megszerzéséhez kapcsolódó lehetőségekkel függ össze. Valójában a jövőben minden egyes egyén identitását figyelembe veszik majd az életmód, az egészségügyi ellenőrzés, a szervezet munkájának javítása *stb. tekintetében*. (Lehet, hogy a biotechnológiák individualizációját nemcsak az emberi szervezetre, hanem például a háziállatokra - kutyákra, macskákra *stb. - is* alkalmazzák majd.).

A biotechnológiában az individualizáció másik példája a klónozás. A klónozás önmagában is igen elterjedt jelenség a természetben. Az egyik első klónozási kísérletet Georgy Lopashov végezte 1948-ban. Bebizonyította, hogy ha a petesejtbe egy másik faj sejtmagját ültetik, akkor az embrió génekészlete ugyanaz lesz, mint annak a szervnek a génekészlete, amelynek a sejtmagját felhasználják. Számos kísérlet mutatta ki, hogy ha egy felnőtt sejt magját használják, az embrió életképtelen lesz. A békákon végzett kísérletek bebizonyították, hogy a még nem specializálódott sejtek is felhasználhatók a klónozáshoz. Így kerültek használatba a klónozásban az őssejtek (éretlen) (Gurdon és Colman 1999). Azóta a tudósoknak sikerült sertéseket, juhokat, teheneket, kutyákat és más állatokat klónozniuk. Ezek a kísérletek azonban kevésbé voltak sikeresek.

Létezik teljes és részleges klónozás. Természetesen a teljes szervezet klónozása érdekli leginkább a közvéleményt, emellett ez váltja ki a legnagyobb vitákat az ilyen kutatások szükségességéről és elfogadhatóságáról. Azonban a híres kísérletek ellenére, különösen Dolly, a birka esetében, a klónozás a közeljövőben aligha fog fejlődni a komoly biológiai akadályok miatt. Ki kell emelni, hogy a klónozás eredményeit a szenzációra való törekvés miatt erősen eltúlozzák. Dolly a birka kétszer gyorsabban öregedett, mint a rokonai. Ennek következtében az állatot elaltatták. Több ezer kísérletet végeztek különböző állatokkal, köztük több mint száz emberszabásúval, de pozitív eredményt eddig nem sikerült elérni.

A terápiás klónozás sokkal több lehetőséget biztosít a fejlesztésre és a kereskedelmi termelés szintjén történő bevezetésre. A klónozás e típusát részletesebben a medicina fejezetben ismertetjük.

Az erőforrás- és energiatakarékosság a biotechnológia bevezetésének egyik fő feladata és eredménye. Az erőforrás-megtakarítás alapvető lehetőségei a genetikai állományra gyakorolt lehetséges befolyással kapcsolatosak.

az élőlények szerveződése, amely jelenleg a mezőgazdasági ("zöld") biotechnológia alapjául szolgál, amely már a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának részévé vált. Az áttörés ezen a területen a *totipotenciához* kapcsolódik, amely a növények azon képessége, hogy egyetlen sejtből teljes értékű szervezetet képeznek. A szükséges génátvitellel ellenállóvá lehet tenni például egy burgonyafajtát a koleradóbogárral szemben, vagy csökkenteni a szárazsággal, hideggel és más stresszhatásokkal szembeni fogékonyságot (Grinin, Kholodova és Kuznyecov 2010). Az új mezőgazdasági technológiák nagy jelentőséggel bírnak a fejlődő országok számára. Például a gyapotnövények és a kukorica genetikailag módosított és kártevőknek ellenálló fajtái sokkal kisebb rovarölőszer-felhasználást igényelnek, így az ilyen módosított növények költséghatékonyabbnak és környezetbarátabbnak tűnnek. Az individualizáció az állati géntechnológiában is érzékelhető, amely lassabban fejlődik, de még ma is óriási értéket képvisel a mezőgazdaság és az orvostudomány számára (pl. géntechnológia segítségével növelhető a tejtermelés, javítható a gyapjú minősége *stb.*).

Az élelmiszertermelés növelése és olcsóbbá válása globális kihívás az emberiség számára, figyelembe véve, hogy a népesség száma még évtizedekig tovább fog nőni (elsősorban a szegény és legszegényebb országokban, különösen Afrikában), és talán eléri a kilenc vagy több milliárd embert (lásd ENSZ Népesedési Osztály 2012). A biotechnológiák nagymértékben hozzájárulhatnak a probléma megoldásához. A biotechnológia ma már sokat tett a teljes élelmiszertermelés növeléséért a terméshozam növekedése, a növények stresszel szembeni ellenálló képessége, a helyi körülményekhez való alkalmazkodás új, genetikailag módosított szervezetek létrehozásával és a már létező GMO-k továbbfejlesztésével, valamint jelentős mennyiségű mesterséges tápanyag, különösen fehérje előállításával.

A mezőgazdasági ("zöld") biotechnológia, amely már a kibernetikai forradalom kezdeti fázisát jelentette, a génmódosítás technológiáján alapul (lásd *pl.* Borlaug 2001).² A GMO-k a költségek jelentős csökkentését, a terméskapacitás növelését, a hosszú szelekciótól való visszautasítással kapcsolatos gazdasági előnyökkel járnak. A genetikai átalakítás egyik legelterjedtebb és széles körben tárgyalt módszere a kémiai gyomirtó szerekkel szembeni rezisztencia génjének átadása a kereskedelmi név alatt forgalmazott

² A zöld forradalom különböző országokban elért sikereiről lásd Wik *et al.* 2008; Pingali 2012.

Roundup (Williams *et al.* 2000; Richard *et al.* 2005). Ennek eredményeként a Rounduppal történő kezelés során a genetikailag módosított növények sértetlenek maradnak, de a gyomnövények elpusztulnak.

A különböző szankciók ellenére a GMO-k termesztése a növénytermesztésben gyorsan növekszik. 2010 óta a fejlődő országokban a GMO-termesztés területe meghaladta a fejlett országokét (Clive 2011). A ~~használat~~ kultúrák használatának világgazdasági hatásának elemzése azt mutatja, hogy a profit két forrásnak köszönhetően növekszik. Az első a termelési költségek csökkentése (50 százalékra) és az a lehetőség, hogy ugyanazon a mezőgazdasági területen nagy terméshozamot lehet elérni. A második a termés jelentős növekedése (a GMO-k forgalmazására vonatkozó korlátozások eltörlése esetén a világ GDP-je milliárd dollárral nőhet 200[Kamionskaya 2011]).

A GMO-kkal kapcsolatos valós és képzelt problémák külön figyelmet igényelnek. Az éhezés vagy alultápláltság problémájához képest azonban kevésbé tűnnek fontosnak. Nem kétséges, hogy az ilyen jellegű termelés növekedni fog (különösen a bioüzemanyag-termelés), mivel ez az egyetlen módja az élelmezési problémák megoldásának. A biotechnológiai termelés olcsóbb élelmiszereket biztosít, növeli a termelékenységet olyan területeken, amelyek korábban alkalmatlanok voltak a növénytermesztésre. A haszonállatok és növények új tulajdonságai jelentősen megtakarítják a hosszú szelekció esetén elkerülhetetlen időt és kiadásokat.

Általánosságban elmondható, hogy a géntechnológia terén elért eredmények a jövő forradalmának egyik legátütőbb iránya lesz.

Bioüzemanyag. A biotechnológia segítségével meglehetősen olcsó alternatív energiaforrásokat lehet előállítani. Aligha mondhatjuk, hogy a bioüzemanyag újdonság lenne az emberiség történetében, hiszen a tűzifát, esetfát *stb. már* ősidők óta használják. Most azonban rendkívül fontos megjegyezni, hogy ez egy újonnan felhasználható erőforrás, amelynek általános termelése a biotechnológiáknak köszönhetően nagymértékűvé vált. Jelenleg a globális termelése több mint 100 millió tonnát tesz ki (főként az USA-ban, Európában és Braziliában). Ma a bioüzemanyagok a teljes energiatermelés 10 százalékát teszik ki; 2035-re azonban felhasználása valószínűleg több mint tízszeresére fog nőni. A bioüzemanyagként felhasznált biomassa túlnyomó része (80 százalék) azonban erdészeti maradványokból származik (Ko- petz 2013). Eközben az ökológiai egyensúly fenntartására irányuló törekvés

a bolygó és a fa felhasználásának csökkentése erősen befolyásolhatja ezt az alternatív energiaforrást.

5. A kibernetikai forradalom végső szakaszában a biotechnológiák fejlődésének előrejelzései

5.1. Az új technológiák bevezetése a termelési forradalmak modernizációs szakaszában

A termelési forradalom modernizációs szakaszát két fő tendencia jellemzi: 1) az új technológiák széleskörű elterjedése az ezzel járó egyidejű fejlesztésekkel; 2) a társadalmi feszültségek növekedése, sőt a társadalmi élet egyes területein a szükséges változásokért folytatott küzdelem e technológiák bevezetése miatt. Ahhoz, hogy a termelési forradalom végső fázisa megkezdődhessen, a technológiák fejlődésének a modernizációs fázisban meglehetősen nagy változatosságot és "density" kell elérnie. Figyelembe véve, hogy a biotechnológiák innovatív ágazatok, minden olyan országnak, amely vezető szerepet akar betölteni ezen a területen, mindenképpen fejlesztenie kell őket. Emlékezzünk arra, hogy az ENSZ környezetvédelemről és fejlődésről szóló konferenciáján (Rio de Janeiro, 1992. június 3-14.) elfogadott nemzetközi dokumentumok a legnagyobb reményeket a biotechnológiákhoz fűzték.

Ezért egyrészt megfigyelhetjük a biotechnológiák széles körű elterjedését a mindennapi életünkben: a táplálkozásban, a különböző táplálékkiegészítőkben, a testünk befolyásolásában (az orvostudomány különböző ágain keresztül, különösen a kozmetikai és személyre szabott testkezelésen keresztül, mint például a testépítők) *stb.* Gyorsan fejleszteni kell azokat az ágakat, amelyek már valósággá váltak (*pl.*, a genetikailag módosított növények termesztése, amelyek befolyásolják a hazai állatok termelékenységét, bioüzemanyag előállítás), valamint a ma még kevésbé elterjedt technológiákat, különösen a bioanyagok fejlesztése terén. Másrészt a biotechnológiák ilyen széles körű bevezetése kétségtelenül felerősíti a közvélemény, a diplomácia és a gazdaság ellenállását a hagyományok, a nemzeti sajátosságok megváltoztatásával, a valós vagy vélt károkkal szemben. A klónozás, a GMO-k, a számítógépes szelekció *stb.* elleni tiltakozás a különböző országokban egyre inkább terjed. Ez a reakció teljesen természetes, legitim és sok szempontból hasznos, bár előfordulhat, hogy a konservatizmus elnyomja a fejlődést. Éppen ennek a küzdelemnek és ütközésnek a keretein belül hozhatnak olyan döntéseket, amelyek hosszú távon fontosak lesznek, és elősegítik egyfajta egyensúly elérését, valamint lendületet adnak a fejlődésnek (ne feledjük, hogy a

a pamutszövetek importjának tilalma Angliában a saját pamutiparának fejlődését indította el, amely az ipari forradalom bölcsőjévé vált [Mantoux 1929; Allen 2009; Grinin és Koro-tayev 2015]).

5.2. A kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdete és a tudományos-kibernetikai termelési elv kialakítása

A kibernetikai forradalom fejlődésének jelenlegi tendenciáiból és általános logikájából kiindulva lehetővé válik a *biotechnológia jövőbeli fejlődési mérföldköveinek meghatározása* a kibernetikai forradalom végső szakaszában (a 2030-as és 2070-es években). Mint már említettük, ez egy meglehetősen szűk szférában kezdődhet, ahonnan az innovációk elkezdenek majd elterjedni és fokozatosan behatolni az új területekre.

Természetesen nagyon nehéz megjósolni a konkrét felfedezések irányát és idejét. A közeljövő biotechnológiai forradalmáról szóló széles körben elterjedt elképzelés ellenére feltételezzük, hogy a biotechnológia mint önálló irányzat a legelső szakaszban kevésbé fontos szerepet fog játszani, mint az orvostudomány. Inkább az orvosi technológiák fontos összetevője lesz, áttörést hozva a betegségek kezelése és a szervezet működésének szabályozása vagy ellenőrzése terén. A biotechnológiai vívmányok alkalmazása azonban valószínűleg lehetővé teszi majd, hogy a szervezet sikeresen leküzdjön bizonyos betegségeket.

Az önszabályozás elérése egy rendszeren belül emberi beavatkozás nélkül. A szabályozhatóság szintje a biotechnológiákhoz kapcsolódó számos fontos rendszerben jelentősen meg fog nőni. Így valószínűleg egy szervezet átalakítása során nem egy különálló hasznos gént fognak beilleszteni (Simon *et al.* 1983), hanem a szükséges gének egész sorát, amelyek a környezeti feltételek függvényében működnek. Ezek a tulajdonságok rendkívül fontosak lesznek a meglehetősen valószínűsíthető klímaváltozás esetén. Lehetővé válik, hogy az időjárási viszonyok és a terület egyedi kombinációjához a legoptimálisabb vetőmag- és csemetefajtákat válasszuk ki (az evolúciós szelekció egyfajta utánzása az adatbázisokban való automatikus keresés révén). Következésképpen hatalmas adatbázisok jönnek létre az ilyen növényfajtákról és -változatokról. Könnyen lehet, hogy a jövőben a transzgenikus növények előállításának teljes folyamata emberi közreműködés nélkül zajlik majd, és így önszabályozóvá válik.

Feltételezhető, hogy az önszabályozó rendszerek szakaszának végére (és talán még korábban, *pl. a 2050-es évekre*) a mezőgazdasági biotechnológiák már olyan mértékben fejlettek lesznek, hogy a módosított termékek alkalmazkodóképessége lehetővé teszi, hogy a helyi körülmények legkisebb ingadozásaira is reagáljanak. Más szavakkal, lehetőség lesz arra, hogy a termelők vagy a gyűjtők megrendelhesék, hogy az egyes üvegházak, melegágyak vagy parcellák számára növényfajtákat hozzanak létre. A gazdák programok segítségével kiválaszthatják majd az egyes takarmányokat és gyógyszereket, és az interneten keresztül megrendelhetik azokat. A lakosság is képes lesz arra, hogy kitaláljon egy, az egyéni belső térhez illő szobanövény-hibridet, és megrendelje annak előállítását és szállítását. Így az individualizáció új szintre lép.

Ugyanez vonatkozik a háziállatokra is: lehetővé válik a sajátos tulajdonságokkal rendelkező állatok tenyésztése külön állatfajtákon belül (vagy akár egyes rendek szerint). Valószínűsíthető, hogy az állatok géntechnológiai alapon történő szelekciója is az emberi részvétellel történő szelekció csökkentésének irányába fog fejlődni.

A városi és egyes környezeti problémák megoldása. Kétségtelen, hogy néhány fontos változás fog bekövetkezni a biotechnológiák környezeti problémák megoldására történő felhasználásában. Itt feltételezhető, hogy a biotechnológiák mindenekelőtt a városi ökológiába fognak behatolni. Figyelembe kell venni, hogy a következő évtizedekben a városi lakosság 40-50 százalékkal fog növekedni (lásd *pl. NIC 2012*). A szegény országokban a fejlődés ütemének felgyorsulásával az egészségtelen körülmények, a betegségek előfordulása *stb.* nagyon akut problémává válik. És mivel a különböző betegségek gyorsan terjedhetnek világszerte, egyes országok problémái az összes ország problémájává válnak. A biotechnológiák fejlesztésével potenciálisan megoldható problémák között vannak a víztisztítással, a hulladék újrahasznosításával, a kóbor állatok likvidálásával kapcsolatosak (ezt a sterilitást biztosító gének vagy valami hasonló elősegíti). Már ma is alkalmazzák a mikroorganizmusokat a víztisztításhoz; segítségükkel a hulladékhasznosításból biogázt is nyerünk. De a jövőben ezek és hasonló problémák megoldódnak majd az önszabályozó rendszerek kifejlesztésével, amelyek számos technológiai és tudományos probléma megoldását teszik lehetővé.

Így, ahogyan a XIX. század végén és a XX. század elején az emberek a tömeges fertőzésekkel biotechnológiák segítségével birkóztak meg, a XXI. század közepén talán a legújabb biotechnológiák segítségével,

segíteni fog a legnehezebb városi problémák megoldásában, mivel a lakosság legalább kétharmada városokban fog élni. De az ökológiai önszabályozó rendszerek problémája természetesen nem korlátozódik a városokra; a víztározók és más ökoszisztémák tisztítására is ki kell terjeszteni. Az ökológiai önszabályozó rendszerek létrehozása jelentősen csökkenteni fogja a kiadásokat és felszabadítja a hulladéklerakók által elfoglalt hatalmas területeket, valamint lehetővé teszi a halak tenyésztését az öntisztuló víztározókban.

Feltételezhető, hogy fontos irányvonal lesz az önszabályozó ökológiai rendszerek létrehozása az üdülő- és rekreációs területeken, amelyek a legjobb feltételeket biztosítják a pihenéshez és az üzleti élethez.

Áttörés az erőforrás-takarékosságban. A biotechnológia számos globális probléma megoldásában segíthet, például a gyógyszerek és élelmiszerek előállításának olcsóbbá tételében, beleértve a környezetkímélő, környezetkímélő és a környezetet is kímélő módon történő előállításukat és előállításukat, ezáltal jelentősen bővítve termelésüket. A globális élelmiszerválságok megoldása különböző módokon fog bekövetkezni, különösen az élelmiszerfehérje tömeges előállítása révén, amelynek hiányát sok társadalomban érzékelik (jelenleg általában az állatok takarmányfehérjét állítják elő ilyen módon). Már most is vannak olyan eredmények, amelyek az élelmiszerfehérjék vagy például a húsutánzatok előállításán alapulnak. De ez a termelés egyelőre túl drága. Most egy gramm laboratóriumi hús 1000 dollárba kerül (Zagorski 2012), de ez része a szokásos folyamatnak a laboratóriumtól az olcsó tömegtermelésig.

Új anyagok szintézise. Az önszabályozó és önműködő rendszerek létrehozása a biotechnológiák segítségével, különösen a genetikai manipulációk révén, fontos irányt nyit a kívánatos tulajdonságokkal rendelkező új anyagok (pl. , genetikai anyagok) területén. Jelenleg a géntechnológia nemcsak bizonyos géneket, hanem genomokat, sőt kromoszómákat is képes létrehozni. A mesterséges kromoszómák beilleszthetők és hozzáadhatnak néhány új, a szervezetben hiányzó gént (Dymond *et al.* 2011). Ez potenciálisan lehetővé teszi a természetes folyamatok alapanyagának, például a bőrnek a helyettesítését. A vonatkozó projektek már folyamatban vannak. A Modern Meadow Company például a ruhaipar forradalmasítását tűzte ki célul a bőr és más típusú állati bőr laboratóriumokban történő termesztésével (Zagorski 2012).

A biotechnológiai valódi bőr előállításának folyamata több szakaszból áll. Először a tudósok több millió sejtet választanak ki a donor állatokból. Ez lehet szarvasmarha és egzotikus állatfajok is, akiket

gyakran csak a bőr miatt ölték meg. Ezután ezeket a sejteket bioreaktorokban szaporítják. A következő szakaszban a sejtek egy masszává keverednek, amelyet a 3D bio-nyomtató segítségével rétegekbe formálnak. A bőrsejtek kollagénszálakat hoznak létre, míg a "hús" sejtek valódi lágy szövetet alkotnak. Ez a folyamat néhány hétig tart, majd a lágy és a zsírszövetek felhasználhatók az élelmiszer-előállításban. A fent leírt módszer egzotikussága és furcsasága ellenére valójában nagyon hasonlít a műszörme előállításának folyamatához, amely lehetővé tette a meleg ruhák problémájának megoldását.

Fejezet 5

A nanotechnológiák mint a mikrovilág elsajátításának útja

1. A terület meghatározása és története

Meghatározás és skála. Az emberiség már régóta használja a nanoanyagokat, míg a nanotechnológiákkal kapcsolatos elképzelések nemrég jelentek meg. Most a nanorészecskékkel kapcsolatos jelenlegi ismeretekkel meg lehet magyarázni az ókorban létrehozott, jól ismert anyagok, mint például a különböző zománcok, festőanyagok, damaszkuszi acél *stb.* sajátos tulajdonságait.

A nanotechnológia egy széles körben használt fogalom, amelyet egyezményesen az *alkalmazott tudomány és technológia interdiszciplináris területeként* határozhatunk meg, *amely gyakorlati módszereket és kutatásokat, elemzéseket és színéziseket*, valamint a *nanoanyagok előállításának módszereit fejleszti különálló atomok és molekulák ellenőrzött manipulációjával*. A nanotechnológiák által lefedett témák széles skálája nemcsak a meghatározásukat teszi problematikussá, hanem a nanotermekek osztályozását is (ez utóbbiak meghatározására az Európai Bizottságon belül külön csoportot hoztak létre).

Most az ISO/TC 229 műszaki bizottság a következőképpen határozza meg a nanotechnológiákat (ISO 2005):

- a folyamatok ismerete és irányítása, általában a nanométeres skálán, beleértve a 100 nm-nél kisebb skálát is egy vagy több mérésben;
- a tárgyak és anyagok nanométeres skálán lévő, a szabad atomok vagy molekulák tulajdonságaitól eltérő tulajdonságainak felhasználása az ezeket a tulajdonságokat megvalósító tökéletesebb anyagok, eszközök és rendszerek létrehozására.

Így a nanotechnológiák lényege az 1 mikrométernél kisebb, általában 1-100 nanométer (100 nanométerig egy mérésben; egy nanométer a méter egy milliárdrésze, azaz $m \cdot 10^{-9}$ felel meg) nagyságrendű anyag irányítása.

Miért lettek a nanorészecskék olyan népszerűek? Ezen a szinten világosan megmutatkozik az anyag alapvető szellemi tulajdonsága, az antipo-

dal tulajdonságait a különböző rendszerekben. Például az arany makroszinten vezető, nanoszinten azonban szigetelő. Egyes anyagok 1 és 100 nanométer közötti méretű részecskéi nagyon jó katalitikus és adszorpciós tulajdonságokat mutatnak, míg más anyagok győztes optikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A nanoszinten megváltozik a felület és a térfogat közötti kapcsolat, és így az anyag tulajdonságai is megváltoznak. A természetben léteznek olyan nanorendszerek, amelyek képesek különleges struktúrákba szerveződni, új tulajdonságokat nyerve, például a biopolimerek (fehérjék, nukleinsavak).

A nanotudomány különlegessége abban áll, hogy atomokkal - az anyag összetett részecskéivel - foglalkozik (egy nanométer tíz egymás mellé épített hidrogénatomból álló kondicionális szerkezetnek felel meg). A tudósok már most is tudnak különálló atomokkal operálni, és azokat blokkokba egyesíteni. Más szóval, a távlatokban nem lesz szükség fűrészelni egy fát, hogy újra fogniszkálót kapjunk, elméletileg lehet majd atomokat kényszeríteni, hogy "megépítsék" azt. Egy ilyen megközelítés fantasztikus lehetőségeket nyit a kívánatos tulajdonságokkal rendelkező új anyagok létrehozására. Ennek a területnek a kilátásait a Nobel-díjas Richard Feynman jelentette be a "There's Plenty of Room at the Bottom" című riportban, amelyet 1959-ben a Kaliforniai Technológiai Intézetben az Amerikai Fizikai Társaság éves ülésén mutatott be. A tudós feltételezte, hogy lehetővé válik az egyes atomok mechanikus mozgatása egy manipulátor segítségével; legalábbis ez a folyamat nem fog ellentmondani az ismert fizikai törvényeknek. Feynman felajánlotta a tárgyak atomról atomra történő összeszerelésének egy olyan módját, amely lehetővé tenné a költségek csökkentését és az energiatakarékos gyártást. Ezt az irányt a tudományos közösség aktívan támogatta, és megkezdődött a nanokompozit anyagok felfedezésének korszaka. Jelenleg különböző ötletes eszközöket és erőket alkalmaznak ilyen nukleáris manipulátorokként, de a probléma megoldása még nem született meg.

2. A nanotechnológiák mint a kibernetikai forradalom következményei.

A tudományág és a kutatási terület eredete

Mint már említettük, a nanotechnológiák első gyakorlati lépései, valamint a terület ideológiai értelmezése az 1950-es években történt (a kifejezést pedig egyes kutatók szerint 1974-ben Norio Taniguchi japán fizikus vezette be). Más szóval, a nanotechnológiák a kibernetikai forradalom eredményének tűntek.

tion. Ezek azonban sokáig más fontos eredményekkel szemben háttérben maradtak. A nanotechnológiák iránti gyakorlati érdeklődés a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának végén, az 1980-as években, Eric Drexler *A teremtés motorjai* című könyveinek megjelenésével gyorsan megnőtt: *The Coming Era of Nanotechnology és Nano-Systems* című könyvek megjelentetése: *Molecular Machinery, and Computation* (1987; lásd még Drexler 1992). A kifejezés azonban széles körben elterjedt, amikor a tömegmédiára felkapta. A "nanotechnológiai verseny" kezdetével a "nano" szó gyakran megjelenik a televízióban és a nyomtatott sajtóban. Ez azt jelentette, hogy a nanotechnológiákat a jövő hegemoniájának stratégiai ágaként kezdték kezelni (a többivel együtt: biotechnológiák, zöld energiaipar stb.). Végső feladata az új, fontos és keresett technológiák ipari termelésének piacának megnyerése. Az az ország, amelyik sikerrel jár, hosszú évekre biztosíthatja saját gazdasági növekedését és fejlődését.

A nanotechnológiák versenye a versenyt elindító amerikai javaslatra kezdődött. Clinton elnök kormányzása idején indult el az amerikai Nemzeti Tudományos Alapítvány első programjának kidolgozása a nanotechnológia problémáinak tanulmányozására. A nanotechnológiák fejlesztése iránti érdeklődését kifejezve Clinton különösen a következőket nyilatkozta: "A folyó pénzügyi évben (2001. - L.G., A.G.) 500 millió dollárt különíték el az állami nanotechnológiai kezdeményezésre, amely lehetővé teszi számunkra, hogy a jövőben új anyagokat hozzunk létre (amelyek tulajdonságaikban ezerszer felülmúlják a jelenlegieket), hogy a Kongresszusi Könyvtár összes adatát egy apró eszközre töltsük le, hogy a rákot néhány érintett sejtben diagnosztizáljuk, és hogy más elképesztő eredményeket érjünk el. A felajánlott kezdeményezés legalább húsz évre szól, és fontos gyakorlati eredményeket ígér" (lásd még Lane és Kalil 2007).

Szinte ugyanebben az időben a kormány kérésére Japánban is elindult egy hasonló program. Egy sor, a nano-eszközök fejlesztésére irányuló projektet terveztek, amelyek közül a 185 millió dolláros finanszírozású Angstrom Technology Project lett a legjelentősebb. Tíz éven keresztül 80 cég vett részt a megvalósításában. A nyugat-európai országok is bekapcsolódtak a versenybe, és megfelelő nemzeti programok keretében folytatnak kutatásokat a nanotechnológiákban. Németországban a nanotechnológiai kutatásokat általában az Oktatási, Tudományos, Kutatási és Technológiai Minisztérium támogatja. Nagy-Britanniában ennek az irányknak az irányítását a The Engineering and Physical Sciences Research Council, valamint a National Phys-

ikai laboratórium. Megjelentek az első szakfolyóiratok, a *Nanotechnology* és a *Nanobiology*. Franciaországban a nanotechnológiák fejlesztési stratégiáját a Nemzeti Tudományos Kutatási Központ határozza meg. Oroszországban megalakult a Russian Corporation of Nanotechnologies vagy Rusnano; 2014-ben nanoprodukcója 1 milliárd USD-t tett ki. Megjelent a nanotechnológusok klubja, amely különböző ágazatok tudósait és iparosait egyesítette. Egyre nagyobb figyelmet kapnak a nanotechnológiák Kínában, Dél-Koreában, sok más államban, köztük Oroszországban is, amelynek kiinduló pozíciói ezen a területen meglehetősen jónak számítanak (Dementiev 2008).

Jelenleg a nanotechnológia az egyik legintenzívebben fejlődő gazdasági ágazat.

3. A nanotechnológiák fejlődése a kibernetikai forradalom során

A nanotechnológiák jellemzői és lehetőségei összefüggnek a kibernetikai forradalom koncepciójával, ami nem meglepő, mivel e forradalom keretében jöttek létre, és emellett egyre fontosabb szerepet fognak játszani a fejlődés folyamatában. A nanotechnológiák fejlődési szakaszai még jobban illeszkednek a kibernetikai forradalom periodizációjához, mint a biotechnológiák és az orvostudomány.

1. A kibernetikai forradalom kezdeti szakasza (az 1950-es évektől az 1990-es évek elejéig) a terület kialakulásának időszaka volt. A nanotechnológiák tekintetében ez az időszak 1959-től kezdődik, amikor Richard Feynman bemutatta a nanorészecskékből új anyagok előállításának ötletét, és egészen Bill Clinton 2000-es kezdeményezéséig tart. Ezt az időszakot meglehetősen sok tudományos felfedezés jellemzi, sokuknak azonban akkoriban még nem volt alkalmazása.

Például 1956-ban D. N. Garkunov és I. V. Kragelsky leírta a fáradtság hatását. A repülőgép-alkatrészek bronz és acél közötti súrlódási párosaiban találták meg a vékony rézhártya spontán kialakulásának jelenségét. Ez a membrán tízszeresére vagy még nagyobb mértékben csökkentette a kopást és a súrlódási erőt. A membrán vastagsága nem haladja meg a nanométert¹⁰⁰ (hasonló rendszer működik az emberi ízületekben). Ez jól példázza, hogy a súrlódás nem csak romboló folyamat, hanem bizonyos körülmények között önszabályozó is lehet, így új, eddig ismeretlen tulajdonságokat tár fel. Alfred¹⁹⁶⁸, Cho és John Arthur, a kutatás-

a Bell Company (USA) munkatársai kidolgozták a felületek nanofeldolgozásának elméleti alapjait (lásd Rybalkina 2005: 21).

Ebben a szakaszban a nanotechnológia fejlődését sok tekintetben a szondamikroszkópos eszközök és a megfelelő méretű eszközök létrehozása határozta meg. Ezek az eszközök egyfajta szemet és kezet jelentenek a nanotechnológusok számára. Különösen a 1981-német fizikusok készítettek olyan mikroszkópot, amely lehetővé tette az egyes atomok különálló látását, és 1985-ben az amerikai fizikusok megalkották azt a technológiát, amely lehetővé tette a nanométeres átmérőjű részecskék pontos mérését.

A kibernetikai forradalom **modernizációs szakasza** (az innovációk elterjedésének időszaka) a "modern nanotechnológia" kialakulásának időszaka (az 1990-es évektől a 2020/30-as évekig). A nanotechnológiák bekapcsolódtak az ipari termelésbe, megkezdődött az országok közötti nanotechnológiai verseny, és számos projekt és egész nanotechnológiai intézetek jöttek létre. A nanotechnológiák segítségével előállított áruk száma gyorsan növekszik. Az újrakeresésekbe történő beruházások növekednek, miközben a nanoanyagok behatolnak a különböző szférákba: a gépészetbe, az orvostudományba, a közlekedésbe, a repülésbe, az űrkutatásba, az elektronikába *stb.* A BCC Research (2012) adatai szerint a nanotechnológiai termékek értékesítési volumene 2009milliárd 11.67 dollár volt.

Eufória a nanotechnológiák nyújtotta lehetőségek miatt. Az elemzők a nanotechnológiák fejlődésének első szakaszát (2000 és 2005 között) az úgynevezett "passzív nanoszerkezetekhez" (inkrementális nanotechnológiák) kötik, de általában a nanodiszperz porok előállítását és felhasználását jelentette. Ezeket az alapvető építőanyagok - fémek és ötvözetek, polimerek, kerámiák - tulajdonságainak módosítása céljából adták hozzá, és a kozmetikumokban, gyógyszerekben *stb. is* használják. Most ez a nanoanyagok meglehetősen kezdetleges generációja már széles körben használják a termelésben, és számos árucikkben megtalálhatóak. A csúcstechnológiai iparágakban azonban csak kevés nanoprojektet alkalmaznak.

A nanotechnológiák által nyújtott széleskörű kilátások, amelyeket bizonyos érdekek és a tömegmédiá gerjesztett, olyan előrejelzések eufóriáját váltották ki, amelyek többsége tévesnek bizonyult vagy aligha fog valóra válni.¹ Ezek az előrejelzések teljesen természetesnek tűnnek. Az emberek azt akarják, hogy az innovációk létrehozásának folyamata

¹ A brit kereskedelmi minisztérium előrejelzései szerint például a nanotechnológiák iránti kereslet 2015-re évente több mint egy billió dollárt fog kitenni, és az ezzel foglalkozó szakemberek száma kétmillió fölé emelkedik.

és gyorsabb megvalósításuk érdekében; ugyanakkor nem látják az akadályokat és a kihívásokat, és nem veszik figyelembe a gazdasági válságokat, amelyek megváltoztathatják a terveket. Így a nanoterelés volumene folyamatosan növekszik, annak ellenére, hogy a növekedési ütem nem olyan gyors, mint azt korábban megjósolták.

Számos elemző feltételezi, hogy 2020 után a nanorobotok formájában a "radikális nanorendszerek" korszaka kezdődik. Ebben a szakaszban nano-technológiai és nanomedicinális rendszerek fognak kialakulni, amelyek jelentősen megváltoztatják az emberi életet, elsősorban a várható élettartamot növelve. A termelési forradalmak elmélete azonban azt állítja, hogy a modernizációs fázisban megjelenő számos in- nováció ellenére ezek aligha fognak áttörést hozni, míg sokan egyáltalán nem lesznek keresettek. Ugyanakkor az áttörés alapjává váló felfedezéseket előkészítik, míg maga az áttörés később következik be. A nanotechnológiák területén ez valószínűleg a 2030-as és 2050-es évek között fog bekövetkezni. Így a nanotechnológiák vívmányai, amelyek számos kutató szerint a 2020-as évekre fognak bekövetkezni (de természetesen nem mind), valójában egy-két évtizeddel később fognak bekövetkezni. Mindazonáltal az elkövetkező évtizedekben a különböző területeken már ma is kipróbált vívmányok továbbfejlődnek.

4. A kibernetikai forradalom milyen jellemzői a fejlődésnek? Nanotechnológiák megnyilvánulása?

Kívánatos tulajdonságokkal rendelkező új anyagok szintézise. A nanotechnológia egyik legnagyobb kihívása, hogy a molekulákat a szükséges mintázatba csoportosítsa és önszerveződésre készítse, hogy új anyagokat vagy de- vice-okat kapjanak. A kémia szupramolekuláris ága ezzel a problémával foglalkozik, és olyan kölcsönhatásokat kutat, amelyekkel a molekulák bizonyos módon szerveződhetnek, új anyagokat és anyagokat hozva létre. Az önszerveződésnek különböző folyamatai vannak, például az alumínium elektrokémiai anódos oxidációja (an- odizálása), különösen az, amely porózus anódos oxidikus membránok kialakulásához vezet. Jelenleg a nanokompozit-építésen belül különböző technológiákat fejlesztenek ki különböző tulajdonságokkal rendelkező anyagok előállítására, például védő, öntisztító, antibakteriális *stb.* *anyagok előállítására.*

A rendszereken belüli növekvő önszabályozás. Nanorészecskék önszerveződése és önszerveződő folyamatok. Szoros összefüggés be-

A nanotechnológiák és a rendszereken belüli növekvő önszabályozás közötti kapcsolat azon a lehetőségen alapul, hogy kihasználjuk az anyag önszerveződési folyamatait, és a molekulákat és atomokat bizonyos térbeli és szerkezeti rendezettségre kényszerítjük. A kívánatos tulajdonságokkal rendelkező új anyagok létrehozása közvetlen módja annak, hogy a rendszerek az előre meghatározott forgatókönyvek szerint működjenek. Nem csoda, hogy a nanotechnológiák markáns példákat produkálnak a különböző önszabályozó rendszerekre, például az öntisztító nanobevonatok (azaz öntisztító mechanizmusokat a baktériumok eltávolítására az edényekből vagy öntisztító nanopolizáló termékeket az autók üvegére). A nanopolizálás úgy módosítja a felületet, hogy egy vízcsepp csúszva rajta összegyűjtse az összes szennyeződést, míg egy sima felületen ezzel szemben a vízcsepp csúszás közben szennyeződést hagy a felületen. Ezt nevezik "lótuszhatásnak". Az ötletet a természetből kölcsönözték: a lótuszleveleket a legkisebb viaszdudorok és üregek borítják, és így a víz lefolyik róluk, teljesen elmossa a szennyeződést.

A **miniatürizálás** a jelenlegi technológiai fejlődés jellemző jelensége. Láthatjuk, hogy a legtöbb eszköz, kütyü és professzionális eszköz egyre kisebb méretűvé és kényelmesebbé válik. A miniatürizálás mikrotizálássá alakulása leginkább a nanotechnológiában látható. A modern processzorok több mint egymilliárd tranzisztorból állnak, de a nano-eszközök lehetővé teszik ennek a számnak a nagyságrenddel való növelését. Most a félvezetők és a chipok gyártási folyamatainak nanométerekre való csökkentéséért folyik a verseny. Néhány vállalat már átállt a 45, 32, 28 nanométeres eljárásra. Az Intel cég 32 nm-es eljárást használ a táblagépek és okostelefonok gyártásához, a Qualcomm cég pedig 28 nm-es eljárást használ a chipok gyártásához. Az Intel Company már megkezdte a 14 nm-es eljárás elsajátítását. Az elmúlt évtizedben a folyamat mérete körülbelül háromszorosára csökkent (na-90 nm-től nanométerre 32). A közeljövőben a 7 vagy akár 5 nanométeres méret elérésére törekszenek. Hogy sikerül-e és lehetséges lesz-e egy ilyen méretcsökkenésnek köszönhetően egy alapvetően új generációs számítógép feltalálása, az még nem világos.

Nanotechnológiák, energiahatékonyság és gazdaság. Számos nanotechnológia célja az energiatakarékosság és az alternatív energiaforrások feltalálása. Így a kis méretű folyamattechnológiák trendje nemcsak az elektronikus eszközök működési sebességét és a chipen belüli pakolási sűrűséget növeli, hanem az energiafogyasztásukat is csökkenti. Például az "intelligens üveg" a helyiségek számára képes reagálni a változó megvilágításra és a környezetre.

ronmentális hőmérsékletet az átlátszóság és a hővezetés megfelelő változásával. Számos különböző projekt létezik az ilyen megtakarításról. Így az elektronikus papír széles körű használata megakadályozhatja az erdőirtást. A nanotechnológia a szennyvíztisztítás problémáinak megoldásában is segíthet.²

A nanotechnológiákat már aktívan alkalmazzák a mezőgazdaságban, különösen a takarmányok előállításában, ami lehetővé teszi a fogyasztás jelentős csökkentését és a legjobb hozzáférhetőséget. A növénytermesztésben az antibakteriális összetevőkkel rendelkező nanoporok alkalmazása növeli a rossz időjárási körülményekkel szembeni ellenállóképességet, és növeli számos élelmisznövény, például a burgonya, a haszonnövények, a zöldség-, gyümölcs- és bogyós gyümölcsök termesztésének termelékenységét.

5. Előrejelzések

5.1. A nanotechnológiák, mint a kibernetikai forradalom utolsó szakaszának áttörő elemei (a 2030-as és 2070-es években).

A nanotechnológiák jövőbeli fejlődésében a kibernetikai forradalom minden jellemzője nyomon követhető: a bionanotechnológia és a nanomedicina erőteljes fejlődése, az önszabályozó rendszerek technológiáinak feltalálása (amelyekben a nanorobotok önállóan vagy egy komplexebb technológia részeként fontos szerepet fognak játszani), új anyagok előállítása, anyag- és energiatakarékosság (pl., házon belül az ablaküveg nanoanyagának köszönhetően; a gyógyszer minimális adagjának közvetlenül a sérült területre vagy akár különálló sejtekbe történő juttatásával) min- iaturizáció, célzott fellépések *stb.*

Kapcsolat az orvostudományhoz: nagy lehetőségek. A nanotechnológiák komoly fejlődése ellenére az elektronikában és más ágazatokban, az igazi nanotechnológiai forradalom valószínűleg először az orvostudományban fog bekövetkezni, ami további lendületet ad a fejlődésnek más területeken. Ennek eredményeként a kibernetikai forradalom végső fázisában az áttörést az orvostudomány mély integrációja fogja biztosítani a bio- és nanotechnológiákkal, ami az önszabályozó rendszerek különböző technológiáinak megjelenését fogja eredményezni. Az előzőekben már említettük ezen ágazatok integrációjának néhány irányát.

² A kínai tudósok olyan rendszert hoztak létre, amely a szerves anyagok lebontásával képes áramot termelni, miközben a szennyvízből szerves vegyületeket távolítanak el. Yanbiao Liu kollégákkal nanocsövek alapján kifejlesztett egy fotokatalitikus üzemanyagcellát, amely a napenergiát a szennyvízben lévő szerves vegyületek elpusztítására használja, és a kémiai energiát elektromos energiává alakítja.

szakaszok. Általánosságban elmondható, hogy az ilyen integráció kilátásai már most is nyilvánvalóak. Így egyes előrejelzések szerint körülbelül egy évtizeden belül kimérai nanobiostruktúrák (amelyek képesek orvosi nanoszenzorok, gyógyszerek, sőt egy szervezet sejtjeinek rekonstrukciójára is) jönnek létre, és 15 éven belül mindennapi gyakorlattá válnak. Természetesen aktív felhasználásuk a diagnosztikában és a védetség megszerzésére szolgáló eszközök kifejlesztése a nanotechnológiák egyik fontos iránya lesz. Erre a folyamatra már most is vannak példáink. Az Engelhardt Molekuláris Biológiai Intézet (az Orosz Tudományos Akadémia része) nanotechnológiákat alkalmazott egy olyan bi- ochip létrehozására, amely lehetővé teszi számos veszélyes betegség, köztük a tuberkulózis gyors diagnosztizálását. A nanotechnológiák fejlesztése olyan anyagok létrehozására, amelyek például a csontszövet tulajdonságait utánozzák, igen ígéretes lesz. A nanotechnológiákat már alkalmazzák olyan műtéteknél, mint a nano idegkötés a levágott látóidegek helyreállítására, a művégtagok nagy pontosságú beültetése, a kardiológiai sebészet *stb. során*.

Az egyik irány, ahol a nanotechnológia hatalmas erőfeszítéseket tesz, a rák elleni küzdelem. Az amerikai Institute of Cancer például 150 millió dollárt szavazott meg ilyen kutatásokra.

Feltételezhetjük, hogy a rák kezelése lehetővé válik, amint sikerül olyan eszközt találni, amellyel a szervezet egy bizonyos sejtrétegét jobban meg lehet célozni a szervezet egy szükséges részén. Lehetséges azonban, hogy a rákot a rákos sejtek elpusztítása nélkül, hanem az áttétek elleni küzdelem módszerével győzik le. A munka itt különböző irányokban folyik. Talán a szervezet ad majd támpontot. Például ismert, hogy a szívszövetekben nem jelennek meg a metasztázisok: nyilván vannak olyan védekező mechanizmusok, amelyeket fel kell fedezni (Marx 2013).

Van néhány példa a nanotechnológiákon alapuló rákellenes küzdelem új irányaira. Például a karcinóma kezelésére olyan rendszert fejlesztenek ki, amely vas-oxid nanorészecskék felmelegítésén alapul, amelyeket a fertőzött szövetbe juttatnak, és mágneses mezővel befolyásolják, aminek következtében a részecskék felmelegednek és elpusztítják a sejteket. Ez a módszer jelenleg a klinikai tesztelési fázisokon van túl, azonban a gyógyításon átesett betegek életideje jelentősen meghaladta az orvosok által előre jelzett időt. A módszerrel kapcsolatos probléma a vas-oxid részecskék pontos bejuttatása a tumorsejtbe.

A houstoni Rice Egyetem nanofotonikai laboratóriumában Naomi Halas és Peter Nordlander professzorok a nanorészecskék egy új, egyedi optikai tulajdonságokkal rendelkező osztályát - a nanohéjakat - találták fel. Átmérőjükkel...

ter hússzor kisebbek, mint a vörösvértestek (eritrociták), ezért szabadon mozoghatnak a vérrendszerben. Speciális fehérjék, azaz antitestek a rákos sejtek ellen, kifejezetten a patridg-ek felszínéhez kapcsolódnak. Néhány órával a befecskendezésük után a szervezetet infravörös fényvel sugározzák, amelyet a nanohéjak hőenergiává alakítanak át. Ez az energia elpusztítja a rákos sejteket, és a szomszédos egészséges sejtek alkalmasan nem sérülnek.

Az onkoterápia területén a kutatás fontos iránya a rosszindulatú sejtek automatikus, "intelligens" eltalálása nanorészecskékkel. A helyzet az, hogy az emlőrákos betegek jelentős részének kezelésére használt forradalmian új szubsztancia, a Herceptin mindössze egymilliomod része célozná meg a beteg sejtet. Hogy a Herceptin szállítása hatékonyabb legyen, amerikai tudósok egy csoportja porózus szilíciumból egy speciális kapszulamodellt talált ki, amelybe a gyógyszert befecskendezik, és közvetlenül éppen a károsodott sejthez juttatják. Most ezt a technológiát klinikai tesztelés alatt áll. Mark Davis amerikai tudós felfedezett egy speciális kapszulát, amely a cukorhoz hasonló szerkezetű, ezért nem lökődik ki és nem választódik ki a szervezetből. Ebbe a kapszulába egy készítményt tesznek, amely hetekig tárolható a szervezetben. A vér-érrendszerben mozgó daganatot keresi. A rákos sejtek savasabbak, mint a szokásos, egészséges sejtek, és ha ilyen sejteket talál, akkor a kapszula kinyílik és kiüríti az erős gyógyszert. Egy hasnyálmirigy-terminális rákban szenvedő, áttétes stádiumban lévő páciens ilyen kúrának vetettek alá, aki még mindig él, és még a haját sem veszítette el a kemoterápia után.

Az orvostudomány egyik jövőbeli iránya a költségcsökkentő diagnosztikai módszerek kifejlesztése. Már beszéltünk a nanochipekről, amelyek ebben fontos szerepet játszhatnak. A gyakorlatba átültetésre kerülnek a nanorobotok, amelyek nemcsak orvosi funkciókat lesznek képesek ellátni, hanem az egyes sejtek táplálkozását és a salakanyagok kiválasztását is képesek lesznek irányítani. A nanorobotok számos probléma megoldására használhatók, többek között a betegségek diagnosztikájára és kezelésére, az öregedés elleni küzdelemre, az emberi test egyes részeinek rekonstrukciójára, különböző nehézszerkezetek előállítására (Mallouk és Sen 2009).

Nyilvánvaló, hogy néhány ígéretes technológia, amelyet a mai napra prognosztizálnak, a jövőben nem lesz sikeres. Kétségtelen azonban, hogy a nanoanyagok, a kutatásra alkalmas nanorobotok és más

A nanotechnológiák fontos háttérteret teremtenek az önszabályozó rendszerek jövőbeli korszakának az orvostudományban.

A biotechnológiák és a mezőgazdaság kapcsolata. A nanotechnológia további fontos irányai a nanobiotechnológiák kutatása. Itt említhetjük a kontrollált proteinszintézis technológiák fejlesztését a kívánatos immunogén tulajdonságokkal rendelkező peptidek befogadására. Vektorrendszereket hoznak létre a betegségek kórokozóinak immunológiailag jelentős fehérjéinek klónozására, valamint magas aktivitással és biztonsággal rendelkező új generációs vakcinákat. Kutatások folynak a nanorészecskék létrehozására a genetikusan módosított fehérjék előállításához, a biochipek és tesztrendszerek fejlesztésére a biológiai szűréshez (Persidis 1998), az immunmonitorozásra és a veszélyes és gazdaságilag jelentős kórokozók fertőzéseinek előrejelzésére. A biochip-technológia folyamatosan fejlődik, és gyártásuk egyre olcsóbb (Rusmini *et al.* 2007).

Várható, hogy a nanotechnológiák és a robotok alkalmazása révén a biotechnológiák fejlesztése és alkalmazása jelentősen előre fog haladni az önszabályozó mezőgazdasági rendszerek létrehozása irányába, ahol a mezőgazdasági műveleteket nagyrészt autonóm módon fogják végezni. Számos technológia fog megjelenni, hogy elősegítse ezt a folyamatot. Így a tisztításhoz használt membránrendszerek, valamint a speciális biocid burkolatok és ezüstalapú anyagok alkalmazása megkönnyíti és növeli a mezőgazdasági állatállomány kezelésének és jó minőségű vízzel való ellátásának szintjét. Feltételezhető, hogy a nanotechnológiák alkalmazása lehetővé teszi a földek művelési technológiájának megváltoztatását a nanoszenzorok, a nanopeszticidek és a decentralizált víztisztító rendszer alkalmazása révén. A nanotechnológiák lehetővé teszik a növények genetikai szintű kezelését, és lehetővé teszik a kedvezőtlen körülményekkel szemben különösen ellenálló, nagy terméshozamú növényfajták létrehozását (Balabanov 2010). Ma már van néhány innovatív ötlet, amelyet tovább lehet fejleszteni a mezőgazdaságban. Különösen az asszociatív, endofita és szimbiózis baktériumokon alapuló mikrobiális készítmények jelentek meg. Ezek a készítmények különböző enzimek és alacsony molekulájú biológiai hatóanyagok (nanoobjektumok) előállítására és a növényekbe való bejuttatására irányulnak. Ezek javíthatják a növények alkalmazkodását a kedvezőtlen környezeti feltételekhez: mérgező fémekkel való szennyezés, sózás, túlsavasodás *stb.* Alapvetően a kiváló minőségű vetőmaganyag kinyerésének alapvető megközelítését dolgozták ki. Ez a megközelítés a következő: biológiailag aktív és növény-egészségügyi komponensek.

amelyek növelhetik a vetőmagok és a növények alkalmazkodását a valós negatív környezeti feltételekhez, többfunkciós nanochipek formájában készülnek.

5.2. A nanotechnológiák felhasználásának különböző kilátásai a kibernetikai forradalomban és a tudományos-kibernetikai termelési elv érett szakaszaiban

A nanotechnológiák jelentős kilátásokkal rendelkeznek. A nanoelektronika, a fotonika, a neuroelektronikai interfészek és a nanoelektromechanikai rendszerek összetevőit fogják fejleszteni. Majd az elért eredmények alapján előrelépés várható az önösszeszerelés szabályozására képes nanorendszerek, a háromdimenziós hálózatok, nanorobotok *stb.* kifejlesztésében. Beszélhetünk még a molekuláris eszközök használatáról, a nukleáris tervezésről *stb.* Különösen csábító kilátások nyílnak a nanomechanika, a nanomechanikai mérnöki tervezés és a nanorobotika fejlesztése terén.

Már régen felmerült az ötlet, hogy az adatokat sajátos környezeti jelenségek (*pl.* mágneses, elektromos és optikai) segítségével tárolják, a nanotechnológiák megjelenésével pedig lehetővé válik az információ tárolása, például a szilícium - a félvezető eszközök gyártásának alapanyaga - vagy a szén nanocsövek helyettesítésével. Ebben az esetben egy bitnyi információ számos atom, például 100 atom formájában tárolható. Ez nagyságrendekkel csökkentené a processzorok méretét, és lényegesen növelné működési sebességüket. Most a processzorban lévő tranzisztorok száma elérte az egymilliárdot és többet. Néhány évvel ezelőtt azonban még az volt a feladat, hogy a 2010-es évekre több mint egybillió tranzisztorral rendelkező processzort hozzanak létre (ez az IKT-lehetőségek radikális in- kreációjához vezetne). Valószínű, hogy ezt a feladatot még a 2020-as évekre, a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdete előtt sem lehet megvalósítani. Feltételezhetően ezt a szintet később érnük el, mivel már most is ennek a fázisnak a kialakításában vagyunk (ez új távlatokat nyitna az informatikai számítástechnikai berendezések teljes cseréje előtt is, a szilíciumról a nano-anyagokra való áttérés miatt).

Lehetséges azonban, hogy a legkisebb számítógépek lényegében új alapokra épülnek. Eric Drexler szerint nem a nanoelektronika, hanem a nanomechanika lehet ilyen alap. A nanokomputer fő alkotóelemeihez mechanikai konstrukciókat fejlesztett ki. Ezek fő

a komponensek egymás mozgását egymástól függetlenül, egymás mozgását rögzítve tolhatók ki és be a magokba (Balabanov 2010).

A speciális struktúrákból, mint például a fullerének, nanocsövek, nanoconok és mások, a molekulák különböző nanodarabok - fogaskerekek, rudak, csapágyrészek, molekuláris turbinák rotorjai, manipulátorok mozgó részei *stb.* - alakjában gyűjthetők össze. A finoman összeállított részek mechanikai konstrukcióba történő összeszerelése az egymással szelektív kapcsolatra képes részekhez csatolt biológiai makromolekulák segítségével (önösszeszerelők) valósítható meg. Ezt az ötletet valósította meg James Tour professzor és munkatársai a texasi Rice Egyetemről, akik 2005-ben létrehozta egy molekuláris mechanikai konstrukciót - a fényenergiát fogyasztó, teljes egészében molekuláris, négykerekű, körülbelül 2 nanométer széles nano-autót. Ez körülbelül 300 atomból állt, és egy vázzal és tengelyekkel rendelkezett. A nano-autó kifejlesztése és megalkotása nyolc évig tartott. A tudósok azt tervezik, hogy nanoszállító eszközöket, a nanotruckokat hoznak létre, amelyekkel a molekulákat a nanógyárak szállítószalagjaira szállítják (*Ibid.*).

Természetesen ez inkább játék, mint gyakorlati felhasználásra irányuló kutatás. Olyan gőzjátékokra emlékeztetnek, mint a görög mechanikus, Heron Alexandrinus által készített szerkezetek, amelyek a Kr. u. első században lenyűgözték a közönséget. Aligha volt hasonlóságuk a gőzgépekkel. De ellentétben Hérónusszal, aki még a gőz gyakorlati felhasználására sem gondolt, a jelenlegi nanotechnológusokat a gyakorlati alkalmazás foglalkoztatja. Ezért a nanomechanikai technika megteremtése nagyon is reális, bár hosszú távú perspektíva. Valószínűleg a jelenlegi évszázad vége felé fog megtörténni. Ugyanez vonatkozik a ~~modulák~~ Jelenleg a nanorobotok várható kialakításai és felhasználásuk csak előrejelzésekben léteznek.

Van olyan vélemény, hogy a 2030-as években néhány nano-eszközt beültetnek az emberi agyba, és képesek lesznek az agysejtekből érkező szükséges jelek be- és kivezetésére, és ez akár szükségteenné is teheti a tanulást és az oktatást. Ez azonban nagy kétségeket vet fel. Még ha egy ilyen kiborgosítás elvileg meg is valósítható, akkor is csak sokkal később fog bekövetkezni.

Mindenesetre nyilvánvaló, hogy mind a nanomechanikai mérnöki tevékenység, mind a nanorobotika új szintre fogja emelni az önszabályozó rendszerek fejlődését egy olyan iparág kialakulása felé, amely ilyen rendszereket tervez (hasonlóan az autók használatához, amely elősegítette azok ipari gyártását - a gépgyártást).

Fejezet 6

Robotika és más technológiák a kibernetikai forradalomban

1. A robotika mint az önszabályozó rendszerek fejlesztésének iránya

A robot fogalma nagyon bizonytalan, hiszen ma már számítógépes programokat, manipulátorokat és egyéb mechanizmusokat, valamint emberhez hasonló autonóm eszközöket is nevezhetünk robotnak. Az ilyen sokféleség ellenére azonban mindenféle típusú robotok néhány fő jellemzője meghatározható. Számunkra különösen fontos, hogy ezek a jellemzők nagymértékben egybeesnek a kibernetikai forradalom és a hozzá kapcsolódó technológiák jellemzőivel. Először is, egy ideális robot (amely képes a helyzettől függően mozogni, dolgozni és problémákat megoldani, valamint értelmesen kommunikálni) az önszabályozó rendszer jó példája. Vizuálisan is tükrözi a fő kibernetikai kategóriák konkrét megnyilvánulásait, név szerint: aktív információfeldolgozás (annak fogadása, elemzése, elosztása, átalakítása *stb.*), az egész rendszer (és más objektumok) irányítása az információ segítségével, rugalmas interakció a környezettel, a közvetlen kontúrok ex istingálása, és a különböző funkciók betöltését lehetővé tevő visszacsatolási kapcsolatok. Számos meghatározás hangsúlyozza azt a törekvést is, hogy a robotot önszabályozó rendszerként kezeljék. *A robot például olyan eszköz, amely képes önállóan mozogni a térben, képes megbirkózni a képfelismerési és -elemzési feladatokkal, nagyfokú mobilitással rendelkezik, képes a visszacsatolás segítségével elemezni egy helyzetet, és képes a saját tapasztalataira és a rendelkezésre álló információkra támaszkodva előre jelezni helyzeteket is* (Shigeru Vataat professzor definíciója, lásd Nakano 1988: 26).

1.1. A robotika a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszában

A kibernetikai forradalom kezdeti szakasza meggyőzően mutatta a robotika új ágának erőteljes felemelkedését, így aligha kételkedett bárki is a fejlődés és a széles körű megvalósítás ígéretes kilátásaiban. A robot fejlődése valóban határtalannak tűnt. Komoly jövőkutatók például azt jósolták, hogy az 1980-as években

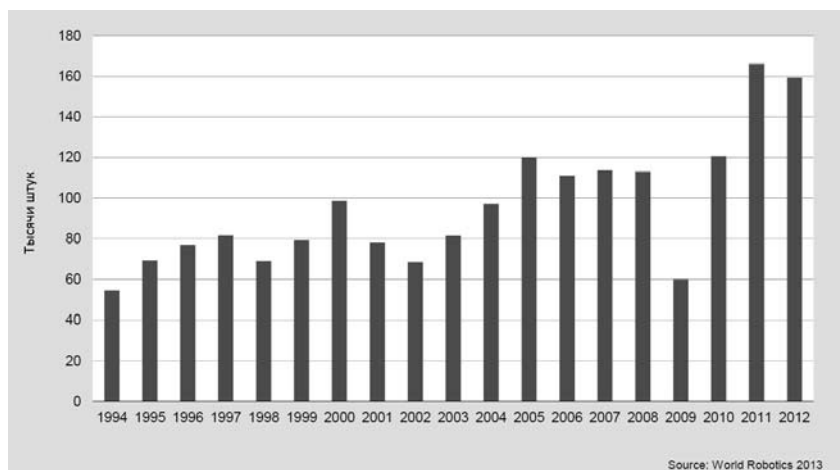
az ipari robotok száma évente körülbelül 35 százalékkal fog növekedni (Kahn 1982: 182). A növekedés azonban sokkal szerényebb volt. Ennek oka az, hogy a nyugati országokban, ahol a nagyipar kikerült, és az ipar aránya (és a dolgozók száma) folyamatosan csökkent, jelentősen csökkent a munkaerő-helyettesítés igénye, illetve a felszabaduló kutatásba történő beruházások is csökkentek, illetve a megfelelő kutatásba történő beruházások is.¹ A robotika olyan országban fejlődik tovább, mint Németország és Japán, amelyek sok tekintetben megőrizték nehéziparukat, ellentétben a többi fejlett országgal.

Az 1990-es években a robotok tovább fejlődtek: javultak a jellemzők, a szoftver és a kezelőfelület, egyszerűbbé vált a vezérlés *stb.* A hangsúly azonban az információs robotok fejlesztésére helyeződött, nem pedig az ipari robotokéra (az ilyen robotikus programok tőzsdei alkalmazásáról már beszéltünk).

Úgy tűnik, hogy az ipari robotok száma a fejlődő országok gazdaságának modernizációja miatt meglehetősen aktívan fog növekedni, de valószínűleg a robotika ipari iránya nem fog áttörést elérni a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdeti szakaszában, a 2030-as években, és még egy kicsit később is felgyorsul.

A Nemzetközi Robotikai Szövetség szerint 2010-ben valamivel több mint egymillió robot vett részt a termelésben a világon (csak a legalább háromtengelyes mozgékonyssággal és szabad programozási lehetőséggel rendelkező, fejlett gépeket veszik figyelembe). Évente 100 000 vagy még több "egyeddel" nő a robotok száma. Ugyanakkor a robotok számának növekedési trendje Ázsia felé tolódik el (pl. „2010-ben a 120 000 készülékből 26 000 volt). A robotokat itt elsősorban steril körülmények közötti munkavégzésre (az elektronikai és a gyógyszeriparban), a termékek összeszerelésére és csomagolására használják (Smirnova 2011). Mindazonáltal még mindig jelentős számú robotot használnak az autógyárakban, ahol 10 000 dolgozóra 400-700 robot jut. Ehhez képest az elektronikai iparban 100-200 robot jut ugyanennyi dolgozóra, az élelmiszeriparban pedig kevesebb mint 50 robot van (*Ibid.*). A robotokat aktívan alkalmazzák a logisztikai központokban és néhány más területen. A 7. ábra az ipari robotok hajózási becsléseit mutatja.

¹ A dezindusztrializáció folyamatát szemléletesen írja le például Martin és Schumann 1997.



7. ábra. Az ipari robotok becsült éves szállítási világszerte (1994-2012) (Tsirel 2014: 365).

Természetesen a robotoknak komoly előnyei vannak az emberekkel szemben: sokkal gyorsabban dolgoznak, és emellett munkájuk minőségibb, alkalmazásuk csökkentí a termékhibák számát is, ami rendkívül fontos a drága létesítmények kiadásakor. Mindazonáltal az iparnak nincs im- mense piaca a robotok alkalmazására, mivel sok országban van olcsó és fiatal munkaerő.

Jelenleg az első generációs robotok mellett (amelyek száma a legnagyobb) számos második generációs robotot fejlesztenek ki. Aktív munka folyik a harmadik generációs robotok tervezésén, amelyek magas szintű intelligenciával, alkalmazkodással és tájékozódással rendelkeznek.

Még kell említeni a katonai robotokat vagy robotszerű létesítményeket is, mivel ma a robotok legnagyobb részét - mintegy 45 százalékát - védelmi célokra gyártják. Ez azonban nem meglepő. A nukleáris és az űripar, valamint a repülőgépipar, ahol ilyen mechanizmusokat kezdtek használni, már kialakulásuktól kezdve elsősorban katonai feladatokhoz kapcsolódtak. Mindez még a kibernetikai forradalom előtt kezdődött. Eleinte közönséges technikai újításokat használtak a katonai automaták (mint például a mágneses torpedók vagy a zajra reagáló torpedók) gyártására. Aztán megjelentek a működtető alrendszerekkel ellátott eszközök. Valójában a modern katonai rakéták, amelyek képesek megkerülni az akadályokat és elérni a célt, valamint a drónok, repülőgépek, vagy akár az autonóm autók.

nagyon tökéletes rendszereket mutatnak be, és meglehetősen nehéz megtalálni a robotoktól való pontos eltéréseiket. Ma már azonban a repülő robotokat (más néven pilóta nélküli repülőgépeket vagy drónokat) aktívan kezdik használni békés célokra (ez a technológiai fejlődés meglehetősen gyakori tendenciája), az elektromos vezetékek ellenőrzésére vagy elsősegélynyújtó felszerelések szállítására (hírvivőként is használhatók), a mezőgazdaságban, lövészetre és sok más célra, amikor olcsó és folyamatos légi támogatásra vagy felügyeletre van szükség. Az ilyen típusú drónokat eddig egy földi személy irányította.

Mindazonáltal a szakértők úgy vélik, hogy a dróntechnológiák következő lépése az autonómiailag működő járművek kifejlesztése lesz, és ez számos lehetőséget nyit meg a drónok új területeken történő felhasználására.

Jelenleg számos katonai robotot fejlesztettek ki: kémkedő négykézlésű robotok (beleértve a víz alatti járműveket is), kórházi kísérők, aknamentesítési robot és néhány más. A katonai robotok többségét azonban emberi kezelők távirányítják, csak nagyon kevés modellnek van lehetősége bizonyos feladatok önállóan történő ellátására. Így ezek (és más) önszabályozó rendszerek végül is még mindig közelebb állnak a működtetett gépekhez, mégis az önszabályozás felé haladnak. Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a távvezérlés még technikai értelemben sem működik mindenhol. Például a mélyűrben lévő robotmissziók irányítása során a jelfogadás késleltetése a hatalmas távolság (kb. néhány perc) rovására elfogadhatatlan. Ezért az embereknek olyan robotokra van szükségük, amelyeket nem közvetlenül egy ember irányít, hanem nagyfokú autonómiával hajtanak végre viselkedéseket vagy feladatokat (lásd Juscsenko 2015).

1.2. Robotika az orvostudományban és az ápolásban

Már beszéltünk a robotok sikeres alkalmazásáról az orvostudományban. Véleményünk szerint ez az irány egyértelműen elősegíti a kibernetikai forradalom elindulását. Most a sebészeti robotok a legelterjedtebbek. A robotsebészet az 1980-as években kezdett fejlődni. A *Da Vinci* sebészeti robot volt az egyik első robotrendszer, amelyet a sebészeti beavatkozások segítésére használtak. A működő prototípust az 1980-as évek végén tervezték az amerikai hadsereggel kötött szerződés keretében. 2015-ig több mint ilyen 3,000 gépet építettek. Azóta mintegy 2000, 1370 amerikai klinika rendelt robotokat, amelyek átlagos ára egy rendszerért körülbelül kétfélmillió dollár (Beck 2013).

A robotsebészet gyorsan fejlődő ágazat. A világon 2000-ben mindössze 1000 robotsebészeti műtétet hajtottak végre. Számuk 2011-ben már 360 000-re, 2012-ben 450 000-re nőtt (Pinkerton 2013). A Columbia Egyetem 2007 és 2010 között végzett kutatásai szerint az amerikai klinikákon a műtétek 10-30 százaléka robotasszisztált (Beck 2013).

A robotizált műtétnek számos előnye van. Az előnyökkel együtt azonban a robotok (beleértve a sebészeti robotokat is) új problémákat és félelmeket okoznak, mivel az ilyen rendszerek bevonásával végzett műtétek jelentős kockázattal járnak. Így a Rush University Medical Center, az Illinois-i Egyetem és a Massachusetts Institute of Technology orvosai olyan adatokat szolgáltatottak, amelyek a robotok által végzett műtétek utáni sérülések és halálesetek számának egyértelmű növekedését mutatják, a 2004-es 100 000 műtetre jutó 13,3 esetről 2012-re 50 esetre. Az FDA 2013-ban 34 százalékos növekedést regisztrált a robotikusan segített műtétek utáni halálesetek számában az előző évhez képest (Pinkerton 2013). Az orvostudomány és a robotika tehát még csak az út elején jár; ez az irány azonban nagyon ígéretesnek tűnik.

Jelenleg a robotok aktívan részt vesznek az ápolásban és az orvosi ellátásban. Japánban már tesztelik a robot ápolókat. Segítenek a betegeknek felkelni az ágyból, segítséget nyújtanak a stroke-on átesetteknek a végtagjaik feletti kontroll visszaszerzésében (Khel 2015). A *GeckoSystems* olyan robotápolókat és robotatendánsokat gyárt, amelyek a telejelenléti képességekkel lehetővé teszik az orvosok és ápolók számára, hogy távolról figyeljék és vizsgálják a betegeket, valamint ágyneműt cseréljenek és gyógyszert adjanak a betegeknek. Véleményünk szerint ez az egyik legnehezebb iránya a robotok jövőbeli alkalmazásának. Ez a piac a becslések szerint több százmilliárd dollárra tehető.

1.3. A robotika fejlődésének előrejelzései

Úgy gondoljuk tehát, hogy a következő két-három évtizedben a robotika nem az iparban, hanem más területeken fog gyorsabban fejlődni. Mindenekelőtt a szolgáltatóiparban. Miért? Először is, ma ez érinti a fejlett országokban a dolgozó népesség nagy részét. Az Egyesült Államokban például a jelenlegi részesedése közel 80 százalékot ért el (Világbank 2016). Hasonlóan nagy arányú foglalkoztatottak aránya figyelhető meg más fejlett országokban is, és gyorsan növekszik minden államban, beleértve Kínát, Indiát és általában a harmadik világ országait, ahol még mindig a legkevésbé értelmiségi és képzett munka létezik. A legtöbb migráns azért költözik Európába, hogy munkát vállaljon

éppen ebben az ágazatban, miközben a migránsokkal szembeni feszültség egyre nő. Gazdasági szempontból tehát ez az ágazat a legígéretesebb a munkaerő-újraelhelyezés szempontjából, mivel az ipari ágazat már jelentősen kimerítette foglalkoztatási lehetőségeit (emellett a feldolgozóipar továbbra is növekedni fog a fejlődő országokban, ahol bőségesen van olcsó munkaerő). Itt lehet megemlíteni a robotszakácsokat és a robotpincéreket is. Másodsor, a bonyolultabb munkakörök és szolgáltatások, mint például a sofőrök, a tanácsadók, különösen az egészségügyi dolgozók aktívan robotizálásra kerülnek majd a munkájuk magas ára miatt. Valószínűleg azonban a robotok leginkább az orvosi és ápolói személyzetet fogják helyettesíteni (pl. orvosi asszisztensek, laboratóriumi asszisztensek, ápolók, sebészeti asszisztensek).

Harmadsor, a robotika tovább fog fejlődni a robotizált lakóegységek (például porszívók) irányába, beleértve a tárgyak internetének (IoT) hálózatát is. Ez nyilvánvalóan hatalmas piacot fog biztosítani, és ezen túlmenően lehetőséget ad a robotok otthoni számítógéphez vagy operációs központhoz való csatlakoztatására.

A robotika fejlődésének előrejelzései a kibernetikai forradalom végső szakaszában. A robotok használatának lehetőségei kétségtelenül hatalmasak. Különösen csak ezek az eszközök segíthetnek megoldani a növekvő számú idős ember gondozásának problémáját és bizonyos mértékig a munkaerőhiány asszociált problémáját. Általánosságban véve nem kétséges, hogy a robotok jelentős szerepet fognak játszani az önszabályozó rendszerekre való áttérésben. Ez már ma is látszik a feltáró fejlesztésekből (bár ezek még messze vannak a gyártástól). A norvégiai Oslo Egyetem tudósai például a 3D-nyomtatás segítségével kifejlesztettek egy olyan kategóriájú, öntanuló és önjavító robotot, amely képes elemezni a helyzetet, és a beépített 3D-nyomtató segítségével új alkatrészt gyártani (Vogt 2014). Ez az integrált önszabályozó rendszerek jó példája. Egy másik érdekes példa az Internet for robots *Roboearth* projektje. A robotok minden műveletüket rögzítik ebbe a távoli databázisba, és meg tudják szólítani, ha a szükséges művelet hiányzik a beállított programjukból. Ez nem csupán egy önszabályozó rendszer, hanem bizonyos extenta a kialakulatlan kollektív robotintelligencia (Waibel *et al.* 2011). A többrobotos rendszer feletti irányítás biztosítása a jövőben a robotika számára al-kész feladat. Egy gépcsoport minőségileg más feladatok ellátására képes, mint egy robot (Yuschenko 2015).

Az sem meglepő, hogy az emberek jelentős érdeklődést mutatnak a robotok iránt, valamint az e területen megvalósuló innovációk bemutatására.

amelyek felhívják a figyelmet és mindig hatásosak. Itt azonban rá kell mutatnunk, hogy bár az "okos" robotokról szóló elképzelések nagyon fontosak számunkra, mivel jó példát mutatnak a kibernetikai forradalom és technológiáinak legfontosabb jellemzőjére (vagyis az önszabályozó rendszerekre való áttérésre), fel kell ismernünk, hogy az ilyen "okos" létesítmények közeljövőben történő megjelenéséről szóló előrejelzések még nem felelnek meg a valós lehetőségeknek (mint ahogyan a korábbi kutatók jóslatai sem váltak valóra, lásd *pl.* „Moravec 1988”).²

A robotika közeljövőben betöltött szerepéről többféle feltételezés létezik. Bill Gates (2007) 2007-ben úgy vélte, hogy a robotika körülbelül olyan helyzetben van, mint a számítógépek voltak az 1970-es években, amikor Paul Allennel együtt megalapították a Microsoft vállalatot, és nyilvánvalóan azt várta, hogy a 2030-as években a robotika olyan fontos lesz, mint ma az IKT. Úgy véljük azonban, hogy ez a jóslat nem fog valóra válni a kitűzött időpontra. Néhány cég dolgozik ezeken vagy azokon a fejlesztéseken, de általában sajnos még nincs akkora üzleti érdeklődés ebben az irányban, mint például a bio- vagy akár a nanotechnológiák esetében, bár a robotika már elég hosszú múltra tekint vissza. Jelenleg a robotok világszintű termelésének teljes volumene meglehetősen kicsi, mindössze néhány milliárd dollár. És még a Japán Robotikai Szövetség optimista előrejelzései szerint is 2025-re a robotikai ágazat forgalma mindössze 50 milliárd dollárt tesz majd ki (Gates 2007), ami a gazdasági térhódításhoz teljességgel elégtelen volumen.

Ezért nem kétséges, hogy fényes jövő vár erre az irányzatra. De valószínűleg a felemelkedése már a kibernetikai forradalom idején megtörténik a jövő technológiáinak fejlődése alapján.

Feltételezzük, hogy a 2020-as években bizonyos, bár nem forradalmi eredmények születnek ezen a területen, a 2030-2040-es években a robotika sokkal jelentősebb fellendülésének lehetünk tanúi, de a robotok robbanásszerű fejlődése valamivel később, a 2050-2060-as években következik be. Ekkorra már al-olyannyira lehet számítani az igazán "okos" robotok létrehozására.

² Egyes szerzők nagyon messzire mennek, és úgy vélik, hogy a huszonegyedik században a robotok az emberi szellemi és fizikai képességek minden jellemzőjével rendelkeznek majd. Véleményünk szerint a huszonegyedik század lesz a poszt-biológiai világ évszázada, amikor a természetes szelekció eredményeként a robotok kiszorítják az embert az evolúció piedesztáljáról, és az új poszt-biológiai evolúció hatására fejlődnek, amely több milliószorosan meghaladhatja a biológiai evolúció sebességét (Wadhawan 2007). Véleményünk szerint ez inkább tűnik tudományos fikciónak, mint tudományos előrejelzésnek.

Milyen irányban fog a robotika gyorsan fejlődni? Úgy gondoljuk, hogy ez a gyengélkedő szociális ápolás és az orvosi ellátás területe lesz, mivel - hangsúlyozzuk még egyszer - ez az egyik fő irányvonal, amely lehetővé teszi az idősök gondozásának problémáinak legalább részleges megoldását. Továbbá, mint már említettük, a robotika fejlődése a szolgáltatási iparhoz fog kapcsolódni (megjelennek majd a robotok - futárok, eladók, pénztárosok, tanácsadók, ellenőrök *stb.*), a háztartási életben (takarítás, főzés, egyéb háztartási munkák, háztartásvezetés *stb.*) vagy az üzleti életben.³ Nagy előrelépés történt a robotizált elektromos járművek terén, amelyek önjáróak, és így erősen csökkenthetik a sofőrök számát. Ahogy már beszéltünk róla, a programozás is robotizálódik, és aktívan fejlesztik a robotrendszereket az emberre veszélyes feladatokra (katonai, mentési és ürtevékenységek *stb.*). Aligha lesz mindegyikük antropomorf, valószínűleg a de- jelüket funkciók határozzák majd meg. Azonban valószínűleg megjelennek majd univerzális robotok is.

2. Univerzalizáció és 3D-nyomtatók

Az univerzalizáció mint a kibernetikai forradalom egyik jellemző vonása. Az univerzalizáció a kibernetikai forradalom egyik legfontosabb, sőt meglepő jellemzője és tendenciája, amelyről eddig nem beszéltünk eléggé. A technológiai változásoknak ez a vektora a különböző technológiákból a lehető legtöbb lehetséges műveletet fogja magába foglalni és széleskörűen használhatóvá teszi, és e célból folyamatosan kombinálni fogja a különböző technikákat és mechanizmusokat, amelyek már léteznek és folyamatosan működnek. A technológiák és eszközök egyre funkcionálisabbá válnak, és alrendszerként magukba foglalják a korábbi független technológiákat. Ugyanakkor ez az egységesítés egészen váratlanul is bekövetkezhet, és a miniaturizálás és individualizálás irányába mutató tendenciával párosulhat. Ilyen például a jelenleg legalább húsz funkciót integráló számítógép (a korábbi írógépből a videokamerába, a ceruzából a titkárnöbe,

³ Van néhány egzotikus feltételezés is. Egyes kutatók például úgy vélik, hogy a robotok fejlesztésének egyik legperspektivikusabb iránya az intím szolgáltatások (erről már beszéltünk a *Bevezetésben*). Egyébként a robotok már most is jelentős eredményeket és perspektívákat mutatnak ezen a területen (Yeoman és Mars 2012). Vannak ennek az iránynak apologetái is. David Levy (2008) "Love and Sex with Robots" című könyvében például azt feltételezi, hogy 2050-re az ember és a robot közötti kapcsolat univerzális és általános jelenség lesz. Ugyanakkor nagyon is lehetséges (és ésszerű lenne), hogy az ilyen produkciót meg lehet tiltani. Megjegyezzük, hogy a femi- nisták máris megkezdték az ilyen kampányt (lásd Griffin 2015).

magnóról a tévére) és mobiltelefonra. Még a Walkman is multifunkciós lett (bár valószínűleg el fog tűnni).

És mi a helyzet az autóval? Annyi funkciót tartalmaz már! Egyszerre ház, közlekedési eszköz, miniállomás és koncertterem. Ennek az univerzalizálódásnak az alapján alakultak ki a már említett barkácsolási kompetenciák, amelyek a szakmák számának eltűnéséhez vezettek. Az univerzalizáció azonban nem csak az elektronikus eszközökben figyelhető meg. Nyomon követhetjük a robotika fejlődésében, ahol az egyik fő irány a többfunkciós robotok, valamint a minilaborok létrehozása, amelyek szintén egyre többfunkciósabbá válnak.

Általánosságban a XVIII-XIX. század ipari termelési elve a specializációt fejlesztette ki, ugyanakkor ebben az időszakban is feltaláltak univerzális dolgokat (pl. villanymotorok). Meg kell említeni, hogy a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszában az univerzalizáció nem mutatkozott meg egyértelműen. Éppen ellenkezőleg, a specializáció látszólag fokozódott. Ez a tendencia azonban a kibernetikai forradalom modernizációs szakaszában került előtérbe, és azóta is egyre erősödik.

Úgy véljük, hogy ez a tendencia először is még nem érett meg, de a kibernetikai forradalom végső szakaszában valószínűleg előretör.

Másodszor, valójában olyan komplex önszabályozó rendszerek kialakulásához vezet, amelyek - mivel többfunkciósak - számos alrendszert és technológiát tartalmaznak majd, de fő elemük az önszabályozásra és önmenedzselésre képes irányítási rendszer lesz. Harmadszor, ez a tendencia különböző területeken fog megmutatkozni. Például már leírtuk az egészségmegőrző rendszereket, amelyek számos funkciót fognak betölteni. Emellett nagy valószínűséggel megjelennek majd a multifunkcionális robotok is. Negyedszer, ez a tendencia a szorosan összekapcsolt komplex technológiák megjelenését fogja elősegíteni. Az **univerzalizáció egyik legfrissebb trendje a 3D-nyomtatók**, amelyek valószínűleg a számítógépekkel kezdenek majd versenyezni a méret és az alkalmazási terület tekintetében. Az ilyen nyomtatók által kínált lehetőségek kizárólagosan nagyok: az építéstől a főzésig, a házi műhelytől a múzeumokig, az orvostudománytól a gyermekjátékokig, az oktatási modellektől a formatervezésig. Ezeket a gépeket aktívan használják olyan ágazatokban, mint a repülőgépgyártás és a rakétatechnika, hogy egyedi detaileket, például egy repülőgépmotor tartóállványát készítsenek (lásd pl. „Tu-

richin 2015). És éppen azért, mert ilyen területeken használják őket, a fejlesztésük jelentős beruházásokat igényel.

Valójában ezek a nyomtatók valójában egy univerzális házi műhely vagy egy univerzális gyártást, építkezést vagy gyárat alkotnak. A jövőben pedig új funkciókat kapnak és új alrendszereket fognak beépíteni.

Ezek az eszközök különböző méreteken létezhetnek, és különböző anyagokat használhatnak (a tűzálló fémektől a papírig, kivéve az alumíniumot), és a legkülönbözőbb tárgyak előállítására képesek. A háromdimenziós vagy 3D-nyomtató a szokásos, kétdimenziós rajzokat, fotókat *stb.* papírra nyomtatóktól eltérően lehetőséget ad háromdimenziós információk szintetizálására, azaz háromdimenziós fizikai tárgyak előállítására. A 3D-nyomtatással kapcsolatban megemlíthetjük a polimer elemek és a fémporok por-agglomerációjának összeolvasztását is (itt a nyomtatók és a nanotechnológiák közötti kapcsolatot figyelhetjük meg).

A 3D-nyomtatóval történő nyomtatás egy olyan folyamat, amelynek során egy digitális fájlból, egy 3D számítógépes tervezőprogrammal (CAD) tervezett és STL formátumban elmentett sablonból valódi háromdimenziós szilárd tárgyat készítünk, majd a 3D-nyomtató rétegről rétegre történő anyagolvasztással valódi terméket állít elő.

A rétegek összeolvasztása a háromdimenziós modellek létrehozásának több ismétlődő ciklusából, a nyomtató munkafelületére (lift) egy anyagréteg felhordásából, a liftplatformnak az egyetlen réteg vastagságával megegyező távolsággal történő leereszkedéséből és a hulladék eltávolításából áll a munkaterület felületéről. A ciklusok egyenként, folyamatosan követik egymást.

Az ipari termelésben (kohászat és gépészet) egy részletet leggyakrabban kivonással állítanak elő, ami a material eltávolítását jelenti (bár ismertek öntési és más módszerek is), esztergálással és fúrással, a felesleges anyag törlésével. A 3D-nyomtatás alapja az additivitás, azaz az anyagok egyesítése (összeolvasztása) és egy bizonyos szerkezet létrehozása (az ilyen technológiákat additívnak nevezzük).⁴ A 3D-nyomtatók széles körű alkalmazásának köszönhetően a gyártás egyes ágaiban hosszú technológiai láncok szüntethetők meg. Elég lesz egy vázlat, és otthon vagy egy 3D-nyomtató központban elkészíteni ("kinyomtatni", "összeolvasztani") egy részletet. Lehetőség lesz egy kisebb, egydarabos gyártás megszervezésére is. A mérnökök al-

⁴ Valamint Drexler (1987, lásd még Drexler 2013)1992. jövőbeli összeszerelői.

így egyszerű élelmiszeripari 3D-nyomtatókat fejlesztenek ki, amelyekkel például konzervdobozokat vagy pizzát lehet nyomtatni.

3. Kognitív tudomány és kognitív technológiák

A kognitív tudományok a mozgást és számos más testi folyamatot irányító mentális és idegi folyamatok természetét tanulmányozzák. Valójában ez egy nagy komplexuma a különböző területeknek, amelyek az intellektuális folyamatokhoz, a tudatossághoz, a tudáshoz, a memóriához *stb.* kapcsolódnak. Itt olyan területekre utalunk, mint a kognitív neurofiziológia, kognitív idegtudomány *stb.* Az elmúlt évtizedekben számos olyan felfedezés született, amely megmagyarázza agyunk és mentalitásunk egyes mechanizmusait és reakcióit, beleértve az úgynevezett neuromediátorok működését is. Jelentős számú új generációs neurostimuláló gyógyszert hoztak létre, amelyeket ma már aktívan alkalmaznak az orvostudományban. Általánosságban a farmakológiában egy új irányzat jelent meg - a neurofarmakológia.

A legfontosabb technológiai vívmány az új agyszkenelési technológiák (többek között a komputertomográfia *stb.*) kifejlesztése volt, amelyek először tették lehetővé, hogy az agy belsejéről többszörös képeket készítsenek, és közvetlen, nem pedig közvetett adatokat kapjanak az agy működéséről. Napjainkban számos kutatószervezet vesz részt a vizsgálatokban, és igyekszik létrehozni az idegsejtek és típusaik adatbázisát (a legújabb adatok szerint az emberi agyban 90 milliárd idegsejt található). Ez lehetővé teszi a vizuális rendszer működési mechanizmusának értelmezésében való előrelépést az agyban lévő különböző típusú neuronok funkcionális osztályozásának kidolgozásával.

A neurális interfészek vagy agy-számítógép interfészek (amelyekről a 3. fejezetben beszéltünk) a kognitív tudomány és általában a kibernetikai forradalom egyik áttörő irányává válhatnak. Emlékezzünk arra, hogy a neurális interfészek olyan technológiák, amelyek az emberi idegrendszert külső eszközökkel kötik össze (általában az agy és a számítógépes rendszerek közötti kapcsolatot valósítják meg). A kognitív tudományok alapvető vívmánya az a lehetőség, hogy a mesterséges szerkezet az agyi jelek segítségével úgy irányíthatjuk, ahogyan azt az egészséges emberek teszik. Hans Berger német tudós 1924-ben végezte el először az emberi agyi aktivitás rögzítését elektródák fejre rögzítésével (Wolpaw J. és Wolpaw E. 2012). Később az elektródákat közvetlenül az emberi agyba ágyazták be.⁵

⁵ A világon mintegy ember 35,0002010 volt az agyba ültetett elektródával (lásd Swaab 2014: 292-294).

Miután megállapították, hogy az idegsejtek elektromos aktivitása segíthet a robotmanipulátorok működtetésében, a neurális interfészek tanulmányozása még aktívabbá vált (Lebedev és Nicolelis 2006). Mostanra sikerült a neuronok jeleinek az eszközökre történő továbbítását elvégezni, és így természetes pontossággal működtetni a mesterséges végtagokat. Néhányukról már korábban is szóltunk. A tudósok már a mesterséges szem, fül és szív működését is neurális interfészek segítségével állítják be.

A jövőben a neurális interfészeket nemcsak az orvostudományban, hanem a mindennapi életben is alkalmazhatják, például a gépjárművezető vagy a gépkezelő agyának állapotát ellenőrizhetik, és elalvás esetén automatikusan felébreszthetik.

Általánosságban elmondható, hogy a kognitív tudomány vívmányait már most is használják, és alkalmazásuk még inkább növekedni fog azokon a területeken, amelyek az önszabályozó rendszerek felé mozdulnak el - az orvostudománytól a robotikáig, a kibernetikától a mesterséges intelligencia problémáihoz, és természetesen katonai célokra is.

Ennek az irányynak a fejlődését azonban komoly technikai és társadalmi nehézségek akadályozhatják. Az akadályok között elsőként az immunrendszeri kilökődést említhetjük. Másodsor, számos nanoszerkezet, például a nanocsövek, amelyeknek fényes jövőt jósoltak, nagyon mérgezőnek bizonyultak az emberi szervezet számára (Kotov és *mtsai*. 2009). Harmadsor, a külső de-vektusok beültetése az egész szervezet traumatizálásához vezet, minden komoly, e hatás csökkentésére irányuló kísérlet ellenére (Grill *et al.* 2009). Egy másik probléma a biológiai anyag és a technikai eszköz eltérő elektromos vezetőképessége, bár ennek a problémának a megoldásában bizonyos előrelépés tapasztalható (Abidian és Martin 2009). De még ha meg is oldjuk ezeket a problémákat, akkor is szükségünk lesz valamilyen nagy teljesítményű szoftverre, amely képes kezelni az agyi jeleket. Ugyanakkor nagyon fontos, hogy megtaláljuk azokat az eszközöket, amelyek visszajelzést biztosítanak az eszköz és az emberi agy között, más szóval az agynak nem csak jelet kell kibocsátania, hanem azt az eszköztől is fogadnia kell. E korlátok túllépése után az idegi interfészek fejlesztése azonnal új szintre lép. A számítógépes játékok elterjedésénél tapasztalt hibák és problémák (de sokkal nagyobb léptékű következményekkel) elkerülése érdekében azonban előzetesen meg kell akadályozni az adatokkal való visszaélést és a mentalitás befolyásolását.

4. A közlekedés és a kibernetikai forradalom

A kibernetikai forradalom utolsó szakaszának közepén vagy végén (a 2040-es és 2060-as évek között) várhatóan tömegesen fejlődnek ki a következők

néhány új közlekedési eszköz. Az utóbbi években az elektromos autók fejlesztése meglehetősen gyorsan haladt, ami az üvegházhatású gázok kibocsátása elleni küzdelemmel, a magas olajárakkal és a kormányzati pénzügyi ösztönzőkkel függ össze. Ennek eredményeként az elektromos autók flottája gyorsan növekszik. 2015 végére már több mint egymillió elektromos autó volt forgalomban. Számos országban az elektromos autók már lényeges részesedéssel bírnak a járműeladásokban. Norvégiában például 6,1 százalékot tett 2013ki, 2015-ben pedig több mint 10 százalékot. A Nemzetközi Energiaügynökség (általunk túl optimistán tartott) előrejelzései szerint 2020-ra az elektromos autók a világ gépjárműparkjának 2 százalékát teszik majd ki, ami számszerűen kifejezve 20 millió autót jelent (lásd Szidorovics 2015).

Így az eladott elektromos járművek száma elég gyorsan növekszik, a közeljövőben elérheti az évi félmilliót vagy még többet. De fel kell hívni a figyelmet arra, hogy az ilyen autók több mint 40 százaléka hibrid jármű, amely hagyományos belsőégésű motort és elektromos meghajtást kombinál (Statisztika... 2015). Ez a gőzhajókra emlékeztet a XIX. századi helyzetre, amikor sok hajónak volt gőzgépe és vitorlája is. Így az elektromos járművek fejlesztése már jelentős ágazattá válik az autópiacon. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy egy ágazat jelentősége illúzióvá válhat, mivel sokat lehet róla írni és beszélni, miközben a tényleges jelentősége az ágazat általános léptékéhez képest meglehetősen szerény. Emellett, amikor új rendszerek széles körben elérhetővé válnak, olyan problémákkal és hátrányokkal szembesülünk, amelyeket nem olyan könnyű kiküszöbölni. Ez pedig elkezdheti hátráltatni a kezdeti gyors fejlődést. Lehet, hogy az elektromos járművek fejlődése az autópiacon egy bizonyos hányadára korlátozódik (legalábbis a következő két évtizedben).

Ha már az elektromos járművekről beszélünk, meg kell említeni a közelmúltban (különösen Németországban) az autópályák építésében történt újbóli keresést, amelyek külön sávjain speciális anyagok felhasználásával lehetne valami elektromos vezetékhez hasonlót építeni.⁶ Ezután az elektromos járművek szükség szerint feltöltődnének (az úgynevezett vezeték nélküli töltési technológia). Minden bizonnyal az ilyen utak jelentősen megváltoztathatnák a modern közlekedési rendszert.

⁶ Például vannak olyan projektek, amelyekben a járda helyett napelemeket használnak, vagy az áramot más forrásból töltik fel.

De figyelembe véve a kibernetikus forradalom fentebb leírt "jelentését" (mint az önszabályozó rendszerek forradalma), az áttörés valószínűleg az autonóm közlekedés és annak irányítása irányába fog történni. Vagyis a közlekedési járművek és rendszerek önszabályozóvá válnak, és magukba foglalják az elektromos járműtechnológiákat. Már ma is van némi vázlat ennek a lehetőségnek a megvalósítására. A Tesla Motors például gyárt néhány robotpilótával ellátott modellt; a német Mercedes-Benz konszern bemutatta a vezető nélküli autó koncepcióját (della Cava 2015). A *Google* pedig azt ígéri, hogy mire létrehoz egy ilyen autót (2020lásd Google n.d.), de már teszteli a Toyota önvezető autóját Kaliforniában (és közös projekteket szervez a *Forddal*). Ahogy 1996-ban a számítógép legyőzte a sakkvilágbajnokot, úgy nemrég az önvezető autó is legyőzte a versenyzőt 200 kilométer/óra feletti sebességgel. A rekordot Észak-Kaliforniában állították fel - az autó mindössze 0,4 másodperccel volt gyorsabb (Prigg 2015). Nem világos, hogy ez hogyan fogja ösztönözni a vezető nélküli autók fejlesztését, mivel a számítógépekkel folytatott sakkversenyek eddig kevésbé terjedtek el. A *Google* mérnökei azonban külön hangsúlyozzák, hogy új fejlesztéseik sokkal biztonságosabbá tehetik a megszokott napi utazásainkat. Mindazonáltal az önvezető autók tömeges bevezetése előtt még számos akadály áll, többek között jogi és szervezeti (biztonság, félelmek és konzervativizmus). Ezeket nem lehet gyorsan leküzdeni.

Az elektromos autók elterjedése a tulajdonosok magáncéljainak eléréséhez nem lehet kedvezőtlen, mivel sem a tömeges felhasználók számára nem jelentenek igazán fontos előrelépést, sem pedig a hagyományos járművek számára lehetetlent, és a költségeket sem tudják nyilvánvalóan csökkenteni. Mivel az emberek maguk is tudnak autót vezetni, elég kevesen lesznek hajlandóak fizetni egy robotért. Így az aggodalommal együtt, hogy az önvezető autók miatt a közeljövőben emberek milliói maradnak munka nélkül, akadályok merülnek fel a tömeges elterjedésük előtt. Üzleti szempontból az önvezető járművek drámaian megváltoztathatják a teherszállítást és a taxiszolgáltatást. Ezek az önvezető autók teljesen kiiktathatják a taxisokat, mint szakmát (Khel 2015), valamint a teherautó-sofőröket. Itt azonban bizonyos jogi és társadalmi nehézségek merülhetnek fel.

Mindenesetre az ilyen önszabályozó rendszerek kifejlesztése fontos előfutára a kibernetikai forradalom végső szakaszának közelgő kezdetének (a 2030-as években). Az önvezető elektromos járművek

egy új, tökéletes akkumulátorral⁷ és a szabad feltöltést lehetővé tevő utakkal együtt a technológiai fejlődés erőteljes forrásává válhat a kibernetikai forradalom végső szakaszában és a tudományos-kibernetikai termelési elv ma- túrális szakaszában.

5. A kibernetikai forradalom egyéb technológiai

A leírt folyamatok bizonyítják azt az elképzelést, hogy a kibernetikai forradalom végső szakasza az önszabályozó rendszerek gyors fejlődésének korszaka lesz. Valójában már most is sok ilyen rendszert használunk, de nem tekintjük őket annak. Mások még nem találtak széleskörű alkalmazásra, mint például az öntisztuló szemüvegek, de elég hamar a mindennapi gyakorlatunk részévé válhatnak. A gépek megjelenésével az előző évszázadokban tucatnyi fényes meglátás jelent meg a jövőbeli alkalmazásukról, és ugyanakkor számos olyan elképzelés, amely nem vált valóra. Ma pedig nehéz meghatározni, hogy mi válik valósággá és mi nem. De kétségtelen, hogy a fejlődés az önszabályozó rendszerek feltalálása és széles körű elterjedése felé halad. Olyan rendszerek kialakulását várjuk, amelyek szinte in-függő módon működnek majd, és az emberi élet fontos aspektusait ellenőrzik, mint ma a számítógépes helyesírási programok, amelyek elkezdik ellenőrizni a stílusunkat vagy a helyesírásunkat. Mindez megköveteli a minimalizálás területének mély megértését, mint a fontos mai és a felmerülő problémák so- lutációját. Mint már említettük, a kibernetikai forradalom (mint minden termelési forradalom) változásokat hoz a termelés és az élet minden területén. Ezek a változások azonban egyetlen nagy folyamat részeként nem egyidejűleg fognak bekövetkezni.

Most érdemes néhány szót szólni a más szférákban bekövetkezett változásokról.

Specializáció. Végül, nem kétséges, hogy a jövőbeli technológiai változások jelentős és sok esetben radikális változásokat hoznak a lakosság szakmai struktúrájában és kompetenciáiban.

⁷ A Li-ion akkumulátorok elég gyorsan olcsóbbá válnak, az akkumulátorok újratöltésének sebességét illetően is van előrelépés. Előfordulhat, hogy a grafén használata áttörést jelent majd az akkumulátoros berendezések gyártásában. A spanyol *Graphenano cég* olyan akkumulátorokat jelentett be, amelyek 77 százalékkal olcsóbbak és egyszerűbbek a ma használtaknál, és 1000 kilométeres hatótávolságot biztosítanak, ugyanakkor mindössze tíz perc alatt feltölthetők (Szidorovics 2015). Nem szabad azonban elfelejteni, hogy az ilyen győztes hírek valójában sokkal kevésbé lenyűgözőek, vagy akár csak szépelgésnek is bizonyulhatnak.

A termelési forradalom gyökeresen megváltoztatja az emberek szakterületét, szakmai készségeit (kompetenciáit), és új szakemberek iránti igényt teremt. Az agrárforradalom során a földműves és a kézműves váltotta fel a vadászok és gyűjtögetők szakmáját. A fémipari szakemberek megjelenésével eltűnt a kőmegmunkálás. Ennek ellenére az agrárforradalom korában a változások meglehetősen lassan mentek végbe.

Az ipari forradalom szinte teljes időszaka, a hatodik-tizenegyedik századtól kezdve, de legalábbis a tizenkilencedik század utolsó harmadáig, a szakképzett kézművesek és a technológiai fejlődés Leviatánja közötti harcok jegyében telt el. Ez az időszak tele van a találmányok betiltásának epizódjaival, a különböző korlátozó törvények elfogadásával a gyárak képviselői részéről, a ma- chinák elpusztítóinak történetével *stb.* Az ilyen tilalmak és korlátozások indokai tehát a legsúlyosabbak voltak: a termékek degenerálódása, a jövedelmek csökkenése, a szükséges szakmai ismeretekkel nem rendelkező emberek közötti verseny. Ennek eredményeként azonban a gépek felváltották a kézi munkát, a technológiai újítások hullámai kiirtották a szakemberek csoportjait.

A kibernetikai forradalom kezdeti (és még a köztes) szakasza, különösen a számítógépek elterjedésével, a szakmai készségek változásához is vezetett, többek között a szellemi tevékenységek területén: gépírás, könyvkiadás, folyóiratok és újságok, fordítás, információgyűjtés, könyvtartudomány és archiválás, tervezés, reklám, fotózás, filmezés *stb. terén.* Nem sok idő múlva a könyvek jelenlegi formájukban ritkaságszámba mennek. A "csináld magad" technológiák megjelenése (rendező, kiadó, művész, fotós *stb.*) a kor sajátosságává vált.

A további technológiai fejlődés számos szakma alapjait fogja aláásni - az orvostól és a tanártól kezdve az ápolónőig és az adóellenőrökig. Ahogy fentebb említettük, a robotpilóták helyettesíthetik a hivatásos sofőröket, a gyerekeknek és a betegeknek pedig saját elektronikus ápolójuk lehet.

Összességében az általános fejlődésnek a szolgáltatóipari ágazatokban dolgozók számának csökkenése felé kell haladnia (mind az egyszerűbb, mind a nehezebb típusok esetében), ugyanakkor számos új szakma iránt lesz kereslet. Mint már említettük, a szolgáltatóiparban dolgozók számának csökkenése nem utolsósorban a robotika fejlődése miatt fog bekövetkezni.

Villamosenergia-ipar. A korábbi termelési forradalmak során az energiaforrás is változott. Az agrárforradalom az állatok erejéből származó bio- logikus energiát hozta használatba; az ipari forradalom először a vízenergiát használta, majd ezt felváltotta a gőzenergia, majd a villamos energia és az üzemanyagok.

A kibernetikai forradalom elindításához megfelelő energiaforrás, nevezetesen az elektromosság már létezett. Az elképzelés, hogy egy új vezető energiaforrás termonukleáris, hidrogén vagy más új típusú energia lesz, még nem valósult meg. Felmerül a kérdés: vajon meg kell-e jelennie egy megfelelő energiaforrásnak a kibernetikai forradalom végső fázisához? A korábbi forradalmak tapasztalatai azt mutatják, hogy erre egyáltalán nincs szükség. Az öntözéses intenzív mezőgazdaságra való áttérés nem követelte meg az állati vontatóerő kötelező használatát (a szántáshoz), valamint a gépipar első ágazatai is eléggé megférfiásodtak az ismert vízi energiaforrással. Később azonban, minden termelési forradalom végső szakaszának végén és minden termelési elv érett szakaszaiba való átmenet során új energiaforrások jelentek meg (így az agrárforradalom befejezése az esővel táplált övezetekben a bikák és ökrök használatával járó mezőgazdasághoz kapcsolódott; az ipari forradalom befejezése pedig a gőzenergia használatához). Meg kell jegyezni, hogy mindkét esetben nem volt teljesen ismeretlen energia. A gőzenergiát már a XVII. század óta alkalmazták alkalmanként.

Lényegében új energiaforrásra nem lesz szükség a kibernetikai forradalom végső szakaszának elindításához. Az alternatív (alacsony szén-dioxid-kibocsátású) energiatechnológia fejlesztése nem játszik majd döntő szerepet. Egy új energiaforrásnak azonban vagy a forradalom végső szakaszában, vagy valamivel később kell megjelenie. Valószínűleg nem lesz teljesen új és korábban nem használt. Valószínűleg a technikai újításoknak köszönhetően lehetővé válik majd, hogy "megszelídítsük" és kellőképpen elérhetővé tegyük ezt vagy azt az alternatív energiatípust (hidrogén, nukleáris energia, napenergia; vagy a könnyen tárolható elektromos energia feltalálása lesz az, ami a környezetbarát közlekedés energiaforrásának problémáját is megoldja). A termelési elv kiforrott szakaszaiban az energiatermelésben is történnek olyan változások, amelyek egy új termelési forradalom alapját teremtik meg (így a kézműves-agrár termelési elv kiforrott szakaszában a víz ereje szerezte meg azokat a tulajdonságokat, amelyeket a hajtóművekhez használtak, és a kereskedelmi-ipari termelési elv kiforrott szakaszában az elektromos energia vált olyanná, mint amilyenné az elektromos áram.

forrás). De hogy a tudományos-kibernetikus termelési elv végső szakaszában milyen energia fog megjelenni, azt egyelőre nehéz elképzelni.

Kommunikáció. A termelési forradalom minden bizonnyal megváltoztatja a kommunikáció módját. Az ipari forradalom kezdetén feltalálták az újfajta információs technológiát, amely a kommunikáció egyik mozgatórugóját hozta létre. A nyomtatás feltalálására gondolunk. A kibernetikai forradalom kezdetén az új típusú kommunikáció és összeköttetés (TV és számítógép) szerepe még inkább felértékelődött. Így a termelési forradalom kezdeti szakaszait a kommunikáció új típusainak megjelenése okozhatja. Ez azonban nem előfeltétele a termelési forradalom végső szakaszának kezdetének (bár az írás az agrárforradalom végső szakaszának előestéjén jelent meg, szerepe nem volt lényeges). A kommunikáció új formái a forradalom végső szakaszának végén vagy azt követően is megjelenhetnek. Például az elektromos összeköttetést (távíró, telephone) az ipari forradalom befejezése után vezették be.

Így a következő évtizedekben aligha lehetséges a kommunikáció alapvetően új típusainak megjelenése. A kommunikáció fejlődése az elmúlt évtizedekben nagyot lépett előre, sőt, általában véve meghaladta az általános fejlettségi szintet. Valószínűleg a tömegkommunikáció forradalmian új típusai csak a XXI. század vége felé jelenhetnek meg. A meglévő IKT-k erőteljes fejlődése azonban a következő három-négy évtizedben is lehetséges.

Az interfészeket keresztül történő kommunikáció fejlesztése vagy a chipek emberi agyba történő közvetlen beültetése (így a kommunikáció a forrástól egészen az agyig tartana) jelenleg fantasztikusnak tűnik; mégis, ha sikerül is, a közeli évtizedekben aligha fog széles körben megvalósulni (etikai, orvosi és jogi korlátok miatt). Ennek ellenére aligha lehet elvetni az ilyen lehetőségeket, és a korlátozásokra előzetesen gondolni kell, mivel ez a lehetőség aggályokat vet fel.

Összességében azt sugallhatjuk, hogy a tömegkommunikáció új típusai a XXI. század közepéig, de inkább annak végéig meglehetősen széles körben megvalósuló jelenségként jelenhetnek meg.

Utószó

Az önszabályozó rendszerek jövőbeli világának veszélyei és kockázatai

Hogyan tudunk együtt élni a tudományos és technikai fejlődéssel? Befejeztük a fejlődéstörténet és a technológiák jelenlegi állapotának elemzését, valamint tettünk néhány feltételezést a további fejlődés irányairól. De természetesen az élet minden előrejelzésnél és még az elképzeléseknél is változatosabbá válik, és nehéz meghatározni, hogy mi válik valósággá és mi nem.

Mindazonáltal nincs kétségünk afelől, hogy a fejlődés az önszabályozó rendszerek létrehozása felé fog haladni. Úgy gondoljuk, hogy közeleg azoknak a rendszereknek a hőskora, amelyek nagyrészt önállóan működnek majd, ugyanakkor egyre határozottabban fogják ellenőrizni az ember életének legkülönfélébb aspektusait. Mindez mély megértést és némi aktivitást igényel a felmerülő problémák minimalizálása érdekében; például annak megakadályozására, hogy egy új és még jobban felügyelő "Nagy Testvér" jöjjön létre, aki sokkal többet tud rólunk, mint az a "Testvér", aki ma láthatóan az egész életünket ellenőrzi az interneten. Nemcsak az online csevegésünk, hanem a családfánk, az orvosi kórtörténetünk, a szervezetünk egyéni sajátosságai és valószínűleg még a gondolataink is hamarosan hozzáférhetővé válnak. Hogy ki, hogyan és mire fogja felhasználni ezeket az információkat, azt aligha lehet figyelmen kívül hagyni.

Létezik néhány más probléma is. Bill Joy (2000) leírja azt a helyzetet, amikor a gépektől való növekvő függőség elválasztja az embert a gondolkodástól és a problémamegoldástól, és így megszűnik minden gyakorlati választás, mivel minden döntés gépi döntés lesz. Joy azonban valószínűleg túlbecsüli a dolgot, amikor ezt írja: "az emberi faj könnyen megengedheti magának, hogy olyan helyzetbe sodródjon, amelyben annyira függ a gépektől, hogy gyakorlatilag nem lesz más választása, mint elfogadni a gépek összes döntését". Lehetséges, hogy Joy eltúlozza, hogy: "Végül elérhetjük azt a szintet, amikor a rendszer működésének fenntartásához szükséges döntések olyan bonyolultak lesznek, hogy az emberi lények képtelenek lesznek azokat intelligensen meghozni. Ebben a szakaszban a gépek tényleges irányítást fognak gyakorolni. Az emberek nem lesznek képesek csak úgy kikapcsolni a gépeket, mert azok

annyira függenek tőlük, hogy kikapcsolásuk öngyilkossággal érne fel" (Joy 2000). Mindazonáltal a technológiai rendszerektől való nagyfokú függés veszélye nem ennyire spekulatív. Az pedig, hogy mi marad meg az emberi "szabad választás szabadságából", egyáltalán nem világos.

Emellett a jövőben, amikor a rendszerek az ember szellemi munkájának nagy részét a rendszerek végzik, az elménk kevesebbet fog dolgozni, és így gyengébb lesz, mint a modern ember elméje; ennek eredményeképpen az elménk ugyanúgy el fog gyengülni, mint sok kortársunk izmai, akiknek nincs szükségük fizikai aktivitásra. Természetesen több olyan rendszer fog megjelenni, amely megkönnyíti és támogatja a szellemi munkát. Itt a pozitív visszacsatolás fog előtérbe kerülni: az elme nem akar dolgozni, az eszközök megkönnyítik a munkáját, és az elme még jobban meggyengül. Ezért nem meglepő, ha a jövőben a "szellemi torna" (néhány szorzótábla formájában) nagyon hasznos gyakorlatként lesz népszerűsítve, hasonlóan a mai egyszerű fizikai tevékenységekhez.

Az emberi erő növekszik a neki alávett technológiák növekvő számával, de ezzel együtt számos változás történik az életmódban, és számos, eddig ismeretlen kihívással kell szembenéznünk. Éppen ezért, ha ki akarjuk használni a felmerülő lehetőségeket (és miért is hagynánk ki őket?), kívánatos megtanulni előre látni a problémákat és minimalizálni azok következményeit, hiszen egy jelentősebb technológiai áttörés valószínűleg még átütőbb változásokat és "jövősokkot" hoz.¹ Sajnos az emberiség keveset tanul a saját hibáiból, és kevés figyelmet fordít a jövőbeli problémákra. Legjobb esetben úgy viselkedünk, mint a híres Churchill aforizmájában szereplő nem-erálisok, akik nem a jövőre, hanem a múltbeli háborúkra készülnek. Ennek eredményeképpen azokat a problémákat oldjuk meg, amelyekhez már alkalmazkodtunk, és nem az elkövetkezendő problémákra.

Köztudott, hogy a tudományos és technológiai fejlődés elleni harcnak hosszú története van. És ennek a harcnak minden egyes megnyilvánulását nemcsak az obskurantizmus, hanem a valós szükségszerűség vagy megalapozott félelem is okozta, hiszen a haladás gyakran súlyosbítja a helyzetet, valamint számos csődhöz vezet, és egész szakmai kategóriákat dob a tengerbe; néha egész városokat és területeket is elnéptelenedik, és gyakran a termékek minőségét is rontja. Néha eddig ismeretlen lehetőségeket nyitott meg a visszaélésekre, vagy kétségbeesett társadalmi harcok és elnyomás forrása volt. Ennek ellenére senkinek sem sikerült lelassítania ezt a pro-

¹ Folyamatosan szembesülünk ilyen sokkokkal, ezért az Alvin Toffler által közel fél évszázaddal ezelőtt a *Jövősokk* című, jól ismert művében felvetett kérdés még mindig aktuális (Toffler 1970).

cess. Az új gyógyszerek tesztelésére vonatkozó követelmények szigorítása, az APS bezárása, a GMO vagy az emberi klónozás betiltása, valamint sok más dolog ennek a küzdelemnek a modern megnyilvánulása. Nyilvánvaló, hogy ezek közül a szigorítások és tilalmak közül sok feltétlenül szükséges. Másokat természetes és meglehetősen megalapozott félelmek okoznak. Egyrészt nehéz elvárni, hogy a tudományos és technológiai fejlődés teljes ellenőrzés alá kerüljön. Másrészt a környezetbarát termelésért vagy a biztonságos gyógyszerekért folytatott harcban elért eredmények azt mutatják, hogy itt igenis lehetséges egy bizonyos szintű kontrollt elérni. Általánosságban elmondható, hogy az innovációkból származó károk minimalizálásának mechanizmusa abban áll, hogy bizonyos intézményeket és szabályokat hozunk létre, amelyek optimalizálják a technológiák ellenőrzését; de különösen fontos, hogy ezt előre megteremtjük.

Azt sem szabad elfelejteni, hogy mindig vannak olyan felek, akiket a technológiák és a fejlődés érdekel. Így mindig léteznek olyan ambiciózus erők, amelyek a fejlődésükben és a haladásukban érdekeltek, remélve, hogy némi haszonra tesznek szert; emellett az innovációknak mindig vannak zsoldos és önzetlen hívei is, valamint mindig vannak olyan emberek, akik az egyszerű illúziót részesítik előnyben a cél elérésének nehezebb útjával szemben, miközben azt hiszik, hogy a tudomány a jövőben képes lesz megoldani bármilyen problémát. Ezért az értékes és fontos innovációk bármilyen támogatása általában messze nem önzetlen.² Ezért nem szabad a tudományos és technológiai fejlődés áldozatává és annál inkább rabszolgájává válnunk (Francis Fukuyama szerint) és annak indulatos apologetáivá.

Az innovációk területén az érdekek közeledése miatt világosnak kell lennie: sokkal könnyebb és olcsóbb megszerezni az irányítást a még meg nem alkotott dolgok felett, mint a már készen kifejlesztett és milliárdos profitot hozó dolgok felett.

De a problémákat meglehetősen nehéz előre látni, ezért szükségünk van bizonyos intézményekre (intézményekre vagy közigazgatási és jogi rendszerekre), amelyek általában véve a technológiai fejlődést irányításuk alá vonnák, és a technológiákkal együttműködve, azok működőképességének megőrzése mellett fejlődnek. Ehhez azonban szabályozni kell a világ tudományos és technológiai fejlődésének ütemét. Úgy véljük, hogy előbb-utóbb ez lehetővé válik (lásd *pl.* Grinin 1998a, 1999, 2005, 2008; Grinin és Korotajev 2009). Sajnos, egyelőre ez elérhetetlen, mivel az országok közötti verseny elsősorban a

² Valamint a tudományos és technológiai fejlődés következményei elleni küzdelem.

a gazdasági növekedés különböző szintjein. Nyilvánvalóvá válik, hogy a veszélyes változások ellenőrzése bizonyos politikai átalakításokat is igényel, amelyek rendkívül bonyolulttá és érzékennyé válhatnak (Grinin 2006b; Grinin és Korotajev 2010c).

A haladás költségei. Így válik világossá, hogy a tudományos és technológiai fejlődést nem lehet akadályozni. Zárjuk be az ajtót előtte, az ablakon át fog bejönni, de elkerülhetetlenül el fog jönni. És mégis rajtunk múlik, hogy milyen árat fizetünk érte. És a haladás ára mindig jelentős, még akkor is, ha nem véres háborúban, hanem élvezetekben fejeződik ki. Nem vezetett-e az élvezettechnológiák olyan kényelmes és elősegítő növekedése, mint a fogamzásgátlás, ahhoz, hogy a nők kevesebb gyermeket szülnek, ami a társadalmat "az el- derséggondozás intézményévé" teszi? Egy másik kellemesnek tűnő, de valójában drága fizetőeszköz a haladásért a számítógépes játékok, amelyeknek ismeretlen következményei még évtizedek múlva következnek be. Ennek eredményeképpen ma már sok millió gyermek és fiatal (és felnőtt) függ tőlük. Miközben a virtuális világban tartózkodnak, és önmagukban messze nem ártalmatlan szenvedélyeket és érzéseket gerjesztenek, időt vesztegetnek, elveszítik egészségüket és normális emberi kapcsolataikat, valamint elszalasztják a lehetőségeket. Nyilvánvaló, hogy az ilyen játékokkal kapcsolatban meglehetősen könnyű lett volna időben pedagógiai és pszichológiai értékeléseket végezni, és megelőző intézkedéseket hozni.

Milyen költségei lesznek a jövőbeni fejlesztéseknek? Aligha remélhetjük, hogy a további fejlődés önmagában mindent kijavít, hogy a tudományos és technológiai fejlődés dicsőségét növelje, mivel ezek a korrekciók meglehetősen költségesnek bizonyulhatnak. Nyilvánvalóvá válik, hogy ma a techno- logikai és tudományos vívmányok hozzáférnek az emberi élet természetes lényegéhez és biológiai természetéhez. És ezért a tét nagy. Ezért mérlegelni kell a valós következményeket, és azt, hogy mit akarunk elkerülni az adott ügyben. Ráadásul az emberi test radikális változásai dramaturgiaiilag megváltoztathatják az olyan alapvető jelenségekhez való viszonyt, mint a család, a kapcsolatok, a nemek, az élethez, a saját testhez való viszony és sok más olyan dolog, amit ma még elképzelni is nehéz.³ Mindeközben intézményeink és felfogásunk nem áll készen azokra a változásokra, amelyeket a forradalmi technológiai újítások hozhatnak.

A legjobb mindig jobb, mint a jó? Az elmúlt két évszázadban az emberiség a "A legjobb a legjobb" elve szerint élt.

³ De már most látható, hogy ezek a fogalmak, amelyek korábban alapvetőek voltak, mostanra leépülnek.

gyakran a jó ellensége". De egy bizonyos pont után ez az elv meglehetősen veszélyes és romboló lesz.⁴ Bizonyos tekintetben (*pl. a „természetben)*, for- dalmilag, megjelentek olyan erők, amelyek arra szólítják fel az embereket, hogy legalább az ésszerű egoizmus pozíciójából kiindulva viselkedjenek, és hagyjanak valamit a következő nemzedékeknek, de ne éljenek az "utánunk az özönvíz" elve szerint.⁵ Valójában a saját gyermekeink és unokáink jövőjéért való aggodás erős lendületet ad nekünk, hiszen a legjobb feltételeket szeretnénk biztosítani számukra, és megőrizni azt, ami számunkra értékes. Kétségtelen, hogy a generációk közötti kapcsolat a társadalom fenntarthatóságának egyik alappillére. A baj azonban az, hogy ez a kapcsolat jelenleg gyengül. Ennek egyik oka az, hogy tízévente új technoszféra jön létre, amelyben az idősebbek nem érzik magukat jól a fiatalabbakkal ellentétben. Ezért nehezebbé válik a szülők számára, hogy átadják tapasztalataikat a gyerekeknek (lásd Grinin 1998a, 2006b; Grinin és Korotajev 2009).

De a legveszélyesebb események ebben a kontextusban várhatnak ránk. A jövőbeli átalakulások negatívan alakulhatnak a következő generációk fejlődése szempontjából. Készen állunk-e arra, hogy a nemzedékek közötti kapcsolat teljesen megszakadhat, miután az új reprodukciós technológiák lehetővé teszik a gyermekek mesterséges méhben történő inkubálását? Készen állunk-e arra, hogy megtagadjuk a gyermekek és a szülők, a nagyszülők és az unokák fogalmát? Ez aligha valószínű. De ha most nem gondolkodunk ezen, akkor később senki sem fogja megkérdezni tőlünk. Nem vette-e el a fejlődés gyakorlatilag százmilliók egyetlen gyermekét a szülőktől, testvéreitől az emberek százmillióitól? És ha ⁶megjelenik egy ilyen mesterségesen felnevelt, szülőket és rokonokat nem ismerő generáció, akkor vajon gyengül-e a másokról való gondoskodás vágya mind az idősebb, mind a fiatalabb generációkban?

Egy ilyen átmenet, ha bekövetkezik, kétségtelenül halálos csapást mér a család intézményére, amely már most is meggyengült. Ha

⁴ Például a mindenáron való gazdasági növekedés az erőforrások kimerüléséhez és értelmetlen kiadásokhoz vezethet; a bőséges élelem és a fogyasztás ideológiája elhízási járványt és egyre több betegséget okozhat; a hedonizmus ideológiája és a végtelen élvezetszomj az önzés növekedéséhez és a mások és a társadalom iránti kötelességtudat gyengüléséhez vezet; a biztonságos szex a megengedett szexuális viselkedés határának átlépéséhez vezet; a műsorok és játékok növekvő száma a mentális instabilitáshoz vezet, különösen a fiatalabb generációnál, stb.

⁵ Meg kell jegyezni, hogy a jövőbeli éghajlat felmelegedése, amelyről oly sokat beszélnek, önmagában is okozhat árvizet. A klimatológusok azonban határozottan kevésbé értenek egyet ebben a problémában.

⁶ Egyébként Platón szerint az utópia eszményének kidolgozásában, amelyben azt írta, hogy a példás államban a gyermekeknek közösnek kell lenniük, az apák ne ismerjék gyermekeiket, a gyermekek pedig apáikat (Platón. Állam 5, 457d). Természetesen a társadalom már régen elvetette az ilyen elképzeléseket. Azt azonban még Platón sem tudta feltételezni, hogy az anyák közösek lehetnek.

ha legalább egy generáció megszakítja ezt a számtalan generáció és sok millió év által kipróbált kapcsolatot szülők és gyermekek között, akkor már nem lesz visszaút. Aligha lesz valaki, aki vállalja ezt a terhet ...

A kockázatok rendszerezése. Monográfiánkban a jövő technológiáinak tárgyalása során kevés szó esett az elkövetkező változások hátoldaláról. Ezért logikusnak tűnik, hogy ez a következtetés a kibernetikai forradalom végső fázisában a változások logikájából eredő lehetséges problémákat és kockázatokat tükrözi.

Az ilyen problémák előrejelzése segíthet abban, hogy előre megteremtjük a megfelelő társadalmi, jogi és egyéb eszközöket a váratlan változások megelőzésére és negatív következményeik minimalizálására. Természetesen az elmúlt három évtizedben az orvosi biológiai etikát elégtelenül végezték, bár ez idő alatt széleskörű szakosodással rendelkező, megalapozott tudományterületté vált, amely saját nemzetközi központokkal rendelkezik, konferenciákat tart és folyóiratokat ad ki. A kérdés nem annyira az etikáról, az etikai és jogi ütközésekről szól, mint inkább az ember mint biológiai organizmus jövőjéről. Ezért inkább beszélhetünk egy *biohumanitárius kategorikus imperatívusról*, olyan alapelvek és formák kidolgozásáról, amelyeket az új mintához vezető úton figyelembe kell venni (és amelyeket kívánatos lenne valamilyen nemzetközi jogszabályban megerősíteni).

A különböző kockázatok elemzése jelentős bővítést igényelne (részletesen lásd Grinin L. és Grinin A. 2015). Most elsősorban a természetes folyamatok hatására változó demográfiai helyzethez kapcsolódó kockázatokra koncentráljunk, amelyeket az orvostudomány vívmányai élesen felerősítenek.

A visszafordíthatatlan demográfiai átalakulások. A termelési forradalom minden egyes szakasza mindig demográfiai változásokkal jár együtt. A kibernetikai forradalom kezdeti és köztes szakaszában a világ össznépességének óriási növekedése következik be. Ez a növekedés elsősorban a fejlődő országokban következik be, és tulajdonképpen az ipari korszak demográfiai forradalmának folytatódó tendenciája. Másrészt azonban a fejlett országokban a demográfiai forradalom az úgynevezett demográfiai átmenettel fejeződött be, ami a születésszám csökkenését jelenti. Ugyanakkor a várható élettartam és annak minősége jelentősen javult. A demográfiai átmenet valójában a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának eredménye. Nem véletlen, hogy egyre több fejlődő országban a

A termékenységi arányszámok napjainkban csökkennek, néhányukban a népesség érezhető előregedését is megfigyelhetjük.

A kibernetikai forradalom tehát jelentősen megváltoztatta a népességcsere típusát: a) csökkentette a termékenységi rátát a gyermekhalandóság erőteljes csökkenésével együtt, ez azt eredményezte, hogy a családok átlagos gyermekszáma jelentősen csökkent; b) erőteljesen csökkentette a teljes halálozást, ami a soha nem látott várható élettartamot eredményezte; c) megfigyelhetjük a népesség öregedését, amikor számos országban a várható átlagos (medián) élettartam 40 év és több. Ennek következtében a demográfiai szerkezet jelentősen megváltozott. Piramisszerűből (amikor a gyermekek és a fiatalok teszik ki a népesség nagy részét) négyszögletesre alakult át, amikor az idősebbek száma majdnem megegyezik a fiatalok számával.

A már elérhető eredmények, valamint az orvostudomány és más tudományágak jövőbeni eredményei azonban jelentősebb mértékben hozzájárulhatnak a csere mintázatának megváltoztatásához. A következő évtizedekben a világ népességének előregedését fogjuk megfigyelni, aminek következtében a népesség szerkezete fordított piramis alakúvá válik (amikor a gyermekek és a fiatal korosztályok száma kevesebb lesz, mint az időseké). Tekintsük át ennek a helyzetnek néhány következményét és lehetséges kockázatát.

Egyes fejlett országokban a várható élettartam akár 95-100 éves korig is emelkedhet, és általában elérheti a mai legsikeresebb országok (például Japán) szintjét, azaz a 80-84 évet, de még ennél is magasabb lehet. Eközben a következő három évtizedben különösen gyors növekedés figyelhető meg az idősek társasportjában. Ennek eredményeként *három évtized múlva a világ nem első és harmadik világra, hanem idős és fiatal nemzetek világára fog oszlan*.⁷

Ekkorra azonban a világ legtöbb országában (valószínűleg az afrikai államok kivételével) már érzékelhetővé válik a népesség előregedése. Ugyanakkor a harmadik világ legtöbb országában a csökkenő termékenységi arányszámok és a kimerülő demográfiai hozadék azt eredményezi, hogy a demográfiai szerkezet jelentősen megváltozik, és a gyermekek és a fiatalok aránya drámaian csökken, míg az idősek aránya nőni fog.

⁷ Bizonyos geopolitikai feszültséghez is vezethet, ha a világ kettéválik Északra, ahol az idősebb korú nők adják majd meg a tempót a politikában, ahogy Francis Fukuyama írta, és Délre, ahol a dühös fiatal emberek, akiknek a keze nincs összekötve (ahogy T. Friedman nevezte őket), lesznek a mozgatórugók (Fukuyama 2002).

A demokrácia hanyatlása és a nemzedékek közötti küzdelem? A népesség elöregedése a demokratikus rendszer hanyatlásához vezethet. A demokrácia gerontokráciává fejlődhet, amelyből nehéz lesz kitörni, és a demokratikus kormányzás válsága általában elég valószínű a szavazatokért folytatott harc körülményei között. A helyzet az, hogy a várható élettartam növekedésével és a fiatalok arányának csökkenésével a népességszerkezetben elkerülhetetlenül megnő az idősek és az idősek száma és szerepe, valamint a nemi torzulás valószínűsíthető: a nyugati országokban a nők, egyes keleti országokban pedig a férfiak túlsúlya. Mivel az idősebb generáció konzervatívabb a preferenciáiban és szokásaiban, befolyásolhatja a politika megválasztását és számos más politikai, társadalmi és gazdasági árnyalatot, amelyek a fiatal és középkorú generációkat hátrányos helyzetbe hozhatják.

Különösen riasztó az a tény, hogy a várható élettartam és az aktivitás növekedése konfliktust okozhat a generációk között, mivel a növekvő számú idős ember ellátásához a munkavállalási korhatár emelésére és a munkaképesség 10-20 vagy még több évre történő növelésére lesz szükség, valamint a fogyatékkal élők teljes bevonására a munkafolyamatba az új technikai eszközök és az orvostudomány vívmányai révén. Ebben az esetben azonban az idősebb generáció valószínűleg akadályozni fogja a fiatalabb generáció karrierépítését; az idős népesség hozzájárulhat a társadalom növekvő konzervativizmusához, ami a jövőben a technológiai növekedést is lassíthatja (emellett nehéz lesz pótolni az idős munkavállalókat, akiket nagyon nehéz lesz átképezni). Az idősek elmozdítása a fiatalok útjából nehéz feladat lesz, és ahogy Fukuyama (2002) is sugallja, hogy végül talán egyfajta intézményes "ageizmust" kell elfogadnunk annak érdekében, hogy a fiatalok beléphessenek a munkaerőpiacra a magas várható élettartamú világban. Itt az ideje elgondolkodni azon, hogy hogyan lehet összeegyeztetni az idősek munkaképes korának növelését és a fiatalok előrelépésének lehetőségét.

Fontos megjegyezni, hogy a gerontokrácia felé fordulás az európai országokban és az Egyesült Államokban fog a leggyorsabban körvonalazódni. Egyrészt ezek az országok rendelkeznek a legerősebb demokratikus hagyományokkal, másrészt az etnokulturális aránytalanság is itt a legmarkánsabb (így a jövőben az USA-ban a fiatal latin és az idős fehér lakosság, míg Európában a fiatal iszlám és az idős fehér keresztény lakosság közötti ellentét várható). Ez azt jelenti

hogy az észak-déli megosztottság minden országban megismétlődik, ahol az idős őslakosok együtt fognak élni a sokkal fiatalabb, eltérő kulturális hagyományokkal rendelkező al-ien népeiséggel (Fukuyama 2002; az őslakosok és az etnikai migránsok eltérő képzettségi szintjéről lásd Sarrazin 2010; Buchanan 2015).

Az ezekben az országokban a demokrácia fent leírt válsága által okozott generációk közötti konfliktusok elkerülhetetlenül kihatással lesznek az egész globalizálódó világ sorsára.

A mesterséges reprodukció geopolitikája? Most térjünk vissza az emberi reprodukció lehetséges változásainak kérdéséhez. Ha megjelennek az anyai méhlepényen túli gyermeknevelés technológiái, a népesség reprodukciós szerkezete jelentősen megváltozik (különösen, ha megjelennek más technológiák is, mint például a klónozás). Ezt a kérdést a generációk közötti kapcsolatok megszakadása szempontjából vizsgáltuk. De van egy globális aspektus is. Vajon az országok és általában a világ készen állnak-e az ilyen változásokra? És egyes országok nem akarnak majd hasznot húzni demográfiai előnyeikből, ami a dolgok természetes folyamata lenne? Itt van némi tér a képzeletnek. Egyfelől az is nyilvánvaló, hogy a jövőben, miközben bizonyos bolygóközi struktúrákat hozunk létre és kialakítjuk a különböző államok kvótáit, az ország népességszáma sokkal fontosabb jellemzővé válik, mint ma, különösen a nemzetközi kapcsolatokban (ma egy ország helyzetét inkább a vagyona és a katonai ereje határozza meg). De vajon a Nyugat el fogja-e fogadni, hogy a sokkal nagyobb népességű országok kezdik majd diktálni a feltételeiket?

Másfelől, miért nem használnak egyes politikai elitek új reprodukciós technológiákat? Ezért nagyon is lehetséges, hogy a politikai elit a jövőben képes lesz "ipari" reprodukciós technológiákat használni geopolitikai céljaira. Például népességnövekedési versenyt indíthatnak. De ha egyes országok a gyermekhiány problémáját mesterséges méhlepényben történő inkubálással próbálják megoldani, akkor elkerülhetetlenül elindul a "gyermeknemzési verseny", és senki sem tudja, hogy ez mit hoz majd.

Sánta lábon állni? Minél gyorsabban haladnak a változások, annál nehezebben követi őket a társadalom, és annál heterogénebbé válik társadalmi (és gyakran etnokulturális) szempontból. Nem mellékesen a század utolsó felében egyre több kisebbség jelenik meg, gyakran meglehetősen homályos jogokat követelve, és a társadalom a tolerancia jelszavával enged a nyomásuknak. De meddig tarthat ez a folyamat? A tolerancia és a

a politikai korrektség végül oda fog vezetni, hogy egyre nehezebb lesz megkülönböztetni a jót a rossztól (e fogalmak kritériumai erodálódnak), az erkölcsi kategóriák az egyéni választás vagy ízlés kategóriáivá válnak, nem pedig a "jó és rossz, helyes és káros" *stb.* megítélésévé.

Eközben régóta és mindmáig két fő szabályozó működik a társadalomban, amelyek nélkül az nem létezhet. Ezek az erkölcs és a jog, amelyek szintén a társadalom és az emberek szinte tudatalatti szinten működő pszichológiai struktúráin alapulnak (lásd Grinin 1997, 1998a, 2003b, 2006b). De minél gyorsabban fejlődik a technológia, annál kevésbé elismert erkölcs lesz, mivel nem sikerül új egyensúlyt találnia.⁸ Az is inkább lehetséges, hogy a tudományos-technikai fejlődés sebességének bizonyos határán túl megkezdődik az erkölcs érzékelhető pusztulása vagy számos csoportváltozatra való felbomlása. És ez annál is veszélyesebb, ha az emberi test átalakításának erőteljes technológiai lehetőségei megjelenhetnek. Az erkölcsi korlátok hiánya és az erkölcsileg megkérdőjelezhető innovációkból származó nagy nyereségre való törekvés miatt különböző csúnya jelenségek alakulhatnak ki: a test éves korrekciójának divatjától kezdve az új orvosi technológiák segítségével történő szuperemberré válási kísérletekig.

A törvény az agrár- és kézműves társadalmakban jelent meg, és az iparosodás időszakában vált éretté (miközben a szabályalkotási folyamat minden társadalomban lezajlik). Mivel a jog rugalmasabb, mint az erkölcs, mindazonáltal bizonyos stabilitást követel, ami a gyorsan változó technológiák körülményei között, ahogyan azt láthatjuk, aligha érhető el. Stanisław Lem (1968) szerint a társadalom és jogi szabályai leggyakrabban akkor válnak gyengévé a technológiai újításokkal szemben, ha azok csak nem kerülnek közvetlen konfliktusba a törvényekkel. És, ahogy Stanisław Lem méltán megjegyzi, az az intenzitás, amellyel "a technikai eszközök megkönnyítik a feladatok elvégzését" aláássák az értékeket, pozitív korrelációban áll azok hatékonyságával. Ez azt jelenti, hogy minél hatékonyabban oldanak meg bizonyos problémákat a technológiák, annál inkább megváltoztatják a társadalmat, annak erkölcsi és jogi mintázatát, amelynek következményeit jóval később kezdjük felismerni. Ezért, bár a jog látszólag tovább fog létezni, mint az erkölcs (természetesen, ha nem tesz radikális intézkedéseket annak megőrzésére és a tolerancia mértékének csökkentésére),

⁸ Így például az, hogy a nőknek tömegesen munkába kell állniuk, jelentősen megváltoztatta viselkedésüket, öltözködésüket, életmódjukat és a férfiakkal való kapcsolatukat, erőteljesen megnövelte a válások számát, megerősítette a nők jogi védelmét *stb.* A vallás szerepének gyengülése az oktatás és a tudomány hatására óriási változásokat hozott az erkölcsi elvek értelmezésében.

azonban határozottan fennáll annak a veszélye, hogy ez is erodálódni fog.⁹ Az erkölcsökhöz hasonlóan a jog is átalakulhat a mindenki számára közösből a különböző vallási és egyéb csoportokra vonatkozó eltérő törvényekké, ahogyan az a középkorban megfigyelhető volt (pl. ma egyesek azt állítják, hogy az iskolai tanterveket és néhány más szabályt a muszlim szokásokhoz igazítanak). Vagy a különböző csoportok nyomására a törvény átalakulhat úgy, hogy sok ma tiltott dolgot megenged (ez a folyamat már több évtizede megfigyelhető). Annál inkább megkérdőjelezte már a törvényt a nemzeti és nemzetközi elvek integrálása.

Hogy ebben az esetben a jövő társadalmá milyen módon szerveződik majd, az nem világos. A korábbi korszakokban az erkölcs és a jog két lábhoz hasonlítható, amelyeken a társadalom elég szilárdan állt (és ha valamilyen egyensúlyhiány volt, *pl.* a jog nem volt eléggé fejlett, akkor a társadalom is nyilvánvalóan destabilizálódott). De képletesen szólva, ha az egyik "láb" (az erkölcs) eltűnik, a másik (a jog) pedig gyengül, vajon képes lesz-e a társadalom ilyen gyenge alapon, ilyen nagy sebességű haladás mellett megtartani az egyensúlyt?

A jövő társadalmi intézményeinek kérdései rendkívül fontosá válhatnak a kapcsolatok szabályozásának korábbi formáit felváltani vagy módosítani képes innovációk megjelenése kapcsán is. A teljesen kifejlett önszabályozás csak a társadalmi rendszereken belül áll rendelkezésre. Bár amikor az önszabályozó rendszerek jövőbeli korszakáról beszéltünk, a techno-biológiai rendszereket jelöltük ki, e rendszerek fejlődése elkerülhetetlenül kihat a közkapcsolatokat szabályozó mechanizmusokra is. Ezért a veszélyes innovációk tömeges elterjedése előtt érdemes elgondolkodni a társadalmi megelőzés és korrekció technológiáján. A jövőben tehát vagy új, eddig nem látott távlatok, vagy eddig nem látott problémák, sőt kataklizmák felé vezető útra számíthatunk.

* * *

Gyorsan haladunk előre, a szokásos módon tapogatózva egy ismeretlen úton, és nem gondolunk az újítások következményeire. És ez igazán nyugtalanító. Az ember anélkül is, hogy észrevenné, gyorsan megváltoztatja a földi életet (Field 2015). Pedig itt az ideje, hogy minden egyes új előrelépés következményeire is gondoljunk. És mivel nincs más alterna-

⁹ Könnyen elképzelhető, hogy például a robotok vagy más rendszerek a jövőben a jog alanyai lesznek.

A világegyetem és a világ fensége előtti maximális gondosságra, bölcsességre, büszkeségre, sőt némi alázatra is szükségünk van, valamint a milliárdéves biológiai evolúcióból származó örökség mély tiszteletére. És akkor kitartásunk, tudásunk és (bár még mindig gyenge) előrelátó képességünk lehetővé teszi, hogy az emberi erő új csúcspontjait biztonságosan elérjük, és az utódok képesek legyenek megőrizni azt.

Függelék

függelék **Az elmélet néhány kérdése** **a történelmi folyamat**

1. A történelmi folyamatról

Néhány szó szükséges ahhoz, hogy tisztázzuk a "történelmi folyamat" fogalmának értelmezését (további részletekért lásd Grinin 2007a, 2012a). Először is meg kell jegyeznünk, hogy ez a fogalom semmiképpen sem szinonimája a "világtörténelemnek".¹ Természetesen a történelmi folyamat fogalma a világtörténelmi tényeken alapul. Azonban egyrészt csak azokat a tényeket választottuk ki, amelyek a folyamat és a változások szempontjából a legfontosabbak; másrészt ezt a tényhalmazt az emberiség (vagy legalábbis a világrendszer) egészének történelmi fejlődésének elemzett térbeli és időbeli léptékei, tendenciái és logikái, valamint e fejlődés mai eredményei szerint rendeztük és értelmeztük. Más szóval, a történelmi folyamat semmiképpen sem számos nép és társadalom történetének mechanikus összessége, sőt, még csak nem is csupán e népek és társadalmak mozgásából és fejlődéséből eredő folyamat. A történelmi folyamat a társadalmi integráció növekvő, sőt halmozódó folyamata, amelynek van egy bizonyos iránya és eredménye.²

¹ Azonban még magát a "világtörténelem" és az "egyetemes történelem" fogalmát is, bár számos tudós fontos fogalomként ismeri el (pl. Ghosh 1964; Pomper 1995; Geyer és Bright 1995; Manning 1996), a történészek és társadalomtudósok sokáig meglehetősen haszontalannak tartották. A legfontosabb azonban az, hogy "miközben a történészek egyre inkább felismerik a világtörténelem fontosságát, továbbra is viszonylag kevésbé ismerik azt mint fejlődő területet" (Pomper 1995: 1).

² A világtörténelem és a történelmi folyamat elmélete között a makrotörténelem, azaz a nagy léptékű történelem áll, amely néha egész civilizációk, néha az egész világ történetét meséli el (Reilly 1999), de néha a történelmi folyamat egyes dimenzióiról is szól. A makrohistoria tehát a történelmi folyamat egy bizonyos konceptualizációja. Bizonyos tekintetben közel áll a történelemelmülethez. A makrotörténelem és a történelemelmélet kapcsolatáról lásd például: Galtung és Inayatullah 1997; Reilly 1999; Little 1998, 2000a, 2000b. Ez azonban már a makrotörténetről szóló ajánlott hivatkozási listából is kitűnik, amely különösen a következőket tartalmazza: *Shapes of Philosophical History*, Frank E. Manuel (1965); *The Shapes of Time*, Peter Munz (1977); *The Rise of the West: A History of the Human Community* by William H. McNeill (1963); *The Great Divergence: Kína, Európa és a modern világgazdaság kialakulása* Kenneth Pomeranz-tól (2000); *A társadalmi hatalom forrásai* Michael Mann-tól (1986, 1993); *Civilization and Capital-*

Az *emberiség* történelmi folyamatának fogalma nem jelenti azt, hogy az emberiség mindig is egy valós rendszer volt. A következőket feltételezi: (a) megfelelő skálát választunk elemzésünkhöz; (b) figyelembe vesszük azt a tényt, hogy a történelmi folyamat minden időszakában a társadalmak, a civilizációk és egyéb szereplők egyenlőtlenül, azaz a társadalmi fejlődés eltérő ütemében fejlődtek; (c) módszertani szempontból ez azt jelzi, hogy a történelmi folyamatok elemzése szempontjából a leglényegesebb a fejlettebb regionok által a kevésbé fejlettekre kifejtett hatás modellje; (d) a kölcsönhatási skála periódusról periódusra bővül, amíg el nem éri az egész bolygó léptékét (ebben a helyzetben a világrendszer fogalmával válik egyenlővé);

(e) az emberiség történelmi folyamata tehát mindenekelőtt az autonóm és elszigetelt társadalmi minirendszerektől az autonóm és elszigetelt társadalmi minirendszerektől a jelenlegi, rendkívül összetett, egymással szoros kölcsönhatásban álló társadalmak rendszerének kialakulásáig tartó folyamat; (f) amikor (és ha) az emberiség olyan szubjektummá alakul át, amelynek fejlődését (legalábbis részben) egy általános és kifejezetten kifejezett kollektív akarat határozza meg, a történelmi folyamat a jelenlegi értelmében a végéhez ér, és ez a folyamatok új generációjához vezet.

A történelmi folyamat tehát olyan fogalom, amely a különböző történelmi szubjektumok belső átalakulásainak és cselekvéseinek bonyolult komplexumát általánosítja, amelynek eredményeként fontos társadalmi változások és integráció, a társadalmak közötti rendszerek folyamatos bővülése megy végbe, a fejlődés új szintjeire való átmenet zajlik, és általában (figyelembe véve a jelenlegi eredményeket és a jövőbeli kilátásokat) az emberiség potenciális egységből tényleges egységgé alakul át.

Természetesen a történelmi folyamatnak ez a meghatározása meglehetősen konvencionális, azonban jelentős heurisztikus potenciállal rendelkezik, és lehetővé teszi általánosító elméletek felállítását. A "világtörténelmi folyamat" fogalmának kritikusai arra a gondolatra támaszkodnak, hogy az emberiség nem egy olyan rendszer, amely valódi szubjektumnak tekinthető, és hogy az emberiség története az egyes társadalmak története; így nem lehet az emberiség történelmi folyamatáról beszélni (lásd pl. , Miljukov 1993 [1937] 43-47; Hotsej 2000: 488-489). Mindeközben egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy a globalizációs folyamat egyre nyilvánvalóbbá teszi (és bizonyos tekintetben már al-

Ism. 15-18th Century, Vols I-III by Fernand Braudel (1982); *ReORIENT*: Gunder Frank (1998); *The European Miracle: Environments, Economies and Geopolitics in the History of Europe and Asia*, E. L. Jones (1981), stb.

kész) az emberiség valódi alany. De ha az emberiség valódi szuperrendszerré válik, és e rendszer strukturálódásának folyamata egyre kézzelfoghatóbb eredményeket kezd produkálni, akkor miért lehetetlen az emberiség rendszerképződésének történelmi folyamatát tanulmányozni? McNeill (2001: 1) például azt javasolja, hogy a történészek "tegyenek folyamatos erőfeszítéseket a nézetek bővítésére és az emberiség földi karrierjének egészének feltárására".

Gyakran az *emberiség* fogalmát valójában más fogalmakkal helyettesítik, mint például a *civilizációk*, kezdve Danilevsky-től (1995 [1869]), Spengler-től (1939), Toynbee-től (1962-1963), Huntingtonig (1996), vagy a *Világrendszerig* (Frank 1990, 1993; Frank és Gills 1993; Wallerstein 1974, 1987, 2004; Chase-Dunn és Hall 1994, 1997; Arrighi és Silver 1999; Amin *et al.* 2006). Bár mi magunk is támogatjuk a Világrendszer szemléletet, és igyekszünk a magunk részét nyújtani ennek az elméletnek a fejlesztéséhez (Grinin és Korotajev 20092006.; Korotajev és Grinin 2006; Grinin 2011a), úgy gondoljuk, hogy az ilyen fogalmaknak sok hasznát vehetjük, de csak egy bizonyos szinten és az elemzés bizonyos aspektusaiban. És természetesen különböznek az *emberiség* fogalmától mind időbelileg (hiszen a teljes preagrár korszak és a korai agrárkorszak kívül marad a határaikon), mind térbelileg (ha nem próbáljuk az egyik fogalmat a másik teljes szinonimájává tenni). Az emberiség fogalmának más, kevésbé átfogó fogalmakkal való helyettesítésére tett kísérletek alapvetően arra irányulnak, hogy megtiltanak minden, az általánosítás magasabb szintjén végzett kutatást; ez nem más, mint az egyik kutatási szint helyettesítése egy másik, szűkebbel.³

2. A periodizáció szabályairól

Sok tudós hangsúlyozza a periodizáció nagy jelentőségét a történelem tanulmányozásában (pl. Jaspers 1953; Green 19951992.; Gellner 1988; Bentley 1996; Stearns 1987; McNeill 1995; Manning 1996; Goudsblom 1996. 1996; White 1987; Dyakonov 1999; Ershov 1984; Zhigunin 1984; Pavlenko 1997, 2002; Rozov 2001a, 2001b; Korotajev 2006). Gurevics hangsúlyozza, hogy "az emberi gondolkodás nem kerülheti el a történelmi folyamat meghatározott időszakokra való felosztását" (2005: 681). Kétségtelen, hogy a ~~piroz~~ meglehetősen hatékony módszer az adatok rendszerezésére és elemzésére, de kivételesen összetett típusú, folyamatszerű, fejlődési

³ Ezeknek a kísérleteknek hosszú története van. Miljukov (1993 [1937]: 43-47) például elavultnak nyilvánította a világtörténelmi szemléletet, és ragaszkodott ahhoz, hogy a tudományos megfigyelés természetes egysége nem más, mint a "nemzeti szervezet".

és időbeli jelenségeket, és így leegyszerűsíti a történelmi valóságot. Ez lehet az oka annak, hogy egyes tudósok lekicsinylik a periodizáció szerepét, sőt néhányan közülük egyenesen ellenzik a folyamat és a szakaszok egymást kizáró fogalmát (lásd *pl.* , Shanks és Tilley 1987; lásd még Marcus és Feinman 1998: 3; Shtompka 1996: 238). Egyet lehet érteni azzal, hogy a folyamat és a szakaszok ellentétpárja hamis dichotómia (Carneiro 2000), mert a szakaszok egy folyamatos folyamat folyamatos epizódjai, és a folyamat fogalma felhasználható a szakaszok fogalmának fejlesztésére (Goudsblom 1996).

Valójában minden periodizáció szenved az egyoldalúságtól és a valóságtól való bizonyos elrugaszkodástól, de ahogy Jaspers megjegyezte, "...az ilyen szimplifikációk célja, hogy jelezzék a lényegét" (Jaspers 1953: 24). Ráadásul az ilyen eltérések száma és jelentősége radikálisan csökkenthető, mivel a periodizáció hatékonysága közvetlenül összefügg azzal, hogy szerzője mennyire érti e módszertani eljárás szabályait és sajátosságait.

A globalizáció problémáiról szóló művekben bemutatott különböző állítások saját kutatásai és elemzése lehetővé tette, hogy az általános rendszerszintű követelmények figyelembevételével a történelem periodizációjának kidolgozásához módszertani szabályrendszert állítsunk fel, azonban e szabályok egy részét teljesen önállóan kellett megfogalmaznunk.

- *Szabály* Az azonos alapok vagy kritériumok 1.jelenléte.
- *Szabály* A bázisok 2.hierarchikus skálája.
- *Szabály* Az azonos osztási szint időszakainak 3.egyenlősége.
- *Szabály* A 4.szoros kapcsolat az elmélettel.
- *Szabály* További alap szükségessége5..
- *Szabály* A főbb események és tények 6.megfeleltetése.

Ami néhány szabályt illeti (e törvények és eljárások további részleteit lásd Grinin 1998b: 15-28; 2003a: 67-78; 2003b: 219-223; 2006a, 2006c, 2007c; Grinin és Korotajev 2009; lásd még Shofman 1984). Sajnos ezekre a kérdésekre (és általában a periodizáció problémáira) nem fordítanak elegendő figyelmet, ami bonyolult problémákhoz vezet.

Egy periodizáció kialakításához különösen az "azonos alapok" szabályát kell betartani, azaz azonos kritériumokat kell alkalmazni az azonos rendszertani jelentőségű időszakok azonosítására, míg sok periodizáció nem szigorú kritériumokon alapul, vagy az alkalmazott kritériumok eklektikusak és szakaszról szakaszra változnak (*pl.* ,Green 1995), illetve

a tudósok csak a következő sémát veszik alapul: ókor - középkor - újkor (lásd Green 1992).

A második pont az, hogy a periodizáció alapjai mennyire jól megalapozottak, és hogyan kapcsolódnak a tudós általános elméletéhez (4. szabály), valamint a periodizáció céljához. Minden periodizáció esetében az alapja nagyon fontos pont. Lehet különböző alapokat választani a periodizációhoz, ha folyamatosan ugyanazokat a kritériumokat használjuk. A különböző tudósok különböző alapokat választanak a periodizációhoz, az eszmék típusainak és a gondolkodásmódnak a változásától (*pl.* Comte 1974 [1830-1842]; Jaspers 1953) az öko- logikai átalakulásokig (Goudsblom 1996) és a kultúrák közötti interakcióig (Bentley 1996). Sok tudós, a 18th. századi gondolkodóktól (Turgot, Barnave, Ferguson, Smith) a modern posztindusztriálisokig, mint Bell (1973) és Toffler (1980), a gazdasági és technológiai kritériumokra alapoz (lásd Grinin 2011b). A kritériumok megválasztásától függően két szélsőség figyelhető meg. Túl gyakran, amikor a tudósok abszolút jelentést tulajdonítanak a választott tényezőknek, Pitirim Sorokin szavaival élve (Sorokin 1992: 522) "kiderül, hogy részben igazuk van, de egyúttal egyoldalúan tévednek". Vannak, akik egyáltalán nem gondolnak a periódusosítás és az elmélet közötti kapcsolatra (erről a kérdéstről lásd Stearns 1987; Bentley 1996), vagy a periódusosítást egyfajta "fejpántként" használják a fő elmülethez (*pl.* , Toffler 1980).

Néha azt mondják, hogy a történészeknek nincs szükségük periodizációra, de ezek általában bizonytalan állítások. Bármely társadalom történetében a történészek szükségszerűen megkülönböztetnek bizonyos korszakokat. Különösen fontos ez a régészek számára, akiknek általánosító munkája elképzelhetetlen a periodizációs eljárással való összefüggés nélkül. Szükséges azonban a helyi periodizációkat a világtörténelem globális periodizációjától elkülöníteni.

függelék

Matematikai értelmezés a történelmi folyamat

A társadalomtudományok tekintetében folyamatosan felmerül a kérdés: alkalmasak-e a matematikai módszerek a történelmi és társadalmi folyamatok elemzésére? Nyilvánvalóan nem szabad abszolutizálnunk a tudományterületek közötti különbségeket, de a tudományok két ellentétes típusra való felosztása, amelyet Wilhelm Windelband és Heinrich Rickert tett, még mindig érvényes. Mint ismeretes, ők különböztették meg a *nomotikus módszereket* alkalmazó (azaz általános törvényeket kereső és jelenségeket általánosító) és az *idiografikus módszereket* alkalmazó (azaz egyedi és egyedi eseményeket és tárgyakat leíró) tudományokat. Rickert a történelmet a második típusba sorolta. Szerinte a történelem célja mindig egy elszigetelt és többé-kevésbé széleskörű fejlődési folyamat ábrázolása a maga egyediségében és egyediségében (Rickert 1911: 219).

Mivel azonban a precíz módszerekkel vizsgált és megoldott tárgyak és problémák száma rohamosan növekszik, feltételezhetjük, hogy idővel a történelmi ismereteket is elemezni fogják a matematika egyes ágai.

A probléma tehát továbbra is vitatható. Mindazonáltal a matematikai módszerek elméleti vagy alkalmazott humán tudományok elméleti vagy alkalmazott irányzataiban való felhasználásának racionális at- kísértései összességében pozitívak. Mégis, bizonyos mértékig "kiszárítják" a történelem lelkét, de ugyanakkor elősegítik a humán tudományok számos szakember gondolatainak, ötleteinek és koncepcióinak önvizsgálatát és önellenőrzését, akik sajnos gyakran nem törődnek azzal, hogy következtetéseik ellenőrzésére módszereket találjanak. Ráadásul ez némileg csökkentheti a bölcsészettudományok tudományos nyelvezetének poliszémiáját. Rudolf Carnap *A fizika filozófiai alapjai* című művében (Carnap 1966) azt írta, hogy még a fizikában is a köznyelvből származó kifejezések (mint a *törvény* fogalma) használata a gondolatok pontos és nem egyértelmű kifejezésére megnehezíti a helyes megértést. A fizikusok azonban, akárcsak a természettudományok más képviselői, már régen megegyeztek az alapelvekben (például a mértékegységekben és a szimbólumokban). Ami a

a társadalmi jelenségeket elemző humán tudományokban ugyanazoknak a tárgyaknak néha akár tíz jelentésük és több száz meghatározásuk is lehet. Talán éppen a humán tudományok formalizálásának szükségessége vezet végül bizonyos konvenciókhoz és a terminológia rendezéséhez. Mindazonáltal a matematika használata már ma is segíthet egy közös keresési terület felkutatásában.

Végül is tudunk-e matematikai modelleket alkotni egy olyan bonyolult vizsgálati tárgyra, mint a történelmi folyamat? A válasz erre a kérdésre kézenfekvő: igen, megszámlálható objektumok vizsgálatakor igenis lehetséges.

Amikor azonban néhány globális általános elméletről beszélünk, mint például a világtörténelmi folyamat makroperiodizációjáról, akkor természetesen semmilyen számadat, ciklus, diagram és együttható önmagában nem bizonyíthat túl sokat. Különösen akkor, ha az adott elemzés olyan ősi időszakokat foglal magában, amelyekre vonatkozóan az összes számadat valószínűleg túlságosan közelítő és megbízhatatlan. Így a hatalmas idő- és térbeli kiterjedésű általános elméletek esetében a fő bizonyítékok a jó empirikus alap, a logika, a belső konzisztencia és az elméleti konstrukciók produktivitása, vagyis az elmélet azon képessége, hogy jobban megmagyarázza a tényeket, mint más elméletek. Másrészt minden elmélet akkor jobb, ha több érveléssel támasztják alá. A matematikai bizonyítások meglehetősen meggyőzőek lehetnek (persze csak akkor, ha relevánsak). Ez különösen fontos azokkal a szempontokkal kapcsolatban, amelyek inkább a matematikai analízisre alkalmasak, például a demográfiaival kapcsolatosak.

Ebben a fejezetben egy olyan szempontot választottunk, amely alkalmas a matematikai elemzésre, és eléggé alkalmas rá. Ez a történelem *időbeli* aspektusa. Matematikai elemzésre való alkalmassága a következőkkel függ össze: bár nagyon is lehet beszélni a historikus idő gyorsulás irányába mutató tendenciáról (és ez a jelen fejezet témája), a csillagászati idő változatlan marad. Így e tanulmányon belül van egyfajta közös nevezőnk, amely segít megérteni, hogyan változik a "számláló". Ezért úgy véljük, hogy a történelem periodizációjának elemzésére a matematikai módszerek alkalmazása nemcsak lehetséges, hanem meglehetősen termékeny is.

Most már megkezdhetjük a javasolt periodizáció matematikai elemzését. A matematikai módszereket meglehetősen széles körben használják a történelmi kutatásban, de sajnos a történelmi periodizálás matematikai tanulmányai-

tion valóban nagyon kevés.¹ Érdeemes azonban megemlíteni, hogy az almanachnak több száma is megjelent beszélő címmel - Történelem és matematika (Grinin, de Munck és Korotajev 2006; Turcsin, Grinin, de Munck és Korotajev 2006; Grinin, Herrmann, Korotajev és Tausch 2010; Grinin és Korotajev 2014b; Goldstone, Grinin és Korotajev 2015). Eközben egy meglévő periodizáción belüli matematikai szabályszerűségek felfedezése szolgálhat annak produktivitásának konfirmációjaként és előzetes előrejelzések alapjául. *Az idő* mint a történelmi fejlődés paramétere meglehetősen alkalmas a matematikai elemzésre, például a gazdaság- és demográfia-történeszek aktívan tanulmányozzák a különböző hosszúságú időbeli ciklusokat (a Juglar- és Kondratieff-ciklusokról lásd Grinin és Korotajev 2010a, 2014a; Grinin, Korotajev és Malkov 2010; Grinin, Korotajev és Tausch 2016; lásd még a 3. függelék). Az e periodizáció alapjául szolgáló ciklusok nem különböznek elvi szempontból a többi időbeli ciklustól abban a tekintetben, hogy matematikai elemzés tárgyát képezhetik.

A táblázat (1"A termelési elvek fázisainak kronológiája") az összes termelési elv valamennyi fázisának időpontjait tartalmazza. Figyelembe kell azonban venni, hogy a kronológia követhetővé tétele érdekében az összes dátumot még a fenti szövegben használtaknál is jobban megközelítettük. A 2. táblázat ("Termelési elvek és fázishosszuk") a fázisok abszolút hosszát mutatja be ezerévekben.

¹ Itt célszerűnek tűnik megemlíteni Chuchin-Rusov (2002) és Kapitza (2004b, 2006) munkáit. A matematikai szabályszerűségek felismerésével kapcsolatos néhány gondolatot Igor Dyakonov fogalmazott meg. Különösen a következőket írta: "Kétségtelen, hogy a történelmi folyamat az exponenciális gyorsulás tüneteit mutatja. A *Homo Sapiens* megjelenésétől az I. fázis végéig nem kevesebb, mint 30 000 év telt el; a II. fázis körülbelül 7 000 évig tartott; a III. fázis - körülbelül 2000, a IV. fázis - 1,500, V. fázis - körülbelül 1,000, VI. fázis - körülbelül év300; VII. fázis - alig több mint év100; a VIII. fázis időtartamát még nem lehet megállapítani. Ha felrajzolunk egy grafikont, ezek a fázisok egy negatív exponenciális fejlődési görbét mutatnak" (Dyakonov 1999: 348). Dyakonov azonban nem tette közzé a grafikont. Snooks egy "Az emberi fejlődés nagy lépcsőfokai" elnevezésű diagramot javasol (Snooks 1996: 403; 1998: 208; 2002: 53), amely bizonyos értelemben egyfajta hisztorikus periodizációnak tekinthető, de ez inkább egy oktatási célú szemléltető séma, amely mögött nincs kifejezett matematikai apparátus.

Táblázat A termelési alapfázisok kronológiája**1.** (a zárójelben lévő számok abszolút dátumoknak (BP), a zárójelben lévő számok i. e. éveknek felelnek meg. A **vastag** betűs számok a fázisok hosszát jelzik (ezer években).

<i>Gyártási elv</i>	<i>1^{első} fázis</i>	<i>2nd fázis</i>	<i>3^{negy} edik fázis</i>	<i>4th fázis</i>	<i>5th fázis</i>	<i>6th fázis</i>	<i>Összességében a produkció hoz elv</i>
1. Hunter-Gyűjtő	40 000-30 000 (38 000-28 000 BCE) 10	30 000-22 000 (28 000-20 000 BCE) 8	22 000-17 000 (20 000-15 000 BCE) 5	17 000-14 000 (15 000-12 000 BCE) 3	14 000-11 500 (12 000-9500 BCE) 2.5	11 500-10 000 (9500-8000 BCE) 1.5	40 000-10 000 (38 000-8000 KR.E. 8000) 30
2. Craft-Agrár	10 000-7300 (8000-5300 BCE) 2.7	7300-5000 (5300-3000 BCE) 2.3	5000-3500 (3000-1500 BCE) 1.5	3500-2200 (1500-200 BCE) 1.3	2200-1200 (200 BCE-800 CE) 1.0	800-1430 CE 0.6	10 000-570 (KR.E. 8000 - 1430 CE) 9.4
3. Trade-Ipari	1430-1600 0.17	1600-1730 0.13	1730-1830 0.1	1830-1890 0.06	1890-1929 0.04	1929-1955 0.025	1430-1955 0.525
4. Scientific-Kibernetikus	1955-2000 (1955-1995)* 0.04-0.045	2000-2040 (1995-2030) 0.035-0.04	2040-2070 (2030-2055) 0.025-0.03	2070-2090 (2055-2070) 0.015-0.02	2090-2105 (2070-2080) 0.01-0.015	2105-2115 (2080-2090) 0.01	1955-2115 (2090) [előrejelzés] 0.135-0.160

Megjegyzés: Ebben a sorban a zárójelben lévő számok a tudományos-kibernetikus termelési elv fázisainak (a negyedik formáció) rövidebb becsléseit jelzik. E sor második oszlopától kezdve adjuk meg a Tudományos-kibernetikai termelési elv fázisainak várható hosszára vonatkozó becsléseinket.

2. táblázat. Termelési elvek és fázishosszuk
(ezerévekben)

Gyártási elv	1 st fázis	2 nd fázis	3 ^{negy} edik fázis	4 th fázis	5 th fázis	6 th fázis	Összess égében a pro- dukció hoz elv
1. Vadász- gyűjtőget ő	10	8	5	3	2.5	1.5	30
2. Kézműves- agrárium	2.7	2.3	1.5	1.3	1.0	0.6	9.4
3. Keresked elmi- Ipari	0.17	0.13	0.1	0.06	0.04	0.025	0.525
4. Tudományos- Kibernetikus	0.04- 0.045	0.035- 0.04*	0.025- 0.03	0.015- 0.02	0.01- 0.015	0.01	0.135- 0.160

Megjegyzés: * Ez a vonal a tudományos-kibernetikai termelési elv fázisok várható hosszára vonatkozó becsléseinket jelzi.

A 3. táblázat ("Az egyes fázisok [és fáziskombinációk] hosszának aránya a megfelelő termelési elv teljes hosszához [%%]") az egyes fázisok hosszának és a megfelelő termelési elv hosszának arányára vonatkozó számításaink eredményeit mutatja be egy meglehetősen egyszerű módszertan segítségével.² A 4. táblázat ("Az egyes termelési elvek fázishossz-arányainak összehasonlítása [%%]") hasonló módszert alkalmaz az egy termelési elven belüli fázisok (és fáziskombinációk) hosszának összehasonlítására. Például a vadászó-gyűjtőgető termelési elv esetében az első fázis hosszának (10 000 év) és a második fázis hosszának (8 000 év) aránya 125 százalék; míg a második fázis hosszának és a harmadik fázis hosszának (5 000 év) aránya 160 százalék. Eközben az első és a második fázis hosszának összege és a harmadik és a negyedik fázis hosszának összege (3000 év) aránya 225 százalék. A 3. és 4. táblázat szintén az összes termelési elv átlagos arányait mutatja be.

² Egy fázis abszolút hosszát (vagy két vagy három fázis hosszának összegét) elosztjuk az adott előállítási elv teljes hosszával. Például, ha a vadászó-gyűjtőgető termelési elv hossza év30,000, az első fázisának hossza a 10,000, másodiké 8000, a harmadiké 5000, akkor az első fázis hosszának aránya a teljes termelési elv hosszához 33,3 százalék; az első és a második fázis hosszának összege a teljes termelési elv hosszához 60 százalék; az első, a második és a harmadik fázis hosszának összege a teljes termelési elv hosszához 76,7 százalék.

3. táblázat. Az egyes fázisok (és fáziskombinációk) hosszának aránya az adott termelési elv teljes hosszához képest (%%)

Termelési elv	1	2	3	4	5	6	1-2	3-4	5-6	1-3	4-6
1. Hunter-Gyűjtő	33.3	26.7	16.7	10	8.3	5	60	26.7	13.3	76.7	23.3
2. Craft-Agrár	28.7	24.5	16.0	13.8	10.6	6.4	53.2	29.8	17	69.1	30.9
3. Trade-Ipari	32.4	24.8	19	11.4	7.6	4.8	57.1	30.5	12.4	76.2	23.8
4. Tudományos-cybernetic	28.1 (29.6)*	25 (25.9)	18.8 (18.5)	12.5 (11.1)	9.4 (7.4)	6.3 (7.4)	53.1 (55.6)	31.3 (29.6)	15.6 (14.8)	71.9 (74.1)	28.1 (25.9)
Átlagos	30.6**	25.3	17.6	11.9	9	5.6	55.9	29.6	14.6	73.5	26.5

Megjegyzés: * Ebben a sorban a zárójelben lévő számok a tudományos-kibernetikai termelési elv fázisainak (a negyedik alakzat) rövidebb becsléseit jelzik.

** Az átlagérték kiszámításánál a tudományos-kibernetikai termelési elv fejlődésének csak egy változatát vettük figyelembe (azaz a zárójel előtti számokat).

4. táblázat. A fázishossz-arányok összehasonlítása az egyes gyártási elvek esetében (%%)

Gyártási elv	1:2	2:3	3:4	4:5	5:6	(1+2): (3+4)	(3+4): (5+6)	(1+2+3): (4+5+6)
1. Vadász-gyűjtő	125	160	166.7	120	166.7	225	200	328.6
2. Kézműves-Agrár	117.4	153.3	115.4	130	166.7	178.6	175	224.1
3. Kereskedelmi-Ipari	130.8	130	166.7	150	160	187.5	246.2	320
4. Tudományos kibernetikai	112.5 (114.3)	133.3 (140)	150 (166.7)	133.3 (150)	150 (100)	170 (187.5)	200 (200)	255.5 (285.7)
Átlagos*	121.4	144.2	149.7	133.3	160.9	190.3	205.3	282.1

Megjegyzés: * Az átlagérték kiszámításánál a tudományos-kibernetikai termelési elv evolúciójának csak egy változatát vettük figyelembe (azaz a zárójel előtti ábrákat).

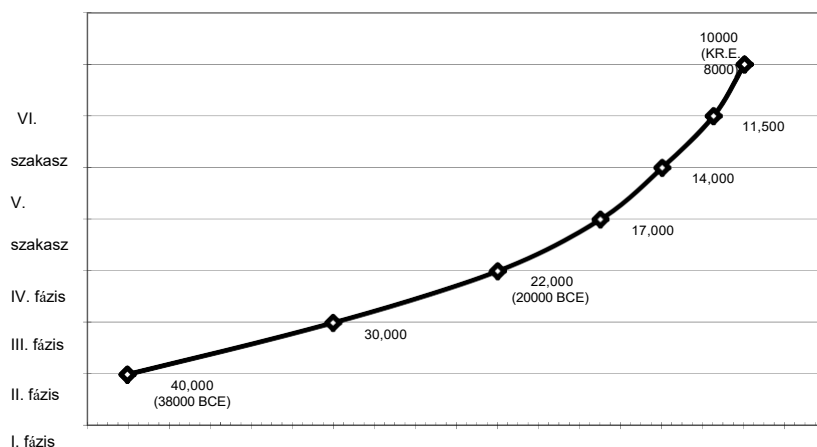
A javasolt periodizáció tehát az ismétlődő fejlődési ciklusok gondolatán alapul (mindegyik hat fázist tartalmaz); azonban minden egyes egymást követő ciklus rövidebb, mint az előző, a gyorsulás miatt.

történelmi fejlődés. Kétségtelen, hogy ezek ismétlődő ciklusok, mert minden cikluson belül a fejlődés bizonyos tekintetben ugyanazt a mintát követi: minden cikluson belül minden fázis funkcionálisan hasonló szerepet játszik; mi több, a fázisok hosszának és kombinációinak arányai nagyjából azonosak maradnak (lásd a 3. és 4. táblázatot). Mindezt meggyőzően alátámasztják a fent említett számítások, amelyek szerint a fázisok hosszának és kombinációinak stabil arányai a termelési elvek változása esetén is megmaradnak.

Általánosságban a diagramokban és táblázatokban bemutatott matematikai elemzésünk a következő pontokat jelzi: a) az egyes termelési elvek időbeli fejlődése ismétlődő jellegzetességeket mutat, amint az az 1-4. ábrákon látható;

b) az egyes termelési elveken belül a fázisok és fáziskombinációk hossza között stabil matematikai arányok vannak (3. és 4. táblázat); c) a cikluselemzés egyértelműen jelzi, hogy a fejlődés sebessége épp a termelési fordulatszámok következtében meredeken növekszik (lásd az 5. ábrát); d) ha a diagram Y-tengelyét kalibráljuk,³ a történelmi folyamat görbéje hiperbolikus (6. diagram), nem pedig exponenciális alakot vesz fel (mint az 1-4. diagramon), ami arra utal, hogy itt egy robbanási rezsimről van szó (Kapitza, Kurdjumov és Malinetskij 1997).

³ A kalibrált skálán belül az egyik termelési elvről a másikra történő változásokat nagyságrendi változásoknak tekintik, míg az egy termelési elven belüli változásokat az adott nagyságrenden belüli egységnyi változásoknak tekintik. Ez a kalibrálás nagyon indokoltnak tűnik, mivel nem tűnik ésszerűnek, hogy ugyanazt az értéket ugyanazon a skálán azonos értékkel számoljuk ki mind az egyik termelési elvről a másikra való áttérés (például az agrárforradalom), mind pedig az egy termelési elven belüli változás (például a specializált intenzív gyűjtés fejlődése) esetében. Valóban, például az előbbi váltás egy-két nagyságrenddel növelte a Föld teherbíró képességét, míg az utóbbi a teherbíró képesség legfeljebb két-háromszoros növekedését eredményezte.



42000400003800036000340003200030000280002600024000220002000018000160001400012000100008000 6000
 Évek BP (BCE.) (38,000) (28,000)(20,000) (14,000) (12,000) (8,000) (4,000)

Diagram Vadász-gyűjtögető1. termelési elv

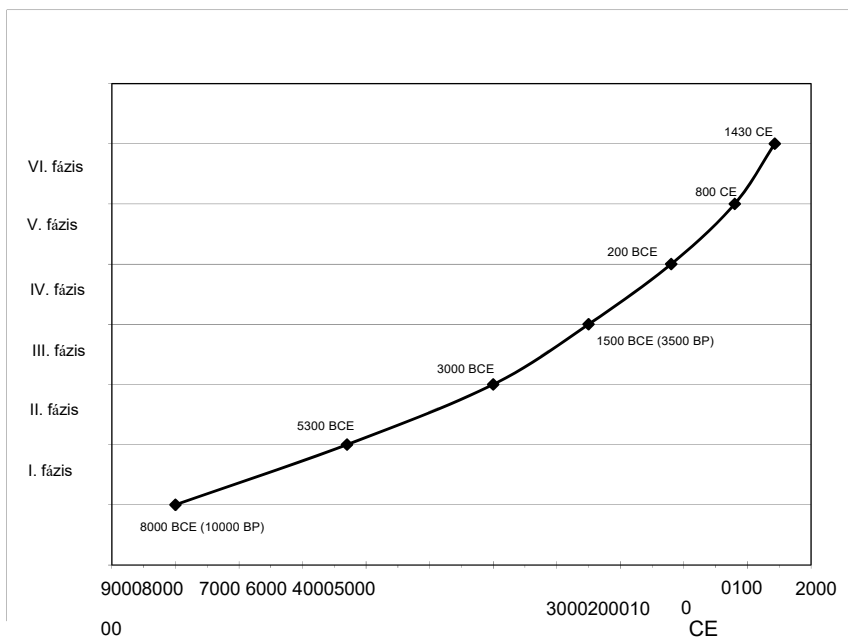


Diagram Kézműves-ágrár2. termelési elv

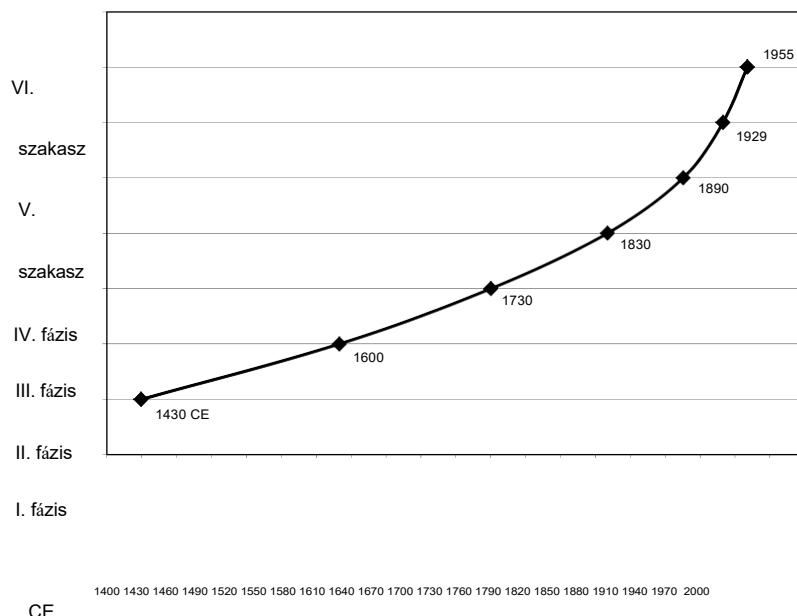


Diagram Kereskedelmi-ipari 3. termelési elv

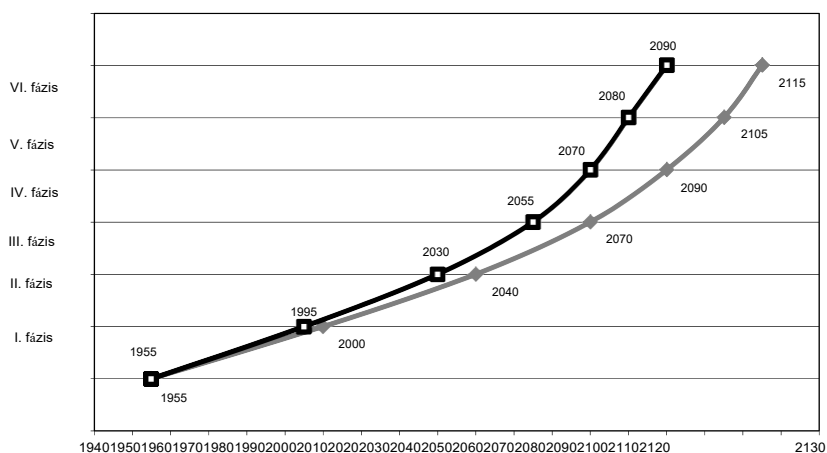


Diagram Tudományos-kibernetikai 4. termelési elv

Megjegyzés: A szaggatott vonal a tudományos-kibernetikai termelési elv várható fejlődésének előrejelzési változatát jelzi, amely megfelel az 1. táblázatban a tudományos-kibernetikai termelési elv sorában zárójelben szereplő időpontoknak.

És az utolsó megjegyzés. A történelmi folyamatgörbe (lásd a 6. ábrát) kissé kínosnak tűnhet, mivel véges időn belül a végtelenbe megy. Ezzel kapcsolatban Djakonov (1999: 348) a következőket jegyzi meg:

A történelemre alkalmazva a [végtelenség] fogalma értelmetlennek tűnik: a Fázisok egymásutánisága, egyre gyorsabb fejlődése nem végződik olyan változásokkal, amelyek minden évben, hónapban, héten, napon, órában vagy másodpercben bekövetkeznek. A katasztrofális végkifejlet elkerülése érdekében - reméljük, hogy a bölcs *Homo Sapiens* megtalálja a módját -, akkor előre kell számítanunk egyelőre ismeretlen erők beavatkozására.

Figyelembe kell azonban venni, hogy az ábra a történelmi folyamatnak csak egy változójának - a technológiai változónak - a fejlődését ábrázolja, míg az általános fejlődés és a technológiai fejlődés között bizonyos határokon belül magas korreláció figyelhető meg. Ezekon a határokon kívül különböző eltérések lehetségesek (mind a fejlődési vektorok, mind annak sebessége tekintetében). Először is, teljesen nyilvánvaló, hogy a rendszer általános fejlődése nem éri utol a technológiai fejlődést; másodsor, a növekvő különbség azt jelenti, hogy a haladás ára is nőni fog. Más szóval, az ellenőrizetlen tudományos-technológiai és gazdasági változások az élet különböző területein különböző de- formációk, válságjelenségek növekedéséhez vezetnek, amelyek lelassítják az általános mozgást, és sok tekintetben megváltoztatják annak irányát. Tulajdonképpen, ha a rendszer fennmarad, a fejlődésének általános sebessége nem haladhatja meg a legkevésbé dinamikus (legkonzervatívabb) elem (pl. „vallási-ideológiai tudat, jog) sebességét, amelynek változásához generációváltásra van szükség. A rendszerszakadékok növekedése a változó gazdasági, információs és technológiai realitásokkal összefüggésben a rendszer összeomlásához és egy másik rendszerrel való felváltásához vezethet. És egy olyan mérhetetlenül összetett rendszer, mint a modern emberiség ilyen gyors átalakulásának ára igen magas lehet.

Még az a jövőbeli sokk sem következne be, amelyet Toffler 1970-ben fedezett fel a nyilvánosság számára (Toffler 1970). Ez a fejlődés hatalmas felgyorsulását feltételezi, ami aligha egyeztethető össze a biopszichikus emberi természettel. A növekvő várható élettartamot tekintve ugyanis az összes óriási változás (a 2040-es évektől a 2090-es évekig) egy nemzedék alatt fog bekövetkezni, amely a 2010-es években fog megjelenni. Ezeknek a változásoknak a jelentősége nem lesz kisebb (sőt, valószínűleg nagyobb lesz), mint az 1830 és 1950 között lezajlott változásoké, amelyek magukban foglalták a gigantikus technológiai átalakulásokat, a mezőgazdaságról való átmenetet, a mezőgazdaságról való átállást és a mezőgazdaságra való áttérést.

az ipari társadalom, a társadalmi katasztrófák és a világháborúk. Ezek a metamorfózisok azonban 120 év alatt zajlottak le, míg a következő átalakulás várható időtartama kétszer ilyen rövid. És ha ezek egy generáción belül következnek be, nem világos, hogy az emberi fizikai és pszichikai képességek elegendőek lesznek-e ennek elviselésére; mi lesz az ára egy ilyen gyors alkalmazkodásnak? Így a következő kérdéssel szembesülünk: hogyan lehetne a termelőerők és az élet más területeinek fejlődése közötti szakadékot kiegyenlíteni?⁴ Emellett figyelembe kell venni azt is, hogy éppen ez a generáció fogja a választások során a szavazatok "ellenőrző tétjét" birtokolni (figyelembe véve a termékenység csökkenését, amely valószínűleg az egész évszázadban folytatódni fog), és nem világos, hogy ez a generáció képes lesz-e megfelelően reagálni a gyorsan változó környezetre.

Ebben az összefüggésben különösen sürgetővé válik a tisztán emberi természet megőrzésének kérdése a jövő emberében (amelyről a *Bevezetésben*, a 3. fejezetben és az *Utószóban* beszéltünk).

De itt hozzá kell tenni, hogy a globális öregedés növeli az idős generáció kon- servativizmusát (lásd még az *Utószót*); így az öregedés olyan fékké válhat, amely az emberi pszicho- fiziológiai képességek változásának ütemét igazítja. Ugyanakkor vannak olyan tendenciák is, amelyek lassítják ezt a fejlődést. Sergey Tsirel (2008) ezek egyikére hívja fel a figyelmet. Rámutat arra, hogy a "hétköznapi" idő (azaz a mindennapi és hétköznapi tempó és ritmus a megszokott emberi lét keretein belül) elkezdi hátráltatni a történelmi változásokat, mert az emberek nehezen tudnak elszakadni attól a szokástól, amit gyermek- és ifjúkorukban megszoktak, tudatosan vagy öntudatlanul különböző módon ellenállnak a változásoknak. Tulajdonképpen teljesen egyetérthetünk azzal, hogy egy ilyen szilárd konzervativizmus képes megakadályozni a gyorsulást. Nem válik-e azonban ez a konzervativizmus más területeken nagy problémák okozójává (lásd az *Utószót*)?

Nyilvánvaló tehát, hogy civilizációnk drámai, korszakalkotó átalakulások küszöbén áll, amelyek a további technológiai és társadalmi változásokhoz vezető úton nagyobb körütekintést igényelnek.

⁴ A történelmi idő felgyorsulásáról és a stabilizáció szükségességéről lásd Grinin 1998a, 2006a; lásd még Djakonov 1999: 348; Kapitza 2004a, 2004b, 2006; Korotajev, Malkov és Khaltourina 2006a, 2006b.

Függelék A

hatodik Kondratieff-hullám és a kibernetikai forradalom

Sok közgazdász úgy véli, hogy léteznek nagyméretű ciklusok, amelyek jellemző periódusa 40-60 év. Joseph Schumpeter (1939) ezeket a hosszú ciklusokat "Kondratieff-ciklusoknak" nevezte el a híres orosz közgazdász, Nyikolaj Kondratieff után, aki az 1920-as években kimutatta, hogy a hosszú távú dinamikában (kb. fél évszázad) van egy bizonyos ciklikus szabályszerűség, amelynek során a gazdasági mutatók gyors növekedésének *felfelé ívelő* hullámát egy *visszaesés* követi, amikor a mutatók csökkennek (Kondratieff 1925, 1935). Ezeket a hosszú ciklusokat Kondratieff-hullámoknak vagy röviden K-hullámoknak is nevezik.

A Kondratieff-hullámok (Kondratieff-ciklusok) tehát a fontos gazdasági változók ismétlődő fluktuációi, amelyek jellemző időtartama körülbelül 40-60 év, és amelyekben belül az egyik (fellendülési) fázisban a mutatók növekedési rátái általában felgyorsulnak, a másik (visszaesési) fázisban pedig lelassulnak. A fellendülési fázisokat *A-fázisoknak*, a visszaesési fázisokat pedig *B-fázisoknak* nevezzük. Ezek a hosszú ciklusok különösen szoros kapcsolatban állnak az innovációkkal (részletesebben lásd Korotayev és Grinin 2012; Grinin és Korotayev 2014a; Grinin, Korotayev és Tausch 2016).

Szoros összefüggést állapítottunk meg a termelési elvek és a Kondratieff-ciklusok között (további részletekért lásd Grinin 2012c, 2013; Grinin L. és Grinin A. 2014; Grinin, Korotayev és Tausch 2016). Figyelembe véve, hogy a K-hullámok csak a társadalmak gazdasági fejlettségének egy bizonyos szintjén jelennek meg, a *K-hullámokat az ipari-kereskedelmi termelési elv és az ipari gazdaság kiterjesztett reprodukciós módjának kialakulásához és fejlődéséhez kapcsolódó sajátos mechanizmusnak* tekinthetjük. Tekintettel arra, hogy minden egyes új K-hullám nem egyszerűen megismétli a hullámmozgást, hanem egy új technológiai módozaton alapul, a *K-hullámok bizonyos szempontból a kereskedelem-ipari termelési elv és a kereskedelmi-ipari termelési elv fejlődésének érett fázisaként kezelhetők.*

a tudományos-kibernetikus termelési elv fejlődésének első szakaszai.

1. A kereskedelmi-ipari termelési elv mint K-hullámokból álló ciklus

Amint azt a fent említett cikkeinkben bemutattuk, az első három K-hullám az ipari termelés elvéhez kapcsolódik. Különös figyelmet fordítunk az ipari termelési elv fázisainak időtartama és a K-hullám fázisok időtartama közötti összefüggésre. Természetesen egyrészt a K-hullámok és fázisaik, másrészt az ipari termelési elv fázisai között nem állhat fenn közvetlen időtartam-egyenlőség, az ipari termelési elv fázisainak eltérő durációjából adódóan (vagyis a termelési elv ciklusán belül a fázisai eltérő időtartamúak, de időtartamuk aránya az egyes termelési elvekben azonos marad [lásd 2. függelék; Grinin 2006a, 2009b]). Sikerült azonban egy összetettebb arányt megállapítanunk, amely szerint *átlagosan egy K-hullám korrelál az ipari termelési elv egy fázisával*. Általánosságban azt találtuk, hogy három és fél hullám egybeesik az ipari termelési elv három és fél fázisával! Ez jól látható az 1. táblázatban. Az ilyen korreláció nem véletlen, mivel az ipari termelési elv innovatív fejlődése hosszú Kondratieff-ciklusokon keresztül valósul meg, amelyeket nagyrészt nagyszabású innovációk határoznak meg.

1. táblázat. A kereskedelmi-ipari termelési elv és a Kondratieff-hullámok időszakai

A kereskedelmi-ipari termelési elv fázisai	A harmadik szakasz, 1730-1830 100 ~évek	A negyedik szakasz, 1830-1890 60 ~évek	Az ötödik szakasz, 1890-1929 40 ~évek	A hatodik szakasz, 1929-1955 25 ~évek	Összesen: 225 év, 1760-1955 195 évek
1	2	3	4	5	6
A szám	Zéró	A vég a	A harmadik	Harmadik	A
a K-hullám	(B-fázis) / Az első Hullám (A-fázis), 1760-1817 - a honlapról 60 évek	az első Hullám / A Második Hullám, 1817-1895 - több mint 75 évek	Hullám, Az Up- gyámhivatali fázis, 1895-1928 - több mint 35 évek	A lefelé... gyámhivatali fázis, 1929-1947 - a honlapról 20 évek	A oldalról 190 évek

1	2	3	4	5	6
A K-hullám fázisa	A zérushullám B-fázisa, ¹ 1760-1787	A lefelé irányuló szakasz második fele, 1817-1849	A felfelé ívelő szakasz, 1895-1928	A Downward szakasz, 1929-1947	
A K-hullám fázisa	A felfelé ívelő szakasz, 1787-1817	A felfelé irányuló szakasz, 1849-1873			
A K-hullám fázisa		Az alsó fázis, 1873-1895			

Megjegyzés: Az egyszerűség kedvéért az időszakok kezdetének és végének konkrét éveket veszünk, bár egy ilyen átmenet nyilvánvalóan egy bizonyos ideig tart.

2. A kibernetikai forradalom, a tudományos-kibernetikai termelési elv és a negyedik, ötödik és hatodik K-hullám

A 2. táblázat a tudományos-kibernetikus termelési elv három első fázisa (amelyek egybeesnek a kibernetikus forradalom három fázisával) és három Kondratieff-hullám (a negyedik, ötödik és hatodik) közötti kapcsolatot mutatja be. Az összefüggés itt még erősebb, mint az első három K-hullám és a kereskedelmi-ipari termelési elv fázisai között, a tudományos-kibernetikus termelési elv fázisainak az ipari termelési elv fázisaihoz képest rövidebb időtartama miatt.²

¹ Kezdetnek egy nulla K-hullámot tekintettünk, amelynek lefelé irányuló fázisa egybeesett az ipari forradalom kezdetével, azaz az 1760-as évekkel (mint tudjuk, a lefelé irányuló fázisok különösen gazdagok innovációban).

² A rövidebb időtartam oka a történelmi fejlődés általános felgyorsulása.

2. táblázat. A tudományos-kibernetikus termelési elv (kezdeti fázisok) és a Kondratieff-hullámok

A tudományos-kibernetikai termelési elv fázisai	Az első szakasz (a kibernetikai forradalom kezdeti szakasza) 1955-1995 40 ≈évek	A második szakasz (a ciklikus forradalom középső szakasza) 1995 - a 2030-as/40-es évek. ≈ 35-50 év	A harmadik szakasz (a kibernetikai forradalom "önszabályozó rendszereinek" végső szakasza) a 2030/40-es - 2055/70-es évek. ≈25-40 év	Összesen: ≈ 100-120 évek
K-hullám és fázisai	A negyedik hullám, 1947 - 1982/1991 ≈ 35-45 év	Az ötödik hullám, 1982/1991 - a 2020-as években. A hatodik hullám felfelé ívelő szakaszának kezdete (2020-2050-es évek). ≈ 30-40 év	A hatodik hullám, 2020-2060/70-es évek. A felfelé és lefelé irányuló szakasz vége (ez utóbbi ≈ 2050 - 2060/70s) ≈ 40-50 év	A oldalról 110-120 évek
K-Wave és az ő Fázisok	Felfelé irányuló fázis, 1947 - 1969/1974s	Lefelé fázisa a ötödik hullám, 2007-2020s		

K-hullám és fázisai	Lefelé tartó szakasz, 1969/1974 - 1982/1991	A hatodik felfelé irányuló szakasza hullám, 2020-2050-es évek.	
K-Wave és az ő Fázisok	Az ötödik hullám, 1982/1991 - 2020s, felfelé irányuló fázis, 1982/1991 - 2007		

3. K-hullámok és a változó fő technológiai ágazat

Ismeretes, hogy számos kutató minden egyes Kondratieff-hullámot a gazdaság vezető technológiai ágazatának változásával hoz összefüggésbe (a szakirodalmi forrásokat lásd a 3. megjegyzésben). A termelési elvek és a termelési forradalmak elméletének alkalmazása lehetővé teszi számunkra, hogy felülvizsgáljuk a K-hullámok változása során a főbb (vezető) termelési ágazatok sorrendjét (Grinin 2012c).³

3. táblázat. K-hullámok, technológiai módok és vezető makroszektorok

Kon- dratieff hullám	Dátu m	Egy új üzemmód	Vezető makroszek tor	Gyártási elv és szám- fázisának fázisa
1	2	3	4	5
Első	1780- 1840s	A textilipar... próbálja ki a	Gyár (fogyasztó) ipar	Trade- Ipari, 3
Második	1840- 1890s	Vasútvonalak, szén, acél	Bányaipar és elsődleges nehézipar ipar és közlekedés	Kereskedel mi-ipari, 4
Harmadi k	1890- 1940s	Villamosenergia- ipar, vegyipar és nehézgépipar... ing	Másodlagos nehézipar és gépgyártás	Keresked elmi- Ipari, 5/6
Negyedi k	1940-e - az 1980-as évek eleje	Gépjárműgyártás , mesterséges anyagok gyártása. als, elektronika	Általános szolgáltatások	Kereskedel mi- ipari, tudományos -6, Kibernetikus, 1
Ötödik	1980s - ~2020	Mikroelektronik a, személyi számítógépek	Magasan képzett szolgáltatások	Tudomány os- Kibernetika i, 1/2

³ A táblázat összeállításánál figyelembe vettük azokat az elképzeléseket és munkákat, amelyek összhangban vannak azokkal az elméletekkel, amelyek a K-hullámok természetét és lüktetését a technológiai módszerek és/vagy a *techno-gazdasági paradigmák* változásával magyarázzák: Mensch 1979; Kleinknecht 1987/1981.; Dickson 1983; Dosi 1984; Freeman 1984. 1987; Tylecote 1992; Glazyev 1993; Mayevsky 1997; Modelski és Thompson 1996; Modelski 2001, 2006; Yakovets 2001; Freeman and Louçã 2001; Ayres 2006; Kleinknecht and van der Panne 2006; Dator 2006; Hirooka 2006; Papenhausen 2008; lásd még Lazurenko 1992; Glazyev 2009; Polterovich 2009; Perez 2002.

1	2	3	4	5
Hatodik	2020/30s - 2050/60s	MANBRIC- technológiák (orvosi, additív, bio- nano-, robotika, info- és kognitív)	Orvosi humán szolgá- ltatások	Tudomány os- Kibernetika i, 2/3

4. A negyedik K-hullám sajátosságai a kibernetikai forradalom kezdetéhez képest

A negyedik K-hullám (az 1940-es évek második felétől az 1980-as évekig) a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszára esett. Az új termelési forradalom kezdete egy különleges időszak, amely a gazdaság fejlettebb technológiai komponensére való gyors átállással függ össze. Az összes felhalmozott innováció és a nagyszámú új innováció egy új rendszert hoz létre, amely valódi szinergikus hatással bír. Ésszerűnek tűnik, *hogy a K-hullám felfelé irányuló fázisa, amely egybeesik a termelési forradalom kezdetével, erőteljesebbnek tűnhet, mint más K-hullámok A-fázisai.*⁴ Ez volt a jellemzője a negyedik K-hullám (1947-1974) felfelé ívelő A-szakaszának, amely egybeesett a kibernetikai forradalom tudományos-információs szakaszával. Ennek eredményeképpen ebben az időszakban az innovációknak a szokásosnál sűrűbb halmaza alakult ki (a második, harmadik és ötödik hullámhoz képest). Mindez azt is megmagyarázza, hogy az 1950-es és 1960-as években miért volt magasabb a világrendszer gazdasági növekedési rátája, mint a harmadik és ötödik K-hullám A-fázisában. A negyedik K-hullám hanyatlási szakasza (az 1970-es - 1980-as évek) a maga részéről szintén a kibernetikai forradalom kezdeti szakaszának utolsó időszakára esett. Ez sok tekintetben megmagyarázza, hogy ez a lefelé forduló fázis miért volt rövidebb, mint a többi K-hullámé.

5. Az ötödik K-hullám és az új innovációs hullám késése

Az 1990-es és 2000-es évektől az innovációk radikálisan új hullámát várták, amely forradalmi jellegét tekintve a számítástechnikához hasonlítható, és amely képes egy új technológiai módot létrehozni. Azok az irányzatok, amelyek már megjelentek, és azok, amelyek

⁴ Ezért ésszerűnek tűnik, hogy a hatodik K-hullám A-fázisa is nagyot léphet előre, mivel egybeesik a kibernetikai forradalom végső szakaszának kezdetével. Így a hatodik hullámnak erősebb megnyilvánulása lesz, mint az ötödiknek. Erre a pontra alább még visszatérünk.

most állítólag a hatodik K-hullám alapjává válnak, áttörésnek számítottak. Az ötödik K-hullám alapjává azonban a már létező digitális elektronikus technológiák fejlesztése és diverzifikálása, valamint a pénzügyi technológiák gyors fejlődése vált. Azok az innovációk, amelyek valóban az ötödik K-hullám során jöttek létre, mint például az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiatechnológiák, még mindig kis részesedéssel bírnak az általános energiában, és mindenekelőtt nem növekednek megfelelően. Egyes kutatók úgy vélik, hogy az 1970-es évektől napjainkig tartó időszak a tudományos és technológiai fejlődés hanyatlásának időszaka (lásd erről a vitát Brener 2006-ban; lásd még Maddison 2007). Polterovich (2009) szintén a technológiai szünet fogalmát javasolja. Általánosságban azonban az említett technológiai szünet véleményünk szerint nem eléggé magyarázható. Úgy véljük, hogy a termelési forradalom köztes modernizációs szakaszának (vagyis a termelési elv második szakaszának) jellemzőinek figyelembe vétele segíthet a magyarázatban. Funkcionálisan kevésbé innovatív; inkább a fázis alatt a korábbi innovációk széles körben elterjednek és továbbfejlődnek. Ami az 1990-es - 2020-as éveket illeti (a kibernetikai forradalom köztes szakasza), a kérdés az, hogy egy új innovatív áttörés elindítása megköveteli, hogy a fejlődő országok elérjék a fejletlenek szintjét, és a világ politikai összetevője felzárkózzon a gazdaságihoz; mindehhez a társadalmak és a globális kapcsolatok szerkezetének változására van szükség (lásd néhány aspektusról Grinin és Korotajev 2010b, 2015). *Az új generációs innovációk késedelmes bevezetése tehát* egyrészt azzal magyarázható, hogy a centrum nem haladhat végtelenül a periférián a fejlődésben, vagyis a fejlett és a fejlődő országok közötti szakadék nem növekedhetett folyamatosan. Másodsor, a gazdaság nem haladhatja meg folyamatosan a politikai és egyéb komponenseket, mivel ez nagyon erős aránytalanságokat és deformációkat okoz. Az új, általános célú technológiák alkalmazása pedig minden bizonnyal felgyorsítaná a gazdasági fejlődést és növelné az egyenlőtlenségeket. Harmadszor, az új alaptechnológiák bevezetése és elterjedése nem természetes módon történik, hanem csak a megfelelő társadalompolitikai környezetben (lásd Grinin 2012c, 2013; lásd még Perez 2002). Ahhoz, hogy az alapvető innovációk alkalmasak legyenek az üzleti élet számára, strukturális változásokra van szükség a politikai és társadalmi szférában, amelyek végül elősegítik szinergiájukat és széles körű bevezetésüket az üzleti életben.

A késedelmet tehát a politikai és társadalmi intézmények regionális, sőt globális szinten történő megváltoztatásának nehézségei okozzák, valamint

(és talán elsősorban) a nemzetközi gazdasági intézményeken belül. Ez utóbbiak csak a főszereplők erős politikai akaratának köszönhetően változhatnak, ami a modern politikai intézmények keretei között nehezen kivitelezhető. Ezek az intézmények inkább a depresszív fejlődés (és a külkapcsolatok valószínűsíthető súlyosbodásának) feltételei mellett változhatnak meg, ami a hagyományos intézmények átszervezésére és szakítására kényszerít, amelyeket a bátorság és a lehetőségek hiánya miatt a hétköznapi körülmények között aligha lehetne megváltoztatni.

A fentiek magyarázatot adnak a vilárendszer centrumának és perifériájának eltérő fejlődési ütemére az ötödik K-hullám során (további részletekért lásd Grinin 2013; lásd még Grinin és Korotajev 2010a; 2015; Grinin, Korotajev és Tausch 2016). A periferia várhatóan felzárkózik a centrumhoz, mivel gyorsabb ütemben fejlődött, és a centrum fejlődése lelassult. Nem szabad azonban a periféria folyamatos válságmentes fejlődésére számítani - a válság később és valószínűleg más formában fog bekövetkezni. A periféria fejlődésének lassulása és komoly változások nélkül a gazdasági és politikai komponens teljes harmonizációja nem fog megtörténni. Ebből következően feltételezhető, hogy a következő évtizedben (kb. 2020-2025-ig) a perifériás gazdaságok növekedési üteme is lelassulhat, és belső problémák fognak ag-gravitálódni, amelyek, mint fentebb említettük, strukturális változásokat ösztönözhetnek a perifériás országokban, és erősíthetik a nemzetközi feszültséget. Ezért feltételezzük, hogy a következő 10-15 évben a világ komoly és fájdalmas változások elé néz.

6. Az önszabályozó rendszerek fázisa és a hatodik K-hullám

6.1. A hatodik K-hullám A-fázisa: Felgyorsulás a kibernetikai forradalom végső szakaszába való belépéshez.

A hatodik K-hullám valószínűleg körülbelül a 2020-as években kezdődik. Eközben a kibernetikai forradalom végső szakaszának később, legalább a 2030-2040-es években kell elkezdődnie. Így feltételezzük, hogy egy új techno-logikai mód még a 2020-as években sem alakul ki a szükséges formában (tehát az innovációs szünet a vártnál tovább tart). Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a K-hullám fellendülési szakaszának kezdetét soha nem közvetlenül az új technológiák okozzák. Ez a kezdet a középtávú konjunktúraciklus fellendülésének kezdetével szinkronizálódik.

A fellendülés pedig a gazdasági arányok kiegyenlítődésének, az erőforrások felhalmozásának és más, a keresletet és a konjunktúrát erősítő impulzusoknak köszönhetően következik be. Nem szabad elfelejteni, hogy a második K-hullám kezdete a kaliforniai és ausztráliai aranylelőhelyek felfedezésével, a harmadik hullám a búza árának emelkedésével, a negyedik a háború utáni újjáépítéssel, az ötödik pedig az Egyesült Királyság és az USA gazdasági reformjaival függött össze. Majd egy fellendülés esetén egy új technológiai mód (amely nem tudta teljes mértékben - ha egyáltalán - megvalósítani a benne rejlő lehetőségeket) megkönnyíti a ciklikus válságok leküzdését és lehetővé teszi a további növekedést.

Következésképpen egyes konjunktúra-jelenségek a hatodik K-hullám felfelé irányuló impulzusát is serkentik. És például az elmaradott világrégiók (mint a trópusi Afrika, az iszlám Kelet és néhány latin-amerikai ország) gyors növekedése vagy az új pénzügyi és szervezeti technológiák elsődleges impulzussá válhatnak. Természetesen megjelennek majd olyan mérnöki és technológiai újítások is, amelyek azonban még nem alkotnak új módot. Emellett feltételezzük, hogy a pénzügyi technológiák még nem fejezték be terjeszkedésüket a világban. Ha valahogyan módosítani és biztosítani tudjuk őket, akkor képesek lesznek elterjedni különböző régiókban, amelyek most még nem használják őket eléggé. Nem szabad elfelejteni, hogy az ilyen technológiák nagymértékű alkalmazása alapvető változásokat követel a jogi és egyéb rendszerekben, ami feltétlenül szükséges a világ fejlődési kiegyenlítődéséhez. A technológiák új generációjának de- lay-ját figyelembe véve a 2020-as évek időszaka az 1980-as évekre hasonlíthat. Más szóval, nem lesz sem növekedési visszaesés, sem emelkedés, hanem inkább felgyorsult fejlődés (egyres régiókban erősebb fejlődéssel, máshol folyamatos visszaeséssel).

A fent említett kedvező feltételek mellett e hullám során kezdődik majd meg a kibernetikai forradalom végső szakasza. Ilyen helyzetben feltételezhető, hogy a hatodik K-hullám A-fázisa (a 2020-2050-es évek) a technológiai generációk sűrűbb kombinációja miatt sokkal erőteljesebben fog megnyilvánulni és hosszabb ideig fog tartani, mint az ötödik hullámé. És mivel a kibernetikai forradalom fejlődni fog, a hatodik K-hullám lefelé irányuló B-fázisa (2050-2060/70-es évek) várhatóan nem lesz annyira depresszív, mint a harmadik vagy az ötödik hullám alatt. Általánosságban elmondható, hogy e K-hullám (2020 - 2060/70-es évek) során a tudományos és információs forradalom véget ér, és a tudományos-kibernetikus termelési elv eléri érett formáját.

6.2. Egy másik forгатókönyv

A kibernetikai forradalom végső szakasza később kezdődhet el - nem a 2030-as, hanem a 2040-es években. Ebben az esetben a hatodik hullám A-fázisa a szabályozórendszerek forradalmának kezdete előtt véget ér, ezért nem alapvetően új technológiákon alapul majd, és nem lesz olyan erős, mint ahogyan azt az előző forгатókönyv feltételezi. A kibernetikai forradalom végső fázisa ebben az esetben a hatodik hullám B-fázisával fog egybeesni (ahogyan az ipari forradalom idején, 1760-1787 között a nulladik hullámmal is), és a hetedik hullám A-fázisával. Ebben az esetben a hetedik hullám megjelenése nagy valószínűséggel lehetséges. A hatodik hullám B-fázisának meglehetősen rövidnek kell lennie a technológiák új generációjának megjelenése miatt, és a hetedik hullám A-fázisának - meglehetősen hosszúnak és erőteljesnek.

7. A kibernetikai forradalom vége és a K-hullámok eltűnése

A hatodik K-hullám (kb. 2020-tól a 2060/70-es évekig), hasonlóan az első K-hullámhoz, általában a teljes termelési revolúció során fog lezajlani. Van azonban egy fontos különbség. Az első K-hullám során az ipari termelési elv egy szakaszának időtartama jelentősen meghaladta a teljes K-hullám időtartamát. Most azonban a K-hullám egy fázisa meghaladja a termelési elv egy fázisának időtartamát. Már csak ennek is alapvetően meg kell változtatnia a kibontakozó hatodik K-hullámot; a hetedik hullám gyengén fog kifejeződni, vagy egyáltalán nem indul el (az utóbbi lehetőségéről lásd fentebb). Ez az előrejelzés azon is alapul, hogy a kibernetikai forradalom vége és eredményeinek szétosztása elősegíti a Világrendszer integrációját és jelentősen növeli az új univerzális szabályozási mechanizmusok befolyását. Ez eléggé reásonábilis, tekintve, hogy a forradalom elkövetkező végső fázisa az önszabályozó rendszerek forradalma lesz. Így az ökonómikus irányításnak új szintre kell emelkednie. *A K-hullámok tehát a társadalmi evolúció egy bizonyos szakaszában jelennek meg, és valószínűleg eltűnnek annak egy bizonyos szakaszában.*

Hivatkozások

- Abidian M. R. és Martin D. C. 2009.** Multifunkcionális nanobioanyagok az idegi interfészekhez. *Advanced Functional Materials* 19(4): 573-585.
- Acemoglu D., Johnson S. és Robinson J. A. 2005.** Európa felemelkedése: Atlanti kereskedelem, intézményi változások és gazdasági növekedés. *American Economic Review* 95: 546-579.
- Adams R. M. 1981.** *Heartland of Cities*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Akayev A. A. 2012.** A Schumpeter-Kondratieff-féle gazdasági fejlődés innovációs és cikluselméletének matematikai alapjai. *Kondratieff-hullámok: Aspektusok és kilátások / Szerkesztette A. A. Akayev et al. , pp. 314-341.* Volgograd: Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Акаев А. А. Математические основы инновационно-циклической теории экономического развития Шумпетера - Кондратьева / Кондратьевские волны: Аспекты и перспективы / Отв. ред. А. А. Акаев, и др., с. 314-341. Волгоград: Учитель).
- Alekszejev V. P. 1984.** *Az emberiség kialakulása.* Moszkva: Politizdat. *Orosz nyelven* (Алексеев В. П. Становление человечества. М.: Политиздат).
- Alekszejev V. P. Etnogenezis1986..** Moszkva: Vysshaya shkola. *Oroszul* (Алексеев В. П. П. Этногенез. М.: Высшая школа).
- Allen R. C. A 2009.brit ipari forradalom globális perspektívában.** Cambridge: Cambridge University Press.
- Allen R. C. Allen R. C. Globális 2011.gazdaságtörténet: A Very Short Introduction.** Oxford: Oxford University Press.
- Amin S., Arrighi G., Frank A. G. és Wallerstein I. 2006.** *A forradalom átalakítása: Társadalmi mozgalmak és a világrendszer.* Delhi: Aakar.
- Anuchin D. N. 1923.** *A tűz felfedezése és a tűzszerezés módszerei.* Moszkva - Petrográd: Petrográd: Állami Kiadó. *Orosz nyelven* (Анучин Д. Н. Открытие огня и способы его добывания. М. - Петроград: Государственное издательство).
- Antonov Ye. V. 1982.** *Észrevételek J. Mellaart könyvéhez: Mellaellart: A Közel-Kelet ősi civilizációi.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Антонов Е. В. Примечания к кн.: Мелларт Дж: Древнейшие цивилизации Ближнего Востока. М.: Наука).

- Armengaud A. 1976.** Népeesség Európában 1700-1914. *Az ipari forradalom. 1700-1914* / Szerk.: C. M. Cipolla, pp. 22-76. London - New York: Harvester Press - Barnes & Noble.
- Armytage W. H. G. 1961.** *A mérnöki tudomány társadalomtörténete.* London: Faber and Faber.
- Arrighi G. és Silver B. J. 1999.** *Káosz és kormányzás a modern világrendszerben.* Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Ashby R. 1956.** *Bevezetés a kibernetikába.* London: Chapman and Hall.
- Atkinson Q., Gray R., Drummond A. 2009.** Bayesian Coalescent Inference of Major Human Mitochondrial DNA Haplogroup Expansions in Africa. *Proceedings of the Royal Society B* 276: 367-373.
- Avdusin D. A. 1989.** *A régészet alapjai.* Moszkva: Vysshaya shkola. *Orosz nyelven* (Авдусин Д. А. Основы археологии. М.: Высшая школа).
- Ayres R. U. 2006.** 1990-92-ben kezdődött-e az ötödik K-hullám? Megszakította-e a globalizáció? *Kondratieff-hullámok, hadviselés és világbiztonság.* / Szerkesztette T. C. Devezas, 57-71. o. Amsterdam: Amsterdam: IOS Press.
- Bainbridge M. S., Roco M. C. 2005.** *Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society.* New York: Springer.
- Baks K. 1986.** *altalaj gazdagsága.* Moszkva: Progress. *Orosz nyelven* (Бакс К. Богатства земных недр. М.: Прогресс).
- Balabanov V. I. 2010.** *Nanotechnológiák: Igazság és mítosz.* Moszkva: Eksmo. *Orosz nyelven* (Балабанов В. И. Нанотехнологии: правда и вымысел. М.: Эксмо).
- Balter M. 2006.** *Az istennő és a bika. Catalhoyuk: Egy régészeti utazás a civilizáció hajnalához.* Walnut Creek, Kalifornia: Left Coast Press.
- Barg M. A. 1991.** A történelem civilizációs megközelítése. *Kommunist* 3: 27-35. *Oroszul* (Барг, М. А. Цивилизационный подход к истории. *Коммунист* 3: 27-35).
- Barone, S. 1993.** *Európa civilizációja a reneszánszban.* London: London.
- Bar-Yosef O. 2002.** A felső paleolitikum forradalma. *Annual Review of Anthropology* 31: 363-393.
- Bar-Yosef O. és Vandermeersch B. 1993.** Emberek a Levanteban. *Scientific American* (2684): 94-100.

- BCC Research. 2012.** *Nanotechnológia: A Realistic Market Assessment*. URL: <http://www.bccresearch.com/report/nanotechnology-market-applications-products-nan031e.html>.
- Beck M. 2013.** Tanulmány kétségeket ébreszt a robotsebészettel kapcsolatban. *The Wall Street Journal*. Február URL19.: <http://www.wsj.com/articles/SB100014241314182573530720> Hozzáférés dátuma: 22.11. 2014.
- Beer St. Kibernetika 1959. és menedzsment.** London: English Universities Press.
- Beer St. Decision 1994. and Control: Az operációkutatás és a menedzsment kibernetika jelentése.** London: London: John Wiley & Sons, Ltd.
- Belkind L. D., Konfederatov I. Ya. és Shneiberg Ya. A. 1956.** *A technológia története*. Tankönyv energetikai és elektrotechnikai felsőoktatási intézmények számára. Moszkva - Leningrád: Gosenergoizdat. *Orosz nyelven* (Белькинд Л. Д., Конfederатов И. Я., Шнейберг Я. А. *История техники: учеб. для энергетических и электротехнических высших учебных заведений и факультетов*. М. - Л.: Госэнергоиздат).
- Bell D. A posztindusztriális társadalom 1973. eljövetele.** New York: Basic Books.
- Bell D. A kapitalizmus 1978. kulturális ellentmondásai.** New York: Basic Books.
- Bell D. A 1990. harmadik technológiai forradalom és annak lehetséges társadalmi-gazdasági következményei.** Tokió.
- Bellwood P. First 2004. Farmers: The Origins of Agricultural Societies.** Malden, MA: Wiley-Blackwell.
- Benedict M. Q. és Robinson A. S. 2003.** A transzgenikus szúnyogok első kibocsátásai: Érv a steril rovarok technikája mellett. *Trends in Parasitology* 19(8): 349-55. Doi: 10.1016/S1471-4922(03)00144-2.
- Benson I. és Lloyd J. 1983.** *Új technológia és ipari változás: The Impact of the Scientific-Technical Revolution on Labour and Industry*. London: Kogan Pages.
- Bentley J. H. 1996.** *A világtörténelem formái a huszadik századi tudósok körében. Essays on Global and Comparative History*. Washington, DC: American Historical Association.
- Berezkin Yu. E. 2007a.** *A mítoszok elfoglalják Amerikát. A népi motívumok területi eloszlása és a korai vándorlások az Újvilágba*. Moszkva: OGI. *Orosz nyelven* (Березкин Ю. Е. *Мифы заселяют Америку. Ареальное распространение фольклорных мотивов и ранние миграции в Новый Свет*. М.: ОГИ).
- Berezkin Yu. E. 2007b.** A történelem szerkezetéről: Time and Spatial Constituents. *History and Mathematics: A fogalmi tér és az irányzat*

ok

- Keresés / Szerkesztette:* P. V. Turcsin, L. E. Grinin, S. Yu. Malkov, and A. V. Korotayev, pp. 88-98. Moszkva: LKI/URSS. *Orosz nyelven* (Березкин Ю. Е. О структуре истории: временные и пространственные составляющие. *История и математика: концептуальное пространство и направления поиска* / Ред. П. В. Турчин, Л. Е. Гринин, С. Ю. Малков, А. В. Коротаев, с. 88-98. М.: ЛКИ/УРСС).
- Berezkin Yu. E. 2013.** *Közösség és társadalom között. A nukleáris Amerika és Nyugat-Ázsia közepes méretű társadalmi a történelmi dizájnban.* Szentpétervár: Nauka. *Orosz nyelven* (Березкин Ю. Е. *Между общиной и государством. Среднемасштабные общества Нуклеарной Америки и Передней Азии in исторической динамике.* СПб.: Наука).
- Berlanstein L. R. (szerk.) 1992.** *Az ipari forradalom és a munka a kilencedik századi Európában.* London - New York: Routledge.
- Bernal J. D. Tudomány 1965. a történelemben. szerk 3rd.** New York: Hawthorn Books.
- Bernbeck R. és Pollock S. 2005.** Kulturális-történelmi keret. *Archaeologies of the Middle East: Critical Perspectives* / Ed. by S. Pollock, and R. Bernbeck, pp. 11-40. Oxford: Blackwell.
- Binder J., Bräutigam R., Jonas D., et al. 2004.** Robotsebészet az urológiában: Tény vagy fantázia? *BJU International* 94(8): 1183-1187.
- Blinov V. A. 2003.** *Általános biotechnológia. Előadássorozat.* Szaratov: Saratov SAU. *Orosz nyelven* (Блинов В. А. 2003. *Общая биотехнология. Курс лекций.* Саратов: Саратовский ГАУ).
- Bloch M. 1935.** Avenement et conquetes du moulin a eau. *Annales d'histoire economique et sociale* 7: 538-563.
- Boas F. 1911.** *A primitív ember elméje.* A Lowell Institute, Boston, Massachusetts, és a Mexikói Nemzeti Egyetem előtt 1910-1911-ben tartott előadások. New York: The Macmillan company.
- Bondarenko Ye. S. A neolitikus Közel-Kelet 2006. információs mezője. Istorija i sovremennost 2: 47-66.** *Orosz nyelven* (Бондаренко Е. С. Информационное поле неолита Ближнего Востока. *История и современность* 2: 47-66).
- Boriskovszkij P. I. 1980.** *Az emberiség őstörténete.* Moszkva: Nauka. *Oroszul* (Борисковский П. И. *Древнейшее прошлое человечества.* М.: Наука).
- Borlaug N. E. "2001. The Green Revolution": A múlt, a jelen és a jövő.** *Ekologia i zhisn Oroszul* (Борлоуг Н. Э. "Зеленая революция": .

ok

- ра, сегодня и завтра. *Экология и жизнь* URL1.: <http://www.ecolife.ru/journal/econ/2001-4-1.shtml>).
- Boussac M.-F., Salles J.-F., Yon J.-B. (Szerk.)** *Az ókori Indiai-óceán kikötői.* 2016. Delhi: Primus Books.
- Boxer Ch. R.** *The 1965. Dutch Seaborne Empire 1600-1800.* New York: Knopf.
- Braudel F. 1973.** *A kapitalizmus és az anyagi élet, 1400-1800.* New York: Harper and Row.
- Braudel F. Civilizáció 1982. és kapitalizmus, 15th- 18th Század.** New York: Harper and Row.
- Braudel F. La 1985. dynamique du capitalisme.** Paris: Les Editions Arthaud.
- Brener, R.** *A globális turbulencia 2006. közgazdaságtana. A fejlett tőkés gazdaságok a hosszú fellendüléstől a hosszú visszaesésig, 1945-2005.* London - New York: Verso.
- Brown K.** *Az 2000. emberi genom üzlet ma. Scientific American* 282/1: 50-55.
- Buchanan P. J. 2015.** *Amerika csődbe ment jövője.* URL: <http://www.theamerica.com/buchanan/americas-bankrupt-future/>.
- Cameron R. 1989.** *A világ tömör gazdaságtörténete: From Paleolithic times to present.* New York: Hill Wang.
- Carnap R. 1966 .** *A fizika filozófiai alapjai.* New York: Basic Books.
- Carneiro R. L. Folyamat 2000. vs. szakaszok: A hamis kettősség az állam felemelkedésének nyomon követésében. A társadalmi evolúció alternatívái / Szerkesztette: N. N. Kradin, A. V. Korotayev, D. M. Bondarenko, V. de Munck és P. K. Wason, pp. 52-58. Vlagyivoszto: FEB RAS.**
- Carus-Wilson E.** *A tizenharmadik század 1941. ipari forradalma. Economic History Review* 11: 39-60.
- Castells, M. 1996.** *A hálózati társadalom felemelkedése, Az információs korszak: gazdaság, társadalom és kultúra.* I. kötet. Malden, MA: Blackwell Publishers.
- Cauvin J. 2000.** *Az istenek születése és a mezőgazdaság eredete.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cava M. della. 2015.** *Látogatás a jövőbe a Mercedes F 015 autonóm autójában. USA Today, március 19. URL: <http://www.usatoday.com/story/tech/2015/03/18/mercedes-benz-f015-autonomous-car-first-ride/24964341>.*

- Cavalcanti A., Shirinzadeh B., Zhang M. és Kretly L. C. 2008.** Nanorobot hardverarchitektúra az orvosi védelemhez. *Sensors* 8(5): 2932-2958.
- Ceresana Research. 2011.** *Piaci tanulmány: Bioplasztikák.* URL: <http://www.ceresana.com/en/market-studies/plastics/bioplastics/>.
- Chase-Dunn Ch. és Hall T. D. 1994.** A világregszerek történelmi fejlődése. *Sociological Inquiry* 64: 257-280.
- Chase-Dunn Ch. és Hall T. D. 1997.** *Rise and Demise: Comparing World-Systems.* Boulder, CO: Westview Press.
- Chernousov P. I., Mapelman V. M., and Golubev O. V. 2005.** *A vasmetallurgia a civilizációk történetében.* Moszkva: MISiS. *Orosz nyelven* (Черноусов П. И., Мапельман В. М., Голубев О. В. *Металлургия железа в истории цивилизаций.* М.: МИСиС).
- Chew Sing C. 2014.** A délkelet-ázsiai kapcsolat az első eurázsiai világgazdaságban Kr. e. 200 - Kr. u. 500. *Journal of Globalization Studies* 5(1): 82-109.
- Chew Sing C. A Nanhai-tól2016. az Indiai-óceánig és azon túl: Délkelet-Ázsia az eurázsiai világ öko- nomia tengeri "selyemútjain" Kr.e. 200- Kr.u500. .** Előadás az IROWS-ISA workshopon: Systemic Boundaries. Március Riverside5,2016,. URL: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjZ3qLgo_XMAhVCiSwKHSVfBysQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.riverside.edu%2Farchive%2Fconferences%2Fconfname%2Fpapsing.docx&usq=AFQjCNGkevowK6M2Sh0SroQBh7oFzCJPFg&bvm=bv.122852650,d.bGg
- Childe V. G.: Új1934. fény a legősibb keletre.** London: London: Routledge & Kegan.
- Childe V. G. 1944.** *Haladás és régészet.* London: Watts.
- Childe V. G. Mi1948. történt a történelemben.** Harmondsworth: Penguin Books.
- Childe V. G. 1952.** *New Light on the Most Ancient East.* szerk4th. London: London: Routledge & Paul.
- Chubarov V. V. 1991.** Közel-keleti mozdony: A technika és a technológia fejlődésének növekedési üteme az ókori világban. *Archaic Society: A fejlődésszociológia főbb problémái / Szerk.* V. V. Chubarov. Moszkva: Szovjetunió Tudományos Akadémia Szovjetunió Történelmi Intézete. *Orosz nyelven* (Чубаров В. В. Ближневосточный локомотив: темпы развития техники и технологий в древнем мире. *Архаическое обще-*

- ство: узловые problémák социологии* / Ред. А. В. Коротаев, В. В. Чубаров, с. 92-135. М.: Ин-т истории СССР АН СССР).
- Chuchin-Rusov A. Ye. 2002.** *A világkultúra egyesített mezeje. Kijli - koncepció.* I. kötet: *Az Egyesült mező elmélete.* Moszkva: Progress - Traditsia. *Orosz nyelven* (Чучин-Русов А. Е. *Единое поле мировой культуры. Кижли- концепция.* 1: Теория единого поля. М.: Прогресс-Традиция).
- Cipolla C. M. (szerk.)** *Az 1976.ipari forradalom, 1700-1914.* London; New York: Harvester Press, Barnes & Noble.
- Clark G. 2007.***Búcsú az alamizsnától: A világ rövid gazdaságtörténete.* Princeton; Oxford: Princeton University Press.
- Clive J. 2011.** *A forgalmazott biotechnológiai/generált növények globális helyzete.* ISAAA Briefs. Ithaca, NY: Nemzetközi Agrár-biotechnológiai Alkalmazások Megszerzésének Nemzetközi Szolgálata.
- Clynes M. és Kline N. Cyborgok1960.** és a tér. *Asztronautika,* szeptember: 26-76.
- Cohen M. N. 1977.** *Az élelmiszerválság az őstörténetben. A túlnépesedés és a mezőgazdaság or- iginái.* New Haven - London: Yale University Press.
- Collins J. B. és Taylor, K. L. (szerk.). 2006.** *Korai modern Európa. Kérdések és értelmezések.* Malden, MA: Blackwell.
- Comte Au. 1974 [1830-1842].** *Cours de philosophie positive.* The Essential Comte: Válogatás a *Cours de philosophie positive*-ből. Szerkesztette és bevezetővel ellátta Sztanyiszlav Andreski. London: London: Croom Helme.
- Cowan S. W., és Watson P. J. (szerk.) The1992.** *Origins of Agriculture.* Washington - London: Smithsonian Institution Press.
- Culotta E. Egy 1999.új emberi ős? Science 284: 572-573.**
- Danilevsky N. Ya. 1995 [1869].** *Oroszország és Európa. A szláv világ kulturális és politikai attitűdjeinek vizsgálata a német románsággal szemben.* St Petersburg: Glagol. *Orosz nyelven* (Данилевский Н. Я. *Россия и Европа. Взгляд на культурные и политические отношения славянского мира к герма- но-романскому.* СПб.: Глаголь).
- Dator J. 2006.** A K-hullámok alternatív jövője. *Kondratieff-hullámok, hadviselés és világbiztonság* / Szerk. T. C. Devezas, pp. 311-317. Amsterdam: IOS Press.
- Davies I. N. R. 1996.** *Európa: A history.* Oxford: Oxford University Press.
- Davies I. N. R. 2001.** *Európa szíve: A múlt Lengyelország jelenében.* Oxford: Oxford University Press.

- Dementiev V. Ye. 2008.** Az amerikai nanotechnológiai kezdeményezés: A technológiai vezetés politikájának tapasztalatai. *Az intézményi átalakulások elmélete és gyakorlata Oroszországban*. Vol. 12. Moszkva: SEMI RAN. In *Russian* (Дементьев В. Е. Нанотехнологическая инициатива США - опыт политики технологического лидерства. *Теория и практика институциональных преобразований in России*. Вып. 12. М.: ЦЭМИ РАН).
- Demirel P. és Mazzucato M. 2008.** A cégek növekedési dinamikájának alakulása az amerikai gyógyszeriparban: A növekedési folyamat "struktúrája" összefügg a méret- és telephelydinamikával? *IKD Working Paper* 38(09): 1-28.
- Deopik D. V. 1977.** A kelet-ázsiai régió az ókortól az ötödik századig. *Délkelet-Ázsia a világtörténelemben / Szerk.* S. N. Rostovsky et al., pp. 9-69. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Деопик Д. В. Регион Юго-Восточной Азии с древнейших времен до XV в. *Юго-Восточная Азия в мировой истории / Ред. С. Н. Ростовский и др., с. 9-69. М.: Наука*).
- Derevyanko A. P. 2011.** *A felső paleolitikum Afrikában és Euráziában és az ember modern anatómiai típusának kialakulása*. Novoszibirszk: IAET SO RAS Press. *Orosz nyelven* (Деревянко А. П. *Верхний палеолит in Африка и Евразии и формирование человека современного анатомического типа*. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН).
- Dickert F. L., Hayden O. és Halikias K. P. 2001.** Szintetikus receptorok mint molekulák és élő sejtek érzékelő bevonatai. *Analyst* 126: 766-771.
- Dickson D.** Technológia1983. és a fellendülés és a visszaesés ciklusai. *Science* 219(4587): 933-936.
- Dillehay T. D., Rossen J., Ugent D., Karathanasis A., Vásquez V., and Netherly P. J. 2010.** Korai holocén kori kokafogyasztás Észak-Peruban. *Antiquity* (84326): 939-953.
- Dizard W. 1982.** *Az eljövendő információs korszak. A technológia, a gazdaság és a politika áttekintése*. New York: Longman, Dordick, H. S.
- Dietz F.** *Az 1927. ipari forradalom*. New York: Holt.
- Dmitrijev M. V. 1992.** A kapitalizmus mint alternatíva genezise a historikus fejlődésben. *Az alternativitás a történelemben / Szerk. R. V. Manekin*, pp. 132-165. Donyeck: SAMI donyecki fiókja. *Orosz nyelven* (Дмитриев М. В. Генезис капитализма как альтернатива исторического развития. *Альтернативность истории / Ред. Р. В. Манекин*, с. 132-165. Донецк: Донецкое отделение САМИ).
- Dosi G.** *Technikai1984. változás és ipari átalakulás*. New York: St. Martin's Press.

- Doluhanov P. M.** *A kőkorszak földrajza* 1979.. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Долуханов П. М. М. *География каменного века*. М.: Наука).
- Drexler E.** 1987. *A teremtés motorjai: A nanotechnológia jövőendő korszaka*. New York: Anchor Press/Doubleday.
- Drexler E.** *Nanorendszerek* 1992.: *Molekuláris gépek, gyártás és számítás*. New York: John Wiley & Sons.
- Drexler K. E.** 2013. *Radikális bőség: Hogyan változtatja meg a civilizációt a nanotechnológia forradalma*. New York: Public Affairs.
- Drucker P. F.** *Posztkapitalista* 1995. *társadalom*. New York: Harper Business.
- Drucker P. F.** *A holnap mérföldkövei* 1996.. New Brunswick; London: Transaction Publishers.
- Durkheim E.** 1997[1893]. *A munkamegosztás a társadalomban*. New York: Free Press.
- Dyakonov I. M.** 1999. *A történelem útjai*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dyatchin N. I.** 2001. *A technológiai fejlődés története*. Rostov-on-Don: Fenix. *Orosz nyelven* (Дятчин Н. И. *История развития техники*. Ростов-на-Дону: Феникс).
- Dymond J. S., Richardson S. M., Coombes C. E., Babatz T., Muller H., Annaluru N., Blake W. J., et al.** 2011. Szintetikus kromoszóma karok működése élesztőben és fenotípusos sokféleség létrehozása tervezéssel. *Nature* (4777365): 471-76. Doi:10.1038/nature10403.
- Ellul J.** *A 1964. technológiai társadalom*. New York: Vintage Books.
- Ellul J.** *Trahison* 1975. *de l'Occident*. Paris: Calmann-Levy.
- Ellul J.** 1982. *Changer de revolution: L'ineluctable proletariat*. Paris: Seuil.
- Ellul J.** 1984. *La subversion du Christianisme*. Paris: Seuil.
- Engels F.** 1955[1845]. A munkásosztály helyzete Angliában. *Collected Works*. Vol. 2. / К. Marx, F. Engels, pp. 231-517. Moszkva: Politoizdat. *Orosz nyelven* (Энгельс Ф. Положение рабочего класса в Англии. *Сочинения* / К. Маркс, Ф. Энгельс. 2-е изд. Т. 2, с. 231-517. М.: Политиздат).
- Ershov Yu. G.** 1984. A történelmi elv a világtörténelem periodizációjában. *Ezhegodnik Filosofskogo obshchestva SSSR: 270-277*. *Orosz nyelven* (Ершов Ю. Г. Принцип историзма в периодизации всемирной истории. *Ежегодник Философского общества СССР: 270-277*).
- Fainberg L. A.** 1986. Vadászok, gyűjtögetők, halászok korai ősi közössége. *Az őstársadalom története. Az őslakosság korszaka*.

- Közösség* / Szerkesztette: Yu. V. Bromley, pp. 130-235. Moszkva: Nauka.
Orosz nyelven (Файнберг Л. А. Раннепервобытная община охотников, соби- рателей, рыболовов. *История первобытного общества. Эпоха перво- бытной родовой общины* / Ред. Ю. В. Бромлей, 130-235. sz. M.: Наука).
- Ferguson N. 2011.** *Civilizáció: The West and the Rest*. New York: The Penguin Press.
- Field D. 2015.** Tökéletes genetikai tudás. *AeonMagazin*, 2015. szeptember 11.
URL: <https://aeon.co/essays/what-might-we-do-with-the-genomics-of-the-whole-planet>.
- Ferrari M. (szerk.) 2006.** *BioMEMS és orvosbiológiai nanotechnológia*. New York: Springer.
- von Foerster H. és Zopf G. W. 1962.** Az önszerveződés alapelvei. *Önszerveződés* / Szerkesztette M. C. Yovits, és S. Cameron, pp. 31-50. New York: Pergamon Press.
- Forbes R. J. Power. 1956.** A technológia története. *A mediterrán civilizációk és a középkor, Kr. e. 700 sz. és Kr. u. sz. között. 1500 Vol. /2 Szerk. Ch. Singer et al., 601-606. o.* London: Oxford University Press.
- Frank A. G. 1990.** Elméleti bevezetés a vilárendszer 5000 éves történetébe. *Review* 13(2): 155-248.
- Frank A. G. 1993.** A bronzkori vilárendszer és annak ciklusai. *Current Anthropology* 34: 383-413.
- Frank A. G. 1998.** *ReORIENT: Globális gazdaság az ázsiai korban*. Berkeley, Kalifornia: University of California Press.
- Frank A. G. és Gills, B. K. (szerk.) 1993.** *A vilárendszer: Ötszáz év ötezer éve*. London: Routledge.
- Freeman C. 1987.** Technikai innováció, diffúzió és a gazdasági fejlődés hosszú ciklusai. *The Long-Wave Debate* / Ed. by T. Vasko, pp. 295-309. Berlin: Springer.
- Freeman C. és Louçã F. 2001.** *Ahogy múlik az idő: Az ipari forradalomtól az információs forradalomig*. Oxford: Oxford University Press.
- Fukuyama F. 2002.** *Az emberiség utáni jövőnk: A biotechnológiai forradalom következményei*. New York: Farrar, Straus, and Giroux.
- Fung E. T., Thulasiraman V., Weinberger S. R., and Dalmasso E. A. 2001.** Protein Biochipek differenciális profilalkotáshoz. *Current Opinion in Biotechnol- ogy* 12(1): 65-69.

- Galtung, J. és Inayatullah, S. (szerk.) 1997.** *Makrotörténelem és makrohítoriák: Perspectives on Individual, Social, and Civilizational Change.* West- port, CT: Praeger Publishers.
- Gates B. A 2007.** mechanikus jövő: A Microsoft forradalmat jósol a robotika területén. *V mire nauki* 5: 36-43. *Orosz nyelven* (Гейтс Б. Механическое будущее: Microsoft предсказывает революцию в сфере робототехники. *В мире науки* 5: 36-43).
- Gellner E. Plough 1988.,** *Sword and Book. Az emberi történelem szerkezete.* Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Geyer M. és Bright C.** Világtörténelem 1995. a globális korban. *The American Historical Review* 100(4): 1034-1060.
- Ghosh O. K.** Az egyetemes történelem néhány 1964. elmélete. *Comparative Studies in Society and History* 7(1): 1-20.
- Gibbons A. Y. Y.** kromoszóma 1997. azt mutatja, hogy Ádám afrikai volt. *Science* 278: 804-805.
- Gille B.** A hatalom és a gépesítés 1969. problémái. *A technológia és a találmányok története: Progress through the Ages.* Vol. 1. *A technikai civilizáció eredete / Szerk. M. Daumas; ford. E. B. Hennessy.* New York.
- Gimpel J. A 1992.** középkori gépezet: *The Industrial Revolution of the Middle Ages.* ed. 2nd London: Pimlico.
- Glazyev S. Yu. 1993.** *A hosszú távú techno-gazdasági fejlődés elmélete.* Moszkva: VlaDar. *Orosz nyelven* (Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-господарского развития. М.: Владар).
- Glazyev S. Yu. 2009.** A világgazdasági válság mint a technológiai módok változásának folyamata. *Voprosy ekonomiki* 3: 26-32. *Orosz nyelven* (Глазьев С. Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов. *Вопросы экономики* 3: 26-32).
- Glen T., Giovannetti Jaggi G., Bialojan S., Zürcher J. és Hillenbach J.** *Határokön túl* 2013.. Biotechnológiai ipari jelentés Ernst 2013. & Young.
- Glick B. és Pasternak J. 2002.** *Molekuláris biotechnológia. Alapelvek és alkalmazás.* Moszkva: Mir. *Orosz nyelven* (Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. М.: Мир).
- Goebel T., Waters M. R., O'Rourke D. H. 2008.** The Late Pleistocene Dispersal of Modern Humans in the Americas. *Science* 319: 1497-1502.

- Goldstone J. A.** *Miért 2009. pont Európa? A Nyugat felemelkedése a világtörténelemben. 1500-1850.* New York: McGraw-Hill.
- Goldstone, J. A.** 2012. Eltérés a kulturális pályákon: The Power of the Traditional within the Early Modern. *Comparative Early Modernities 1100-1800* / Ed. by D. Porter, pp. 165-192. New York: Palgrave-Macmillan.
- Goldstone, J. A., Grinin, L. E., and Korotayev A. V.** 2015. *Történelem és matematika: Political Demography and Global Ageing.* Volgograd: Uchitel Publishing House.
- Google n.d.** *Google Self-Driving Car Project.* URL: <https://www.google.com/selfdrivingcar/>
- Goudsblom J.** 1996. Emberi történelem és hosszú távú társadalmi folyamatok: Toward a Synthesis of Chronology and Phaseology. *The Course of Human History. Gazdasági növekedés, társadalmi folyamatok és civilizáció* / Szerkesztette J. Goudsblom, E. L. Jones és S. Mennel, 15-30. o. New York: Sharpe.
- Green W. A.** 1992. Periodizáció az európai és a világtörténelemben. *Journal of World History* 3(1): 13-53.
- Green W. A.** 1995. A világtörténelem periodizálása. *History and Theory* 34: 99- 111.
- Szürke A. B. De, and Rae, M.** 2008. *Az öregedés befejezése: The Rejuvenation Break-throughs That Could Reverse Human Aging in Our Lifetime.* St. Martin's Press.
- Griffin A.** A szexrobotokat 2015. be kellene tiltani, mondják a kampányolók, mivel a mérnökök mesterséges intelligenciát akarnak beépíteni a szexuális játékokba. *Independent*, szeptember URL15.: <http://www.independent.co.uk/life-style/gadgets-and-tech/news/sex-robots-should-be-banned-say-campaigners-as-engineers-look-to-add-ai-to-sex-toys-10501622.html>.
- Griffin E.** *A brit ipari forradalom rövid 2010. története.* New York: Palgrave Macmillan.
- Grigoriev G. P.** 1969. Az őstársadalom és annak kultúrája a mousteriánus és a késő paleolitikum kezdetén. *A prisz-tine társadalom természete és fejlődése* / Szerk. I. P. Geraszimov, pp. 196-215. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Григорьев Г. П. Первобытное общество и его культура в мустье и начале позднего палеолита. *Природа и развитие первобытного общества* / Ред. И. П. Герасимов, с. 196-215. М.: Наука).
- Grill W. M., Norman Sh. E., and Bellamkonda R. V.** 2009. Implantált új-rális interfészek: Biochallenges and Engineered Solutions. *Annual Review of Biomedical Engineering* 11: 1-24.

- Grinin A. L. és Grinin L. E. 2015.** A kibernetikai forradalom és a történeti folyamat. *Social Evolution and History* 14(1): 125-184.
- Grinin A. L., Kholodova V. P., and Kuznetsov V. V. 2010.** A Mustár különböző fajtáinak sóállóképessége élettani mechanizmusainak összehasonlító elemzése. *Vestnik Rossiyskogo Universiteta Druzhy Narodov* 1: 27-38. *Oroszul* (Гринин А. Л., Холодова В. П., Кузнецов В. В. Сравнительный анализ физиологических механизмов солеустойчивости различных сортов горчицы. *Вестник Российского университета дружбы народов* 1: 27-38).
- Grinin L. E. 1997.** Formációk és civilizációk. A történelemszociológia társadalmi, politikai, etnikai és spirituális aspektusai. 4. fejezet. *Filosofia i obschestvo* 5: 5-63. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Формации и цивилизации. Гл. 4. Социально-политические, этнические и духовные аспекты социологии истории. *Философия и общество* 5: 5-63).
- Grinin L. E. 1998a.** Az életmód stabilizálódásának problémái és az emberiség fejlődésének perspektívái. *Az ember a modern felfogásokban / Szerkesztette N. V. Omelcsenko*, pp. 301-304. Volgograd: Izdatelstvo VolGU. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Проблемы стабилизации образа жизни и перспективы развития человечества. *Материалы Международной научной конференции "Человек in современных философских концепциях"*, с. 301-304. Волгоград, 17-19 сентября. Волгоград: Изд-во ВолГУ).
- Grinin L. E. 1998b.** Formációk és civilizációk. 6. fejezet: A civilizáció fogalma a történelmi folyamat elméletének keretében. *Filosofia i obschestvo* 2: 5-89. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Формации и цивилизации. Глава 6. Понятие цивилизации in рамках теории исторического процесса. *Философия и общество* 6: 5-51).
- Grinin L. E. 1999.** Modern termelőerők és a nemzeti önrendelkezés kérdése. *Filosofia i obschestvo* 4: 5-44. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Современные производительные силы и проблемы национального суверенитета. *Философия и общество* 4: 5-44).
- Grinin L. E. 2000.** Formációk és civilizációk. Ch. 9. A haszonelvű termelés és a termelési forradalom (1-4. §). *Filosofia i obschestvo* 1: 5-73; (2): 5-43; (3): 5-49. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Формации и цивилизации. Гл. 9 (§ 1-4). *Философия и общество* 1: 5-73; (2): 5-43; (3): 5-49).

- Grinin L. E. 2003a.** *Termelőerők és történelmi folyamatok.* Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *Производительные силы и исторический процесс.* Изд. 2-е, перераб. и доп. Волгоград: Учитель).
- Grinin L. E. 2003b.** *Filozófia, szociológia és történelemelmélet.* Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *Философия, социология и теория истории.* Изд. 3-е, перераб. и доп. Волгоград: Учитель).
- Grinin L. E. 2005.** Globalizáció és nemzeti szuverenitás. *Istoria i sovremennost 1: 6-31. Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Глобализация и национальный суверенитет. *История и современность 1: 6-31*).
- Grinin L. E. 2006a.** A történelem periodizációja: A Theoretic-Mathematical Analysis. *History & Mathematics: A globális fejlődés elemzése és modellezése* / Szerkesztette: L. E. Grinin, V. de Munck és A. V. Korotajev, pp. 10-38. Mos- tehen: KomKniga.
- Grinin L. E. 2006b.** *A termelőerők és a történelmi folyamat.* 3rd kiadás. Moszkva: KomKniga. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *Производительные силы и исторический процесс.* 3-е изд. М.: КомКнига/URSS).
- Grinin, L. E. 2006c.** A történelem periodizációjának módszertani alapjai. *Filosofskie nauki* 8: 117-123; 9: 127-130. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Методологические основания периодизации истории. *Философские науки* 8: 117-123; 9: 127-130).
- Grinin L. E. 2007a.** Termelési forradalmak és a történelem periodizációja: A Comparative and Theoretic-Mathematical Approach. *Társadalmi fejlődés és történelem* 6(2): 75-120.
- Grinin L. E. 2007b.** Termelési forradalmak és a történelem periodizációja. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 77(2): 150-156.
- Grinin L. E. 2007c.** *Állam és történelmi folyamat: A történelmi folyamat politikai metszete.* Moszkva: KomKniga/URSS. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *Государство и исторический процесс: Политический срез исторического процесса.* М.: ЛИБРОКОМ/URSS).
- Grinin L. E. 2008.** Globalizáció és a szuverenitás átalakulásának modelljei a nyugati és nem nyugati országokban. *Human and Nature. Kihívás és válasz* / Szerkesztette: E. S. Kulpin, pp. 53-88. Moszkva: IAC- Energiya. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Глобализация и модели трансформации суверенности в западных и незападных странах. *Человек и природа: Вызов и ответ* / Ред. Э. С. Кульпин, с. 56-88. М.: ИАЦ- Энергия).

- Grinin L. E. 2009a.** Az állam a múltban és a jövőben. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 79(5): 480-486.
- Grinin L. E. 2009b.** *Állam és történelmi folyamat. The Political Facet of Historical Process.* ed2nd. Moszkva: LIBROKOM/URSS. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *Государство и исторический процесс: Политический срез исторического folyamat.* М.: ЛИБРОКОМ/URSS).
- Grinin L. E. 2011a.** A globalizáció eredete: Világrendszer-elemzés. *Vek globalizatsii* 1(7): 80-94. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Истоки глобализации: Мир-системный анализ. *Век глобализации* 1: 80-94).
- Grinin L. E. 2011b.** *Konfuciusztól Comte-ig. A filozófia elméletének, metodológiájának és történetének megalapozása.* Moszkva: LKI. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. *От Конфуция до Конта. Становление теории, методологии и фило-софии истории.* М.: ЛИБРОКОМ).
- Grinin L. E. 2012a.** *Makrotörténelem és globalizáció.* Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E. 2012b.** A nemzetközi rendszer új alapjai, avagy miért veszítik el szuverenitásukat az államok a globalizáció korában? *Journal of Globalization Studies* 3(1): 3-38.
- Grinin L. E. 2012c.** Kondratieff-hullámok, technológiai módozatok és a termelési forradalmak elmélete. *Kondratieff-hullámok: Aspects and Perspectives* / Szerkesztette: A. A. Akayev, R. S. Grinberg, L. E. Grinin, A. V. Korotayev és S. Yu. Malkov, pp. 222-262. Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Кондратьевские волны, технологические уклады и теория производственных революций. *Кондратьевские волны: Aspekte u perspektivy* / Ред. А. А. Акаев, Р. С. Гринберг, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 222-262. Волгоград: Учитель).
- Grinin L. E. 2013.** A Kondratieff-hullámok dinamikája a termelési forradalmak elméletének tükrében. *Kondratieff-hullámok: Az eszmék spektruma* / Szerkesztette: L. E. Grinin, A. V. Korotajev és S. Yu. Malkov, pp. 31-83. Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е. Динамика кондратьевских волн в свете теории производственных революций. *Кондратьевские волны: Палитра взглядов* / Отв. ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков, с. 31-83. Волгоград: Учитель).
- Grinin L. E. és Grinin A. L. 2013a.** A technológia makroevolúciója. *Evolution: Development within Big History, Evolutionary and World-System Paradigms* / Ed. by L. E. Grinin, and A. V. Korotayev, pp. 143-178. Volgograd: 'Uchitel' Kiadó.
- Grinin L. E., Grinin A. L. 2013b.** Globális technológiai átalakulások. *Globalisztika és globalizációs tanulmányok: Globalizáció: Elméletek, kutatás és tanítás.*

- Évkönyv / Szerkesztette: L. E. Grinin, I. V. Iljin, A. V. Korotajev, pp. 98-128. Volgograd: Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E. és Grinin A. L. 2014.** A hatodik Kondratieff-hullám és a kibernetikai forradalom. *Kondratieff-hullámok: Juglar - Kuznets - Kondratieff* / Szerkesztette L. E. Grinin, T. C. Devezas és A. V. Korotajev, pp. 354-377. Volgograd: 'Uchitel' Kiadó.
- Grinin L. E. és Grinin A. L. 2015.** *A bifaces-től a nanorobotokig. A világ az önszabályozó rendszerek korszaka felé vezető úton (Technológiák története és jövőbeli fejlődésük leírása)*. Moszkva: Uchitel Kiadó moszkvai fiókja. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е., Гринин А. Л. *От ру- бил до нанороботов. Мир на пути к эпохе самоуправляемых систем (история технологий и описание их будущего)*). М.: Московская редакция изд-ва "Учитель").
- Grinin L. E., Herrmann P., Korotajev A. V., and Tausch A. (Eds.) 2010.** *Történelem és matematika: Processes and Models of Global Dynamics*. Vol- gograd: 'Uchitel' Kiadó.
- Grinin L. E. és Korotajev A. V. 2006.** A vilárendszer politikai fejlődése: Formális kvantitatív elemzés. In Malkov, S. Yu., Grinin, L. E., and Korotajev, A. V. (eds.), *History & Mathematics: History Dynamics and Development of Complex Societies* (pp. 49-101). Moszkva: KomKniga.
- Grinin L. E. és Korotajev A. V. 2009.** *Társadalmi makroeolúció. A vilárendszer genezise és átalakulásai*. Moszkva: Libro- com" Kiadó: Moszkva. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е., Коротаев А. В. *Социальная макроэво- люция. Генезис и трансформации Мир-Системы*. М.: ЛИБРОКОМ).
- Grinin L. E. és Korotajev A. V. 2010a.** A globális válság globális átalakulásokhoz vezet? 1. A globális pénzügyi rendszer: Pro és kontra. *Journal of Globalization Studies* 1(1): 70-89.
- Grinin L. E., and Korotajev A. V. 2010b.** A globális válság globális átalakulásokhoz vezet? 2. Az új koalíciók eljövendő korszaka. *Journal of Globalization Studies* 1(2): 166-183.
- Grinin L. E., and Korotajev A. V. 2010c.** *Globális válság visszatekintésben: Az emelkedések és válságok rövid története; Lükurgosztól Alan Greenspanig*. Moszkva: LIBROCOM. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е., Коротаев А. В. *Гло- бальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризи- сов от Лукурга до Алана Гринспена*. М.: ЛИБРОКОМ).
- Grinin L. E., and Korotajev A. V. 2013.** A globalizáció és a vilárendszer fejlődése. *Evolution: Development within Different Paradigms* / Szerk.

- L. E. Grinin és A. V. Korotajev, pp. 30-68. Volgograd: Uchitel Kiadó.
- Grinin L. E., and Korotajev A. V. 2014a.** A Kondratieff-hullámok és a Juglar-ciklusok kölcsönhatása. *Kondratieff Waves. Juglar - Kuznets - Kondratieff*. Évkönyv / Szerkesztette: L. E. Grinin, T. C. Devezas és A. V. Korotajev, pp. 25-95. Volgograd: 'Uchitel' Kiadó.
- Grinin, L. E. és Korotajev, A. V. (szerk.). 2014b.** *Történelem és matematika: Trends and Cycles*. Évkönyv. Volgograd: 'Uchitel' Kiadó.
- Grinin L. E., and Korotajev A. V. 2015a.** *Nagy divergencia és nagy konvergencia: A Global Perspective*. N. p: Springer.
- Grinin, L. E., and Korotajev A. V. 2015b.** A globális népesség előregedése, a hatodik Kondratieff-hullám és a globális pénzügyi rendszer. *Történelem és matematika: Politikai demográfia és globális öregedés / Szerkesztette: J. A. Goldstone, L. E. Grinin és A. V. Korotajev*. Volgograd: Uchitel Publishing House.
- Grinin L. E., Korotajev A. V. és Malkov S. Yu. 2010.** A Juglar-ciklusok és a jelenlegi globális válság matematikai modellje. *History & Mathematics Processes and Models of Global Dynamics / Ed. by L. Grinin, P. Herrmann, A. Korotajev, and A. Tausch*, pp. 138-187. Volgograd: Uchitel.
- Grinin L. E., Korotajev A. V. és Markov A. V. 2012.** A makroevolúció biológiai és társadalmi fázisai: Az evolúciós elvek és mozgások hasonlóságai és különbségei. *Evolution: A modern evolucionizmus szempontjai / Szerk.* L. E. Grinin, A. V. Korotajev, A. V. Markov, pp. 130-176. Moszkva: LKI. *Orosz nyelven* (Гринин Л. Е., Коротаев А. В., Марков А. В. Биологическая и социальная фазы макроэволюции: сходства и различия эволюционных принципов и механизмов. *Эволюция: Аспекты современного эволюционизма / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков*, с. 130-176. М.: ЛКИ).
- Grinin L. E., Korotajev A. V., and Tausch 2016.** *Gazdasági ciklusok, válságok és a globális periféria*. Springer. In press.
- Grinin L. E., de Munck, V. C., és Korotajev, A. V. (szerk.) 2006.** *Történelem és matematika: A globális fejlődés elemzése és modellezése*. Moszkva: KomKniga.
- Gulyaev V. I. 1972.** *Mezoamerika legősibb civilizációi*. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Гуляев В. И. Древнейшие цивилизации Мезоамерики. М.: Наука).

- Gupta A. K. 2004.** A mezőgazdaság eredete, valamint a növények és az állatok háziiasítása a kora holocén klímaváltozással összefüggésben. *Current Science* (871): 54-59.
- Gurdon J. B. és Colman A. 1999.** A klónozás jövője. *Nature* (4026763): 743-746.
- Gurevich A. Ya. 1969.** A történelmi törvényszerűségekről. *A történettudomány filozófiai kérdései* / Szerkesztette A. V. Gulyga, Yu. A. Levada, pp. 51-79. Mos- tehen: Nauka. *Orosz nyelven* (Гуревич А. Я. Об исторической законо- мерности. *Философские проблемы исторической науки* / Ред. А. В. Гу- лыга, Ю. А. Левада, с. 51-79. М.: Наука).
- Gurevich A. Ya. 2005.** *A történelem - végtelen vita.* Moszkva: Russian State University for the Humanities. *Orosz nyelven* (Гуревич А. Я. *История - нескончаемый спор. Медиевистика и скандинавистика.* М.: Россий- ский государственный гуманитарный университет).
- Hall F. 1986.** A mezőgazdaság eredete és fejlődése. *Ancient Civiliza- tions of the Orient* / szerk. V. M. Masson, pp. 201-204. Tashkent: FAN. *Orosz nyelven* (Холл Ф. Происхождение и развитие земледелия. *Древние ци- вилизации Востока*, с. 201-204. Ташкент: ФАН).
- Harlan D. R. 1986.** Az iráni fennsík és a szomszédos régiók főbb zöldségkultúráinak erőforrásbázisa. *A Kelet ősi civilizációi* / Szerk. V. M. Masson, 199-201. o. Taskent: FAN. *Orosz nyelven* (Харлан Д. Р. Ре- сурсная база основных растительных культур Иранского плато и со- седних регионов. *Древние цивилизации Востока* / ред. В. М. Массон, с. 199-201. Ташкент: ФАН).
- Harris D. és Hillman G. (szerk.) 1989.** An Evolutionary Continuum of Peo- ple - Plant Interaction. *Foraging and Farming. The Evolution of Plant Ex- ploitation.* London: Unwin Hyman.
- Harris M. 1997.** *Kultúra, emberek, természet: An Introduction to General Anthro- pology.* ed7th. New York, NY: Longman.
- Henderson W. O. 1961.** *Az ipari forradalom a kontinensen: Németország, Franciaország, Oroszország, 1800-1914.* [London]: F. Cass.
- Henshilwood C. S. et al. 2011.** A 100,000-Year-Old Ochre Processing Workshop at Blombos Cave, South Africa. *Science* 334/6053: 219-222.
- Hill Ch. 1955.** *Az 1640-es angol forradalom.* 3. kiadás. London: Lawrence & Wishart.
- Hirooka M. 2006.** *Innovációs dinamizmus és gazdasági növekedés. Egy nemlineáris perspektíva.* Cheltenham - Northampton: Edward Elgar.

- Holden C. 1998.** Nincs utolsó szó a nyelv eredetéről. *Science* 282: 1455- 1458.
- Hoot L. R. 2010.** Az újkori történelemtanítás elméleti és módszertani kérdései az orosz történetírásban a XX. és XXI. század küszöbén. Moszkva: MGPU. *Orosz nyelven* (Хут Л. Р. Теоретико-методологические проблемки vizsgálata истории Нового времени в отечественной историографии рубежа XX-XXI вв. М.: МГПУ).
- Hotinskij N. A. 1989.** A táj és az éghajlat változásai a késő jégkorszakban a Szovjetunió területén. *Paleoklíma és eljegesedés a pleisz-tocénben* / Szerk. Ye. Gurtovaya, and M. A. Faustova, pp. 39-46. Moszkva: Nauka. *In Russian* (Хотинский Н. А. Ландшафтно- климатические változások a позднеледниковое время на территории СССР. *Палеоклиматы и оледенения в плейстоцене* / Ред. А. А. Велич- ко, Е. Е. Гуртовая, М. А. Фаустова, с. 39-46. М.: Наука).
- Hotsej A. S. 2000.** *A társadalom elmélete.* 3 kötet. 3. kötet. 1. rész. *Bürokratizmus. A formációk elmélete.* Kazany: Matbughat-Iorty. *Orosz nyelven* (Хочей А. С. Теория общества: в 3 т. Т. 3. Кн. 1. *Бюрократизм. Теория формаций.* Казань: Матбугат Йорты).
- Howell O'Neill P. 2014.** Ezek az öntanuló robotok még több robotot fognak 3D-ben nyomtatni. *The Daily Dot.* November 12. URL: <http://www.dailymdot.com/technology/3d-printed-robots-explore/>.
- Huang P. C. C. 2002.** Fejlődés vagy forradalom a tizenharmadik századi Britanniában és Kínában? Kenneth Pomeranz "A nagy eltérés" című könyvének áttekintése: Kína, Európa és a modern világ gazdaság kialakulása". *The Journal of Asian Studies* 61(2): 501-538.
- Huntington, S. P. 1996.** *A civilizációk összecsapása és a világrend átalakítása.* New York: Simon Schuster,
- Ingold T. 1980.** *Vadászok, pásztorok és farmerek: Rénszarvas-gazdaságok és átalakulásuk.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Ingold T. 2002.** Az evolúció és a történelem közötti különbségtételről. *Social Evolution and History* 1(1): 5-24.
- Inozemtsev V. L. (szerk.). 1999.** *Az új kikötő-ipari hullám Nyugaton.* Moszkva: Akadémia. *Orosz nyelven* (Иноземцев В. Л. (Ред.) *Новая пост-индустриальная волна на Западе.* М.: Academia).
- Islamov T. M. és Freidzon V. I. 1986.** A feodalizmusból a kapitalizmusba való átmenet Nyugat-, Közép- és Délkelet-Európában. *Novaja i*

- noveishaya istoriya* 1: 83-96. *Oroszul* (Исламов Т. М., Фрейдзон В. И. 1986. Переход от феодализма к капитализму in Западной, Центральной и Юго-Восточной Европе. *Новая и новейшая история* 1: 83-96).
- ISO TC 2005.** *Nanotechnológiák* 229. URL: http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=381983.
- Israel J. I. 1995.** *A Holland Köztársaság, felemelkedése, nagysága és bukása. 1477-1806.* Oxford: Clarendon Press.
- Jaspers, K. 1953.** *A történelem eredete és célja.* New Haven, CT: Yale University Press.
- Johnson A. H. 1955.** *Európa a tizenhatodik században, 1494-1598.* London: London: Rivingtons.
- Jones, E. L. 1981.** *Az európai csoda: Környezet, gazdaság és geopolitika Európa és Ázsia történetében.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Jones J. R. 1996.** *A tizenhetedik századi angol-holland háborúk.* London; New York: Longman.
- Jotter és F. 2008.** *A bi-onanotechnológia új koncepcionális, etikai és politikai kérdései.* Vol:101. Springer Science & Business Media.
- Joy B. 2000.** *Miért nem kellünk a jövőnek? Wired, április, vol. No. 8.4.* URL: <http://www.wired.com/2000/04/joy-2/>.
- Kahn H. 1983.** *Az eljövendő fellendülés: gazdasági, politikai és társadalmi.* New York: Simon & Schuster.
- Kamionskaya A. M. Biotechnológia** 2011.. URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0187:cikk>. *Orosz nyelven* (Камионская А. М. Биотехнология. URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0187:cikk>).
- Kahn H. 1982.** *Az eljövendő fellendülés: gazdasági, politikai és társadalmi.* N. Y: Simon & Schuster.
- Kapitza S. P. 2004a.** *Globális demográfiai forradalom és a Humán emberiség jövője. Novaya i noveishaya istoria* 4: 42-54. *Orosz nyelven* (Капица С. П. Глобальная демографическая революция и будущее человечества. *Новая и новейшая история* 4: 42-54).
- Kapitza S. P. 2004b.** *A történelmi idő felgyorsulásáról. Novaya i noveishaya istoria* 6: 3-16. *Orosz nyelven* (Капица С. П. Об ускорении исторического времени. *Новая и новейшая история* 6: 3-16).

- Kapitza S. P. 2006.** A történelmi idő felgyorsulásáról. *Történelem és matematika: A történelmi makrofolyamatok periodizációjának problémái* / Szerk. L. E. Grinin, A. V. Korotajev és S. Yu. Malkov, pp. 12-30. Moszkva: KomKniga.
- Kapitza S. P., Kurdjumov S. P. és Malinetskij G. G. 1997.** *Komplexitási tanulmányok és jövőbeli előrejelzések.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. *Синергетика и прогнозы будущего.* М.: Наука).
- Kaufman D. 1999.** *Régészeti perspektívák a modern humans eredetéről. A View from Levant.* Westport, CT: Bergin & Garvey.
- Kazankov A. A. 2012.** Hozzászólások A. M. Burovskij "A Nyugat a pleisztocén idején" című tanulmányához. *Evolution: A modern evolucionizmus szempontjai* / Szerkesztette L. E. Grinin, A. V. Korotajev és A. V. Markov, pp. 271-279. Mos- tehen: LIBROCOM. *Orosz nyelven* (Казанков А. А. Комментарии по поводу статьи А. М. Буровского ""Запад" эпохи плейстоцена". *Эволюция: Аспекты современного эволюционизма* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 271-279. М.: ЛИБРОКОМ).
- Khel I. 2015.** Tíz technológia, amely megemlékezik a 2015-ös évről. *Hi-News.* URL: <http://hi-news.ru/technology/10-technologij-kotorymi-dolzhen-zapomnitsya-2015-god.html>. *Orosz nyelven* (Хель И. 10 Technologiien, которыми должен запомниться год2015. URL: <http://hi-news.ru/technology/10-technologij-kotorymi-dolzhen-zapomnitsya-2015-god.html>).
- Kleinknecht A. 1981.** Innováció, felhalmozás és válság: Hullámok az ökonomikus fejlődésben? *Review* 4(4): 683-711.
- Kleinknecht A. 1987.** *Innovációs minták válságban és jólétben: Schumpeter hosszú ciklusa újragondolva.* London: Macmillan.
- Kleinknecht A. és van der Panne G. 2006.** Kinek volt igaza? Kuznets 1930-ban vagy Schumpeter 1939-ben? *Kondratieff-hullámok, hadviselés és világbiztonság* / szerk. T. C. Devezas, pp. 118-127. Amsterdam: Amsterdam: IOS Press.
- Klima B. 2003.** A modern típusú Homo sapiens időszak az élelmiszertermelés megkezdése előtt (a termelőgazdaság). *Az emberiség története.* Vol. 1. *Az ősidő és a civilizációk kezdetei*, pp. 198-207. Moszkva: UNESCO. *Orosz nyelven* (Клима Б. Период человека разумного современного вида до начала производства пищи (производящего хозяйства): общий обзор (за исключением искусства). *История Человечества.* Т. 1. *Доисторические времена и начала цивилизации*, с. 198-207. М.: ЮНЕСКО).

- Knowles L. C. A. 1937.** *Az ipari és kereskedelmi forradalmak Nagy-Britanniában a tizenkilencedik században.* London: London: Routledge; New York: Dutton.
- Kondratieff N. D.** A közgazdaságtan 1925. statikus és dinamikus szemlélete. *Quarterly Journal of Economics* 39(4): 575-583.
- Kondratieff N. D. 1935.** A hosszú hullámok a gazdasági életben. *Review of Economic Statistics* (176): 105-115.
- Kondratieff V. B. 2011.** A globális gyógyszeripar. "Perspektivy" July URL18: http://www.perspektivy.info/book/globalnaja_farmaceuticheskaia_promyshlennost_2011-07-18.htm. *Orosz nyelven* (Кондратьев В. Б. Глобальная фармацевтическая промышленность. "Перспективы").
- Kopetz H. 2013.** Megújuló erőforrások: A biomassza energiapiac kiépítése. *Nature* 494(7435): 29-31. DOI: 10.1038/494029a.
- Koronovskij N. V. és Yakushova A. F. 1991.** *A geológia alapjai.* Moszkva: Vysshaya Shkola. *Orosz nyelven* (Короновский Н. В., Якушова А. Ф. Основы геологии. М.: Высшая школа).
- Korotajev A. V. 2006.** A vilárendszer-történelem periodizációja és a társadalmi-történelmi folyamatok matematikai modelljei. *History & Mathematics: Analyzing and Modeling Global Development* / Ed. by L. E. Grinin, V. de Munck, and A. V. Korotajev, pp. 39-98. Moszkva: KomKniga.
- Korotajev A. V. és Grinin L. E. 2006.** Urbanizáció és a vilárendszer politikai fejlődése: A Comparative Quantitative Analysis. *History and Mathematics: Historical Dynamics and Development of Complex Societies* / Ed. by P. Turchin, L. Grinin, V. de Munck, and A. Korotajev, pp. 115-153. Moszkva: URSS.
- Korotajev A. V., and Grinin L. E. 2012.** Kondratieff-hullámok a vilárendszer perspektívájában Kondratieff-hullámok. *Dimensions and prospects at the dawn of the 21st century* / Ed. by L. E. Grinin, T. C. Devezas, and A. V. Korotajev, pp. 23-64. Volgograd: Uchitel.
- Korotajev A. V., Malkov A. S., and Khaltourina D. A. 2006a.** *Bevezetés a társadalmi makrodinamikába: A vilárendszer növekedésének kompakt makromodelljei.* Moszkva: URSS.
- Korotajev A. V., Malkov A. S., and Khaltourina D. A. 2006b.** *Bevezetés a társadalmi makrodinamikába: Szekuláris ciklusok és évezredes tendenciák.* Moszkva: URSS.
- Kostina G. 2013.** Generation R. *Expert*, március 25-31.: 63-65. *Oroszul* (Костина Г. Поколение R. *Эксперт*, 25-31 марта: 63-65).

- Kosven M. O.** *Essays 1953. on the History of Primitive Culture.* Moszkva. *Orosz nyelven* (Косвен М. О. *Очерки истории первобытной культуры.* М. М.).
- Kotov N. A., Winter J. O., Clements I. P., Jan E., Timko B. P., Campidelli St., és Pathak S., et al.** 2009. Nanoanyagok az idegi interfészekhez. *Advanced Materials* (2140): 3970-4004.
- Kovalchuk M. V.** A tudomány és a technológia 2011.konvergenciája: A jövőbe való áttörés. *Rossiiskie nanotekhnologii* 3: 134-158. *Orosz nyelven* (Ковальчук М. В. Конвергенция наук и технологий - прорыв in будущее. *Российские нанотехнологии* 6 (1-2). URL: <http://www.nrcki.ru/files/nbik01.pdf>).
- Kremkova V. M.** 1936. Az évszázadok a tizediktől a tizenkettedikig. Anglia és Franciaország mezőgazdaságának történetéből. *A mezőgazdaság története / Szerkesztette N. J. Vavilov és V. P. Williams*, pp. 125-163. Moszkva: Academy of Sciences Press. *Orosz nyelven* (Кремкова В. М. Века X-XII. Из истории сельскохозяйственной техники Англии и Франции. *История агро- культуры / Ред. Н. И. Вавилов, В. Р. Вильямс и др., с. 125-162.* М.: Изд-во Академии наук).
- Kurzweil R.** 1999 . *A szellemi gépek kora.* New York: Kurzweil: Penguin Books.
- Kurzweil R.** A 2005. *szingularitás közel van.* London: Viking Penguin.
- Kramer S. N. Kramer S. N.** A történelem Shumerben 1965. *kezdődik.* Moszkva: Nauka. *Oroszul* (Крамер С. Н. *История начинается in Шумере.* М.: Наука).
- Labriola, A.** [1896]1986. *Esszék a történelem materialista felfogásáról.* Chicago, IL: Charles H. Kerr & Company.
- Lambert D.** *Az 1991. őskori ember. A Cambridge Guide.* Leningrád: Nedra. *Orosz nyelven* (Ламберт Д. *Доисторический человек. Кембриджский путеводитель.* Л.: Недра).
- Lamberg-Karlovsky C. C. és Sabloff J. A.** *Ancient 1979. Civilizations. A Közel-Kelet és Mezoamerika.* Menlo Park: Benjamin/Cummings Publishing.
- Lane N. és Kalil T.** A 2007. nemzeti nanotechnológiai kezdeményezés: Jelen a létrehozásnál. *A tudomány és a technológia kérdései.* URL: <http://www.issues.org/21.4/lane.html>.
- Lazurenko S.** 1992. A gazdasági dinamika hosszú távú oszcillációinak problémái. *Voprosy ekonomiki* 10: 69-75. *Orosz nyelven* (Лазуренко С. Проблемы долговременных колебаний экономической динамики. *Вопросы экономики* 10: 69-75).

- Lebedev M. A., Nicoletis M. A. L. 2006.** Agy-gép interfészek: Múlt, jelen és jövő. *Trends in Neurosciences* 29(9): 536-546. URL: <http://doi.org/10.1016/j.tins.2006.07.004>.
- Lem S. 1968.** *Summa Technologiae*. Moszkva: Mir. Orosz nyelven (Лем С. Сумма технологии. М.: Мир).
- Leshina A. 2012.** A biológiai eredet plaszticitása. *Khimiya i Zhisn - XX vek 9: 2-5. Orosz nyelven* (Лешина А. Пластики биологического происхождения. Химия и жизнь - XX в. 9: 2-5).
- Levy D. 2008.** *Szerelem és szex robotokkal: The Evolution of Human-Robot Relationships*. New York: Harper Perennial.
- Lieberman S. (szerk.) 1972.** *Európa és az ipari forradalom*. Cambridge, MA: Schenkman.
- Lilley S. Emberek1966., gépek és történelem: A szerszámok és gépek története a társadalmi fejlődéssel összefüggésben.** New York: International Publishers.
- Lilley S. 1976.** Technológiai fejlődés és az ipari forradalom, 1700-1914. *Az ipari forradalom, 1700-1914. The Fontana Economic History of Europe*. Vol. /3 Ed. by C. M. Cipolla, pp. 187-254. New York: The Harvest Press Limited; Barnes & Noble.
- Lips J. E. A dolgok 1956.eredete.** New York: Fawcett.
- Little D. Mikroalapok1998., módszer és ok-okozati összefüggések: A társadalomtudományok filozófiájáról.** New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Little D. 2000a.** A nagy léptékű történelmi változások magyarázata. *Philosophy of the Social Sciences* (301): 89-112.
- Little D. 2000b.** *Történelmi fogalmak, társadalmi ontológia, makrotörténelem.* URL: <http://www-personal.umd.umich.edu/~delittle/Historical%20Concepts%20SSHA.htm>.
- Lurie I., Lyapunova K., Mathieu M., Piotrovsky B., and Flitner M. 1939.** *Essays on History of Technology in the Ancient East*. Moszkva; Leningrád: Szovjetunió Tudományos Akadémia Kiadó. Orosz nyelven (Лурье И., Ляпунова К., Матье М., Пиотровский Б., Флитнер М. Очерки по истории техники древнего Востока. М. Л.: Изд-во АН СССР).
- Lucas A. R. Ipari 2005.malomipar az ókori és középkori világban. A középkori európai ipari forradalom bizonyítékainak áttekintése.** *Technology and Culture* (461): 1-30.
- Lynch Z. 2004.** Neurotechnológia és társadalom 2010-2060. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1031: 229-233.

- Maddison A. 2007.** *A világgazdaság körvonalai, 1-2030.* Oxford: Oxford University Press.
- Makarov I. M., és Topcheev Yu. I. 2003.** *Robotika. History and Prospects.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Макаров И. М., Топчев Ю. И. *Робототехника. История и перспективы.* М.: Наука).
- Mallouk Th. E., és Sen, A. Powering2009.** Nanorobotok. *Scientific American* 300(5): 72-77.
- Manuel, F. E. 1965.** *A filozófiatörténet alakzatai.* Stanford: Stanford University Press.
- Masson V. M. 1967.** Az ősi mezőgazdaság. *A mezőgazdaság kialakulása és fejlődése / Szerkesztette: V. D. Blavatsky és A. V. Nikitin, pp. 5-32.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Массон В. М. Первобытное земледелие. Возникновение и развитие земледелия / Ред. Блаватский В. Д., Никитин А. В., с. 5-32. М.: Наука).
- Mumford L. 1966.** *A gép mítosza: Technika és emberi fejlődés.* Vol. New1. York: Harcourt, Brace & World.
- Mann M. 1986.** *A társadalmi hatalom forrásai.* Vol. 1. *A hatalom története a kezdetektől Kr.1760 u. .* Cambridge: Cambridge University Press.
- Mann, M. 1993.** *A társadalmi hatalom forrásai.* 2. kötet: *Az osztályok és nemzetállamok felemelkedése 1760-1914.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Manning P. 1996.** A világtörténelem kölcsönhatásának problémája. *The American Historical Review* 101(3): 771-782.
- Mantoux P. 1929.** *Az ipari forradalom a tizennyolcadik században: A modern gyári rendszer kezdeteinek vázlatja Angliában.* Fordította: Marjorie Vernon. London: Jonathan Cape.
- Marcus J. és Feinman G. M. 1998.** Bevezetés. In Feinman, G. M., and Marcus, J. (szerk.), *Archaic States* (pp. 3-13). Santa Fe, NM: School of American Research Press.
- Markov A. V. 2011a.** *The Evolution of Human.* vols2. Vol. *Majmok1., csontok és gének.* Moszkva: Astrel, Corpus. *Orosz nyelven* (Марков А. В. *Эволюция человека: в т2. Т. 1. Обезьяны, кости и гены.* М.: Астрель, Corpus).
- Markov A. V. 2011b.** *Az ember evolúciója.* 2 vols. Vol. 2. *Majmok, idegsejtek és lélek.* Moszkva: Astrel, Corpus. *Orosz nyelven* (Марков А. В. *Эволюция человека: в т2. Т. 2. Обезьяны, нейроны и душа.* М.: Астрель, Corpus).
- Markov A. V. Antropogenezis2012.:** A globális történelem különleges fejezete. *Az Univerzum, a Föld, az élet és a társadalom evolúciója / Szerk. L. E. Grinin, I. V. Iljin és A. V. Korotajev, 295-314. o. Volgográd: Uchitel. In*

ok

- Orosz (Марков А. В. Антропогенез - особая глава глобальной истории. *Эволюция Вселенной, Земли, жизни и общества* / Ред. Л. Е. Гринин, И. В. Ильин, А. В. Коротаев, с. 295-314. Волгоград: Учитель).
- Markov G. Ye. 1979.** *A gazdaság és az anyagi kultúra története a primitív közösségi és korai osztálytársadalomban.* Moszkva: MSU. *Orosz nyelven* (Марков Г. Е. *История хозяйства и первобытной культуры в первобытно-общинном и раннеклассовом társadalom.* М.: МГУ).
- Marks A. E. 1993.** A korai felső paleolitikum: A levantei kilátás. *Before Lascaux: The Complete Record of the Early Upper Paleolithic* / Szerkesztette H. Knecht, A. Pike-Tay és R. White, pp. 5-22. Boca Raton: CRC Press.
- Martin J. 1981.** *Telematikus társadalom. A holnap kihívása.* Englewood Cliff, NY: Prentice Hall.
- Martin H.-P., Schumann H. 1997.** *A globális csapda: A globalizáció és a jólét és a demokrácia elleni támadás.* Leichardt: Pluto Press.
- Martyushev-Poklad A. 2015.** Mi történik az orvostudományban: Egy boncolási jegyzőkönyv (1). *Aftershock.* URL: <http://aftershock.su/?q=node/300253>. *Orosz nyelven* (Матюшев-Поклад А. Что происходит с медициной: протокол вскрытия (1). *Utóregés.* URL: <http://aftershock.su/?q=node/300253>).
- Marx V. Az áttétek nyomon 2013.** követése és a rák kicselezése. *Nature* 494: 131-136. URL: <http://www.nature.com/nature/journal/v494/n7435/full/494131a.html>.
- Marx K. 1960[1867].** A tőke. Kötet: *Összegyűjtött művek* / K. Marx, F. Engels. szerk^{2nd}. Vol. 23. Moszkva: Politizdat. *Orosz nyelven* (Маркс К. Капитал. Т. 1. *Сочинения* / К. Маркс, Ф. Энгельс. 2-е изд. Т. 23. М.: Политиздат).
- Masson V. M. 1980.** A korai agrártársadalmak és a városi települések kialakulása. *A korai földművesek, a néprajzi esszék* / Szerk. N. A. Butinov, A. M. Reshetov, pp. 178-185. Leningrád: Nauka. *Orosz nyelven* (Массон В. М. Раннеземледельческие общества и формирование поселений городского типа. *Ранние земледельцы. Этнографические очерки* / Ред. Н. А. Бутинов, А. М. Решетов, с. 178-185. Л.: Наука).
- Masson V. M. 1989.** *első civilizációk.* Leningrád: Nauka. *Oroszul* (Масон В. М. М. *Первые цивилизации.* Л.: Наука).
- Matyushin G. N. 1972.** *történelem bölcsőjénél.* Moszkva: Prosveschenie. *Oroszul* (Матюшин Г. Н. *У колыбели истории.* М.: Просвещение).

- Mayevsky V. I. 1997.** *Az evolúciós makroökonómia alapjai.* Moszkva: Yaponiya segodnya. *Orosz nyelven* (Маевский В. И. Введение в эволюционную макроэкономику. М. Япония сегодня).
- McGee G. 1997.** *A tökéletes baba: A genetika pragmatikus megközelítése.* Lanham, Md.: Rowman and Littlefield.
- McKie R. 2002.** Férfiak feleslegesek? Most már a nőkre sincs szükségünk. *The Guardian*. Február 10. URL: <http://www.guardian.co.uk/world/2002/feb/10/medicalseience>.
- McKie R. Német2015. nő IVF-kezelés után négyes ikreket szült.65** *The Guardian*, május URL23.: <http://www.theguardian.com/world/2015/may/23/annegret-raunigk-german-woman-birth-quadruplets-aged-65>.
- McNeill W. H. The 1963.** *Rise of the West; A History of the Human Community.* Chicago, IL: University of Chicago Press.
- McNeill, W. H. A világtörténelem 1995.változó alakja. History and Theory 35:** 8-26.
- McNeill, W. H. Passing2001.** Strange: The Convergence of Evolutionary Science with Scientific History. *History and Theory*: 40 (1): 1-15.
- Meadows J. R. S., Cemal I., Karaca O. et al. 2007.** *Five Ovine Mitochondrial Lineages Identified From Sheep Breeds of the Near East. Genetics* 175: 1371-1379. URL: <http://www.genetics.org/content/175/3/1371.full>.
- Mellaart J. 1975.** *A közel-keleti neolitikum.* London: London: Thames and Hudson.
- Mellaart, J. 1982.** *A Közel-Kelet legősibb civilizációi.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Мелларт Дж. Древнейшие цивилизации Ближнего Востока. М.: Наука).
- Mellars P. Miért2006.** tűntek el az emberi populációk Afrikából kb. 60 000 évvel ezelőtt? Egy új modell. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 9381-9386.
- Mellars P. és Stringer C. (szerk.) 1989.** *Az emberi forradalom: Viselkedési és biológiai perspektívák a modern ember eredetéről.* Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Mensch G. 1979.** *Patthelyzet a technológiában - Az innovációk legyőzik a depressziót.* New York: Ballinger.
- Miljukov, P. N. [19931937].** *Esszék az orosz kultúra történetéről.* Vol. Moszkva1.: Progress. *Oroszul* (Миллюков, П. Н. Очерки по исто-

ok

рии русской культуры: in 3 т. Т. 1. *Земля. Население. Экономика. Словие. Государство*. М.: издат. "Прогресс-Культура").

- Milskaya L. T. és Rutenburg V. I. 1993.** *Európa története*. 8 kötet. Vol. 3. *A középkortól az újkorig (a XV. század végétől a XVII. század elejéig)*. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Мильская, Л. Т., и Рутенбург, В. И. (ред.). *История Европы*: в 8 т. Т. 3. *От средневековья к новому времени (конец XV - первая половина XVII в.)*. М.: Наука).
- Minger S. L.** Regeneratív2006. orvostudomány. *Regenerative Medicine* 1(1): 1-2.
- Minghinton W. 1976.** A kereslet mintái, 1750-1914. *Az ipari forradalom, 1700-1914. The Fontana Economic History of Europe*. Vol. /3 Szerk. C. M. Cipolla, 77-186. o. New York: The Harvest Press Limited; Barnes & Noble.
- Mirsky M. B. 2010.** *Az orvostudomány és a sebészet története*. Moszkva: GEOTAR- Media. *Orosz nyelven* (Мирский М. Б. *История медицины и хирургии*. М.: ГЭОТАР-Медиа).
- Mochanov Yu. L. 1977.** *Északkelet-Ázsia emberi megtelepedésének legősibb korszakai*. Novoszibirszk: Nauka. *Orosz nyelven* (Мочанов Ю. Л. *Древнейшие этапы заселения Северо-Восточной Азии*. Новосибирск: Наука).
- Modelski G. 2001.** Mi okozza a K-hullámokat? *Technológiai előrejelzés és társadalmi változás* 68: 75-80.
- Modelski G. 2006.** Globális politikai fejlődés, hosszú ciklusok és K-hullámok. *Kondratieff-hullámok, hadviselés és világbiztonság / szerk. T. C. Devezas*, pp. 293-302. Amsterdam: IOS Press.
- Modelski G. és Thompson W. R. 1996.** *Vezető ágazatok és világpolitika: The Coevolution of Global Politics and Economics*. Columbia, SC: University of South Carolina Press.
- Mokyr J. 1985.** *Az ipari forradalom közgazdaságtana*. London: George Allen & Unwin.
- Mokyr J. 1990.** *A gazdaság karja: Technológiai kreativitás és gazdasági fejlődés*. Oxford: Oxford University Press.
- Mokyr J. (szerk.) 1993.** *A brit ipari forradalom: An Economic Perspective*. Boulder, CO: Westview Press.
- Mokyr J. A 1999.** *brit ipari forradalom: An Economic Perspective*. 2nd szerk. Boulder, CO: Westview Press.
- Mokyr J. 2010.** *A felvilágosult gazdaság: An Economic History of Britain, 1700-1850*. New Haven, CT: Yale University Press.

- Mokyr J. és Foth H.-J.: A növekedés megértése**2010. Európában, 1700-1870: Theory and Evidence. *The Cambridge Economic History of Modern Europe 1700-1870*. Vol. /1 Szerkesztette: S. Broadberry, K. H. O'Rourke, pp. 7-42. Cambridge: Cambridge University Press.
- Monghite A. L. 1973.** *Nyugat-Európa régészete. A kőkorszak*. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Монгайт А. Л. *Археология Западной Европы. Каменный век*. М.: Наука).
- Moravec H. P. 1988.** *Gyermekek elméje: A robotok és az emberi intelligencia jövője*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bővebben C. 2000.** *Az ipari forradalom megértése*. London: Routledge.
- Mumford L. 1934.** *Technika és civilizáció*. New York: Harcourt, Brace and Co.
- Munz, P. Az idő 1977.formái: A történelemfilozófia új szemlélete**. Middletown, CN: Wesleyan University Press.
- Nakano E.1988 . Bevezetés a robotikába**. Moszkva; Mir. *Oroszul* (Накано Э. *Введение in робототехнику*. М.: Мир).
- Nefiodow L. és Nefiodow S. 2014.** A hatodik Kondratieff. A 21st. század növekedési en- gine. *Kondratieff-hullámok. Juglar - Kuznets - Kondratieff / Szerkesztette: L. E. Grinin, T. Devezas és A. V. Korotajev*, pp. 326-353. Volgo-grad: Uchitel.
- NIC - Nemzeti Hírszerzési Tanács 2012.** *Globális trendek 2030: Alternatív világok*. URL: www.dni.gov/nic/globaltrends.
- Null G., Dean C., Feldman M., Rasio D. és Smith D. 2004.** *Orvosi halál*. URL: <http://www.whale.to/a/null9.html>.
- North D. C. 1981.** *Struktúra és változás a gazdaságtörténetben*. New York: Norton.
- Oppenheim L. A. Ősi1968.** *Mezopotámia. Egy halott civilizáció portréja*. Chicago - London: The University of Chicago Press.
- Osipov G. V. 1959.** *Technológia és társadalmi fejlődés*. Moszkva: AN USSR Press. *Orosz nyelven* (Осипов Г. В. *Техника и общественный прогресс*. М.: Издательство АН СССР).
- Pääbo S. Az 1995.Y-kromoszóma és mindannyiunk (férfiak) eredete.** *Sci- ence* 268: 1141-1142.
- Papenhausen Ch. 2008.** A hosszú hullámok ok-okozati mechanizmusai. *Futures* 40: 788- 794.
- Pavlenko, Yu. V. A történelem megértésének alternatív 1997.megközelítései és ezek szintézisének problémája.** *Filosofia i obschestvo* 3: 93-133.

- Oroszul* (Павленко Ю. В. Альтернативные подходы к осмыслению истории и проблема их синтеза. *Философия и общество* 3: 93-133).
- Pavlenko, Yu. V. 2002.** *A világ civilizációjának története. Filozófiai elemzés.* Kijev: Fenix. *Orosz nyelven* (Павленко Ю. В. *История мировой цивилизации. Философский анализ.* Киев: Феникс).
- Peercy P. S. 2000.** A miniatürizálásra való törekvés. *Nature* 406(6799): 1023-1026.
- Perez C. 2002.** *Technológiai forradalmak és a pénzügyi tőke: A buborékok és aranykorok dinamikája.* Cheltenham: Elgar.
- Persidis A. Biochipek. 1998.** *Nature Biotechnology* 16(10): 981-983.
- Philipson M. (szerk.) 1962.** *Automatizálás: Implications for the Future.* New York: Vintage.
- Phyllis D. Az 1965. első ipari forradalom.** Cambridge: University Press.
- Pingali, P. L. 2012.** Zöld forradalom: Hatások, korlátok és az előttünk álló út. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 109(31): 12302-12308. Doi: 10.1073/pnas.0912953109. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3411969/#r1>.
- Pinkerton S. 2013.** A robotsebészet előnyei és hátrányai. *The Wall Street Journal.* November 17. URL: <http://527023046551045/www.wsj.com/articles/SB10001424079163430371597334>.
- Pirenne, H. 1920-1932.** *Histoire de Belgique.* I-VII. kötet. Bruxelles: H. Larmertin.
- Plehanov G. V. 1956 [1895].** A történelem monisztikus megközelítésének fejlődésének kérdéséhez. *Válogatott filozófiai munkák / G. V. Plehanov, 1. kötet, 507-730. o.* Moszkva: Izd. Politiceskoy literatury. *Orosz nyelven* (Плеханов Г. В. К вопросу о развитии монистического взгляда на историю. *Избранные философские произведения / Г. В. Плеханов. Т. 1, с. 507-730.* М.: Гос. изд-во полит. лит-ры).
- Pollock S. Ősi 2001.** *Mezopotámia.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Polterovich V. 2009.** Hipotézis az innovációs szünetről és a modernizációs stratégiáról. *Voprosy ekonomiki* 6: 4-23. *Orosz nyelven* (Полтерович В. Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации. *Вопросы экономики* 6: 4-23).
- Pomeranz K. 2000.** *A nagy eltérés: Kína, Európa és a modern világgazdaság kialakulása.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Pomper Ph.** Világtörténelem **1995.** és kritikusai. *Történelem és elmélet* 34(2): 1-7.
- Porter, D. (szerk.). 2012.** *Comparative Early Modernities 1100-1800.* New York: Palgrave-Macmillan.
- Postan M. 1987.** A középkori Európa kereskedelme: The North. *The Cambridge Economic History of Europe.* Vol. II. *Kereskedelem és ipar a középkorban* / Szerk. M. M. Postan, E. Miller, pp. 168-305. Cambridge: Cambridge University Press.
- Prido T. A 1979.** *cro-magnoni ember.* Moszkva: Mir. *Oroszul* (Придо Т. Кроманьонский человек. М.: Мир).
- Prigg, M. 2015.** Robotok a kockás zászlóért: Watch the Self-Driving Racing Car that can beat a human driver. *Dailymail*, február URL18.: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2959134/Robots-chequered-flag-Watch-self-driving-racing-car-beat-human-driver-sometimes.html>.
- Pylyshyn Z. W. 2003.** *Látás és vizualizáció: Nem az, amire gondolsz.* Cambridge, MA: Mit Press.
- Quilter K., Ojeda B. E., Pearsall D. M., Sandweiss D. H., Jones J. G., Wing E. S. 1991.** Subsistence Economy in El Paraiso, an Early Peruvian Site. *Science* 251: 277-283.
- Raff M. 1998.** Sejtes öngyilkosság kezdőknek. *Nature* 396: 119-122.
- Rayner R. M. Európai 1964. történelem 1648-1789.** New York: McKay Company, Inc.
- Reed Ch. A. (szerk.) The 1977. Origins of Agriculture.** The Hague: Mouton.
- Reilly, J. J. 1999.** [Észrevételek Galtung, J. és Inayatullah, S. (szerk.), *Makrotörténelem és makrotörténészek című könyvéhez: Perspectives on Individual, Social, and Civilizational Change.* Westport, CT: Praeger Publishers, 1997]. URL: <http://www.johnreilly.info/mam.htm>.
- Richard S., Moslemi S., Sipahutar H., et al. 2005.** A glifozát és a Roundup eltérő hatásai az emberi placenta sejtekre és az aromatazra. *Environmental Health Perspectives* 113(6): 716-20. Február, Doi25.:10. 1289/ehp.7728. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1257596/>.
- Rickert, H. Die 1911. Philosophic des Lebens.** Tübingen: Mohr.
- Ridley M. Az erény 1996. eredete.** New York, NY: Viking.
- Rietbergen P. J. A. N. 2002.** *Hollandia rövid története. Az őskortól napjainkig.* 5. kiadás. Amersfoort: Bekking.

- Rindos D. 1984.** *A mezőgazdaság eredete: Egy evolúciós perspektíva.* Orlando, CA: Academic Press.
- Roginsky Ya. Ya. 1977.** *Az antropogenezis kérdései.* Moszkva: Vysshaya Shkola. *Orosz nyelven* (Рогинский Я. Я. *Проблемы антропогенеза.* М.: Высшая школа).
- Rozov, N. S. 2001a.** A világtörténelem érvényes periodizációi felé vezető úton *A béke kora.* 2. rész. *A történelem struktúrái / Szerkesztette N. S. Rozov,* pp. 222-305. Novoszibirszk: Szibirszkij khronográf. *Orosz nyelven* (Розов Н. С. На пути к обоснованным периодизациям Всемирной истории. *Время мира.* Вып. 2. *Структуры истории /* Ред. Н. С. Розов, с. 222-305. Ново-сбирск: Сибирский хронограф).
- Rozov, N. S. 2001b (szerk.).** *A béke kora.* 2. rész. *A történelem struktúrái.* Novoszibirszk: Sibirszkij khronograf. *Orosz nyelven* (Розов Н. С. *Время мира.* Вып. 2. *Структуры истории.* Новосибирск: Сибирский хронограф).
- Rumjantsev A. M. 1987.** *A primitív termelési mód (Politikai és ökológiai esszék).* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Румянцев А. М. *Перво-бытный способ термелес (политико-экономические очерки).* М.: Наука).
- Rusmini F., Zhong Z. és Feijen J. 2007.** Fehérje immobilizációs stratégiák fehérje biochipekhez. *Biomacromolecules* 8(6): 1775-1789.
- Rybalkina M. 2005.** *Nanotechnológiák mindenkinek.* Moszkva: Nanotechnology News Network. *Orosz nyelven* (Рыбалкина М. 2005. *Нанотехнологии для всех.* М.: Nanotechnology News Network).
- Sabo Ye. P. 1979.** *A gépek forradalma. Az ipari fordulat története.* Budapest: Korvina. *Orosz nyelven* (Сабо Е. Р. *Революция машин. История промышленного переворота.* Будапешт: Корвина).
- Saigitov R. 2015.** A nagy stagnálás az orvostudományban. *Lenta.ru*, április 11. *Orosz nyelven* (Сайгитов Р. Великая стагнация медицины. *Lenta.ru*, április 11. URL: <http://lenta.ru/articles/2015/04/11/biotech/>)
- Sarrazin Th. 2010.** *Deutschland schafft sich ab. Wie wir unser Land aufs Spiel setzen.* München: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Schirhagl R., Qian J. és Dickert F. L. 2012.** Immunérzékelés mesterséges antitestekkel szerves oldószerekben vagy komplex mátrixokban. *Sensors & Actuators: B. Chemical* 173: 585-590.
- Schultz E. A., Lavenda R. H. 1998.** *Antropológia. A Perspective on the Human Condition.* ed2nd. Mountain View, CA: Mayfield.

- Schumpeter, J. A. 1939.** *Konjunkturaciklusok. A kapitalista folyamat elméleti, történeti és statisztikai elemzése.* New York - London: McGraw-Hill Book.
- Semenov S. A. 1968.** *A technológia fejlődése a kőkorszakban.* Leningrád: Nauka. *Orosz nyelven* (Семенов С. А. Развитие техники в ка- менном веке. Л.: Наука).
- Sergeeva V. G. 1983.** Amerika megszállásának és a transzkontinentális kapcsolatoknak a kérdései Juan Comas műveiben. *A külföldi etnológia fejlődésének útjai / Szerk. jü. V. Bromley, pp. 138-151.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Сергеева В. Г. Вопросы заселения Америки и трансокеан- ских контактов в трудах Хуана Комаса. Пути развития зарубежной этнологии / Ред. Ю. В. Бромлей, с. 138-151. М.: Наука).
- Sheypak A. A. 2009.** *A tudomány és a technológia története. Anyagok és technológiák.* 1. rész. Moszkva: MGIU. *Orosz nyelven* (Шейпак А. А. История науки и техники. Материалы и технологии. Ч. 1. М.: МГИУ).
- Shanks, M. és Tilley, C. 1987.** *Társadalomelmélet és régészet.* Cambridge: Polity Press.
- Shea J. J. 2007.** Viselkedésbeli különbségek a középső és felső paleolitikum Homo Sapiens tagjai között a kelet-mediterrán Levantében: A fajon belüli versengés és az Afrikából való szétszóródás szerepe. *Journal of Anthropological Re- search* 63: 449-488.
- Shnirelman V. A. 1989.** *A termelőgazdaság kialakulása.* Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Шнирельман В. А. Возникновение производящего хозяйства. М.: Наука).
- Shnirelman V. A. 2012a.** *A termelőgazdaság kialakulása: Az ősi földművelés tozgatórugói.* 2nd kiadás. Moszkva: LIBROCOM. *Orosz nyelven* (Шнирельман В. А. Возникновение производящего хозяйства: Рычаги древнейшего земледелия. Изд. 2-е, доп. М.: ЛИБРОКОМ).
- Shnirelman V. A. 2012b.** *A szarvasmarhatenyésztés eredete mint kulturális és historikai kérdés.* kiadás. 2nd Kazan: Kazan University Press. *Orosz nyelven* (Шнирельман В. А. Происхождение скотоводства: Культурно-исто- рическая проблема. Изд. 2-е, доп. М.: ЛИБРОКОМ).
- Shofman, A. S. (szerk.) 1984.** *A világtörténelem periodizációja.* Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo Universiteta. *Orosz nyelven* (Шофман А. С. Периодизация все- мирной истории. Казань: Издательство Казанского университета).

- Sztompka, P. 1996.** *A társadalmi változások szociológiája.* Moszkva: Aspect-Press. *Orosz nyelven* (Штомпка П. *Социология social изменений.* М.: Аспект-Пресс).
- Szidorovics V. A 2015.** *világ energetikai forradalma. Hogyan változtatja meg világunkat a megújuló energiaforrás.* Moszkva: Alpina Kiadó. *Orosz nyelven* (Сидорович В. *Мировая энергетическая революция. Как возобновляемые источники энергии изменят наш мир.* М.: Альпина Паблишер).
- Simon R., Priefer U. és Pühler A. 1983.** Széles gazdatartományú mobilizációs rendszer az in vivo géntechnológiához: Transposon mutagenézis Gram-negatív baktériumokban. *Nature Biotechnology* 1(9): 784-791.
- Singer C. 1941.** *A tudomány rövid története a tizenkilencedik századig.* Oxford: Oxford University Press.
- Slagboom P. E. S., Droog S. és Boomsma D. I. 1994.** A telomerek méretének genetikai meghatározottsága az emberben: A Twin Study of Three Age Groups. *American Journal of Human Genetics* 55: 876-882.
- Smirnova Yu. 2011.** Robotok helyett emberek. *Forbes*, augusztus In4. *Russian* (Смирнова Ю. Роботы вместо людей. *Forbes* augusztus4. URL: <http://www.forbes.ru/tehnology/slideshow/tehnologii/71560-roboty-vmestolyudei/slide/1>).
- Smith Ph. E. L. 1976.** *Élelmiszer-termelés és következményei.* Menlo Park, CA: Cumming Publishing Company.
- Snooks, G. D. A 1996.** *dinamikus társadalom. A globális változások forrásainak feltárása.* London - New York: Routledge.
- Snooks G. D. Az 1997.** *efemer civilizáció. A társadalmi evolúció mítoszának leleplezése.* London; New York: Routledge.
- Snooks, G. D. A történelem 1998.** *törvényei.* London - New York: Routledge.
- Snooks, G. D. A globális történelem törvényeinek feltárása 2002.** *Social Evolution & History* 4(1): 25-53.
- Spengler, O. A Nyugat 1939.** *hanyatlása.* New York: Knopf.
- Az elektromos járművek eladásának **statisztikája az All-hybrids2015.2015.ru-ban**, október 31. *Oroszul* (Статистика продаж электромобилей in All-2015. hybrids.ru, октября31. URL: <http://all-hybrids.ru/statistika-prodazh-elektromobilej-v-2015/>).
- Stearns, P. N. 1987.** Periodizáció a világtörténelem tanításában: A nagy változások azonosítása. *The History Teacher* 20(4): 561-580.

- Stearns P. N. 1993.** Az ipari forradalom értelmezése. *Iszlám és európai terjeszkedés. The Forging of a Global Order* / szerk. M. Adams, pp. 199-242. Philadelphia, PA: Temple University Press.
- Stearns P. N. (szerk.) Az 1998. ipari forradalom a világtörténelemben.** 2nd szerk. Boulder, CO: Westview.
- Sterling, B. 2005.** *A jövő már elkezdődött. Mi vár ránk az évszázadban 21st?* Jekatyerinburg: U-Faktoia. *Orosz nyelven* (Стерлинг Б. Будущее уже началось. Что ждет нас в XXI веке. Екатеринбург: У-Фактория).
- Steiger, B. Világok 2007. a miénk előtt.** Anomalist Books.
- Stein L. D. 2004.** Az emberi genom: A kezdet vége. *Nature* 431 (7011): 915-916.
- Stonier T. 1983.** *Az információ gazdagsága: A posztindusztriális gazdaság profilja.* London: London: Methuen Publishing.
- Az Orosz Föderáció **orvostudományának fejlesztési stratégiája az** Orosz Föderációban **az** URL2025.2013.: http://rosminzdrav.ru/health/62/Strategiya_razvitiya_meditsinskoj_nauki.pdf. *Orosz nyelven* (Stratégia развития орвоси науки Российской Федерации на период до года2025).
- Stringer C. B.** A modern ember 1990.kialakulása. *Scientific American* 263(6): 68-74.
- Swaab D.2014 .** *Mi vagyunk az agyak: Az anyaméhtől az Alzheimerig.* Sankt-Petersburg: Ivan Limbakh Publishers. *Orosz nyelven* (Свааб Д. Мы -это наш мозг: от матки до Альцгеймера. СПб.: Изд-во Ивана Лимбаха).
- Sylvester E. és Klotz L. C. 1983.** *A génkorszak: géntechnológia és a következő ipari forradalom.* New York: Scribner.
- Tattersall I. 2008.** *A világ a kezdetektől Kr.4000 e. e.* Oxford: Oxford University Press.
- Tattersall I. 2012.** *A bolygó urai: Az emberi szingularitás eredetét kutatva.* New York: Palgrave Macmillan.
- Taylor R. H. 1997.** Robotok mint sebészeti asszisztensek: Hol vagyunk, hová igyekszünk, és hogyan jutunk el oda. *Mesterséges intelligencia az orvostudományban. Lecture Notes in Computer Science* 1211: 1-11. Springer Berlin Heidelberg. URL: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/BFb0029430>.
- Tesler G. S. Az 2004. új kibernetika.** Kijev: Logos. *Orosz nyelven* (Теслер Г. С. Новая кибернетика. Киев: Логос).

- Thirtle C., Lin L. és Piesse J. 2003.** The Impact of Research-led Agricultural Productivity Growth on Poverty Reduction in Africa, Asia and Latin America. *World Development* 31: 1959-1975.
- Thurow L. C. 1996.** *A kapitalizmus jövője*. London: Breal Publishing.
- Tkachuk A. P., Kim M. V., Savitsky V. Yu., and Savitsky M. Yu. 2011.** A transzgénikus rovarok biokontroll programokban való felhasználásának kilátásai. *Journal of General Biology* 72(2): 93-110. *Orosz nyelven* (Ткачук А. П., Ким М. В., Савицкий В. Ю., Савицкий М. Ю. Перспективы использования трансгенных насекомых in программах биоконтроля. *Журнал общей биологии* 72(2): 93-110).
- Toffler A. 1970.** *Jövősokk*. New York: Random House.
- Toffler A. 1980.** *harmadik hullám*. New York: Morrow.
- Toffler A. 1985.** *adaptív vállalat*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Toffler A. 1990.** *Powershift: Tudás, gazdagság és erőszak a 21. század küszöbén*. New York: Bantam Books.
- Toffler A. és Toffler H. 1995.** *Egy új civilizáció létrehozása*. Atlanta: Turner Publishing.
- Touraine A. 1974.** *A posztindusztriális társadalom. A holnap társadalomtörténete: Osztályok, konfliktusok és kultúra a programozott társadalomban*. N.Y.
- Touraine A. 1983.** *A cserétől a kommunikációig: A programozó társadalom születése. The Human Use of Human Ideas. A Felfedezések projekt és az ökoteknológia*. Oxford: Pergamon Press, Ltd.
- Toynbee A. 1927 [1884].** *Előadások a nyolcadik század ipari forradalmáról Angliában: Popular Addresses, Notes, and Other Fragments*. London: Rivingtons.
- Toynbee A. 1956 [1884].** *Az ipari forradalom*. Boston, MA: Beacon Press.
- Toynbee, A. J. 1962-1963.** *A Study of History*. New York: Oxford University Press.
- Tsirel S. V. 2008.** A történelmi idő és a történelmi fejlődés útjai. *Történelem és matematika: Modellek és elméletek / Szerkesztette: L. E. Grinin, A. V. Korotajev és S. Yu. Malkov*, pp. 246-278. Moscow: LKI Press. *Orosz nyelven* (Цирель С. В. Историческое время и пути исторической эволюции. *История и Математика: Модели и теории / Ред. С. Ю. Малков, Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев*, с. 246-278. М.: ЛКИ/URSS).

- Tsirel, S. V.** 2014. Mi fog történni a szingularitáspont után. *Evolution: A protocsillagoktól a szingularitásig?* / Szerkesztette: L. E. Grinin, A. V. Korotajev, és A. V. Markov, pp. 340-381. Volgograd: Uchitel. *Orosz nyelven* (Цирель С. В. О том, что lesz после точки сингулярности. *Эволюция: от протозвезд к сингулярности?* / Ред. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев, А. В. Марков, с. 340-381. Волгоград: Учитель).
- Turchin, P., Grinin, L. E., de Munck, V. C., and Korotayev, A. V. (Eds.)** 2006. *Történelem és matematika: Historical Dynamics and Development of Complex Societies*. Moszkva: KomKniga.
- Turichin G. A.** 2015. *Az additív technológiák a jelenlegi termelésben*. Report a második nemzetközi szemináriumon: "A XIX. század első felének alapttechnológiai (strukturális és ciklikus elemzés)" Sankt- Pétervár, október 1-2. *Orosz nyelven* (Туричин Г. А. *Аддитивные технологии in современном производстве*. Доклад на втором nemzetközi семинаре "Базисные технологии первой половины XIX в. (структурно-циклический анализ)". Санкт-Петербург, 1-2 октября).
- Turnbaugh W. A., Nelson H., Jurmain R., Kilgore L.** 1993. *Understanding Physical Anthropology and Archaeology*. szerk. 5th Minneapolis, MN: West Publishing Company.
- Tylecote A.** 1992. *hosszú hullám a világgazdaságban*. London: London: Routledge.
- Tylecote R. F.** 1976. *története*. London: London: The Metal Society.
- Umpleby S. A. és Dent E. B.** 1999. A rendszerelmélet és a kibernetika számos hagyományának eredete és célja. *Kibernetika és rendszerek* 30: 79-103.
- ENSZ Környezetvédelmi és Fejlesztési Konferencia.** 1992. A napirend fej21. ezete 16. Rio de Janeiro, június 3-14. URL: <https://docs.google.com/gview?url=http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf&embedded=true>.
- Az ENSZ Titkárság Gazdasági és Szociális Ügyek Főosztályának Népesedési Osztálya** 2012. Világnépesedési kilátások: A 2010-es felülvizsgálat. URL: <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>.
- ENSZ Népesedési Osztály.** 2015. *Az ENSZ Népesedési Osztályának adatbázisa*. Megszerzés dátuma: 17.01.2015. URL: <http://www.un.org/esa/population>.
- Vega-Centeno R.** Cerro2010. Lampay: Építészeti tervezés és emberi interakció Peru észak-középső partvidékén. *Latin American Antiquity* (212): 115-145.

- Velichko A. A. A.** A Föld magas és alacsony szélességein a késő pleisztocén és a holocén éghajlati változásainak 1989.összefüggései. *Paleoklimák és jégkorszakok a pleisztocénben* / Szerk. A. A. Velicsko, és E. E. Gur-tovaja, pp. 5-19. Moszkva: Nauka. *In Russian* (Величко А. А. Соотношение изменений климата в высоких и низких широтах Земли в позднем плейстоцене и голоцене. *Палеоклиматы и оледенения в плейстоцене* / Ред. А. А. Величко, Е. Е. Гуртовая, М. А. Фаустова, с. 5-19. М.: Наука).
- Vinogradov I. V. 2000.** Az Új Királyság Egyiptomban és a késő Egyiptomban. *A Kelet története. Vol.1 A Kelet az ókorban* / Szerk. V. A. Jakobson, pp. 370-432. Moszkva: Vostochnaya literatura. *Orosz nyelven* (Виноградов И. В. Раннее и древнее царства Египта. *История Востока. Т. 1. Восток в древности* / Ред. В. А. Якобсон, с. 147-164. М.: Восточная литература).
- Virginsky V. S. és Khotenko V. F. 1993.** *Esszék a tudomány- és technikatörténeletről az ókortól a tizenötödik század közepéig.* Moszkva: Prosvveschenie. *Orosz nyelven* (Виргинский В. С., Хотенков В. Ф. *Очерки истории науки и техники с древнейших времен до середины XV века.* М.: Просвещение).
- Vo-Dinh T., Cullum B. M. és Stokes D. L. 2001.** Nanoszenzorok és biochipek: *Frontiers in Biomolecular Diagnostics. Sensors and Actuators B: Chemical* 74: 2-11.
- Vogt, Y. 2014.** 3D nyomtatók használata önképző robotok nyomtatására. *Apollon* [az Oslói Egyetem kutatási magazinja], 2014. november 12. URL: http://www.apollon.uio.no/english/articles/2014/4_robots.html.
- Volova T. G. Biotechnológia1999.** Novoszibirszk: Idateľ'stvo Sibirskogo Otdeleniya RAN Rossiyskoy Akademii Nauk. *In Russian* (Волова Т. Г. 1999. *Биотехнология.* Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН Российской Академии наук).
- Vries J. de, Woude A. van der. 1997.** *Az első modern gazdaság. A holland gazdaság sikere, kudarca és kitartása, 1500-1815.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Wadhawan V. K. A jövő robotjai.2007.** *Resonance* 12: 61-78.
- Waibel M., Beetz M., Civera J., D'Andrea R., Elfring J., Gálvez-López D. , et al. 2011.** RoboEarth. *IEEE Robotics & Automation Magazine* 18(2): 69-82.Doi:10.1109/MRA.2011.941632.
- Wagner V., Dullaart A., Bock A.-K. és Zweck A. 2006.** A nanomedicina kialakulóban lévő térképe. *Nature Biotechnology* 24(10): 1211-1217.

- Wallerstein I. 1974, 1980, 1988.** *A modern vilárendszer.* 3 kötet. New York: Academic Press.
- Wallerstein I. 1987.** *Vilárendszer-elemzés.* Társadalomelmélet ma. Cambridge: Polity Press.
- Wallerstein I. 2004.** *Vilárendszer-elemzés: Bevezetés.* Durham, NC: Duke University Press.
- Wasden Ch. és Williams B. 2012.** A betegség birtoklása: A New Transformational Business Model for Healthcare. URL: http://pwc.com/ie/pubs/2012_new_transformational_business_model_for_healthcare.pdf.
- Wenke R. J. 1990.** *Az őstörténet mintái.* New York, NY; Oxford, UK: Oxford University Press.
- White L. Jr. 1978.** *Középkori vallás és technológia: Collected Essays.* Berkeley, Kalifornia: University of California Press.
- White H. L. 1987.** A globális történelem technológiai modellje. *The History Teacher* 20(4): 497-517.
- White T. D., Asfaw B., DeGusta D., Gillbert H., Richards G. D., Suwa G. és Howell F. C. 2003.** Pleistocén *Homo sapiens* az etiópai Middle Awashból. *Nature* 423: 742-747.
- WHO - Egészségügyi Világszervezet. 2011.** A 10 vezető halálozási ok széles jövedelmi csoportok szerint (2008). *Tájékoztató* URL310.: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index.html>.
- WHO - Egészségügyi Világszervezet. 2014.** A legfőbb halálozási okok. *Tájékoztató*, 310. sz. Frissítve 2014 májusában. URL: <http://www.who.int/media centre/factsheets/fs310/en/>.
- Wiener N. 1948.** *Kibernetika, avagy irányítás és kommunikáció az állatban és a gépben.* Cambridge: MIT Press.
- Wik M., Pingali P. és Broca S. 2008.** *Háttéranyag a 2008-as világfejlesztési jelentéshez: Global Agricultural Performance - Past Trends and Future Prospects.* Washington, DC: Világbank.
- Williams G. M., Kroes R. és Munro I. C. 2000.** A Round-up gyomirtó szer és hatóanyagának, a glifosátnak az emberekre vonatkozó biztonsági értékelése és kockázatértékelése. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 31 (2): 117- 165. Doi:10.1006/rtp. 1999.1371.
- Williams S. 2014.** *3 gyógyszeripari óriáscég jelentősen gyorsabban növekszik, mint a GlaxoSmithKline PLC.* December, URL26.: <http://www.fool.com/investing/general/2014/12/26/3-pharma-giants-growing-significantly-faster-than.aspx>. Hozzáférés dátuma: 2.01.2015.

- Wolpaw J. R., Wolpaw E. W. 2012.** Agy-számítógép interfészek: Something New Under the Sun. *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice* / Ed. by J. R. Wolpaw, E. W. Wolpaw, pp. 3-12. Oxford: Oxford University Press.
- Woollett G. R. Innováció2012.** a biotechnológiában: A technológiai innováció: A biotechnológia jelenlegi és jövőbeli állapota. *Klinikai farmakológia és terápia* 91(1): 17-20.
- Világbank 2012.** Egy főre jutó GDP (folyó USD). URL: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>.
- Világbank 2016.** *World Development Indicators Online*. Washington, DC: Világbank. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/>.
- Wymer J. A 1982.** *paleolitikum kora*. London - Sydney: Croom Helm.
- Yakovets Yu. V. 2001.** *N. D. Kondratieff öröksége: A 21st. század nézőpontja*. Moszkva: MFK. *Orosz nyelven* (Яковец Ю. В. Наследие Н. Д. Кондратьева: взгляд из XXI века. М. М.: МФК).
- Yaryghin V. N., Vasilyeva V. I., Volkov I. N., and Sinelschikova V. V. 1999.** *Biológia*. Moszkva: Vysshaya Shkola. *Orosz nyelven* (Ярыгин В. Н., Васильева В. И., Волков И. Н., Синельщикова В. В. Биология. М.: Высшая школа).
- Yasamanov N. A. 1985.** *A Föld ősi éghajlata*. Leningrád: Hidro- meteorizdat. *Orosz nyelven* (Ясаманов Н. А. Древние климаты Земли. Л.: Гидрометеиздат).
- Yanin V. L. (szerk.) 2006.** *Régészet*. Moszkva: MSU. *Orosz nyelven* (Янин В. Л. (Ред.) Археология. М.: МГУ).
- Yastrebitskaya A. L. 1993.** Az anyagi kultúra és az életmód Európában a középkor végén. *Európa története*. 8 kötet. Vol. 3. *A középkortól az újkorig (a XV. század végétől a XVII. század elejéig)* // Szerkesztette: L. T. Milsky, V. I. Rutenburg, pp. 16-40. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Ястребицкая, А. Л. Материальная культура и образ жизни в Европе на исходе средневековья. История Европы: в 8 т. Т. 3. От средневековья к новому времени (конец XV - первая половина XVII в.) // Ред. Л. Т. Мильская, В. И. Рутенбург, с. 16-40. Москва: Наука).
- Jegorova N. S. és Samuilova V. D. 1987.** *Biotechnológia, problémák és kilátások*. Moszkva: Vysshaya shkola. *Orosz nyelven* (Егорова Н. С., Самуилова В. Д. Биотехнология, проблемы и перспективы. М.: Высшая школа).
- Yeoman I., Mars M. Robotok2012.,** férfiak és a szexturizmus. *Futures* 44(4): doi365371.:10.1016/j.futures.2011.11.004.

- Yudin B. G. 2008.** Orvostudomány és humánmérnöki tevékenység. *Znanie, ponimanie, um- enie* 1: 12-20. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/meditsina-i-konstrui- rovanie-cheloveka>. *Orosz nyelven* (Юдин Б. Г. 2008. Медицина и конструи- рование человека. *Знание, понимание, умение* 1: 12-20).
- Jusczenko A. 2015.** A robotok nem kevésbé veszélyesek, mint az atombomba. *Lenta.ru*, május 11. *Orosz nyelven* (Ющенко А. "Роботы не менее опасны, чем атомная бомба". *Lenta.ru*, мая 11. URL: <https://lenta.ru/articles/2015/05/11/robot/>).
- Zablotska Yu. 1989.** *A Közel-Kelet története az ókorban (az első településektől a perzsa hódításig)*. Moszkva: Nauka. *Orosz nyelven* (Заблоцка Ю. *История Ближнего Востока в древности (от первых поселений до персидского завоевания)*). М.: Наука).
- Zagorski I. 2012.** Nem csak a hús által: Bőrkabátokat ígérnek a laboratóriumokban. *Vesti.ru*. Szeptember URL20.: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=912084&cid=2161>. *Orosz nyelven* (Загорский И. 2012. Не мясом единым: кожаные куртки будут выращивать в лаборатории. *Вести.ру*, сzeptember20).
- Zeder M. A. és Hesse B. 2000.** A kecskék (*Capra hircus*) kezdeti háziásítása a Zagrosz-hegységben 10 000 évvel ezelőtt. *Science* 287 (5461): 2254-2257. DOI: 10.1126/science.287.5461.2254.
- Zhdanko A. V. 1999.** Levél a szerkesztőknek. Megjegyzések a primitív történelemtől (A paleoantropológia és paleoarcheológia ideiglenes adatai a Homo Sapiens eredetéről). *Filosophiya i obschestvo* (5): 175-177. *In Russian* (Жданко А. В. Письмо в редакцию. Заметки о первобытной истории (современные данные палеоантропологии и палеоархеологии о возникновении *Homo sapiens*). *Философия и общество* (5): 175-177).
- Zhigunin V. D. 1984.** A periodizáció tipológiája és funkciói. *Periodi- záció a világtörténelemben / Szerkesztette A. S. Shofman*, pp. 5-19. Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo Universiteta. *Orosz nyelven* (Жигунин В. Д. Типология и функции периодизации. *Периодизация всемирной истории / Ред. А. С. Шофман*, с. 5-19. Казань: Издательство Казанского университета).
- Zhokhova A. 2011.** Szebbé teszünk. *Forbes*, június 3. URL: <http://m.forbes.ru/article.php?id=69681>. *Oroszul* (Жохова А. Мы сделаем вам красиво. *Forbes* 03.06.).
- Zimmer C.** Az emberi evolúció nagy 2003.rejtélyei. *Discover* 24(9): 34-44.
- Zubov A. A. 1963.** *Az ember elkezdni rendezni a bolygóját*. Moszkva: Geografia. *Orosz nyelven* (Зубов А. А. *Человек заселяет свою планету*. М.: География).

Zudin D. V., Kantere V. M., Ugodchikov G. A. et al. 1987. *A biotechnológiai kutatások automatizálása: Felsőoktatási intézmények tankönyve.* vols8. Moszkva: Vysshaya shkola. *Orosz nyelven* (Зудин Д. В., Кантере В. М., Угодчиков Г. А. и др. *Автоматизация биотехнологических исследований: Учеб. пособ. für вузов:* в 8 кн. М.: Высшая школа).

Zvorykin A. A., Osmova N. I., Chernyshov V. I., and Shuhardin S. V. 1962. *A mérnöki tudományok története.* Moszkva: Izdatel'stvo sotsial'no-ekonomicheskoy literatury. *Orosz nyelven* (Зворыкин А. А., Осьмова Н. И., Чернышов В. И., Шухардин С. В. *История техники.* М.: Издательство социально-экономической литературы).

A szerzőkről



Leonid E. GRININ kutatóprofesszor és a Volgográdi Társadalomkutató Központ igazgatója, valamint az Eurázsiai Nagy Történelmi és Rendszerelőrejelző Központ igazgatóhelyettese, az Orosz Tudományos Akadémia Keleti Tanulmányok Intézetének vezető kutatóprofesszora és a Nemzeti Kutatási Egyetem Közgazdasági Felsőoktatási Intézete Destabilizációs Kockázatfigyelő Laboratóriumának vezető kutatója. A *Age of Globalization* című folyóirat főszerkesztője (orosz nyelven), valamint a nemzetközi folyóiratok társszerkesztője.

Social Evolution & History és *Journal of Globalization Studies*. Dr. Grinin több orosz, angol és kínai nyelvű tudományos publikáció, köztük monográfiák szerzője. Ezek a monográfiák a következők: *Philosophy, Sociology, and the Theory of History* (2007, oroszul); *Productive Forces and Historical Process* (2006, oroszul); *State and Historical Process* (3 kötet, 2009-2010, oroszul); *Social Macroevolution: World System Transformations* (2009, orosz nyelven; A. Korotajevvel); *Macroevolution in Biological and Social Systems* (2008, orosz nyelven; A. Markovval és A. Korotajevvel); *Global Crisis in Retrospective: A Short History of Upswings and Crises* (2010, oroszul; A. Korotajevvel); *The Evolution of Statehood: From Early State to Global Society* (2011); *The Cycles of Development of Modern World System* (2011, oroszul; A. Korotajevvel és S. Tsirel-el); *From Confucius to Comte: The Formation of the Theory, Methodology and Philosophy of History* (2012, oroszul); *Macrohistory and Globalization* (2012); *Cycles, Crises, and Traps of the Modern World-System* (2012, oroszul; A. Korotajevvel), valamint a *Great Divergence and Great Convergence* (2015, angolul; Andrey Korotajevvel), *From Biface to Nanorobots: A világ az önszabályozó rendszerek korszaka felé vezető úton* (2015; Uchitel Kiadó; oroszul).



Anton L. GRININ, a biológiai tudományok doktora, a Nemzetközi Oktatási, Szociális és Humanitárius Tanulmányok Központjának vezető kutatója, valamint a Volgográdi Társadalomkutató Központ vezető kutatója. Fő kutatási területei közé tartozik a nagy történelem, az evolúció, a biotechnológiák, a globális technológiai átalakulások és előrejelzések. A *Biface-tól a nanorobotokig* című monográfia társszerzője: *The World on the Way to the Epoch of Self-Regulating Systems* (2015; Uchitel Kiadó; orosz nyelven), valamint számos cikk, köztük a "Macroevolution of Technology" és a "Global Technological Transformations" címűek.

Leonyid Grinin és Anton Grinin

**A kibernetikai forradalom és az önszabályozó
rendszerek eljövendő korszaka**

Подготовка оригинал-макета:
ООО "Издательство "Учитель"

© ООО "Издательство "Учитель",
г400067, Волгоград, ул. Кирова, 143.
Тел.: (8442) 42-04-08.
Московская редакция,
Москва109202, ул. Басовская, д.16,
строение 1, комн. 404, 406.
E-mail: peruch@mail.ru
Сайт: www.socionauki.ru

Подписано в печать Формат 20.06.16.60×90/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,5.
Тираж экз500. Заказ №.
Отпечатано способом ролевой струйной печати