

EREDMÉNYEK AZ INFORMÁCIÓELMÉLET ÉS FELISMERÉSI PROBLÉMÁK KÖZÖS KUTATÁSÁBAN, VALAMINT A SZÍV- ÉS ÉRRENDSZERI VIZSGÁLATOK SZÁMÍTÓGÉPES MÓDSZEREINEK KIDOLGOZÁSÁBAN*

CSIBI SÁNDOR**

A MATEMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Szerző a címbeli tárgykörbe vágó magyar–szovjet közös kutatások célját, témaválasztását, valamint a közös kutatómunkában résztvevő intézményeket és azok kapcsolatát ismerteti. Röviden foglalkozik a számítógépeknek a kardiológia terén való alkalmazási lehetőségeivel és áttekintést nyújt az e téren elért eredményekről, az alkalmazott rendszerekről, valamint az azok továbbfejlesztésére vonatkozó hazai tervekről.

1. Bevezetés

A magyar–szovjet tudományos műszaki együttműködés 25 éves jubileumi ülészakán CSAKI és SZIFOROV akadémikus átfogó képet adott a magyar és szovjet tudományos iskolák munkakapcsolatairól a szabályozás- és információelméletben [1], valamint ismertette a közös munka eddigi tapasztalatait speciálisan az információelméleti kutatásban és egy – felismerési módszerekre támaszkodó – szolgáltató rendszer kidolgozásában [2]. SZIFOROV akadémikus arra is rámutatott, hogy ez utóbbi konkrét munkában kardiológiai tömegvizsgálatok segítésére törekszünk, számítógép felhasználásával.

Szerző jelen dolgozata a fentemlített két tanulmányhoz csatlakozik néhány olyan megjegyzéssel, amelyek a két akadémia közös tudományos munkatervének 10. témájára, nevezetesen az információelmélet és felismerési problémák kutatására és a már említett szolgáltatásrendszer kidolgozására vonatkoznak.

2. Cél

Látható, hogy a téma célja (a) kötetlen véleménycserék biztosítása matematikai problémákkal foglalkozó magyar és szovjet kutatók közt és (b) egy – közvetlen gyakorlati jelentőségű és a felismerési módszerek szélesebb

* Elhangzott az MTA VI. osztályának tudományos ülésén, Budapesten 1974. szeptember 19-én, a magyar–szovjet tudományos műszaki együttműködés 25 éves jubileumi ülészakán.

** Prof. Dr. Csibi Sándor, Budapesti Műszaki Egyetem, Híradástechnikai Elektronika Intézet, 1111 Budapest, Stovczek u. 2.

I. táblázat

Intézetközi szemináriumok 1968-tól

Szovjet	Magyar
intézetek	
SzUTA IPPI esetenként: Szteklav Mat. Int. IPU MGU	TKI MTA Mat. Kut. Int. MTA SZTAKI JATE, Kib. Lab. BME, Aut. Tsz. BME, HEI

körére jellemző — tömegszolgáltatás kidolgozása, az R 10 számítógép felhasználásával.

Amint arra már SZIFOROV akadémikus is rámutatott, 1968 óta évenként intézetközi szemináriumok és nemzetközi konferenciák egymásutánja biztosítja az információelmélet és a statisztikai információfeldolgozás módszereivel foglalkozó magyar és szovjet kutatók rendszeres találkozását. Ez a tevékenység az utóbbi két évben — örvendetes módon — újabb publikációs fórumot kapott az MTA és a SZUTA „A szabályozás és az információelmélet problémái” című közös folyóiratában.

E kötetlen tevékenység természetesen nagy jelentőséggel bír a résztvevő hazai intézetek munkamódszereinek és gondolkodásmódjának fejlődésében, mind a kutatásban, mind a gyakorlatban.

A közös tudományos tevékenységben résztvevő magyar és szovjet intézményeket az I. táblázatban soroljuk fel.

Másrészt, 1969 óta egy — a számítástechnikai tömegszolgáltatások szélesebb köre számára is tanulságos — konkrét feladatot (nemzetközi szervezetek szokásos műszavával „pilot project”-et) dolgozunk ki, kardiológiai tömegvizsgálatok segítésére, az R 10 számítógéppel.

Ez utóbbi — konkrét gyakorlati célú — munkában résztvevő intézmények a II. táblázatban vannak felsorolva.

II. táblázat

Kardiológiai vizsgálatok segítése számítógéppel 1969-től

Szovjet	Magyar
intézetek	
SzUTA IPPI MONIKI Boltinszkkaja kórh. (COLIU)	OKI TKI

3. A gyakorlati témaválasztásról

E kettős célkitűzés alapötlete még 1968-ból, BOGNÁR és SZIFOROV akadémikus e témakörrel kapcsolatos első véleménycseréiből származik, és már eredetileg — igen szándékosan — azt célozta, hogy az akadémiák közötti együttműködésben is lehetőség legyen tartós kötetlen tudományos életre és ezzel egy komplex gyakorlati feladat együttes kidolgozására.

Az R-10 számítógépre irányította a figyelmet hazánknak az Egységes Számítástechnikai Rendszerbe — és ezen belül elsősorban kiszámítógépek kidolgozásába való bekapcsolása. Az akadémiai és az ipari célok összekapcsolásában jelentős szerepe volt VÁRADI Imrének, a Távközlési Kutató Intézet vezérigazgatójának. Segítette az effajta témaválasztást a Magyar Tudományos Akadémiának az a határozott célkitűzése is, hogy a hazai tudományos élet nyújtson hatékony alátámasztást a számítástechnikai alkalmazások alapvető tudományos módszereinek fejlesztésében.

Természetesen lényeges volt e határozott gyakorlati törekvések kialakításában mindaz a közvetlen tapasztalat és személyes élmény, amelyet a korábbi tíz évben a Távközlési Kutató Intézet és a moszkvai Rádió Tudományos Kutató Intézet (a NIIR), személy szerint FORTUSENKO professzor, igazgató és BOGNÁR akadémikus, munkatársaikkal — ezek között az előadóval — szereztek szélessávú rádiórelérendszerek, különösen a Druzsba rádiórelérendszer, közös kidolgozásában [3].

A konkrét téma pontos kitűzését az irodalom és különféle próbafeladatok tanulmányozása előzte meg. Kerestük azt, hogy az effajta felismerési jellegű tömegszolgálatok közül melyik ígér elég gyakori és széleskörű alkalmazást és ugyanakkor elég sok (és más gyakorlati feladatok megoldásában is felhasználható) tanulságot.

Lényeges volt e tekintetben az IPPI, személy szerint SZIFOROV akadémikus, igazgató és OVSZEJEVICS igazgatóhelyettes szerepe azzal, hogy kollektívánknak az első moszkvai szemináriumon előtanulmányként bemutatták az IPPI alakfelismerési jellegű kutatásait. A végső választásban lelkes társakra találtunk az Országos Kardiológia Intézetben, nevezetesen GÁBOR professzorban és munkatársaiban.

Végeredményben konkrét rendszerkidolgozási feladatként a kardiológiai tömegvizsgálatok segítségét választottuk az alábbi két okból: (a) az egészségügyi információs rendszerek növekvő társadalmi jelentőségét és várható fokozatos elterjedését figyelembe véve, és (b) a szív és az érrendszeri megbetegedések gyakorisága miatt a tömeges betegellátásban.

4. Kapcsolatok az információelméletben

E tanulmány keretében elsősorban arra szeretnénk néhány konkrétum kapcsán rámutatni, miben mutatkozik kapcsolataink gyakorlati jelentősége a SzUTA tudományos iskoláival — elsősorban az Információközlési Problémák

III. táblázat

Kapcsolatok az információ-elméletben

Eredmények	Jelentőség
Az információközlés elvi lehetőségei a való élethez közel- álló reprodukciós feltételek mellett (ε -entrópia, kódolási tételek) (DOBRUSIN, PINSZKER, MARTON)	Lehetőség reprodukciós kritériumok vizsgálatára. Az analóg információközlésben lényeges
A visszacsatolásos információközlés elvi lehetőségei és hatékony algoritmusai (PINSZKER, DOBRUSIN, HASZMINSZKIJ, ZIGANGIROV)	A távadatfeldolgozásban
Az információközlés elvi lehetőségei bonyolultsági meg- szorítások esetén (PINSZKER, DOBRUSIN és mások)	A távadatfeldolgozásban
Forráskódolás és a zajmentes csatorna kódolási tétele (CSISZÁR, MARTON)	A távadatfeldolgozásban
Több forrás és felhasználó szimultán kiszolgálása (KÖRNER)	A számítástechnikai hálózatokban
Becslések hatékonysága (IBRAGINOV, HASZMINSZKIJ)	Az információfeldolgozásban
Információmennyiségek statisztikai célra, becslések (RÉNYI, CSISZÁR, PEREZ, NEMETZ, VAJDA, FRITZ, GYÖRFI)	Az információfeldolgozásban

Intézetével (az IPPI-vel) — sajátosan az információelmélet területén. Információelméleten — itt a szűkebb értelemben — az információ mennyiségek vizsgálatához kapcsolódó valószínűségszámítási módszereket értjük.

Az információelmélet ebben az értelemben véve, sajátos módon, az információközlés és feldolgozás elvi lehetőségeivel foglalkozik, végeredményben annak a feltárásában segít, hogy milyen hatékonyak a kezünkben levő módszerek az egyáltalán elérhető lehetőségekhez képest.

Természetesen alapvető jelentősége van az információelméleti vizsgálatoknak (a) az információközlés és feldolgozás kérdésével kapcsolatos tiszta kép kialakításában és (b) különféle konkrét kutatási problémákban.

A mikroelektronika fejlődésével és az algoritmusmegvalósítási költségek rohamos csökkenésével azonban — mind az információfeldolgozásban, mind az információközlésben — egyre bővül azoknak a mindennapi tervezési problémáknak is a köre, amelyekben feltűnő különbségekre vezet az, hogy a tervező a rendelkezésre álló lehetőségeket jól vagy rosszul aknázza-e ki.

Ennek megfelelően az információelmélet mind több kérdése kerül közelebb a széleskörű tervezési gyakorlathoz. Ez a fejlődési irányzat külön jelentőséget ad e téma információelméleti problémákkal kapcsolatos részének, nevezetesen az IPPI információelméleti kutatásával való szoros kapcsolataink-

nak, valamint a hazai információelméleti hagyományok ápolásának és továbbfejlesztésének. SZIFOROV akadémikus áttekintése is már rámutatott arra, hogy e hazai „hagyományok” RÉNYI akadémikussal — a hazai információelméleti kutatás négy és fél éve elhunyt megalapítójával — kezdődtek.

A III. táblázat ezeket a szempontokat figyelembe véve szövegezi le a magyar — szovjet információelméleti kapcsolatoknak különösképpen jellemző fő munkaterületeit, a hozzájárulókat és a címszavak gyakorlati jelentőségét.

A III. táblázat nem tartalmazza a szovjet információelméleti iskolák több nemzetközileg lényeges eredményét, nevezetesen azokat, amelyekhez — legalábbis e téma keretében — valamilyen hazai aktivitás tartósan nem kapcsolódott (feladataink szűkebb köre, vagy esetleg csak az egyoldalúság miatt). Az áttekintés, természetesen, hazai tekintetben sem tér ki mindenre.

Szerző további tájékoztatásként utal Sziforov akadémikus előadására [2], CSISZÁR Imrével és GORDOS Gézával 1972. elején írt helyzetképére [7], az ezévi budapesti Pinszker-szemináriumról írt beszámolóra [5] és A. WYNER ez év elején publikált helyzetképére [6].

5. Kapcsolatok a felismerési problémákban

A témának ebben a részében figyelmünk elsősorban azoknak a módszereknek a továbbfejlesztésére irányult, amelyek segítségével előre garantálni lehet, hogy algoritmusok osztályozási és értelmezési szabályokat minősített egyedi esetek tömegéből megtanulnak. Ebben az értelemben statisztikai tanulási folyamatokkal foglalkozunk.

Különös jelentősége van ezzel kapcsolatban (a) a rekurzív becsléseknek (b) a számítási megszorításoknak (c) a megnyitó eljárásoknak, a leállítási szabályoknak és (d) a való életbeli körülmények — így például a minták közötti függőség — vizsgálatának. Ezek a kérdések voltak az eddigi munka súlypontjai.

SZIFOROV akadémikus ezzel kapcsolatos megjegyzéseihez kapcsolódva, ismét csak néhány jellemző pontra mutatunk rá, a hozzájárulók megnevezésével (IV. táblázat).

E munka közvetlenül kapcsolódik statisztikai tanuló algoritmusok tervezéséhez, és a 6. fejezet szolgáltatásaihoz. Erre az elméleti apparátusra támaszkodik az a programkönyvtári anyag, amelyet értelmezési szabályok gépi tanulására különféle próbafeladatokban már eredményesen használtunk, és a 6. fejezet szolgáltatásaiban is alkalmazni (és továbbfejlesztetni) kívánunk.

Erről a munkáról további áttekintést nyújt a már említett helyzetkép [7], a TKI-ban korábban írt áttekintés [8], a „Problémi Peredacsi Informacii”, az „Avtomatika i Telemekhanika”, „A szabályozás és az információelmélet problémái” több idegvágó cikke, valamint az MTA Matematikai Kutató Intézete és a TKI több időközben megjelent preprintje.

IV. táblázat
Felismerési problémák

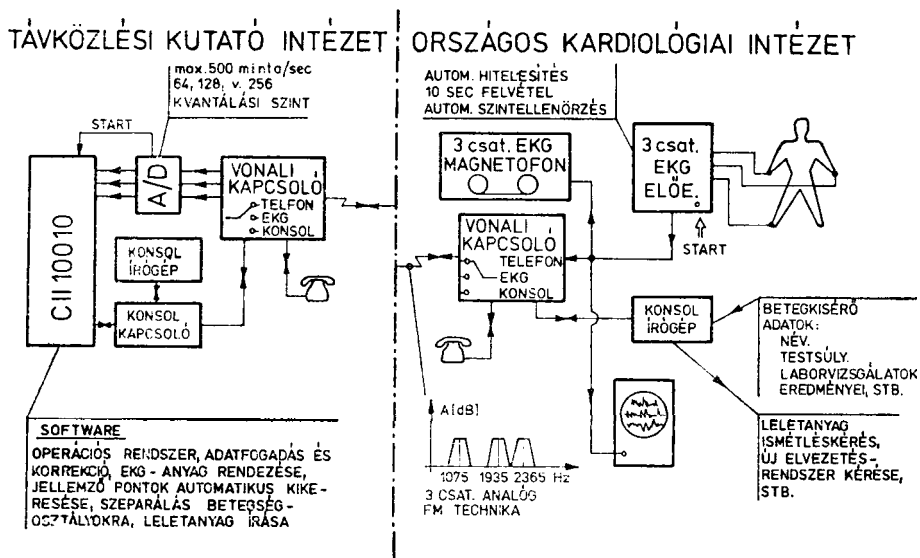
Eredmények	Jelentőség
Algoritmusok előre garantálható tanulóképességgel, független minták esetén (AJZERMAN, CÜPKIN, BRAVERMAN, ROZONOER, HASZMINSZKIJ, NEVELSZON, GULYÁS, GYÖRFI)	A rekurzív tanulás alapvető algoritmusai
Sűrűségfüggvény-bebecslések továbbfejlesztése (RÉVÉSZ, REJTŐ, MAJOR)	Konzisztens becslések
Ljapunov-típusú tételek (BRAVERMAN, ROZONOER, CSIBI)	Folyamatok stabilitása
A hibavalószínűség szimultán becslése, hibavalószínűségben optimális közelítések (GYÖRFI, FRITZ)	Leállítási problémák, célszerű közelítések
Függés kiaknázása, rekurzív tanulás gyengén függő mintákból, tanulóképességek vonzási tartománya (RÉVÉSZ, CSIBI)	Tanuló algoritmusok munkaterületének a bővítése, számítási megszorítások tekintetbe vétele.

E téma keretében sajátosan felismerési problémák statisztikai kérdéseire szorítkozunk. Mind az MTA, mind a SzUTA keretében természetesen növekszik az aktivitás a felismerés strukturális módszereiben, nevezetesen a képfeldolgozásban, a színhely-analízisben és más vonatkozásokban. Ezekkel a módszerekkel azonban — a MTA—SzUTA témában lehet, hogy túlzott egyoldalúság miatt — jelenleg nem foglalkozunk.

Mind az információelméletben, mind felismerési problémák vizsgálatában közvetlenül kapcsolódunk azokhoz a valószínűségelméleti és statisztikai kérdésekhez, amelyekről ARATÓ Mátyás, az MTA-SzTAKI igazgatóhelyettese számolt be [4].

6. Kardiológiai vizsgálatok segítése számítógéppel

Ma már kardiológiai vizsgálatok segítségével sokoldalú irodalma van. Ebből azonban — jelentős eredmények mellett is — jól látszik, hogy az effajta szolgáltatások módszerei még erősen fejlődésben vannak. A módszerek fejlődése mindenképp új lehetőségeket nyit a kardiológus számára, és mindez további problémákat vet fel. Effajta szolgáltatások létrehozása minden egyes újabb autonóm orvosi kollektívában — a dolog természete miatt — hosszú idejű és rendszeres együttes munkát kíván, kardiológusok és rendszertervezők körében.



1. ábra. Az OKI és a TKI CII 10010 alapú kísérleti rendszere

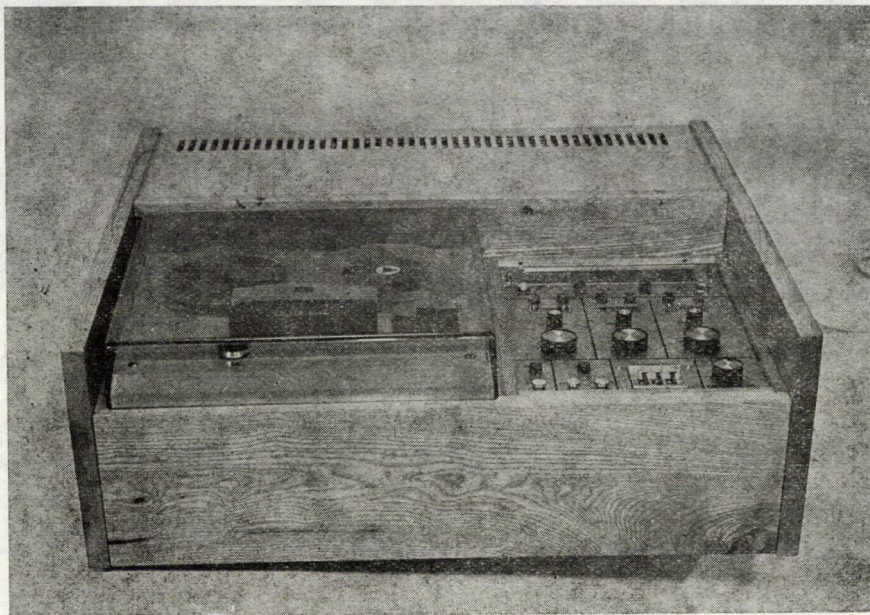
E konkrét szolgáltatás-kidolgozás célja végeredményben a következő: (a) szűrő- és alkalmassági vizsgálatok adattömegének utólagos elemzése és értelmezése, (b) kardiológiai vizsgálatok segítése a páciens jelenlétében, (c) a konzultáció, (d) az oktatás, (e) az archívanyagok elemzésének segítése.

Természetesen, az akadémiai kutatás jellegének megfelelően — mindezek során — minél több új lehetőséget kívánunk nyújtani a vizsgálatot végző kardiológusnak, gyakorlati és matematikai módszerekre támaszkodva.

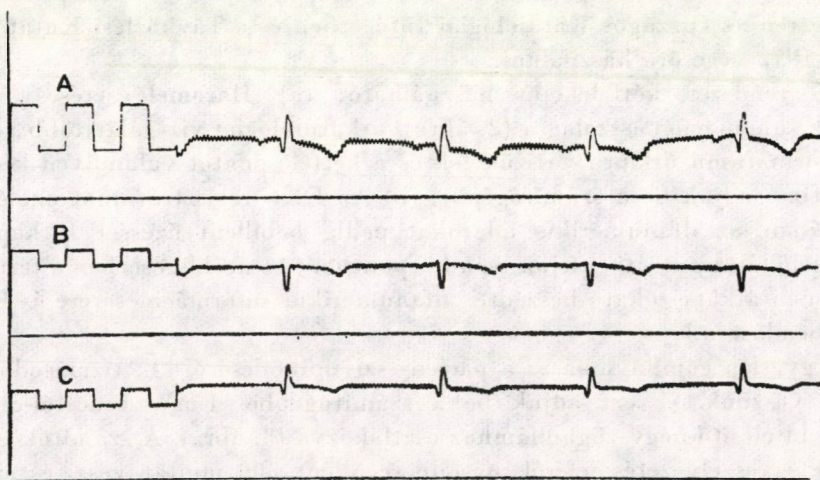
Az 1. ábrán látható az a CII 10010 alapú kísérleti rendszer, amelyet Budapesten az Országos Kardiológiai Intézetben és a Távközlési Kutatóintézetben 1972 vége óta használunk.

E rendszer kétféleképp használható: (a) Háromelvezetéses EKG-regisztrátumot mágnesszalagra (2. ábra), a kardiológiai vizsgálat több adatát előírt formátumú űrlapra vesszük fel, és a kétféle adatot valamilyen későbbi időpontban adjuk be a számítógépbe. (b) Az EKG-regisztrátumot analóg jel formájában, az alfanumerikus adatokat pedig bebillyentyűzéssel — kapcsolt távbeszélőhálózaton át — írjuk be a központba. (Az utóbbi esetben a terminál egyszerűen átkapcsolható beszédre, alfanumerikus információcserére és EKG-jelek beadására.)

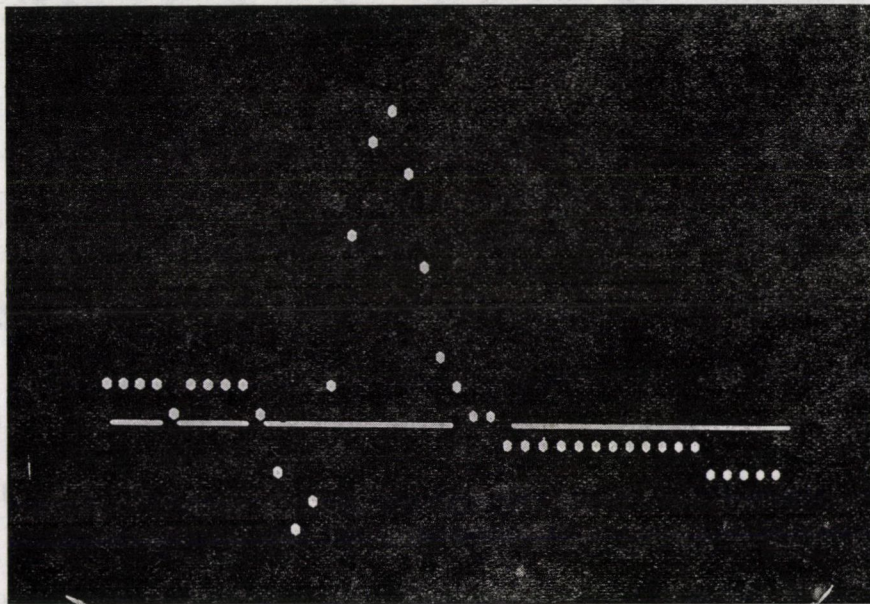
Egyetlen gombnyomásra a páciens szív működéséről kb. tízmásodperces mintát veszünk, és ezt adjuk be a számítógépbe, 1 mW csúcstól-csúcsig terjedő hitelesítő-négyszög hullámhoz csatlakozva (3. ábra). A számítóközpont minden egyes elvezetés jeléről másodpercenként 300 mintát vesz, és az így nyert analóg mintákat kb. 128 szintre kerekíti.



2. ábra. Mágnesszalagegység



3. ábra. Rajzgépen digitális adatokból visszarajzolt regisztrátum



4. ábra. Egy elvezetés részlete kísérleti célra, alfanumerikus megjelenítő ernyőjén

Ezen a rendszeren 1972 folyamán első változatban kipróbáltuk a teljes programrendszer valamennyi funkcióját leletadásig bezárólag, de zajos élő pácienseken a mérési eredmények rossz reprodukcióját tapasztaltuk. Jelenleg egy nagyobb zajvédelemmel rendelkező program csupán a vektorkardiográfiai jellemzésig bezárólag működik. Egyfajta kapcsolódó, leletadó program most van kidolgozásban.

A program szemantikus-zajvédelem, hitelesítés, alapvonal-meghatározás, koordináta- és vektornagyságszámítás, valamint szegmentálás után ritmikus esetben további 8 perc elteltével adja tovább egyetlen kiválasztott pacensperiodus három koordinátagörbéjét és vektornagyság-görbéjét, leletadásra. Ellenkező esetben aritmiát jelent.

A kidolgozásnak ezen a fokon már megbízhatóan tudunk archivanyagot gyűjteni. Eddig kétszáz megfelelő diagnózissal ellátott- archiv-tételünk van, ami osztályozási szabályok gépi tanulásához, természetesen még mindenképp igen kevés. Az anyag eddiginél gyorsabb bővítését tervezzük jövő év elejétől további mágnesszalagos orvosi munkahely létesítésével Budapesten, illetve Moszkvában.

1973 végén települt a TKI-ban egy R-10 konfiguráció. Ezen 1975 második felében ugyanazokat a szolgáltatásokat kívánjuk létrehozni, ugyancsak az Országos Kardiológiai Intézetben, mint amellyel ez év végén a jelenlegi CII 10100 konfiguráción fogunk rendelkezni. A R-10 alapú szolgáltatásban azonban

becslések szerint -- már a jelenlegi algoritmus is a fenti nyolc perc helyett egy percen belül jut majd el a vektorkardiográfiai jellemzésig. Ezenkívül a jelenlegi távirógép kicserélését tervezzük, billentyűzettel ellátott alfanumerikus megjelenítőre.

Az alfanumerikus megjelenítő ábrázolási lehetőségeiről a 4. ábrán adunk áttekintést. Ez -- úgy tűnik -- kísérleti kardiológiai vizsgálatokban már használható. A gyakorlatban azonban -- a VT-ben kidolgozásban levő -- kvázi-grafikus megjelenítő alkalmazását és görbék ponttraszteres megjelenítését tervezzük.

Végeredményben munkánk az automatizálás fejlett fokán van, de a tulajdonképpeni kardiológiai tevékenységre még csak ezután lesz alkalmas.

Kardiológusaink, már eddig is rajzgépen, analóg formában újra előállított vektorkardiográfiai görbekomplexumon tanulságos vizsgálatokat végeztek fiziológiailag jellemző pontok automatikus kijelölésének az értelmezésére. Ezenkívül próbapéldákon -- és részben más orvosi feladatokon -- kipróbált tanulóprogramjaink vannak. Ezekkel készülünk archívanyagok egésze és különféle részadatai alapján osztályozási szabályok tanulására.

E munkában az Országos Kardiológiai Intézet részéről LAMM György, GHYCZY Kálmán, NÉMETH József és esetenként további ügyeletes kardiológusok, két asszisztens, a TKI részéről pedig -- a [8] -- hivatkozás társszerzőin túl -- B. NAGY András, BALOG Barna, CSÁNKI Ferenc, KERÉKES István, SZILLÉRI Andrásné, WOLF Tamás, SZÉLESI Ferencné, egy programozó technikus és egy orvos-számítástechnikai asszisztens vett részt. A kisszámítógéptermet korábban UNGVÁRI László vezette, most pedig NEMÉNYI Endre.

Itt Budapesten végez kutatást és rendszertervezést az IPPI témafelelőse, V. SAKIN a matematikai-fizikai tudományok kandidátusa. A 1972 elején egy hónapon, most pedig -- szeptember elejétől Keldis-ösztöndíjjal -- kilenc hónapon át dolgozik a TKI-ban és az OKI-ban.

Szolgáltatási tervünket felülbírált a Klinikai Kutatások Moszkvai Intézete a (MONIKI). A MONIKI, az IPPI és a Boltinszkaja kórház (a COLIU) delegációját az R-10 alapú rendszer szolgáltatásainak egyeztetésére jövő év első negyedére várjuk. Egyeztetni készülünk e szolgáltatásokat a SzU és a MNK Egészségügyi Minisztériumával, valamint az IFIP IV. technikai bizottságában e témakörben most születő „Minimális működési követelményekkel”.

IRODALOM

1. CSÁKI Frigyes: A szovjet és a magyar tudományos iskolák munkakapcsolatainak fejlesztése a szabályozás és információelmélet területén, *Műszaki Tudomány*, abban a számban
2. SZIFOROV, V. I.: A szovjet—magyar együttműködés tapasztalatai és távlatai az információelmélet és annak alkalmazásai területén. *Műszaki Tudomány*, ebben a számban
3. VÁRADI Imre, BOGNÁR Géza, FORTUSENKO, A. D. előadásai, a Távközlési és Híradástechnikai Műszaki Nap, Technika Háza, 1973. szeptember 23-i ülészakán
4. ARATÓ Mátyás előadása, az MTA III. osztályának, 1974. szeptember 18-i ülészakán
5. „M. S. Pinsker Lecturing in Budapest”, Review, Problems of Control and Information Theory, to appear
6. WYNER, A. Review,; *IEEE Trans*, IT, Jan. 1974
7. GORDOS Géza—CSISZÁR Imre—CSIBI Sándor: Helyzetkép az információelméletéről. *A Távközlési Kutató Intézet Közleményei*, 19 (1973). Különszám
8. BAK J.—CSIBI S.—DÉVAI F.—GULYÁS O.—GYÓRFI L.—KOBZOS L.—MOLNÁR L.—SZÉKELY E.: Megfigyelések gépi értelmezésének matematikai és software kérdései. *A Távközlési Kutató Intézet Évkönyve* (1973) 285—294

Results of the Common Research on Problems of Information Theory and Recognition, and in the Development of Computer Assistance to the Investigation of Cardiac and Vascular Diseases. — The author discusses the aim and the choice of subjects of common Hungarian—Soviet research in the field described in the title, and enlists the Institutions taking part in the common research work and their cooperation. He investigates briefly the possibilities of applying computers in Cardiology and reviews the results, the systems used and the Hungarian plans for their further development.

Ergebnisse der gemeinsamen Forschung von Problemen der Informationstheorie und der Erkennung, sowie in der Ausarbeitung von rechentechnischen Methoden für die Untersuchung des Herz- und Zirkulationssystems. — Der Verfasser bespricht das Ziel und die Themenauswahl der ungarisch—sowjetischen gemeinsamen Forschungsarbeit auf den im Titel genannten Gebieten, und zählt die in der gemeinsamen Forschungsarbeit teilnehmenden Institutionen und deren Kontakte auf. Kucz beschäftigt er sich mit den Möglichkeiten der Anwendung von Rechnern in der Kardiologie und gibt einen Überblick über die auf diesem Gebiet erzielten Forschungsergebnisse, die verwendeten Systeme, sowie die einheimischen Pläne für deren Weiterentwicklung.