

FERENCZ CSABA

MTA Távközlési Rendszerek Bizottsága

## A híradástechnikát is érintő tendenciák az űrkutatásban\*

ETO 537.876.23

„Hajt az idő gyorsan — rendes útján eljár —  
Ha felülünk, felvesz, ha maradunk, nem vár;”

(Arany J.)

Az űrkutatás korunk, jelenkori civilizációnk egyik markáns jelensége. A tudományok minden területétől kezdve a napi, általános emberi tevékenységig egyre mélyrehatóbban fogja át és formálja az életet [1]. Az általános analízis számos olyan tendenciát mutatott ki, amelyeknek alapján szokásos az „űr-korszakról”, mint 3. ipari forradalomról is beszélni [2]. Az emberi civilizáció jövőjének vizsgálata során pedig a „Földre zárt” társadalom súlyos problémáival [3, 4] szemben reális alternatívát, azaz nem hiten és reményen, hanem a termelőerők fejlődésén, gazdasági-társadalmi folyamatokon alapuló alternatívát eddig csak az űrkutatás tendenciái nyújtottak [5, 6].

Ezek a változások jelenleg és a következő évtizedben alapvetően ipari technológia és gazdaság-szervezés orientáltak. Így érintik, várhatóan nem kis mértékben, a híradástechnikát, általánosabban az elektrotechnikát és elektronikát, a gyógyszeripart, a mezőgazdaságot stb. Ez indokolta ezen áttekintés megszületését. E cikkben a megengedhető mértékben a Híradástechnika olvasótáborára érdeklődési körére súlyozzuk a mondandót, s e tendenciák általános értékelésével más tanulmányban foglalkozunk majd. Ezzel együtt meg kell rajzolni az űrkutatás jelenlegi általános fejlődési irányait, melyen belül az elektronika és elektrotechnika csak részterület. A szakirodalom kiterjedt volta miatt az irodalomjegyzék csak szemelvénynek tekintendő.

### 1. A kutatásról

Kezdetben az egész űrtevékenység e területre esett. Innen a magyar neve — „űrkutatás” — is, ami már meggyökeresedett, s számos új tendencia megfelelő értékelését akadályozza. Az elmúlt 20 év (1957—1977) folyamán kialakult a műholdakkal és más űr-eszközökkel (bolygóközi szondák, űrhajók, űrállomá-

sok stb.) való vizsgálatok végzésének a technikája. Ennek felhasználásával adott a komplex, átfogó vizsgálatok lehetősége. Aktívan, mondhatjuk rutinszerűen folyik a Föld és közvetlen környezete, egyes még alapkutatást igénylő jelenségeinek a vizsgálata. Ezek között számos a híradástechnikát néha szokatlan módon érintő jelenség is található [7 stb.].

A következő időszak kutatási alapiránya Naprendszerünk lehető jó, legalábbis reális elképzeléseket biztosító megismerése. Ennek érdekében szervezik jelenleg a „Nemzetközi Naprendszer Évtizedet” a „Nemzetközi Geofizikai Év” mintájára, de a méretkülönbségek és repülési időtartamok miatt ez egy évtizednél rövidebb nem lehet. Ennek során tisztázandó a meglévő bolygók állapotának kialakulása, melyeket egységes rendszerként kell megérteni. Ezen állapot stabilitása, állapotváltozási tűrőhatárainak tisztázása, az esetleges alternatív lehetséges stabil állapotok feltárása és beállításuk feltételeinek kutatása. A központi erőmű — a Nap — működése, a Nap és a teljes Naprendszer belső kölcsönhatási mechanizmusainak kutatása. Ezen idő alatt a jelenlegi rakéatechnikával indított szondák a Naprendszer határait nem érhetik el, így arról legfeljebb indirekt úton szerezhetünk információt. E kutatás része természetesen a biológiai létfeltételek és esetleges másfajta (várhatóan mikroorganizmus szintű, ha egyáltalán van) biológiai létforma kutatása. Emellett ún. csillagászati kísérletek keretében [8 stb.] előkészítik a Naprendszeren kívüli térség alaposabb kutatását.

A mi szempontunkból igen fontos, hogy a rutinszerű hírközlés e munkák során a Föld körüli térségben levő objektumokkal való információcserét véglegesen magába foglalja, s a megbízható hírközlés határai túljutnak a Neptunusz bolygó pályáján. Mivel emellett a szabványosodó és sokoldalúvá váló bolygókatató szondákról az adatátviteli sebesség is nő, a nagymértékben hibavédett, igen nagy távolságú hírosszekötetések elmélete és gyakorlata gyorsan

Beérkezett: 1977. II. 16.

\* Akadémiai helyzetjelentés,

fejlődik. Ennek keretében nemcsak a teljes űreszköz tekinthető már többé-kevésbé „intelligensnek”, mint például a Pioneer—10 és 11 Jupiter-szondák, hanem egyes részeik is (adaptív műszerek, adaptív antennák stb.). Ennek során a kutatás valamilyen fokon előállítja a mesterséges intelligenciát, ami civilizációnkra is, de különösen és először az elektronikára és a híradástechnikára figyelemre méltó hatással lesz. Emellett, ugyanezen feladatok megkívánják a rendkívül nagy futási idejű szabályozórendszerek problémáinak megoldását a futási időnél számottevően rövidebb időjellemzőkkel rendelkező környezetben.

Érdekességként megemlíthető, hogy a legutóbb említett feladatkör gazdasági, politikai és szociológiai jelentőségű is, mivel tisztázza majd a futási idő stb. függvényében a bonyolult körülmények között tevékenykedő alrendszer szükséges és elégséges autonómiájának, tehetetlenségének stb. Kérdését, illetve a rendszer központi irányító egysége optimális működésének a feltételeit.

## 2. A meglevő globális rendszerek fejlődése

### Távközlés

A globális műholdas távközlő rendszerek a gazdasági élet kiküszöbölhetetlen részévé váltak. Ezeknél a minél rugalmasabb, közvetlen hozzáférésű, gazdaságos frekvenciasáv felhasználású rendszerek fejlődnek. Ezek légköri adottságok miatt zömmel még a H—OH ablakot használják, de megkezdődik a terjeszkedés a cm-es sáv rádióablakai alkalmazására.

Az űr-űr vonalakon komoly átviteli igények megjelenésével kell számolni. Ezek a vonalakon az elektromágneses hullámtartomány fénycsíkjainak alkalmazása a leggazdaságosabb. A technikai eszközök gyorsan fejlődnek.

A regionális ellátás és célszolgáltatás feladatoptimalizált frekvenciafelhasználást kíván. A tendenciák regionális ellátásban a cm-es sávok alkalmazására mutatnak. A célszolgáltatások esetén azonban erősen feladatfüggő a használható frekvenciasáv. Így a tengeri hajózást kiszolgáló rendszer hajó-műhold odá/vissza oldala a néhány dm-es sávban dolgozik.

A távközlés területén egyfelől domináns lesz a célszolgáltatásokat biztosító rendszerek kiépítése, másfelől az indiai közoktatásban már kipróbált műsor-szórás kiterjedtebb alkalmazása.

A tengeri hajózást kiszolgáló és biztosító (Marisat stb.) rendszerek az első lépést jelentik egy újfajta távközlési szolgáltatási igény kielégítése terén. Ez a mozgó vagy változó (áttelepülő) földi pontok és egy, több- vagy sokféle „központ” közötti távközlés biztosítása. Eddig ez a feladat csak a katonai távközlési igényeken belül jelentkezett. A polgári tengerhajózás biztonsága azonban megkívánta a Marisat és hasonló rendszerek létrehozását, melynek szolgáltatásai nem célszolgáltatások, mint például a katonai hajózásban, és a hajó adó-vevő állomások mérete és költsége rendkívül korlátozott. Hasonló igény jelentkezik a globális repülésbiztosítás terén, ahol a megnövekedett forgalmat biztonságosan irányítani a jelenlegi körzetrendszerben csak földi eszközökkel már igen nehéz. Emellett népgazdasági jellegű feladatok is jelentkeztek, mivel a terepen végzett különböző gaz-

dasági munkák (geológia, geodézia stb.) esetén egyre kevésbé engedhető meg a ma általános terepmérés — központi adatfeldolgozás — új terepmérés —... munkaszervezés. Így már megkezdődött a terepi expedícióval menő kis „földi állomások” útján műholdon keresztül az expedícióhoz a központi „intézeti” számítógép termináljának a kihelyezése. A megtakarítások mind pénzben, mind időben nagyok.

### Helymeghatározás

Az elkövetkező néhány évben a geodéziai és navigációs műholdrendszerek területén módszertani (elvi) jellegű változásra nem számíthatunk. Az elektromágneses hullámok adta mérési lehetőségek (fényképezés, Doppler-mérés, radarmérés, lézerradarok és rádiófrekvenciás radarok alkalmazásával egyaránt, csoportfutás mérés, futási idő mérés, holografikus mérés, kombinált eljárások stb.) mind alkalmazásban vannak. A geodéziai és navigációs feladatok megoldásában azonban operatív, széles körű polgári alkalmazásra kerül — a katonai navigációs és a nemzeti geodéziai feladatok megoldásában használt sok módszer mellett — a Doppler-eljárás és néhány egyszerű változata, kis, igen pontos hordozható, illetve járműbe stb. épített és kis számítógéppel kombinált műholdmegfigyelő „állomások” alkalmazásával. Frekvenciasávjaik védelme közlekedésbiztonsági okokból szűkséggéppen megoldódik.

### Meteorológia

A WMO által koordinált rendszerek már ma komplex műholdas világhálózzattá álltak össze, melynek alapvető feladatai közé tartozik a veszélyjelzés, a gazdasági (mezőgazdasági stb.) és egészségügyi meteorológia, a légállapot-vizsgálat, a csapadék-felhalmozódás (hó, jég stb.) vizsgálat és az előrejelzés. E szolgálat kb. 1000 km magas poláris pályán keringő egységekből, szinkron holdakból, adatátviteli holdakból és kiterjedt megfigyelőállomás-hálózatból áll. Műhold-technikai fejlődés nem látszik e téren. Várható azonban az adatátvitel fejlődése és az észlelműszerek — különösen a cm/mm-es rádióméterek, valamint a keskenysávú infraérzékelők — gyors fejlődése. E terület véglegesen összefonódik az erőforrás-kutatással.

## 3. Erőforrás-kutatás

Az eddigiekben lényegében „klasszikus” területekről beszéltünk, amelyen belül mind mennyiségi, mind minőségi változások léptek és lépnek fel, amelyek egyre szorosabban befonódnak civilizációnk fejlődésébe, de az összképet tekintve nem jelentenek alapvető és döntő jelentőségű újat. Az űrkutatás első újfajta jelentkezése az erőforrás-kutatás megjelenése a 70-es évek elején [9] a zárt bázisú világgazdasági modellek és borús perspektívák azonnali első alternatívájaként.

A jelenlegi világgazdasági [4] — és egyéb jegyekre is figyelve — civilizációs korszakváltás idején úgy tűnik, hogy létfontosságú mind a meg nem újuló erőforrások (ásványok stb.), mind a regenerációs ciklusokban megújuló erőforrások (növényzet, haszonállatok, légköri oxigén stb.) pontos megismerése, re-

gionális és globális felmérése és a velük való népgazdasági és globális tervszerű gazdálkodás biztosítása. Ennek az objektív alapja és egyetlen realizálható technikai lehetősége a világűrből való felmérés [10].

Röviden összefoglalva a vizsgálatok elvi és részben már megvalósított lehetőségei az alábbiak:

A Nap elektromágneses sugárzásának és/vagy az űreszközökről kisugárzott elektromágneses hullámoknak a Földről (felszínről, mélyebb rétegből, légkörből stb.) visszaverődő részének mérése kétdimenziós (képszerű) vagy háromdimenziós (hologramszerű) módon, minél több precízen mérhető jellemző rögzítésével; az amplitúdó pontos mérésével, a frekvenciament mintavételezésével (néhány sávban mérve az amplitúdót), folyamatos spektrum mérésével, frekvencia—fázis—polarizáció stb. változás meghatározásával, interferenciakép rögzítéssel stb. E precíz jellemzők analízise már ma, a szolgáltatászerű alkalmazás kezdetén (azaz a kísérleti szakasz végén) az alábbi felhasználási területeket biztosítja:

— geológia (ásványelőfordulás, talajkutatás, általános geológia, ismeretlen alakzatok feltárása, geológiai formációk azonosítása és eredete, keletkezési mechanizmusok tisztázása stb.);

— a geodézia és térképészet (az adatok, méretek pontosítása, változásuk nyomon követése, napra kész térképtár stb. — kombinálendő a geodéziai távolságmérésre alkalmas műholdakkal szerzett távolságadatokkal);

— vizkutatás (vízrendszerek és változásai, föld alatti vízrendszerek, édesvíz-hálózatok, vízszennyezettség, vízvédelem, halászat, belvízrendszerek, tervezett változások hatása, operatív vízügyi figyelő szolgálat stb.);

— óceánkutatás (óceánfelmérés, biológiájuk, áramlások, szennyezettség, halászati viszonyok, halrajok vándorlása, hajózhatóság stb.);

— jégkutatás (jég- és hófedettség, víztartalékok, változások, jégtípusok és megoszlásuk, gleccserek, sarki jég, globális egyensúly stb.);

— környezetszennyezettség (felderítés, állapotfelmérés és változásindikálás, operatív figyelő szolgálat stb.);

— várostelepítés és -fejlesztés (ellátási erőforrások feltárása, optimális terjeszkedés kijelölése, lakhatósági feltételek analízise stb.);

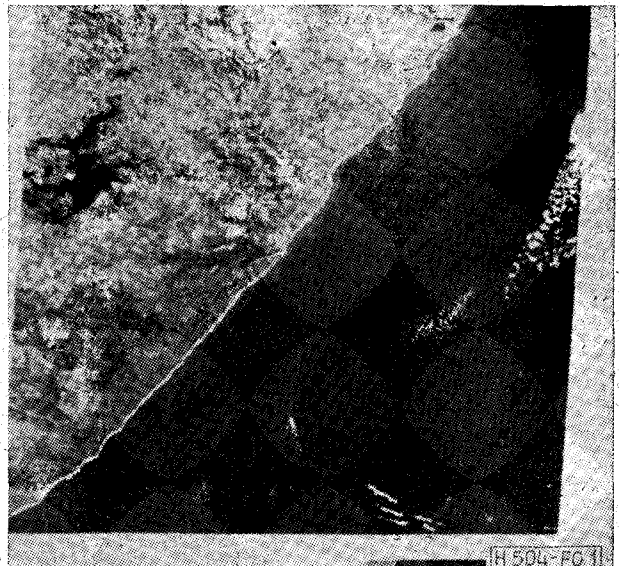
— mezőgazdaság és erdőszet (növényzet mennyiségi és minőségi felmérés, termésmeghatározás, talajösszetétel, talajerózió, tűz és hatásai, kártevőfelderítés stb.);

— globális bioszféra egyensúlyvizsgálata, a zavarok időben való észlelése, az ellenintézkedés kívánt és nem kívánt hatásainak felmérése stb.

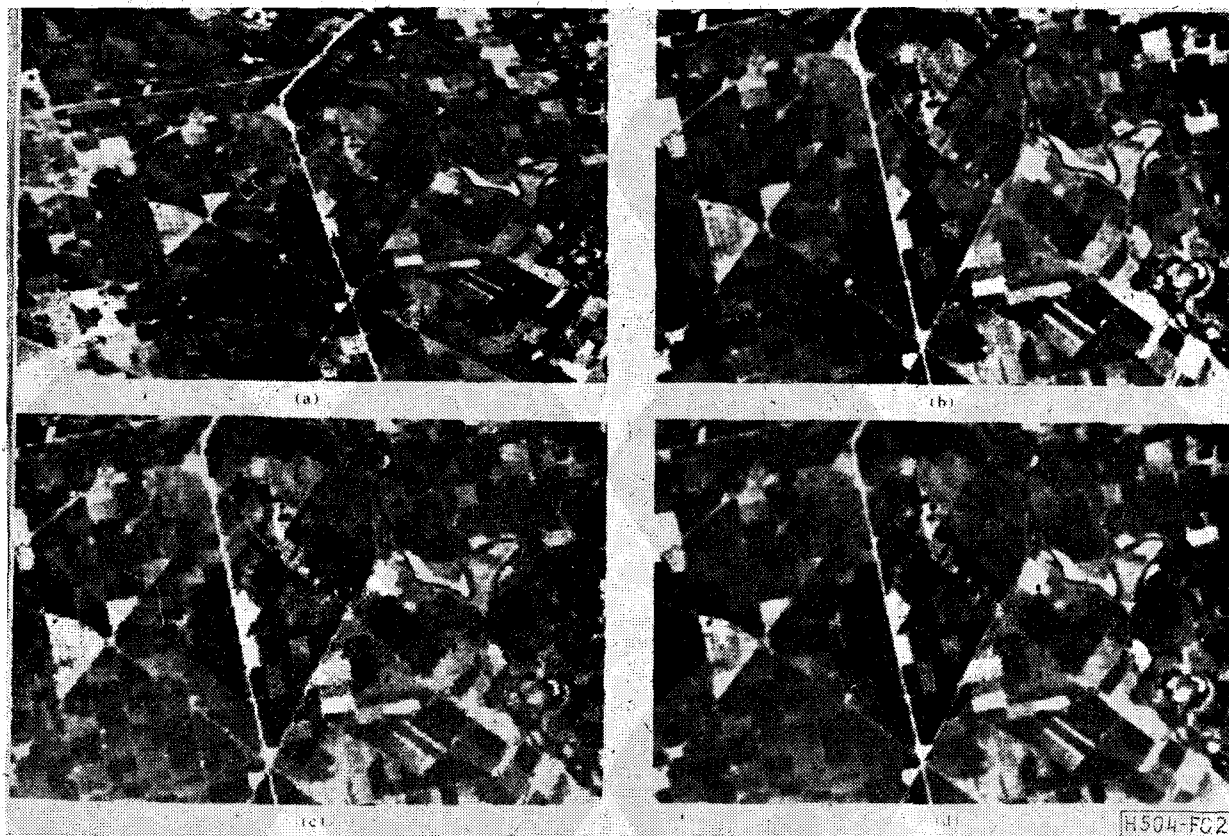
Jelentősége miatt e területen az űrhajók, műholdak, földi adatvevő, feldolgozó és elosztó központok intenzív „bevetésére” kell számítani a legrövidebb időn belül. Mivel e terület a bolygó kutatás és a műholdas katonai felderítés eredményeinek meglepő „melléktermékeként” jelent meg, alkalmazási határai még nem körvonalazhatók. Ezért alapvető fontosságú a már kitalált észlelési technika eszközei minőségi fejlesztése mellett (sok spektrális sávú, precíz tv-felvételek készítése, infravörös, látható fény- és mikrohullámú soksávú letapogató rádióméterek,

rádió magasságmérők; folytonos, egy vonal menti spektrométerek stb.) új mérési ötletek kipróbálása (globális gazdasági kihatásai miatt még az igen bonyolult eljárás kivitelezése is megfontolandó), valamint az adatkezelés gyorsítását és az optimális automata értékelést (alakfelismerés, automatikus minőségazonosítás, statisztikus értékelés, automatikus riasztás stb.) biztosító eljárások fejlesztése.

Az első lehetőség és a kezdeti megoldás e „felvételek” méretkorrekciójára analitikus jellegű volt [11], amelynek során figyelembe vették a felmérő műszer precíz jellemzőit [12], az űreszköz (műhold, űrhajó, űrállomás) tájolását, a letapogatósi idő (néhány s — néhányszor 10 s) idő alatt az űreszköz elmozdulását a pályán és a Föld elfordulását a tengelye körül stb. Így az eredeti nyers „felvételt” (számítógépi úton) korrigálva kapták a néhányszor 10 m térképpontosságú és néhány m — néhányszor 10 m felbontású, a korábban említett népgazdasági területek számára szükséges „képeket”, „térképeket” (1. ábra). Ma már sokkal nagyobb pontosságot érnek el úgy, hogy geodéziailag igen precízen bemért és gépi alakfelismeréssel a „felvételeken” automatikusan azonosítható pontokat (útkereszteződés, röptér stb.) választunk „földi kontroll pontnak”. Ezeket (gépi úton) kikeresik „a felvételen” és ismert a helyük a leendő térképen. Így két-, illetve háromdimenziós (!), a teljes felvételre hiteles transzformációs függvénnyel egymáshoz rendelhető (2. ábra) a „felvétel” (a) és a kívánt térkép raszterosztása. Ezután a térkép képpontintenzitása meghatározható például a legközelebbi szomszéd intenzitását átvéve (b), lineáris, kétdimenziós interpolációval (c) vagy valamely konvolúciós illesztési eljárással (d) a kívánt pontosság, a feladat és a megengedhető futási idő függvényében. Ezzel a térkép-készítés manuális illesztő munkát már nem kíván [13]. Fontos az elektromágneses hullámterjedési elmélet precíz ismerete és alkalmazása (légköri, felszíni és felszín alatti reflexiók szétválasztása, torzítás korrekciók, elektronikus felbontásnövelés stb.) e hullámterjedési elmélet fejlesztése. Több esetben tapasztal-



1. ábra



2. ábra

tak olyan anomáliát mérésnél (cm-es sávban például), ami miatt a COSPAR és URSI területek közös művelésének az igénye is felmerült.

Alapvetően függ a terjedési korrekció például nemcsak a frekvenciától, hanem a használt műszertől is. A 3. ábrán látható egy eredeti spektráltiszta letapogatásos — scanner — (a) és vidicon (f) felvétel. Az a) esetben, mivel a műszer iránykarakterisztikája igen éles, s egyetlen képpontot vesz egy pillanatban, elegendő egy frekvenciafüggő és mért intenzitástól függő korrekció, amely a 2. ábrán bemutatott méretkorrekció után a (b) képet adja (persze figyelembe veszik a Nap irányát, azaz az általános megvilágítottságot stb. is). A vidicon egyidejűleg széles térszögben nyitott nyalábbbban veszi az elektromágneses hullámokat, s optikai úton képezi le. Így „bevillanás”, hamis intenzitást adó kevert reflexiók is felépnek. Ekkor sokkal bonyolultabb a korrigálás, melynek eredménye (g). Az ábrán látható még (b)-ből előállított geológiai (c), úthálózati (d) és vízrajzi (e) tematikus térkép.

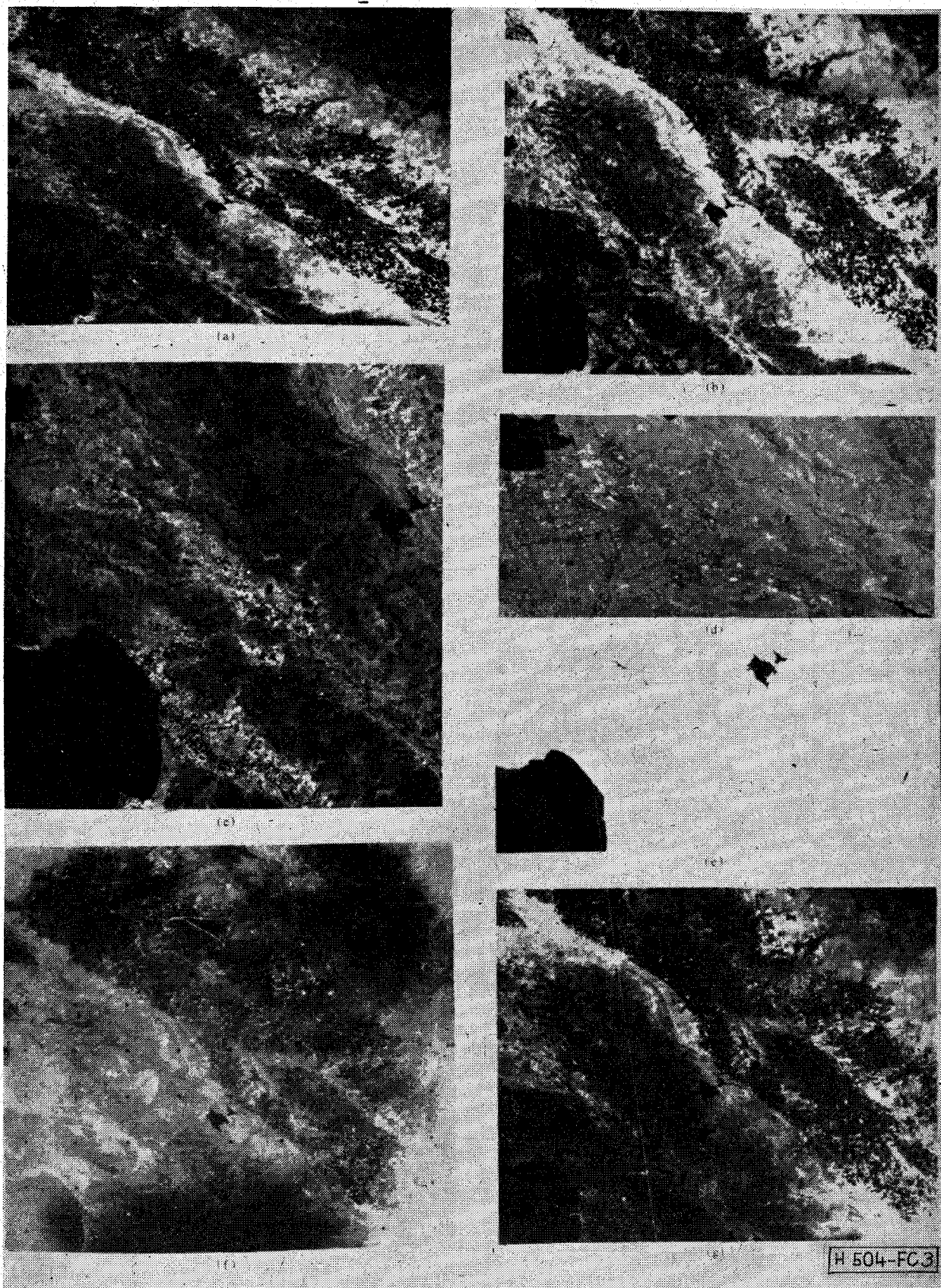
Az így korrigált képek már olyan pontosak intenzitásra, hogy a gépi összeillesztésükkel nyert „mozaik”-képeken nem látszik semmilyen intenzitásugrás. Így eddig ismeretlen, bár felmért és ember lakta stb. geológiai objektumok fedezhetők fel. Az elmúlt évek nagyon sok e tárgyú felfedezéséből egy példa a korábban jól feltérképezett vidékre eső kör alakú objektumot mutat (4. ábra). A kép technikai érdekessége, hogy a terjedési korrekció pontossága következtében nem látni illesztési képhatárokat.

Megváltozik így a titkosság fogalma is, sőt az operatív gazdasági tervezés, a felderítés elleni védekezés stb. módszere is. Teljesen új és hírszereink tervezését befolyásoló szempont, hogy — mint láttuk is — ezen információk műszerfüggőek is. Így a népgazdaság számára (távlatilag) nem elegendő valamely erőforrás-kutatási adatcsoportot megszerezni, hanem azok különbözősége miatt a lehető legtöbbhöz (lehetőleg közvetlenül) hozzáférni. Így érhetjük csak el, hogy képünk legyen magunkról is és arról is, mit tudnak rólunk például kereskedelmi partnereink.

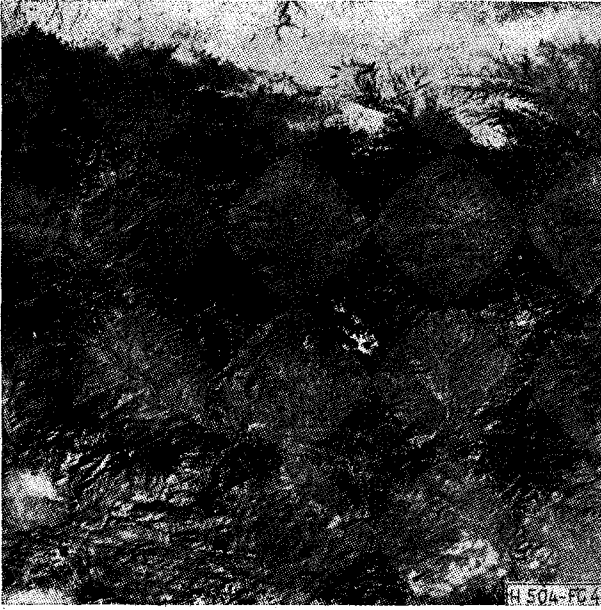
Technikai szempontból igen fontos, hogy űr—föld és föld—föld kapcsolatban ezen adatok adása, vétele, átvétele és feldolgozása során a  $\cong 20$  Mbit/s, illetve  $\cong 100$  Mbit/s jelsebességgel kell számolni. A gazdasági kényszer miatt ezen átviteli vonalak vivőfrekvencia, sáv szélesség, teljesítmény, vételi zavarvédelmi stb. igényeit kielégítik. Nagy szerephez jutnak így új átviteli eljárások (fényvezető eszközök, adatzsugorítás információvesztés nélkül, nagy sebességű adattárolók stb.). Ezen adatok operatív használatba vételének előfeltétele a földi adatszétosztás biztosítása.

E feladatok napi közszolgáltatássá változtatják a színes térképek számítógépi készítését és értékelését, a rendkívüli adattömeg és sokoldalú felhasználása miatt nemzeti, regionális és globális adatbankokat kívánnak meg perspektivikusan. Másrészt a népgazdasági tervezés objektív és pontos adatbázisát biztosítva az űrtechnika egyre inkább a földi lét alapjává válik.





3. ábra



4. ábra

#### 4. Gyártás a világűrben

A fentiekén túlmenően azonban az űrkutatás nemcsak a földi élet egyik legfontosabb „technológiája” lesz, hanem a termelőerők oly irányú fejlődését indította el, amely alapvető technológiai forradalomhoz és civilizációknak egyelőre a Naprendszerbe való kilépéséhez vezet [6, 14, 15]. Ezt az alapvető technológiai forradalmat az elmúlt néhány évben az űrhajókon és űrállomásokon végzett gyártási kísérletek eredményei tették lehetővé, a földi nyersanyagok és energiahordozók drágulása és az ezek közvetlen és közvetett hatásaként fellépett fejlődés igényei tették szükségsszerűvé.

Az elért rendkívüli technológiai eredmények fizikai alapjai:

- a súlytalan környezet, melynek következtében a földfelszíni nehézségi erőnél jóval kisebb (akár több nagyságrenddel kisebb) hatások érvényesülnek és felhasználhatók, továbbá a hatások értéke, valamint térbeli gradiensük igen precízen beállítható;

- rendkívül tiszta, anyagmentes környezet, azaz térfogati kötöttségek nélkül  $10^{-13}$  Torr-nál jobb vákuum biztosítható;

- precízen beállítható és ellenőrizhető sugárzási környezet, széles tartományban változtatható hőfok és energiasűrűség.

Ennek következtében:

- a hő-, egyéb energia- és anyagtranszport feltételei a jelenlegi legpontosabb mérési módszerek szerint az elmélettel 100%-ig megegyezően igen jól kézben tarthatók;

- tanulmányozhatók a  $\ll 1$  g folyamatok, ismeretlen technológiák adódnak;

- nagy, homogén és reprodukálható tulajdonságú anyagtömbök gyárthatók;

- a radioaktív aktiválás gyártástechnológiai alkalmazásba vehető;

- egzaktnak beállítható, rendkívül nagy hőfok

gradiens térben és időben megvalósítható és alkalmazható;

- olvadákelmélet fejlesztése, új folyamatok alkalmazása, eloszlásszabályozás stb.;

- ismert folyamatok elméletileg számítottal azonos lefolyása, fentiek szerinti befolyásolása (kristály szigorúan állandó fajlagos ellenállásának beállítása, diffúzió, kristályosodás, vegyi reakciók stb.);

- felületi folyamatok precíz technológiai alkalmazása, például: beoldás túlhűlt folyadékba;

- ismert technológiák nagy hatékonyságú alkalmazása, például: elektroforézis;

- extrém nagyméretű vákuumtechnológia kifejlődése, fémgyártás, rétegpárologtatás stb. terén;

- edény nélküli (lebegtetés) gyártástechnológiák stb. A sor várhatóan nem teljes. Remélhető az anyagban rejlő technológiai lehetőségek e szempontok szerinti végeletekig menő kihasználása.

Ezek alapján az eddigi kísérletekben (Szojuz, Szaljut, Apollo, Skylab, Szojuz–Apollo, technológiai kutató rakéták) érdemi technológiai „áttörés” történt [16] a következő területeken:

- Biológiai anyagok technológiája: elektroforézis terén.

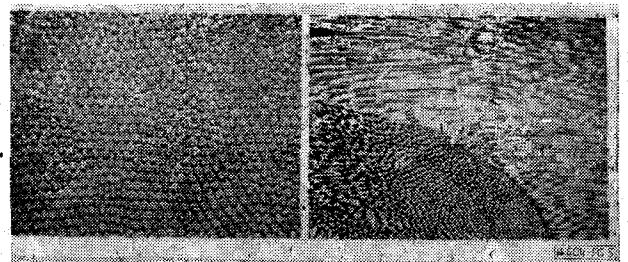
- Szilárdulási folyamatok technológiája: homogén hibátlan és új, a Földön nem gyártható félvezetők, fémek és keverékanyagok (ötvözetek stb.) terén.

- Kerámia- és üvegtechnológia: különféle frekvenciatartományban üzemeltethető, rendkívül tiszta optikák anyagai és lézeryanagok terén.

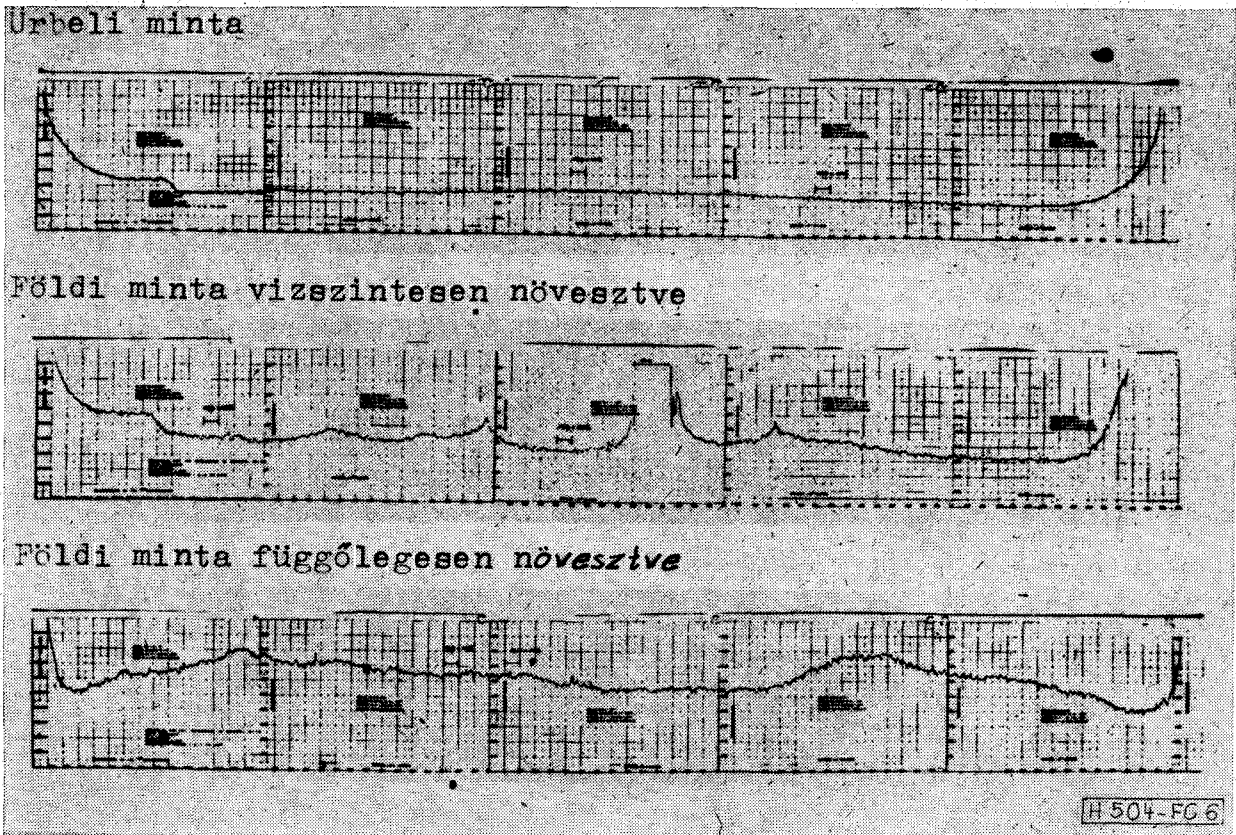
- Folyadéktechnológiák és kémia: nagyon sok, változatos elv használatával.

A legfontosabb az említett gyógyszer és gyógyszer-technológiai anyagok gyártása, amelynek eredménye a Földön egyáltalán nem gyártható gyógyító készítmények sora lesz, ez embermilliókat érint közvetlenül [21 stb.]. E téren az ipari gyártás a fontosság és a szükséges hatóanyagok kis tömege miatt már a következő évtized (1980-as évek) elején rendszeres lesz az űrben. Azonban ez a híradástechnikától távolabb esik.

Érdeemes röviden áttekinteni a híradástechnikai és elektronikus ipart érintő eredményeket [16, 17, 18]. Fontos alap kutatás jellegű technológiai vizsgálatok folytak és folynak a kristályosodó anyagok olvadása és dermedése megismerése érdekében, mivel a földi gravitációs hatások mellett az adhézió, a felületi feszültség, a hő- és elvezetés hatását precízen nem ismerjük. Ennek során sikerült például germániumot és aranyat olvadékokban ötvözni. A Földön e kísérletek

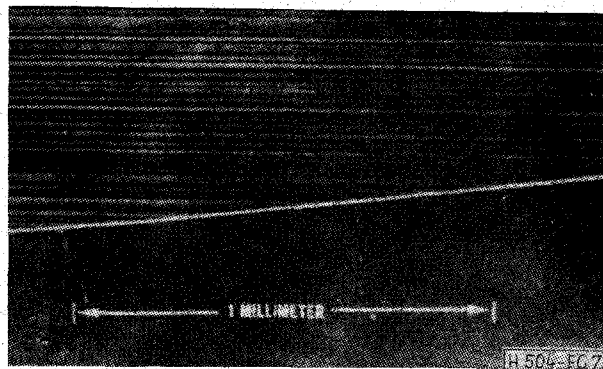


5. ábra



6. ábra

kudarcot vallottak. Az eredmény szupravezető anyag. Rendkívül homogén szerkezetű felületek alakulnak ki a súlytalanság állapotában való dermedés során. Az 5. ábrán a Szojuz—Apollo repülés egyik eredménye látható, az űrhajó fedélzetén átolvasztott és újra megszilárdult fényvezető szál felülete, s összehasonlításként mellette látható a felvitt minta Földön maradt másik fele. Egyébként is számos fontos optikai eredmény született. Extrém optikai tisztaságú nátrium-fluorid kristályokat gyártottak, amik forradalmasítják különösen az infravörös optikai rendszereket. Számos lézerező gyártási kísérletet végeztek sikeresen. Szakterületünket alapjaiban érintik a félvezető eszközalanyagokkal végzett kísérletek eredményei. A diffúzió a kísérletekben az elméletileg számolt értékkel a legpontosabb mai mérés technika szerint egzaktul egybevágoan játszódik le. Ez a gyártási (szennyezési stb.) pontosság nagyságrendi javulását eredményezi a világűrben gyártva. Egykristálynövesztési és átolvasztással újrakristályosítási kísérleteket végeztek. A 6. ábrán a Földön vízszintesen, illetve függőlegesen növesztett kristály fajlagos ellenállása látható a világűrben gyártottéval összehasonlítva a kristály mentén. A fent gyártott kristály homogenitása önmagáért beszél. A 7. ábrán átolvasztással újrakristályosított indiumantimonid kristály és Földön maradt kontrollfele látható. Az űrbeli darabon nem látni inhomogenitást. (A kimutatási technika az MIT speciális eljárása.) Mammut kristályokat növesztettek mind olvadékból, mind gőzállapotból, hibátlan szerkezettel. A 8. ábrán látható Ge—Se darab gőzfázisból vált ki, s hossza meghaladja a 25 mm-t. Mintegy hatszor nagyobb, mint ami a gőz-



7. ábra



8. ábra



közeg statisztikus fluktuációit figyelembe vevő elméleti jóslatok alapján várható volt.

Így az ipar közvetlen fejlesztési és gyártási tervei-  
ben megjelent a világűrben való munka. Ma általában az elektronikus ipar számára gazdaságos a világűrben való gyártás, ha e minőségi anyagok költsége nem haladja meg a 20–25 ezer \$/kg értéket. Ezt pedig már a legtöbb esetben az 1979-től bevezetésre kerülő űrrepülőgép és a meglévő, illetve fejlesztés alatt álló űreszközök (labor, állomás, automata gyár stb.) biztosítják.

Ennek fényében érthető az emberes űrkísérletek kézzelfogható fellendülése, hiszen nemcsak nagyszemű, hanem gazdaságos vállalkozást is jelentenek azoknak, akik e tendenciákat komolyan véve jól tervezik meg a fent végzendő kísérleteket.

Az ipar érdeklődése igen nagy. Sok esetben az e tárgyú kísérletek összköltségének 40–50%-át már nem az űrkutatási intézmény, hanem az ipar finanszírozza. Közvetlen célkitűzés például: igen tiszta, s ezért hosszú élettartamú röntgen-cső elektróda gyártáshoz W-gyártás. A 7–8 cm átmérőnél nagyobb átmérőjű Si-egy kristályok gyártása nagyfeszültségű és erősáramú elektronikus eszközök (elsősorban diódák, tirisztorok) számára. Magnetooptikai anyagok gyártása. Optikai és lézervegek gyártása. E téren különösen fontos, hogy a CaAl-mal dúsított neodým-üveget CaO-dal túl kellene „szennyezni” ahhoz, hogy a triggerelt fúzió (!) megindulásához elegendő energiát lehessen egy-egy impulzusból nyerni. Azonban a kívánt CaO tartalom elérése előtt az edényfal hatására mindig megindul a szilárdulás. E probléma fent megszűnik, mivel az olvadt üveg, a CaO adagolása alatt lebegve tartható, s így nincs falhatás, amely megakadályozná a túldúsítást. Ennek megoldása nemcsak civilizációs kulcskérdés, hanem közvetlen ipari gyártási cél ürügy. Fontos változást hoznak a 80-as évek elején üzembe helyezendő automata félvezető-alapanyag gyárak. Ezeket megoldható a hibátlan, precízen előírt vastagságú és szélességű, folyamatos Si-szalaggyártás. A jelenlegi morzsa- (chip-) költség nem több, mint kétszereséért lehet gyártani az alapanyagot minden szállítási, karbantartási stb. költséget beleszámolva. Azonban kristály alapanyagra vetítve 8% helyett 35% kihatással, ha a végső IC-kialakítás a Földön történik. Emellett jelentős minőségjavulással. A nagy felületű Si használata az összeköttetési veszteségek csökkentését jelenti. A teljesen azonos ellenállás, a pontos paraméterek miatt ugrás-szerűen növelhető az integrálási sűrűség. A felület hibamentessége miatt a maszk-kép nem torzul stb. Ezért ez is közvetlen ipari cél.

Úgy tűnik, hogy a következő évtized az ipari tevékenység egy részének kényszerű űrbe kerülését indítja meg. Ez a termelőerők fejlődésének iránya. Emellett még lehetne még említeni a világűrbe telepítendő Nap-erőműveket stb. [19]. Így a belátható jövőben, mindenképpen az ezredforduló előtt — békés fejlődést tételezve fel a Földön, nagy kiterjedésű háborúk nélkül — a Föld-Hold rendszerben megjelennek az első nagyméretű, lakott űrállomások több ezer embernek adva otthont [20], s ez alapvetően változtat fejlődésünk jelenlegi keretein.

## Összefoglalás

A jelen vázlatos részleteket és legtöbbször indoklást is mellőző áttekintés végén fel kell hívni a figyelmet az „űrkutatás” jellegének megváltoztatására is, és a felsorolt konkrét tevékenységsoportokra is. A közeli jövőben már a távoli, külső megfigyelés helyett e munkákhoz közelebb kell férkőzni (ennek feltételei nemzetközi együttműködés keretei között megvannak) s be kell lépni a felhasználók közé. Ellenkező esetben ipari-technológiai, erőforrás-kihasználási stb. „meglepetésekkel” és konzekvenciákkal kell számolni.

Másrésről a civilizációs korszakváltás egyre aktívabb analizisében reális alternatívaként figyelembe lehet venni a jelenségkört, a várható hatásokat és a prognosztizálásban felhasználni. Hiszen reményünk lehet arra, hogy precivilizációs állapotunkból [6] az elsőfajú civilizáció szintjére emelkedjünk.

## IRODALOM

- [1] Ferencz Cs.: Az űrkutatás néhány társadalmi-világnézeti kérdése. Asztronautikai Tájékoztató, 2/23. sz. 1971.
- [2] G. H. Stine: The Third Industrial Revolution: The Exploitation of the Space Environment. Spaceflight, 16, 327, 1974.
- [3] D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III: The Limits to Growth. Potomac Ass. Book, 1972.
- [4] Bognár J.: Világgazdasági korszakváltás. Közg. és Jogi Könyvkiadó, Gondolat Könyvkiadó, 1976.
- [5] N. S. Kardasev: The Latest Investigations of CETI in the USSR. SZUTA Kozmikus Kutatások Intézete, preprint, Pr—279, 1976.
- [6] I. Sz. Sklovskij: O vozmozsno] unikalnosztyi razumnoj sziznyj vo vszelempnoj. SZUTA Kozmikus Kutatások Intézete, preprint, Pr—202, 1976.
- [7] L. E. Sweeney: Suggestions for Future Research in HF Ionospheric Modification. Radio Sci., 9, 1089, 1974.
- [8] F. J. Hudson: Large Scale Telescope. IBM Journal of Res. and Dev., 20, 67, 1976.
- [9] Baj A.: ERTS—1 program. Mezőgazdasági Repülés, II., 5—6, 31, 1973.
- [10] Ferencz Cs.: A földi erőforrások űreszközökkel történeti kutatásának technikai és észleléstechnikai alapjai. Asztronautikai Közlemények — „Földfelszíni és Meteorológiai Megfigyelések a Világűrben”, 1974.
- [11] O. G. Maian: How to Use Transparent Diazo Colour Film for Interpretation of Landsat Images. COSPAR Techn. Man. Ser., No. 6, 1976.
- [12] R. H. Kidd, R. H. Wolfe: Performance Modeling of Earth Resources Remote Sensors. IBM Journal of Res. and Dev., 20, 29, 1976.
- [13] R. Bernstein: Digital Image Processing of Earth Observation Sensor Data. IBM Journal of Res. and Dev., 20, 40, 1976.
- [14] W. v. Braun: Space in the 1980's. Spaceflight, 15, 2, 1973.
- [15] R. L. Hammel: Space Processing Applications — Designing the Initial Space Transportation Payload Capability. Raumfahrtforschung, 20, 264, 1976.
- [16] NASA Seeks Industry Space Processors. Av. Week and Space Techn., 104, 46, 1976.
- [17] E. Stuhlinger: Skylab Results — Review and Outlook. COSPAR XVIII. Pleen. Meet., S.P.—1.4.4.8, Varna, 1975.
- [18] J. H. Bredt, B. O. Montgomery: New Challenges for Industry. Astr. and Ae., 13, 5, 22, 1975.
- [19] J. Gray: The Outlook for Space Power. Astr. and Ae., 14, 10, 29, 1976.
- [20] G. K. O'Neill: Engineering a Space Manufacturing Center. Astr. and Ae., 14, 10, 20, 1976.
- [21] K. Hannig, R. Schindler: Review of Electrophoresis Experiments on ASTP. „Material Sciences in Space”, ESA, SP—114, 27, 1976.