

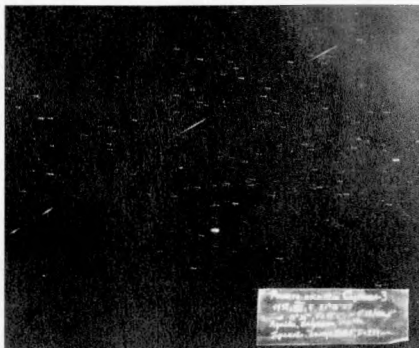
Az űrkutatás hőskora I.

Magyarországon az űrkorszak első űrkutatási tevékenységéként 50 éve kezdődött a mesterséges holdak megfigyelése. Hogyan is történtek ezek a „szputnyikészlelések”?

Bevezetés

Amikor 1957-ben az újságok hírül adták, hogy felbocsátották az első mesterséges holdat, mindenki izgatottan kémlelte az eget, hogy vajon lehet-e látni. Hát maga a mesterséges hold 50 cm-es átmérőjével túl kicsi volt ahhoz, hogy szabad szemmel látni lehessen, de amire előre senki nem számított, az a rakétafokozat, amely a holdat körbebesség fölé gyorsította, a maga 10–20 méteres hosszúságával elég nagy volt ahhoz, hogy a ráeső napfényben a Föld felszínéről szabad szemmel is látható legyen. A 250 km magasságban keringő test, ahogy az esti szürkület utáni órákban egy repülőgép sebességével végigvonult a csillagok között, sok ember figyelmét felkeltette, és az utcákon mindenütt tömegek verődtek össze egy-egy ember körül, aki elsőnek vette észre. Az elnyúlt alakú, bukdácsoló rakétatestet hol kisebb, hol nagyobb oldalal fordítva a Nap felé különböző mennyiségű fényt vert vissza a bámészkodók irányába, vagyis a fényessége változott. Ez még érdekesebbé tette. Végül, ahogy a rakéta a Föld árnyékkúpjába belépett, hirtelen eltűnt a nézők szeme elől.

Mint arról már sokszor jelent meg visszaemlékezés, az első mesterséges hold (ahogy akkoriban neveztük: szputnyik) felbocsátása előtt röviddel a Szovjet Tudományos Akadémia kéréssel fordult a Magyar Tudományos Akadémiához is, hogy mesterséges holdjaik megfigyelésével segítsék a holdak pályáinak meghatározását. A Magyar Akadémia a Csillagvizsgáló Intézetet kérte fel a feladat megszervezésére, és Detre László, az intézet akkori igazgatója, Almár Ivánt bízta meg a feladat megoldásával. A megfigyelések



Fotó egy rakétafokozat átvonulásáról. A felvétel 1958. augusztus 4-én készült

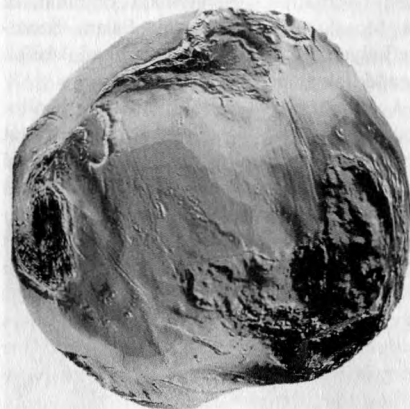
végrehajtásához a Szovjet Tudományos Akadémia 40 darab AT-1 jelű, 6 cm-es kis tükrös távcsövet bocsátott az intézet rendelkezésére, amelyek közül 8–10 darabot – mindegyiket egy-egy megfigyelő személlyel – egymás mellé állítva kellett úgy felsorakoztatni, hogy látómezeik kissé átfedve, de egymás mellé nézzenek. A látómezőket összekötő irányt a szputnyik várható égi útjára merőlegesen kellett beállítani, és várni, várni, várni, hátha valakinek a látómezejébe „besétál” fényes pontként a szputnyik.



Műholdészlelés AT-1 távcsövekkel Budapestről (balra Csank Lajos, jobbra Almár Iván)

Hogy miért volt szükség erre a megfigyelési módszerre, amikor az égimechanika olyan ragyogó eredményeket tudott már az 1950-es években felmutatni?

A mesterséges holdak pályái néhány száz kilométer magasságban húzódtak a Föld felszíne felett. E viszonylag kis magasságból a Föld már nem tekinthető tömegpontnak, hanem nagyon is kiterjedt testnek, amelynek szabálytalan alakja (geoid, l. ábránkat)



A Föld gravitációs tere, ahogy ma ismerjük az ERS műholdak alapján. A gravitációs anomáliákat erősen eltorzított magassági viszonyokkal tették láthatóvá

és egyenetlen tömegeloszlása a gömbszimmetrikustól eltérő gravitációs teret eredményez. Ugyanakkor még sem a Föld pontos alakját, sem tömegeloszlását nem ismerték eléggé, ezekre éppen a később felbocsátott mesterséges holdak pályaváltozásainak vizsgálatával derült fény. Az úgynevezett „Standard Föld” modelleket csak 1965 körül sikerült már elég pontosan megalkotni, és ebben a nagy munkában a magyar Izsák Imrének mint égimechanikusnak óriási szerep jutott. Vagyis nem az elmélettel, az égimechanikával voltak problémák, hanem azzal, hogy a holdak pályáit nem lehetett egyetlen zárt, és a térben állandó helyzetű Kepler-féle ellipszispályával leírni. Ezért nem lehetett pontosan előre jelezni, hogy milyen nyomvonalon és mikor fog áthaladni az égen a mesterséges hold a csillagok között.

Volt azonban még egy ok, ami miatt ilyen észlelési technikára volt szükség. A 200–300 km magasságban mozgó holdakra ugyanis a Föld ritka légkörének még ebben az óriási

magasságban is jelentős fékező hatása van. És a légsűrűséget sem ismerték eléggé, ez is a később felbocsátott mesterséges holdak pályafékeződése alapján lehetett meghatározni. Bár a fizika alapján feltételezték, hogy a légsűrűség a magassággal exponenciálisan csökken, de a Föld gömbszimmetrikustól eltérő tömegeloszlása, lapultsága miatt a Föld minden pontja felett más és más szintről indul ez az exponenciális csökkenés. Arról nem is beszélve, hogy akkor még fogalmunk sem volt arról, hogy a légsűrűség milyen óriási időbeli változásoknak van kitéve! Ez is később derült ki, éppen a mesterséges holdak fékeződés-változásából.

Szputnyikészlelések

Ha a szputnyik pályája egy kicsit máshol vezetett, vagyis nem azon az útvonalon vonult át az égen, ahova előre jelezték, hanem egy kicsit errébb, akkor a jobbra vagy balra néző távcsövekben még megláthatta az egyik szomszéd észlelő. Ekkor az illető követhette a szputnyikot mindaddig, amíg az valamely fényes csillag alatt vagy fölött el nem haladt. Ebben a kritikus pillanatban megnyomva egy stopper gombját rögzíthette az időpontot, és leolvassa a látómező szálkeresztjén a csillagtól mért szögtávolságot, a csillag pozíciójából kiindulva egy megfelelő nomogram (NAVICARD) segítségével kiszámíthatta a műhold ekvatoriális pozícióját is. Csak meg kellett keresnie a fényes csillagot egy csillagtérképen, és egy csillagkatalógusból a pozícióját megadni. Továbbá felkiáltására, hogy „jön a szputnyik”, a többi észlelő is megpróbálhatta távcsövével befogni azt, és hasonló módon észlelési pozíciót adni esetleg egy másik csillag megközelítésekor. Egy hasonló módszert még az első szputnyik felbocsátása előtt kidolgoztak, és olyan egyszerűnek tűnt végrehajtani, hogy csak a Szovjetunióban 70–80, főleg amatőr csillagászokból álló csoport kapta feladatul a szputnyikok ilyen, optikai követését.

Az előrejelzés pontatlansága lényegesen kisebb volt a pálya nyomvonalát illetően, és

sokkal nagyobb a pálya mentén, vagyis hogy mikor ér oda az előrejelzett pontra a szputnyik. A pálya mentén előfordult – különösen az első időkben –, hogy fél órával korábban vagy későbben jött a szputnyik, mint ahogy az előrejelzés szólt. Ezért a megfigyelőknek eleinte az előrejelzett érkezési időpont előtt fél órával meg kellett kezdeniük a figyelést, és ha nem jött, egy fél órával az előrejelzett időpont utánig is folytatni kellett a munkát. Hát ez már keményebb dolog volt. Főleg télen megfelelően fel kellett öltözködni, és olyan kényelmesen kellett elhelyezkedni, hogy akár egy órán keresztül a folyamatos



Gesztesi Albert az átalakított TZK-val a Csillagászati Kutató Intézet teraszán kialakított észlelőhelyen

figyelés lehetővé váljon. Ha az ember ilyen hosszú ideig meresztí a szemét egy kis látómezőre, és várja, hogy halvány vagy fényesebb csillagként átvonuljon a szputnyik, bizony előfordulhat – mint ahogy első alkalommal ez velem is megtörtént – hogy amikor végre megjelenik a mozgó, fényes pont a látómezőben, úgy meglepődik, hogy ijedtében elfelejti megnyomni a stoppert.

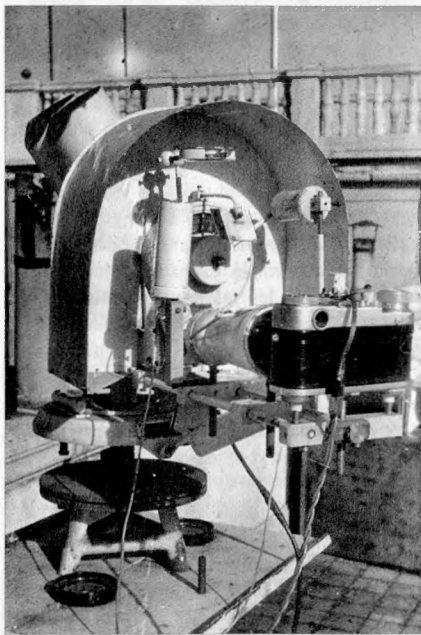
Sikeres megfigyelés esetén volt néhány idő- és pozícióadat, amit számkódolt táviraton továbbítottunk Moszkvába, a KOZ-MOSZ központba. Budapesten, a Csillagvizsgáló Intézet tetőteraszán elhelyezett AT-1 távcsövekkel 1958 januárjában sikerült az első használható észleléseket végrehajtani és Moszkvába továbbítani; Baján, Szombathelyen és Miskolcon valamivel később kezdődtek a megfigyelések.

A többi kül- és belföldi megfigyelő-állomásról befutott észlelésekkel együtt ezt az észlelést is felhasználva a következő napra Moszkvában számolhattak pályát, és ugyancsak számkódolt formában táviratilag küldtek egy-egy újabb pozíciót minden megfigyelő-állomásra, hogy másnap milyen irányba álljanak fel a távcsöveikkel. És ez így ment nap mint nap, ha a kérdéses időpontban derült volt az ég. A magyar megfigyelő-állomásokon is mindig megkísérelték a műholdak észlelését.

A mesterséges holdakat nem lehetett akár-mikor megfigyelni, hanem csak az esti és a hajnali szürkületben. Csak akkor látszottak ugyanis, ha őket még megvilágította a Nap, de nálunk már sötét volt. A holdak, amikor a legfényesebbek voltak, 200 km körüli magasságban haladtak, és így nagyon rövid volt az az idő, amíg a felszínen már lebukott a Nap a látóhatár alá, de 200 km magasságban még nem. Minél alacsonyabban keringett egy szputnyik, annál rövidebb ideig álltak fenn ezek a feltételek. Egyébként, ha véletlenül sikerült elkapni azt a pillanatot (és meghatározni a hozzátartozó pozíciót), amikor a szputnyik éppen árnyékba lépett, az egy nagyon fontos térbeli pozíciót adott. Ilyen megfigyelésre ezzel a csillaghoz kötöses módszerrel csak extra szerencsés esetben kerülhetett volna sor. A későbbi fejlesztések már 1958 tavaszán azonban ilyen megfigyeléseket is lehetővé tettek.

Később ugyanis Almár Iván, a négy állomásból álló magyar szputnyikmegfigyelő hálózat vezetője, a hadseregtől kért és kapott olyan TZK jelű binokulárokat, amelyeket a katonák repülőgépek követésére használtak. Ezeknek a binokulároknak kb. ugyanakkora

volt a látómezeje, mint az AT-1 távcsöveknek, de velük könnyebb volt a követés. Egyrészt mert a szputnyik ugyanolyan irányba látszott haladni, mint ahogy szabad szemmel láttuk, és nem fordítva (mint a tükör miatt az AT-1-nél), másrészt a TZK-val a két szemmel nézés könnyebbé tette a szputnyik követését, és megkönnyítette a hosszú ideig tartó, merev figyeléssel járó várakozást is. Közben persze az előrejelzések is pontosabbak lettek, ahogy egyre jobban ismertté vált a Föld alakja és a légsűrűség változása, tehát emiatt sem kellett olyan hosszú ideig figyelni a látómezőt.



Az idő és a koordináta rögzítésekor egy fényvédő sátor védte az észlelőt a zavaró fénytől

Azért is könnyebb volt ezekkel a távcsövekkel észlelni, mert már nem kellett csillaghoz kötni a pozíciót. A TZK-k ugyanis fix felállítású állványokra kerültek, s a távcsövek oldalán leolvashatók voltak a távcső állásának azimutális koordinátái, a magassági szög és az azimut. Tehát a stopper megnyomásának a pillanatában megállítva a

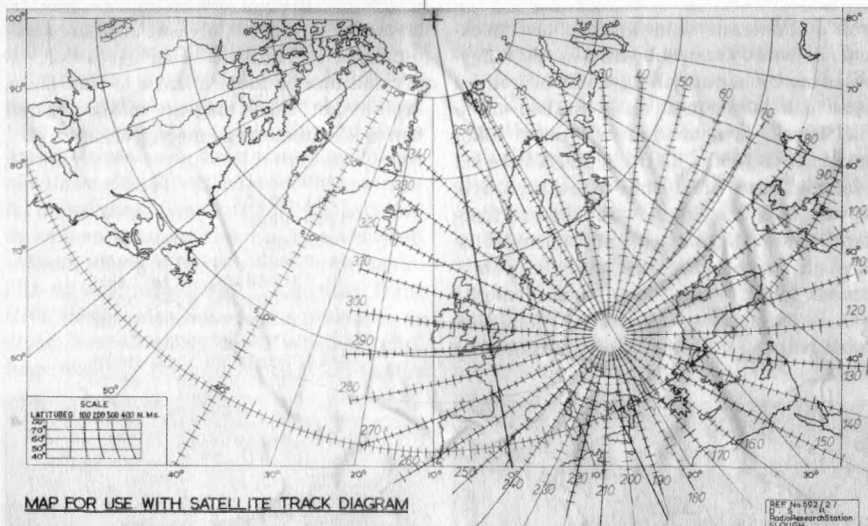
távcsövet le lehetett olvasni az irány-koordinátákat is. Ha valaki elég ügyes volt, és gyorsan újra be tudta hozni a látómezőbe a szputnyikot, akkor még egy másik pozícióban is készíthetett egy megfigyelést.

```

61-028-01
1971.07.02
1113-BAJA
+00      UT      Az      h
01 232238.31 4736 0800
02 232258.50 4776 0808
03 232305.69 4790 0810
04 232310.66 4800 0812
05 232500.00 5034 0822
06 232521.28 5080 0822
07 232527.22 5092 0822
08 2325235.31 5110 0822
09 232540.78 5121 0820
10 234612.77 5190 0812
11 2234617.35 5200 0810
TEOD
70-027-02
1971.07.03
1113-BAJA
+00
01 010158.78 4228 0620
02 010209.60 4507 0598
03 010219.77 4712 0550
TEOD
    
```

TZK észlelések formátuma ASCII kódban, papírszalagon

Innen jött az ötlete Ill Mártonnak, a bajai szputnyikmegfigyelő állomás vezetőjének, hogy ha egy filmkamerával lefényképezi a távcső koordinátáit abban a pillanatban, amikor a stopper gombját megnyomja, akkor több pozíció és időadat rögzíthető. Ha elég ügyes és gyakorlott volt a megfigyelő, akkor akár 50–100 pozíciót rögzíthetett a hozzátartozó időadattal együtt egyetlen átvonulásról. Végül Budapesten is és Miskolcon is átalakították ilyen módon a TZK távcsöveket (Budapestben a fényképezőgép egyben lefotózta a stopperórát is), s ettől kezdve ez a három magyar állomás az összes együttműködő országban végrehajtott megfigyelések 30–40%-át szolgáltatta a szputnyikokról, illetve később már az amerikai mesterséges holdakról is. Ezek közül a megfigyelések közül már csak egyet-kettőt küldtek el a KOZMOSZ központnak előrejelzések készítése céljából, a többit éves kötetekben jelentette meg a magyar megfigyelőhálózat. Hogy ezekből az észlelésekből mi mindent tudtunk meg



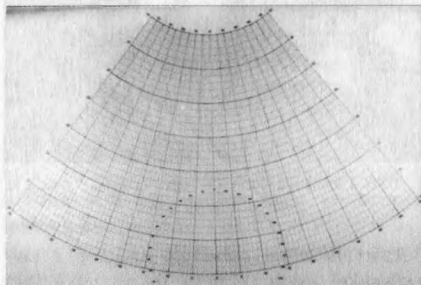
Ilyen nomogramokkal dolgoztunk, amikor már nem pozíciót kaptunk táviratilag a műholdészlelésekhez, hanem a pályaelemekből magunknak kellett előrejelzést készíteni.

a légkörről, azt a cikk következő részében foglalom össze.

A számítástechnika hőskora a magyar csillagászatban

A számítástechnika hőskora is ugyanerre az időszakra esett, a kettő erősítette is egymást. Almár Iván javaslatára 1961-ben végeztem el egy számítástechnikai tanfolyamot, ahol Ural I gépen próbáltuk ki gépi kódban megírt programjainkat. Ez azt jelentette, hogy kettes számrendszerben csak számjegyek sorozatából állt maga a program is. Első feladatomb mindjárt a szputnyikészleléshez kapcsolódott: egy két pontban szög-tartó térképhálózat rácspontjait kellett kiszámítanom, ahol a program futása után kapott rácspontokat kézi rajzolással vitték fel egy asztron-lapra (l. ábránkat). A képleteket a rácspontok kiszámításához Érdi Krausz György geodéta adta meg számomra. Egy dupla pontosságú számítás elvégzéséhez beprogramoztam a képleteket, és a próbán kiderült, hogy 24 óra futási idővel készülhet el az egész hálózat. Ekkor oktatónk, Kiss György, egy ragyogó javaslattal állt elő:

egységnek ne a gép 1-ét vegyük, hanem valami más (ma már nem emlékszem, hogy pontosan mit is), és ezzel a 24 órás futás 1 órára rövidült le. Számomra ez életre szóló élményt jelentett, hogy ilyen egyszerű ötletekkel mennyi gépidőt lehet megtakarítani. Ilyen élmény megszerzéséhez igen mélyen bele kell látni a számítógép működésébe; a kezdeteknél ez minden programozónál feltételt volt.



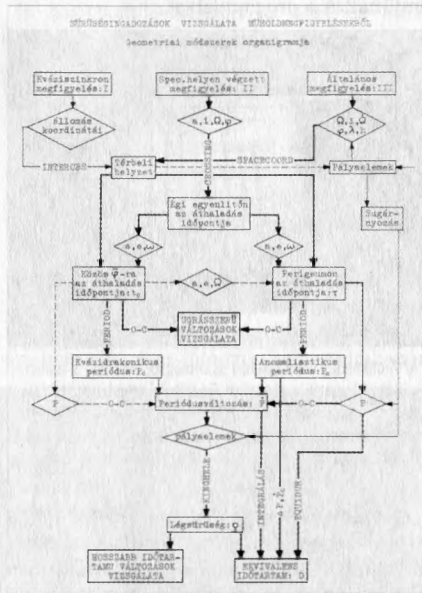
A két pontban szög-tartó térképhálózat a szubsatellita-pont koordinátáinak meghatározására az INTEROBS program számára. A szubsatellita pont az a pont a Föld felszínén, amelynek zenitéjében tartózkodik abban a pillanatban a műhold. A magassági szögek háromszögzéssel ezen pont feletti magasságát adták meg a műholdnak, és ezzel annak harmadik koordinátáját az észlelés pillanatában

Az Ural I után jött az Ural II, amely szintén még egy egész szobát megtöltött, de már autokódban lehetett programozni. Ez azt jelentette, hogy az Ural II számára készítették egy egyszerű nyelvet, amellyel már a gépi kódnál kicsit áttekinthetőbbé vált a programozás.

Ezek az első számítógépek még elektroncsövekkel működtek, ami miatt erősen melegedtek, ezért a hűtés nagyon fontos volt. Egyszer valahogy egy áramkimaradás után kikapcsolva maradt a hűtés a SZTAKI Űri utcai épületében. Miután a hűtőrendszer a pincében volt elhelyezve, a kezelők ezt nem vették észre, és az Ural II számítógép túlmelegedett. A csövek egy része teljesen tönkrement, egy része csak félig. A tönkrement csöveket kicserélték, de a félig tönkrementek közül egyik napok, a másik hetek múlva ment teljesen tönkre. Így heteken keresztül vagy nem is kaptunk eredményt, vagy nem lehetett bízni a kapott eredményekben. Ekkor tanultam meg, hogy sohasem szabad a gép által adott eredményben vakon bízni. Mindig meg kell nézni, hogy reális-e az eredmény, amit kaptunk – még akkor is, ha a programot magunk írtuk, és tudjuk, hogy a program készítésekor minden program ágat és azok minden kombinációját is rendszeresen lekontrolláltuk. Hát még a mások által fejlesztett programok esetében, ahol fogalmunk sem lehet, hogy milyen lelkiismeretes volt a program készítésekor az ellenőrzés! Erre egyébként jó példa az angol RAE (Royal Aircraft Establishment) szputnyik-előrejelző programja, amely 10 év használat után futott először rá egy olyan programág-kombinációra, amelyet a beüzemelésnél nem teszteltek, és ilyen ágkombinációnál hibás eredményt adott. Szégyenkezve küldték szét az előrejelzést javító körlevelet, de becsületükre legyen mondvá, őszintén bevallották a mulasztást.

En a kezdeti sokemberes szputnyikészlelés után néhány év múlva kerültem bele istenigazából az űrkatatásba; addig fő tevékenységem a változócsillagok megfigyelése volt. Az ok pedig az volt, hogy Almár Iván és Ill Márton szerették volna a sok szputnyik-pozíciót

a felsőlégkör vizsgálatára felhasználni, és a tömeges feldolgozáshoz már számítógép kellett. Tárgyaltak is a Könnyűipari Minisztérium Számítástechnikai Osztályán Szelezsán Jánossal a szükséges programok megírásáról, de hogy könnyebben megértessék magukat a számítástechnikusokkal, engem is elhívtak a következő megbeszélésre „tolmácsnak”. Mire meg tudtuk volna magyarázni, hogy milyen programra van szükség, nyilvánvalóvá vált, hogy a legegyszerűbb, ha magam írom meg a programokat.



A PERLO program legelső egységének, az ISS1-nek a blokkdiagramja

Akkoriban még minden programot magunk írtunk, és minden gépre a saját nyelvén, saját autokódján. Először blokkdiagramot készítettünk, amin az összes lehetséges elágazást feltüntettünk, hogy nehegy elfelejtsünk a program összes lehetséges ág-kombinációjára kontrollfeladatot készíteni, aminek várható eredményét előzőleg természetesen kézzel magunk számoltunk ki. Ezzel biztosak lehettünk abban, hogy a programunk minden lehetséges esetben jó eredményt fog adni. Ez után a kontroll-sor

után jöhetett csak a tömeges feldolgozás. Programjainkat a Könnyűipari Minisztérium Elliott 803-as gépe után a KFKI ICT 1900-as majd a SZTAKI CDC 3300-as gépén futtattuk. Mi magunk nem kezeltük a gépeket, sőt a közelükbe sem engedtek, azokat kizárólag a gépkezelők üzemeltethették. Ez a rendszer a 70-es évek vége felé változott, amikor virtuális személyi számítógépeket definiáltak a CDC-re, amely már több programot futtathatott párhuzamosan, és a programozók a géptermen kívülről, egy billentyűzetről indíthatták a programjaikat.



Az Archimedes nevű tekerős számológép, amellyel a kontroll-számításaimat is végeztem. Ez a legfejlettebb változata a tekerős számológépeknek, mert már mindig csak egy irányba kellett tekerni (osztásnál), és csak elektromotort kellett volna hozzákapcsolni, hogy elektromos számológéppé váljon

A programokat és az adatokat először telexszalagon, majd 8 csatornás lyukszalagon, később lyukkártyán adtuk le. Az ICT-re és a CDC-re Algol, később Fortran nyelven írtuk a programokat. Az egyik nap leadott program futásáról másnap kaptunk eredménylistát – az ún. protokollt – amin láthattuk, hogy a programban volt-e szintaktikus hiba (annak fajtáját és helyét a lista jelezte). Ha volt, akkor estig a javított programot visszaadhattuk, és harmadnapra megtudhattuk a másik hiba fajtáját és helyét. És ez így ment naponta egy fordulóval, amíg a program szintaktikusan („helyesírásilag”) hibátlan nem lett. Ez után már jött eredmény is. És kereshettük – hasonló módon naponta legfeljebb egy próbálkozással – a működésbeli hibákat. Ha pechünk volt, hónapokig eltarthatott ez a



Azon lyukkártyák fele, amelyeket egy nagy rend- és helycsinálásnál ki kellett dobnom, kb. 1 m^3 -nyi volt. Ez csak egyetlen ember néhány éves munkájának következtében gyűlt fel. Elképzelhető, hogy világviszonylatban az ilyen adathordozó mennyi fa kiirtását igényelte

fázis, és csak ez után kezdődhetett a tömeges számítás.

Hát ilyen volt a számítástechnika az őskorban vagy hőskorban. A magyar csillagászat első számítógépi programját a csillagok Johnson-bekötésére 1965-ben készítettem. Hogy a Nap–Föld fizikai kapcsolatokat illetően milyen eredményeket értünk el a számításokkal, azt – mint a megfigyelésekkel kapcsolatban már említettem – a cikk második részében foglalom össze.

Illés Erzsébet

Internet-ajánlat

A Magyar Űrkutatási Iroda honlapja:

www.hso.hu