

317.057

tanulmányok

28/1974

MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet Budapest



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
SZÁMITÁSTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ INTÉZET

Dr. Vámos Tibor:

TÁRGYFELISMERÉSI KISÉRLET NYELVI MÓDSZEREKKEL

Akadémiai székfoglaló

Tanulmányok 28/1974.

A kiadásért felelős:

Dr. Arató Mátyás

Jelen tanulmány a 4.7.3 "Alakzatok gépi leírása és felismerése ipari tv-rendszer felhasználásával (akadémiai székfoglaló előadás)" c. intézeti alapkutatási téma keretében készült.

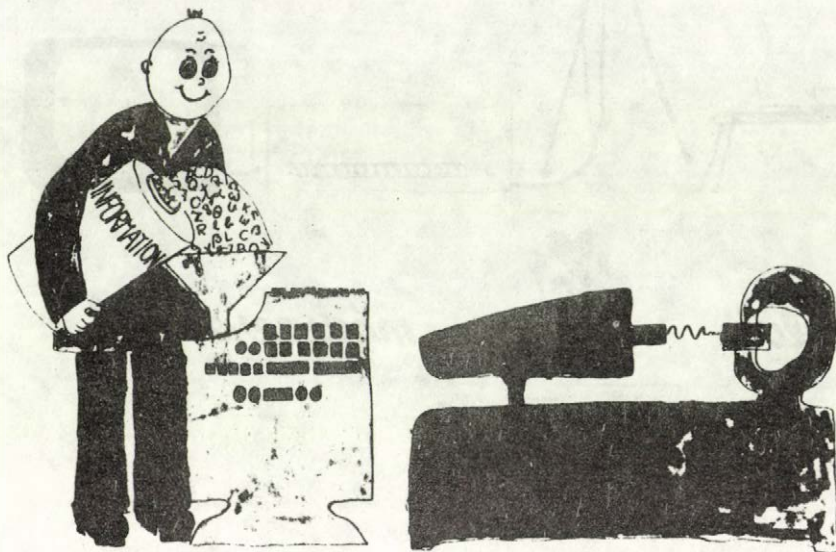
Beérkezett: 1974. július 25.

Készült: az Országos Műszaki Könyvtár és Dokumentációs Központ házi sokszorosítójában. F.v.: Janoch Gyula

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADEMIA
KÖNYVTÁRA

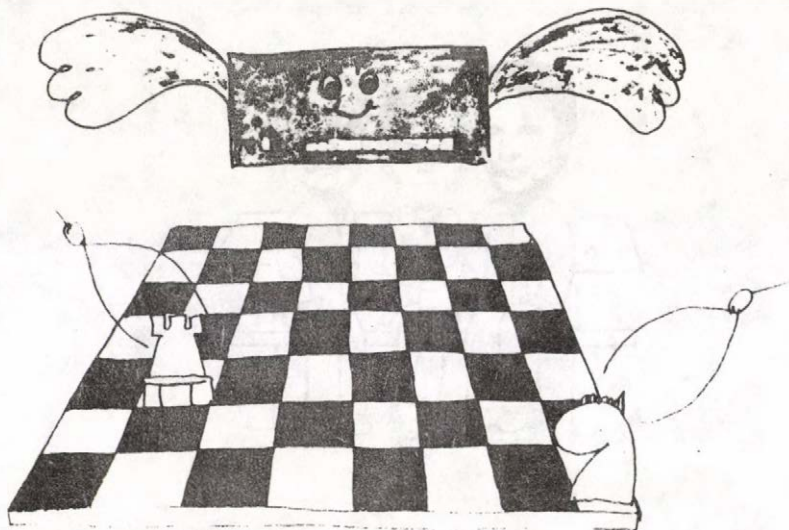
A személyek után a témáról. Mesterséges intelligencia, robot, alakfelismerés, divatos és sokszor ködösítő címszavak alatt találjuk. A feladat pedig rendkívül gyakorlati, két egymásba kapcsolódó részből áll és az automatizálás teljes hatásláncához elengedhetetlen:

1. az anyag- és adatfeldolgozó berendezések információbeviteli részének gépesítése



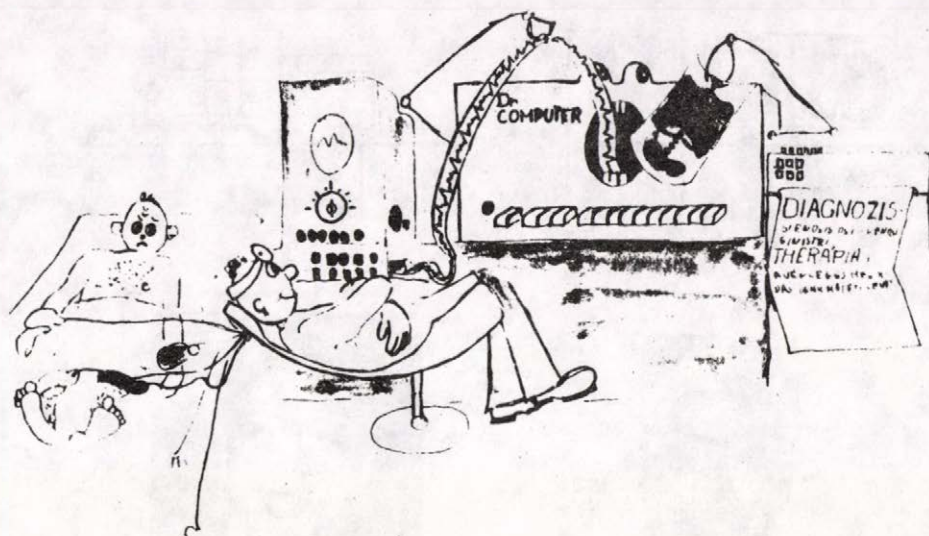
3. ábra

2. az önműködő vezérlésben a változó körülmények következtében szükséges döntések számítása



4. ábra

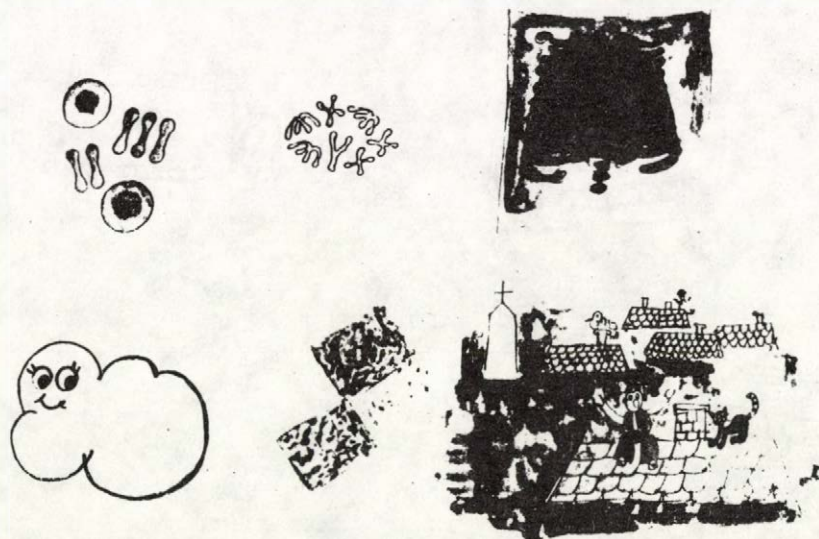
Tehát: kézzel, vagy géppel írt információ gépi bevitelle, utasítások közlése emberi hangon, diagrammok numerikus feldolgozása, értelmezése, pl. EKG, EEG,



5. ábra

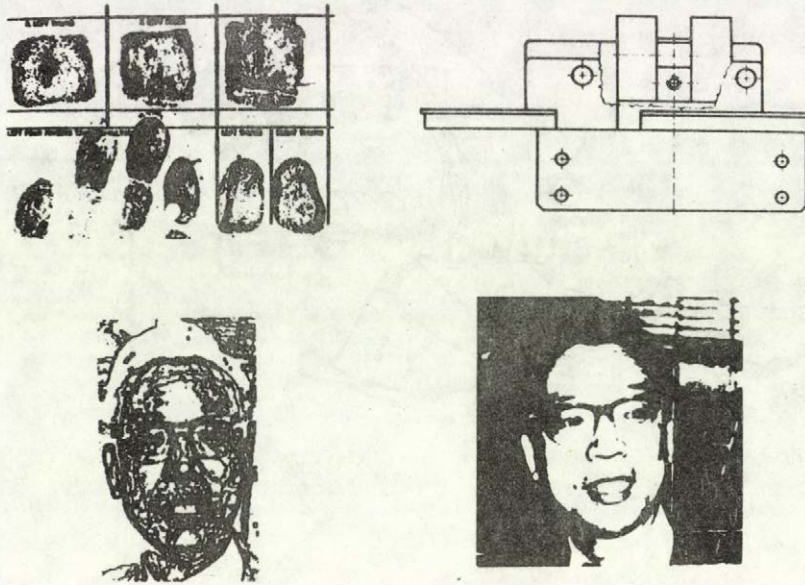
szeizmikus kísérletek, kétdimenziós képek értelmezése, elemzése:

- véresejtek
- röntgenfelvételek
- kromoszómák
- meteorológiai, termésbecslési,
- árvízészlelési légi felvételek



6. ábra

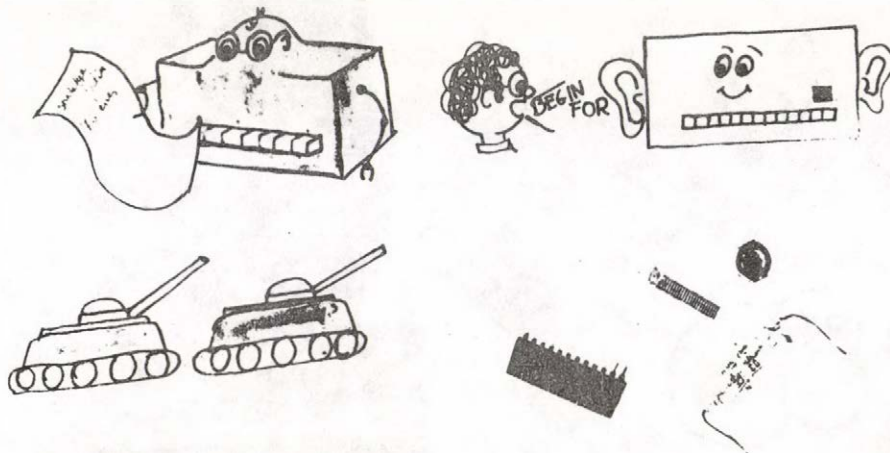
emberi arcok, ujjlenyomatok,



7. ábra

térbeli tárgyak értelmezése

légi felvételeken tárgyak (főleg az ellenség!)
ipari tárgyak.



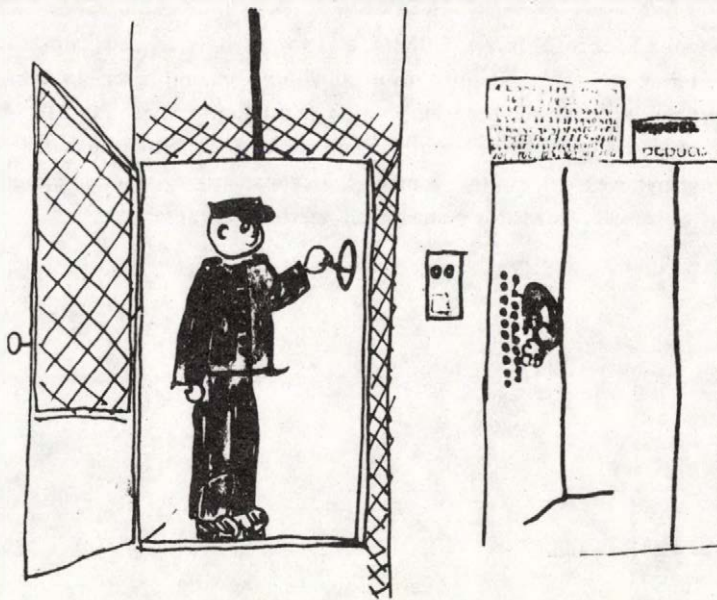
8. ábra

A részelemek azonosítása, a köztük fennálló, legtöbbször mellékjelenségekkel, zajokkal zavart kapcsolatok felismerése bonyolult, sokrétű matematikai–műszaki apparátust mozgat, megköveteli az emberi szellemi tevékenység folyamatának tudományos igényű vizsgálatát, az ember és gép, illetve gépi módszer lehetséges kapcsolatainak elemzését, az emberi szellemi tevékenység meghatározó és elválasztó, tehát elemző és döntő munkája legfeljebb sokévezredes produktumának, az emberi nyelvnek a tanulmányozását.

felismerés → döntés → vezérlés

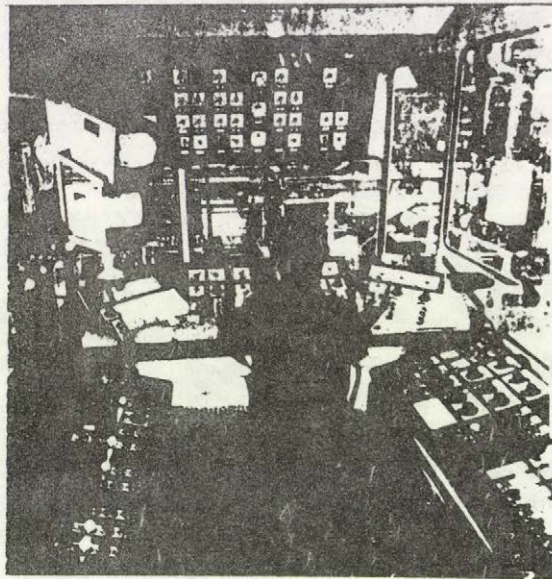
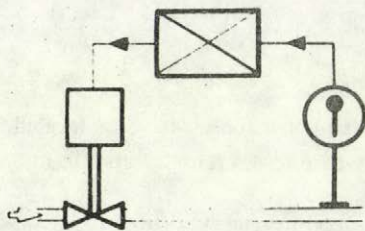
ez tehát az a lánc, amiből a hagyományos automatizálás az utolsó feladatokat többé-kevésbé megoldotta, nyilvánvaló, hogy a kutatói érdeklődés izgalma ma az egész világon az első két nyitott kérdés felé összepontosul.

Ugyanennek a feladatnak a másik megközelítése az ipari és egyéb munkafolyamatok automatizálásának sorrendjéből adódott. Két párhuzamos irányban folyt eddig az automatizálás: a megszakított, lépésenkénti folyamatok teljesen rögzített, vagy néhány feltételtől egyszerű, előre jól számolható függőségbe hozott vezérlése (pl. felvonó) az egyik oldalon,



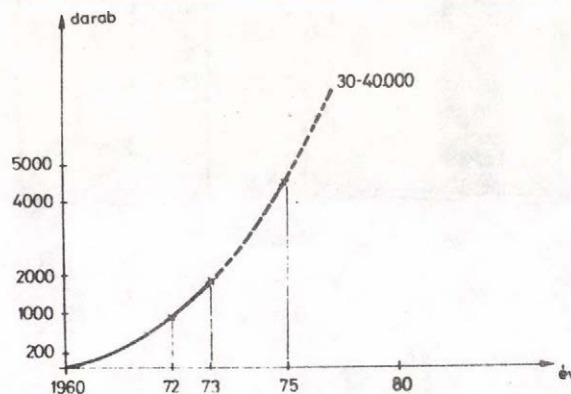
9. ábra

az egyre bonyolultabb egymáshatásos, de mégis viszonylag egyszerű matematikai alakban modellezhető folytonos folyamatok a másik oldalon (pl. hőmérsékletszabályozási vegyipár).



10. ábra

Nem tudtuk igazán meghódítani a közbenső, óriási területet, a változó feltételekhez alkalmazkodó, az emberi munka felől nézve egyszerű, a maga természeti valóságában roppant bonyolult, betanított segédmunkási tevékenységet, azt a lényt, aki képes napról-napra más és más, sokszor igen primitív és mindig unalmas, fantáziánélküli összeszerelési, anyagmozgatási, adtmásolási-rögzítési munkát elvégezni. Az emberi munka méltóságának emelkedése, a munkaerőhiánnyal és a jóléttel párosuló igénynövekedés ma már minden fejlett ipari ország számára parancsolja, hogy ebben is továbblépjén. Néhány adatot és becslést összesít a nemzetközi piacról a 11. ábra.

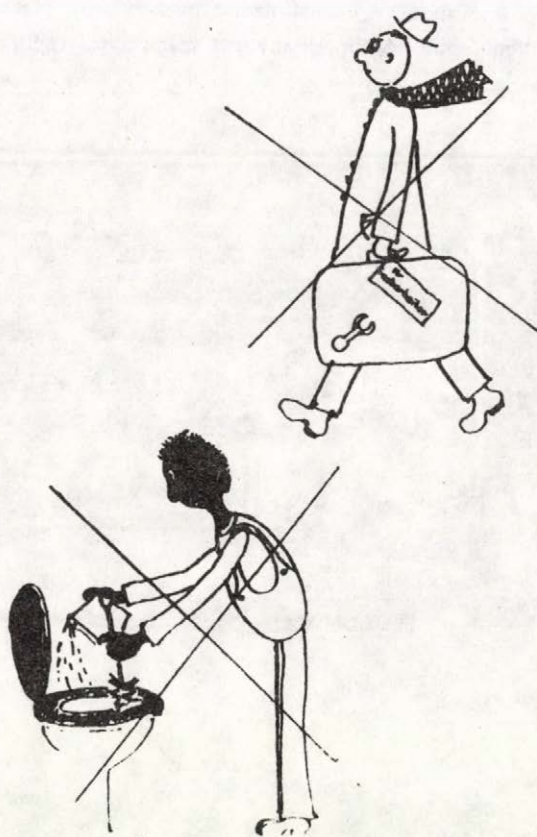


11. ábra

A világon több, mint 140 cég 180 robottípust épít, ebből kb. 100 Japánban, ahol a kormány a robotprogramot kiemelt fejlesztési témaként kezeli, az 1973. évi 38 millió \$-os termelést 1977-re 384 millió \$-ra kívánják emelni.

A feladat gazdaságilag érett. Egy mai közepes teljesítményű manipulátorautomata, optikai olvasó, számítógép nélkül, 20–50.000 \$, várható ára tömeggyártás esetén 10–15.000 \$-nál, tehát egy amerikai segédmunkás egy–másfél éves jövedelménél nem magasabb. Van azonban a piacon már 3.200 \$-os egyszerűbb manipulátor is, ami már a magyar szakmunkás évi bére és szociális terhe sávjába esik. A szokásos vezérlő számítógép-árak már 5.000 \$ körül tartanak, a mikroprocesszorok piacra kerülésével 1–2.000 \$ alá kerülnek. Az amortizációs idők így a műszakszámtól függően néhány hónaposak, legfeljebb 1 év körüliek. Még világosabb a gazdasági jelentőség, ha az automata teszi lehetővé a ma már egyre nehezebben fenntartható többműszakos üzemet, megoldja a többletfoglalkoztatásból származó szociális problémákat, gyors és pontos működésével többszörösére fokozza a manipulátor áránál sokszor drágább berendezés kihasználhatóságát (pl. présgépek).

Magyarországon természetesen ma még nem lehet amerikai munkabérral számolni, de nem szabad a mai béreket alapul venni. A szabad munkaerőpiac és az állami bérek közötti különbségek már ma is utalnak a meglévő feszültségre. Minden fejlett ipari országban szükség volt a gyors terjeszkedés során a korlátlanul igénybevehető, olcsóbéru segédmunkaerő tömegeire, az USA-ban négerekre és protoricoi-akra, Angliában, Franciaországban a volt gyarmatokról beáramló



12. ábra

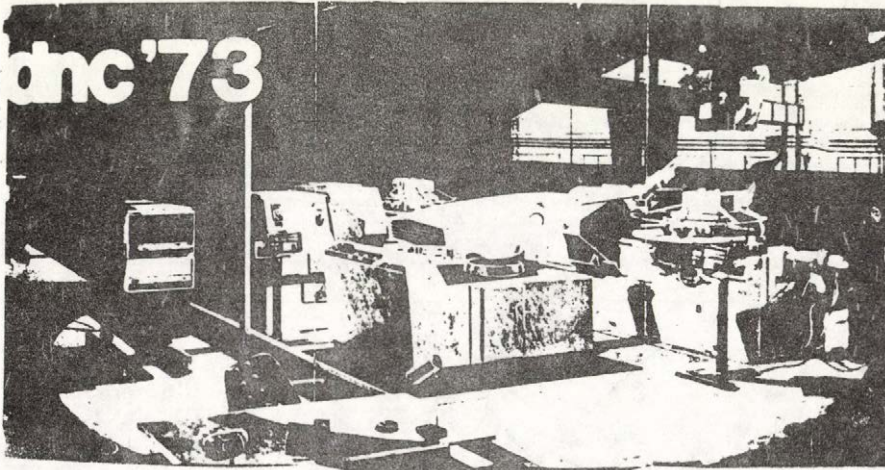
segédere, Németországban, Skandináviában a vendégmunkásokra. Nálunk a szabolesi tartalékok kimerülésével ez a választás gyakorlatilag is bezárult, elvileg pedig egyáltalán nem alkalmazható. Így Magyarországon a nemzetközi gazdasági aktualitásnak a fajlagos nemzeti jövedelmünkhöz mérhető átlagszintje alatt válik szükségessé az intelligens manipulátor, vagy népszerű, de kissé lejáratott nevén, robot.

Mindez a hosszúra nyúlt bevezető nem pusztán az előadás népszerűsítő jellegének fokozására készült, hanem meghatározott meggyőző szándékkal, közvéleményt faragni annak a gondolatnak, hogy a mesterséges intelligencia kérdéseinek kutatása tudományosan érett, az eddigi fejlődésből logikusan és *most* következő, gazdaságilag indokolt, sőt szükséges, hazánkban itt és most művelendő feladat. Ezt, félek, nehezebben hiszik el, mint a később következő heurisztikus algoritmusokat.

A témafelsoroláson és a már bemutatott táblázaton túl a nemzetközi helyzettel nem kívánok itt részletesen foglalkozni. Csak azt jegyzem meg, éppen jókor indulunk. Azok az úttörések már megtörténtek, amikre itthon hivatkozni lehet, és amelyek nélkül egy, a tudományos fejlődés és műszaki haladás második sorában lépkedő országban nem lehet és nem is szabad elindulni. Elég friss azonban a téma ahhoz, hogy abban még sok mindent lehet tenni, új gondolatokkal jelentkezni, különleges feltételeket és igényeket lehet kielégíteni, amit bizonyított első jelentkezéseink sikere a világ–nyilvánosság előtt.

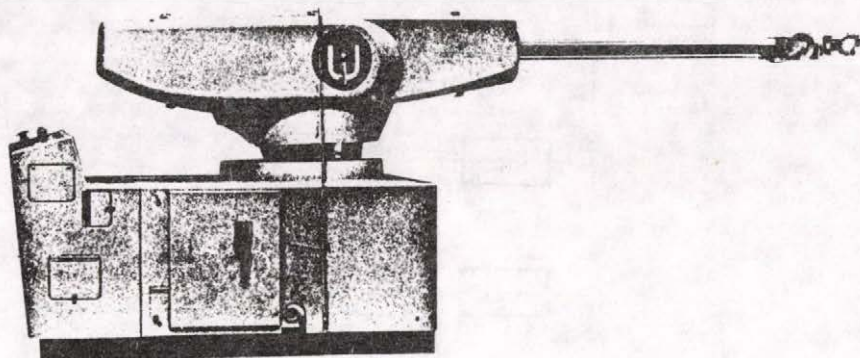
Mi van itthon?

A magyar gépipar a szükségletet felismerte. Az ipari megközelítés természetesen a rögzítetten programozható, még nem adaptív manipulátor–automata felől indul. A Csepeli Szerszámgyár az intézetünkkel kialakítás alatt álló DNC'73 terv keretében, egy közvetlenül számítógéppel irányított számjegyes vezérlésű mintaüzemben először egy



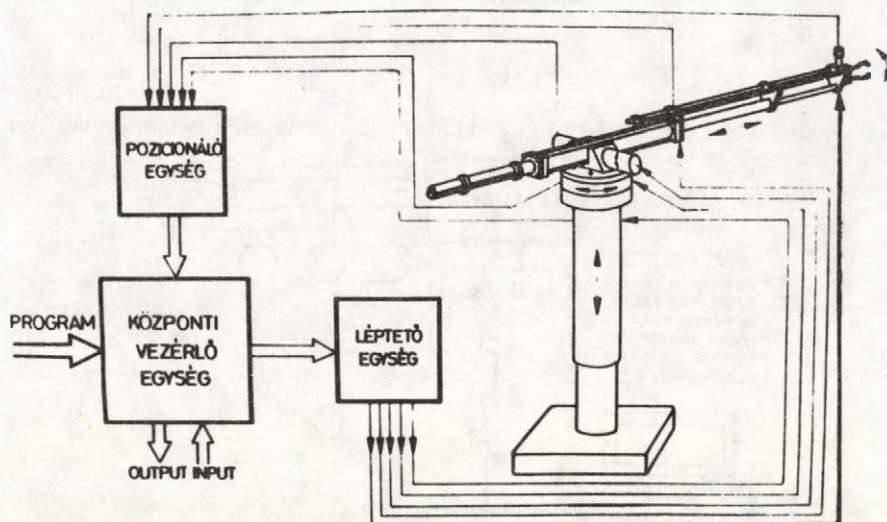
13. ábra

amerikai UNIMATE robottal kísérletezik, ennek alapján Fleischer József Állami Díjas géptervező vezetésével egy körülbelül hasonló célú berendezést hoznak létre.



14. ábra

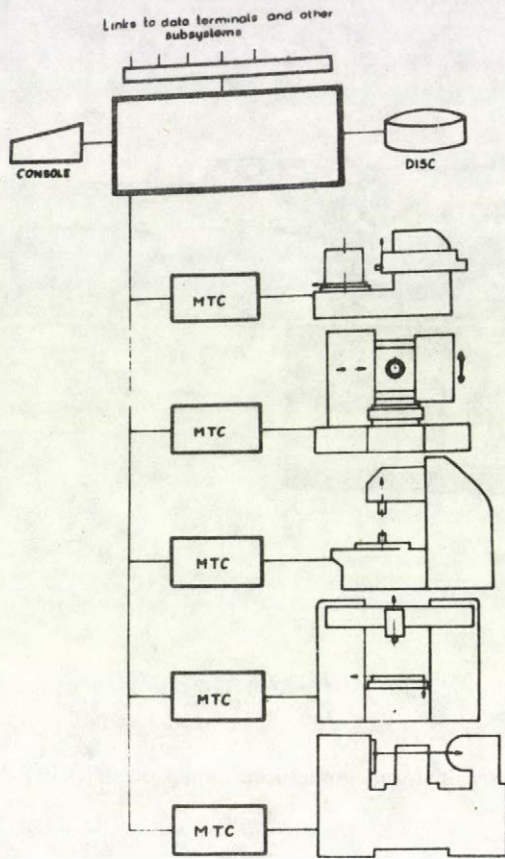
Egyszerűbb, olcsóbb és sokoldalúan használható manipulátorautomata-rendszer kialakítását tűzte ki célul az Egri



15. ábra

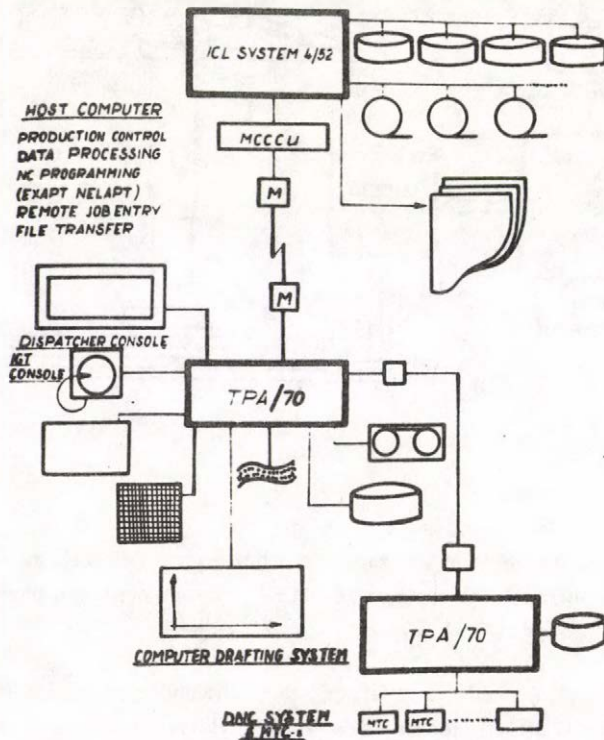
Finomszerelvénygyár (a pneumatikus MACMAN szabadalom hazai megvalósítója), az Általános Géptervező Iroda és Intézetünk Helm László vezette pneumatikus osztálya az OMFb nemcsak pénzügyi, hanem aktív műszaki és szervező támogatásával.

Mindez része annak a legalább egy évtized munkáját megszabó általános gépipari kutatási-fejlesztési koncepciónak, amit sok tekintetben a világban is úttörő módon Hajós György, Hatvany József és Tari Antal fogalmaztak meg és



16. ábra

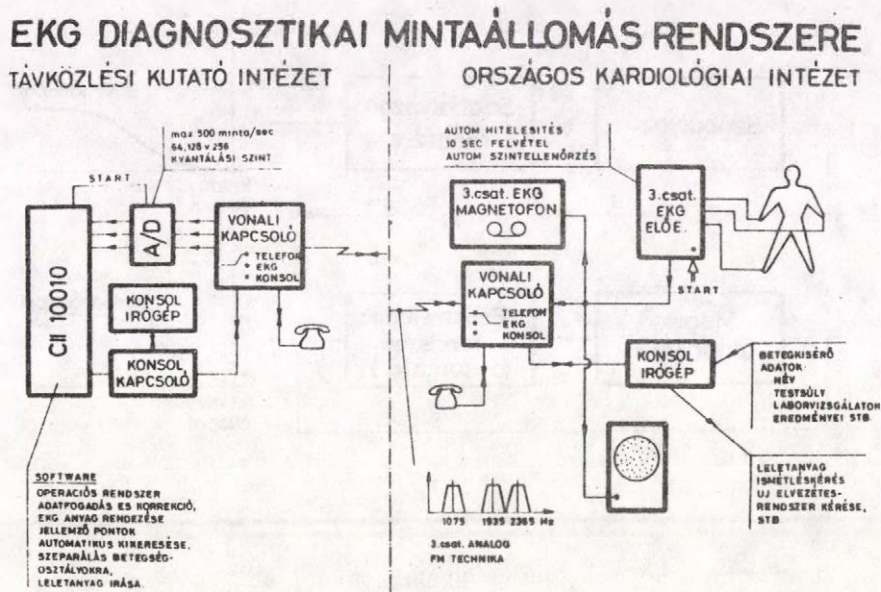
hajtanak végre ma már egyre jobban együttműködő és gondolkodó ipari, fejlesztési és kutató háttérrel.



17. ábra

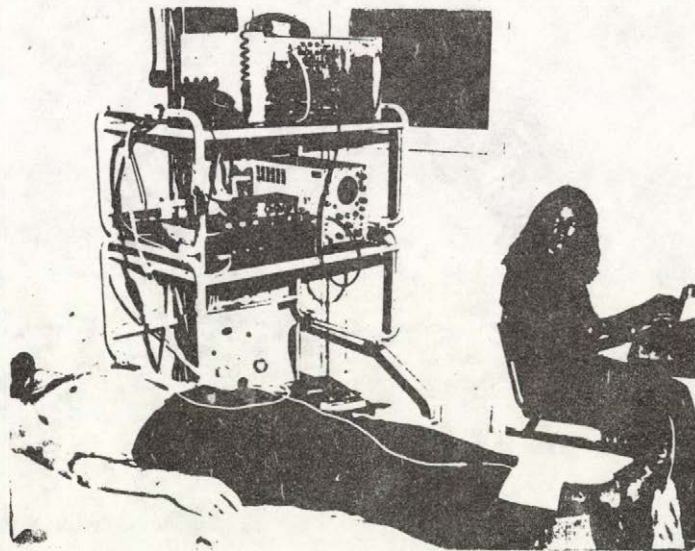
A tudományos kutatásban négy párhuzamos csoport működik, különböző, egymást jól kiegészítő módszerekkel és azok legcélszerűbbnek tűnő alkalmazásával foglalkozva.

Csibi Sándor iskolája sztochasztikus algoritmusokban ért el világszerte értékelt eredményeket. Ezek a tanuló-adaptív algoritmusok a mért jelenségek statisztikus megközelítésével adnak numerikus függvényekben leírt összefüggéseket,



18. ábra

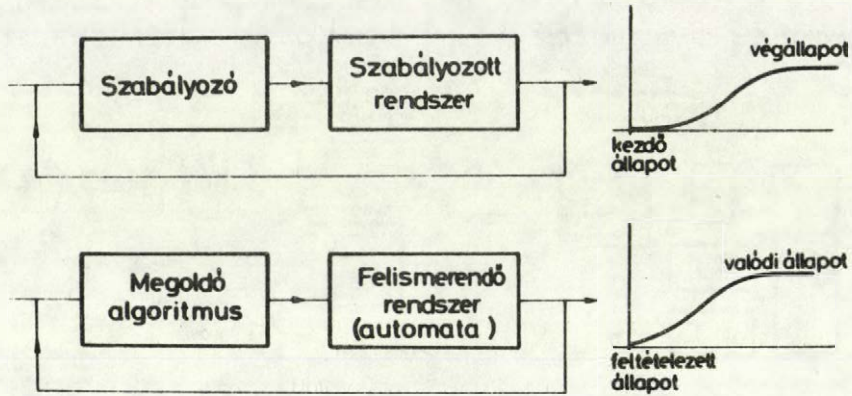
illetőleg szétválasztásokat a jelenségek fajtái között. Különösen jól alkalmazhatók ezek a módszerek diagrammokban jelentkező információk feldolgozására, így EKG és EEG görbék, szeizmikus kísérletek elemzésére. Az első sikeres



19. ábra

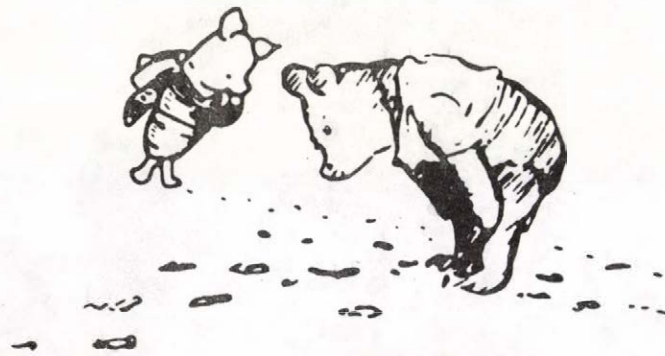
kísérlet is EKG-görbék válogatása volt a kardiológiai Intézet és a TKI táviratfeldolgozó diagnosztikai rendszerében.

A második csoport Frey Tamásé, aki korábban a stochasztikus automaták elméletében ért el súlyos és még nem eléggé értékelt eredményeket. Ő a klasszikus szabályozási feladatot általánosítja, a szabályozó helyére a megoldó algoritmus lép, a szabályozott szakasz pedig a felismerendő rendszer, automata.



20. ábra

Ahogy a szabályozásnál a szabályozó elviszi a rendszert a nem megfelelő kezdőállapotból az egyensúlyt jelentő végállapotba, úgy keresi meg a célszerű megoldó algoritmus a kezdeti feltételezésből a rendszer valódi állapotát. Ha ezek az



21. ábra

állapotok stochasztikusak, ami a reális feltételeknek általában jobban felel meg, elértünk a stochasztikus automaták elméletének alkalmazásához felismerési feladatokra.

A harmadik csoport az előzőek tisztán matematikai indítású megközelítésével szemben fizikai módszerből indul ki. A holográfia önműködő, párhuzamos korrelációs elvével, meghatározott feltételek mellett megdöbbentően jó azonosítások érhetők el. Ezt használják fel a KFKI-ban Varga Péter és társai és a SzTAKI-ban Tőkés Szabolcs munkatársai. Amint a képen látható, azonos helyzetű és méretű képek, képelemek, illetve általában alakzattípusok keresésében éppúgy



22. ábra

ígéretes, mint ahogy az EKG-ban a stochasztikus módszer volt és ahogy fordítva ez bizonyosan nem áll.

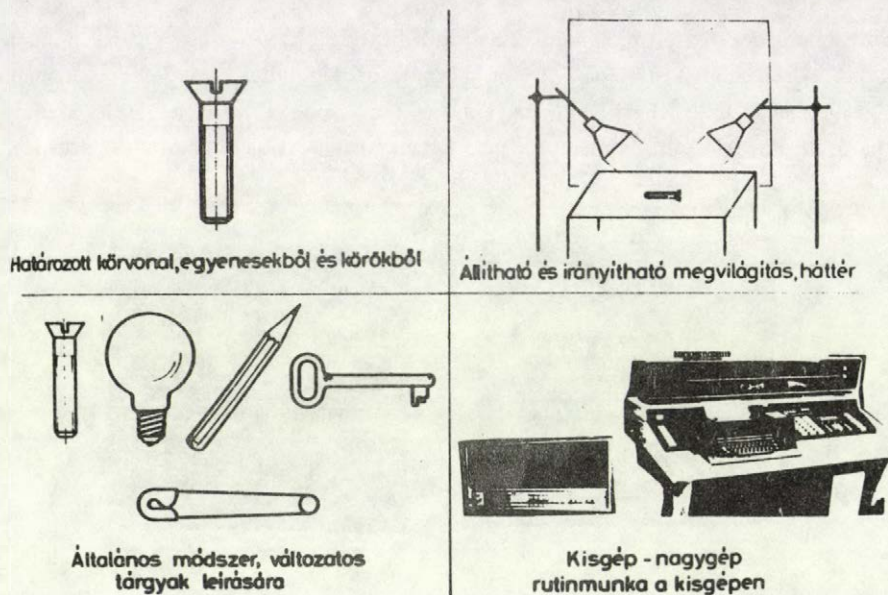
A negyedik a bevezetőben bemutatott társulat. Mint a kis magyar színek is mutatja, jelentős fegyvertárunk van a különböző feladatok megközelítésére (szándékosan nem mondtam még megoldást). Univerzális csodaszer, ahogy ezt egyesek vagy tíz-tizenöt éve még szenzációhajhászással hirdették, nincs, erre nincs is kilátás és bármily elegáns lenne, tulajdonképpen igény sem. Minél univerzálisabb egy módszer, az adott részfeladat szempontjából annál kevesebbet mond, nem beszélve a megvalósítási költségről. Van viszont egy sor, már-már a szélesebb körű gyakorlati alkalmazás küszöbén álló módszer és kezdjük tudni, az eszköztárból mihez mit célszerű elővenni.

A mi feladatunk az első csoportban említett gépipari koncepcióhoz csatlakozik. Ha van kisszámítógéppel vezérelt számjegyes irányítású szerszámgépcsoport, ha van manipulátorautomata, amelynek lépései programozhatók, ha van olyan kisszámítógép, amely legalábbis a látható jövőben szükségszerűen olcsó lesz, továbbá a kisgép mögött a rendszerben áll egy nagyobb teljesítőképességű, azzal összehangolt gép, amihez fordulni lehet, elkerülhetetlen a gondolat ezek összekapcsolására. A hiányzó láncszem a manipulátor-automata bemenete, az összeszerelésre, áthelyezésre váró tárgyak, továbbá azok helyzetének, méretének, esetleges sajátos, egyedi jellegének, vagy hibájának felismerése, tehát a betanított segédmunkás erre a részfeladatra igénybevett értelme.

Feladatok és célok, korlátozások

1. Jól meghatározott körvonalú, ipari tárgyak felismerése

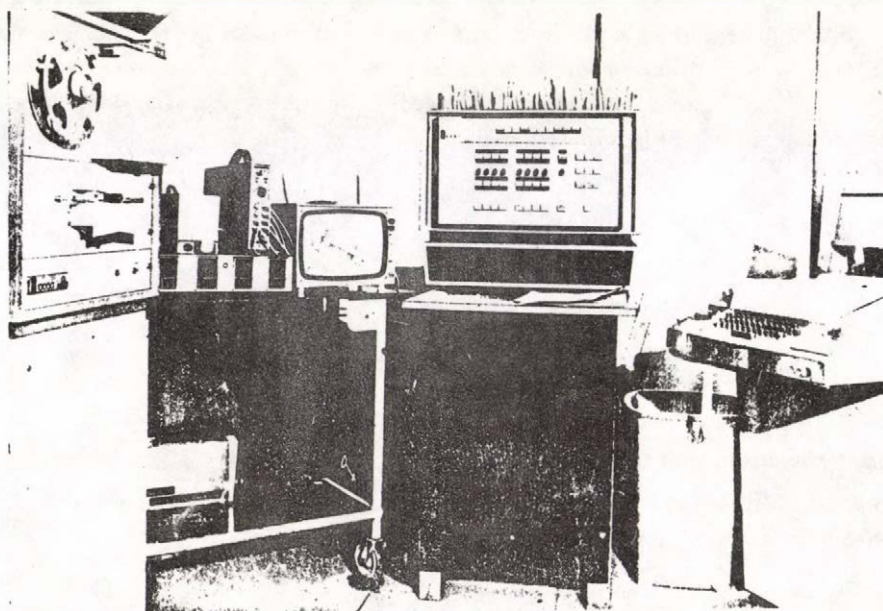
- ad 1. a körvonalak egyenesekkel és körökkel jól közelíthetők (számjegyes vezérléssel előállított tárgyak), ezt a feltételt gyakorlatilag mindig kielégítik;



23. ábra

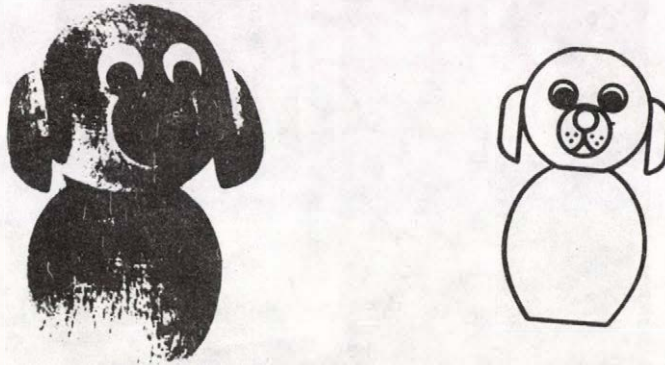
- ad 2. állítható és irányítható megvilágítás, háttér (ipari környezetben majdnem mindig elérhető);
- ad 3. általános módszer nagyon változatos tárgyak leírására, illetőleg azonosítására, amiből egy jól kezelhető, szűk részalmaz alakítható ki egy-egy adott helyszínen, feladatban előforduló azonosítási leckék megoldására;
- ad 4. a módszer a kis- és nagyobb teljesítőképességű számítógép munkáját úgy vegye igénybe, hogy a rutinszerű munkák a kisgépen megoldhatók legyenek.

A berendezés: Még semmi sem végleges, az ipari, sőt laboratóriumi kísérlet értelmében sem. Ez tudatos volt. Egy nagy intézet eszközeivel könnyen lehetett volna már elegáns, sőt szemkápráztató modelleket építeni, a szokásos 6-8



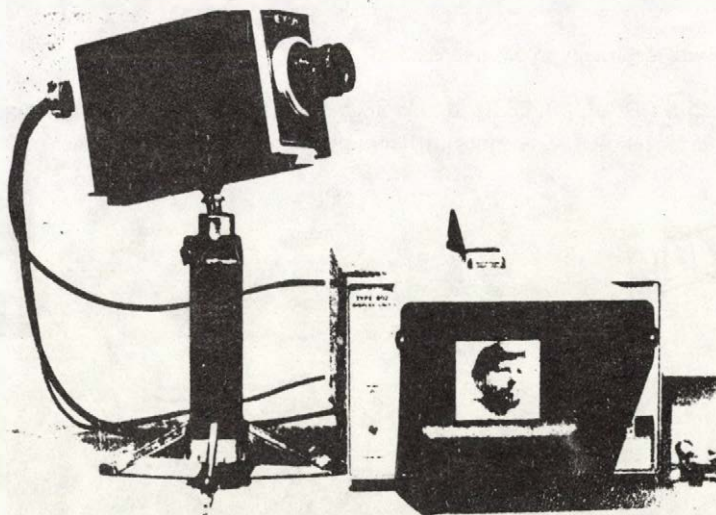
24. ábra

szabadságfokú kezét, 20–30.000 \$-os különleges video-bemenetet, a japán Elektrotechnikai Laboratórium, vagy a Stanford Mesterséges Intelligencia Laboratórium által készített benyomáskeltő filmhez hasonlót. A mi célunk elsősorban elveink, elképzeléseink realizálásának próbája volt, a programrendszer elkészítése, mert ez a mai, már beszerezhető technikai eszközöket figyelembe véve mindenre, vagy legalábbis az általunk feltett fő kérdésekre választ ad. Ezért a berendezés ellen-impesszionáló, olyan primitív, amilyen csak lehet, hangsúlyozom, először magunk előtt akartunk magunknak hitelt szerezni. Ez már sikerült. Egyszerű, ipari TV kamera, állítható diszkriminátorral, amely a körvonalak éles kirajzolására a fekete–fehér átmeneteket szabályozhatóan vágja el. Szűrkeségi szinteket nem használunk,



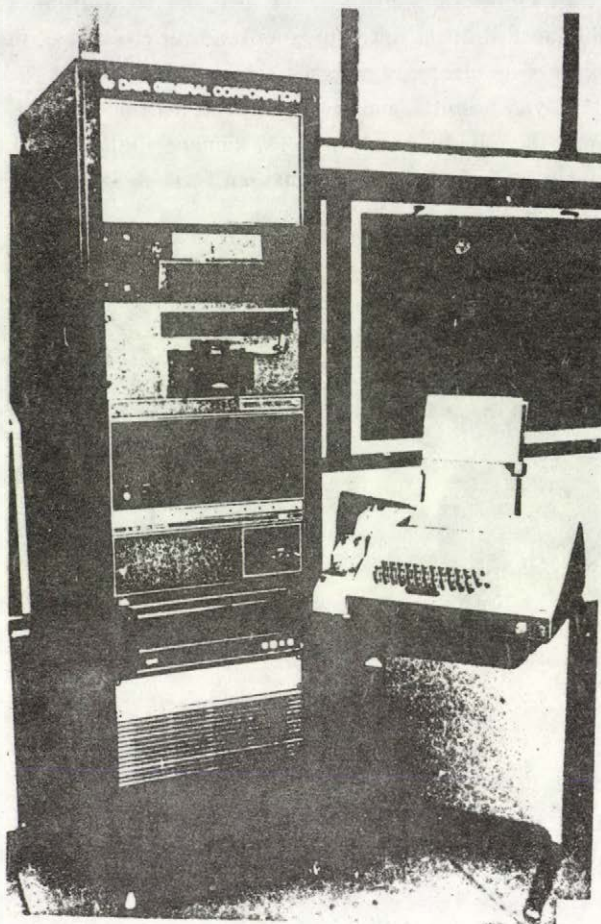
25. ábra

hiszen az a cél, hogy a TV analóg technikája segítségével a háromdimenziós tónusos képből kétdimenziós körvonalas képet kapjunk. A tv kamera javításával, esetleg közvetlen digitális fotodióda-háló alkalmazásával most kezdünk foglalkozni.



26. ábra

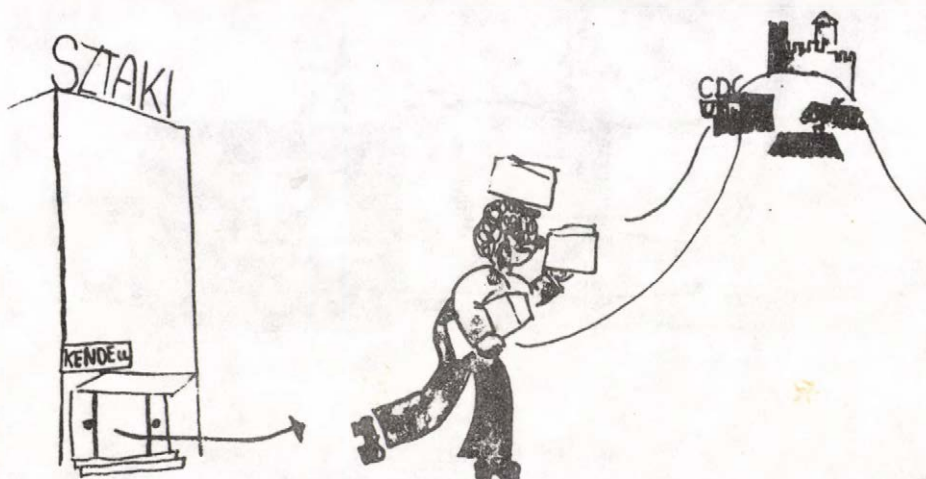
A szabványos csatolóegység a most folyó kísérletek során a CII 10010 csatornájára csatlakozik. Elkezdjük annak vizsgálatát, hogy az Intézet Data General Nova-jának használatával hogyan tudunk több szolgáltatást biztosítani, mert az



27. ábra

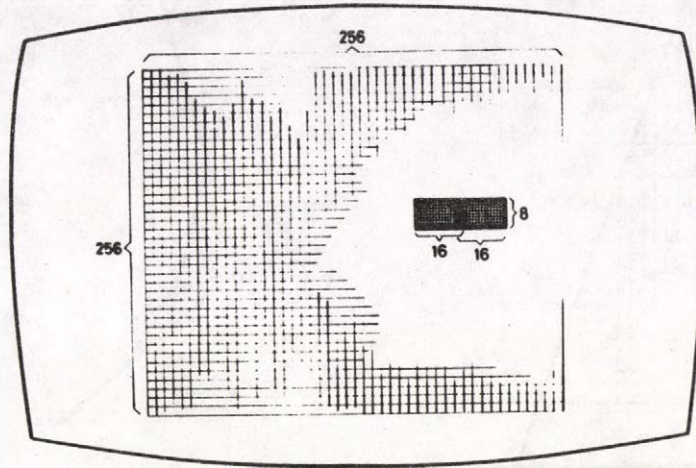
10010 programozási lehetőségei nagyon szegényesek.

Az alkalmazott közép gép a CDC 3300, eddig humán adattranszferrel áll a kisgéppel kapcsolatban (azaz így 2 q), ez év első felétől már végállomásüzemben, de ez megint hangsúlyozom, a lényegen mit sem változtat.



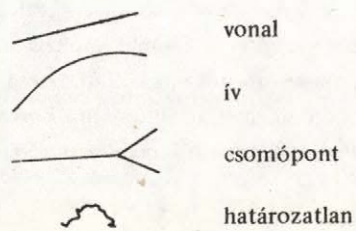
28. ábra

8x16 képpont kerül így a tv-letapogató ütemben a kisgép memóriájába, így elegendő ferrit marad a feldolgozási

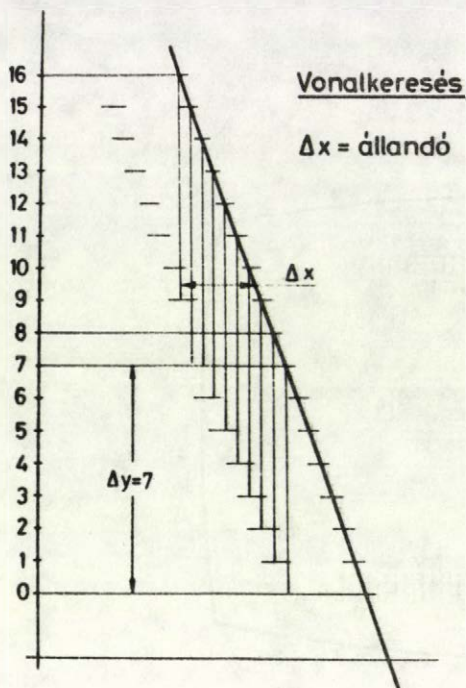


29. ábra

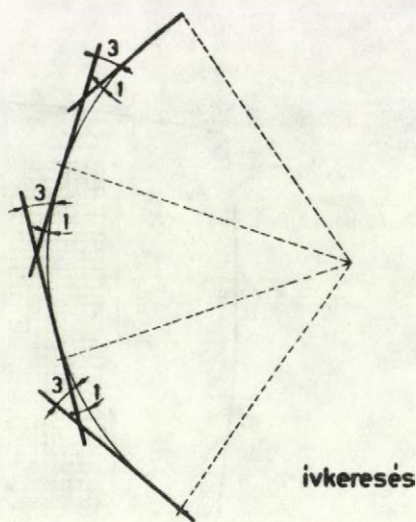
programokra. Ezt az ablakot egy tv-ciklusban, tehát 40 ms alatt teljesen fel kell dolgozni. Ennek során a körvonalakat négyfajta alapelemmel azonosítjuk:



Az azonosítás módja vonalra a 32., ívre a 33. ábrán látható. Először vonalat keresünk, azonnal beiktatunk némi zajszűrést és a tengelyektől való eltérésből megállapítjuk, meddig tekinthető a vonal azonos egyenesnek. Ha eltérés van, új elem kezdődik, amely ha nem egyenes, körív, innen számoljuk jellemzőit.

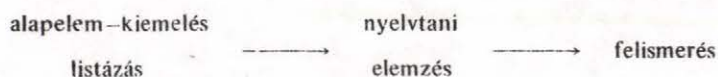


30. ábra



31. ábra

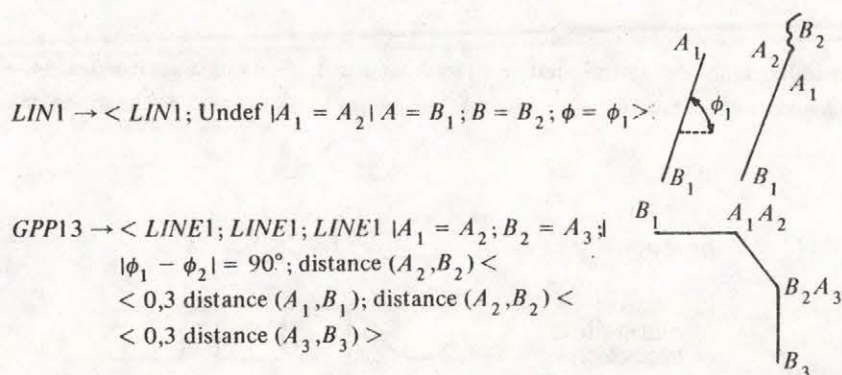
Végül listázzuk a végpontkoordinátákat, illetve a középpont és egy ívpont koordinátáit. A csomópont-azonosítás során elágazásokat keresünk, mivel minden szakaszvégpont önműködően elsődrendű csomópont; ha több azonos koordináta van listázva, önműködően megkapjuk az egy csomópont-hoz tartozó elágazáslistát (illetve mutatót). Végül kitűnő saját ötletnek tartjuk a határozatlan fogalmának bevezetését és javasoljuk egyéb döntési szerveknek is. Ami nem határozható meg első lépésben, az még nem biztosan vehető el, a későbbi analízis adhat erre választ. Addig tároljuk, hogy ott valami van, ami lehet jelentéktelen, lehet döntően fontos megkülönböztető. A kiegészítő számítás körülbelül 20 azonos időben futó, már kipróbált rutin eredménye, tehát az ábra körvonalait leíró alapelem-lista, az *alapelem kiemelés* feladat befejezése. Következik a *nyelvtani elemzés*, majd a nyelvutani alakzatok szerinti *felismerés*.



A lista a LIDI-72 listafeldolgozó nyelven készül. Gazdaságosan és jól kezelhető listák, bonyolult gráfok gépi ábrázolása, azok egyszerű módosítása, kiegészítése kulcsfontosságú. A LIDI-72-t Uzsoky Miklós és Fidrich Ilona dolgozták ki áramkörtervezési célokra, rendkívül gazdaságos az általánosabb célú listafeldolgozó nyelvekkel szemben, a mi céljainkra különösen kedvező. Egyik alapötlete, hogy a csomópontokhoz rendelt szekvenciális attribútumokat és az elágazásokat mutató pointereket külön kezeli, így bizonyos feladatokra optimális a memóriaigénye. A nyelv a gráfokat közvetlenül ábrázolja, egy sor kitűnően használható szubrutinnal, amiket az alkalmazó FORTRAN-ban könnyen kiegészíthet saját céljaira. A nyelvutani elemzés a mesterséges intelligencia strukturális jellegű problémáinak kb. egy évtizede széles körben

használt módszere. Igazi szellemi reveláció, az emberi nyelv tanulmányozásának általános filozófiai, esztétikai, matematikai és műszaki tanulsága, a vietnami békéért harcoló Noam Chomsky sokrétű munkásságának egyik eredménye. Ugyanakkor, ha belegondolunk, kézenfekvő dolog, hogy a megfogalmazás, az absztrakció, a tárgyak és események összefüggésének leírása, a következtetés, gondolkodás ezen csodálatosan gazdag eszköze minden intelligens tevékenység prototípusa. Számunkra a nyelv, a hierarchikus, strukturális leírás eszköze. Nyelvtana tartalmazza a terminális, tovább már nem magyarázott, bontott és elemzett alapelemeket, esetünkben a már azonosított és listázott egyeneseket, íveket, csomópontokat és határozatlanokat.

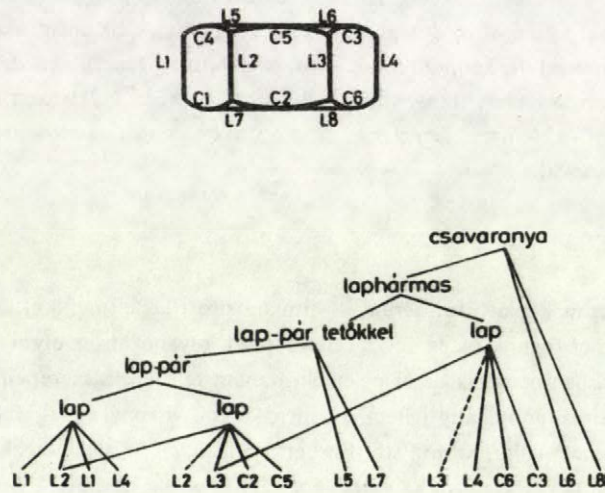
Ezekből tesszük össze – és itt már saját úton járunk – általánosított képelemeinket. A leírás hierarchiájának ezen második fokán kb. 1–6 alapelemet fogunk össze egy megnevezéssel, olyanokat, amelyek összefüggésükben már némileg jellemzők egy tárgyra. A leírásban nemcsak az alapelemek, hanem relációk is szerepelnek, még hozzá az adott nyelvtanhoz szükség szerint, előre definiáltan néhány jellemző kapcsolat, pl. viszonylag kis, vagy hegyesszögben, derékszögben, tompaszögben csatlakozik, benne, balra, jobbra stb. Ezeket a relációkat az alapelemekhez listázott attribútumokból számíthatjuk. Az ábrán láthatjuk egy elem és egy általánosított képelem leírását. A bonyolultabb ábrák leírását tehát



egy nyelvtan rendezi el. Nem győzöm eleget hangsúlyozni, ezt már jóval előttünk kitalálták, lásd kutatáselmélet–alapkönyvnek a Micimackót. A nyelvészeti analízis döntési, keresési módszere sajnos bonyolultabb, a leírás hierarchiájában

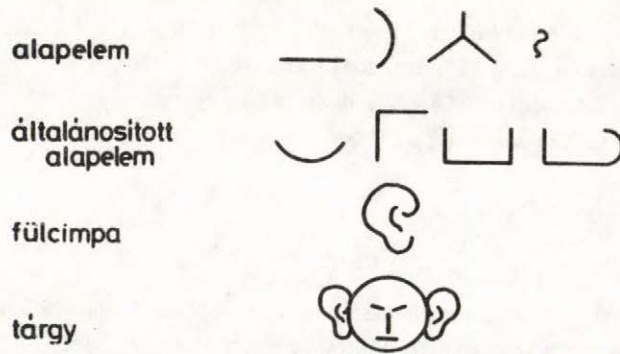
- | | |
|--------------------|---|
| 1. Határozott Hely | (Megkeresni Malackát) |
| 2. Malacka | (Megtudni tőle, ki az a Kis) |
| 3. Kis | (Ezt kell megtudni) |
| 4. Nyuszi | (Meg kell mondani neki, hogy megtaláltam Kist) |
| 5. Megint Kis | (Meg kell mondani neki, hogy megtaláltam Nyuszit) |

a keresett fogalomtól, pl. csavaranya, az alapelemig halad, illetve fordítva. A mi rendszereink lényege az, hogy az

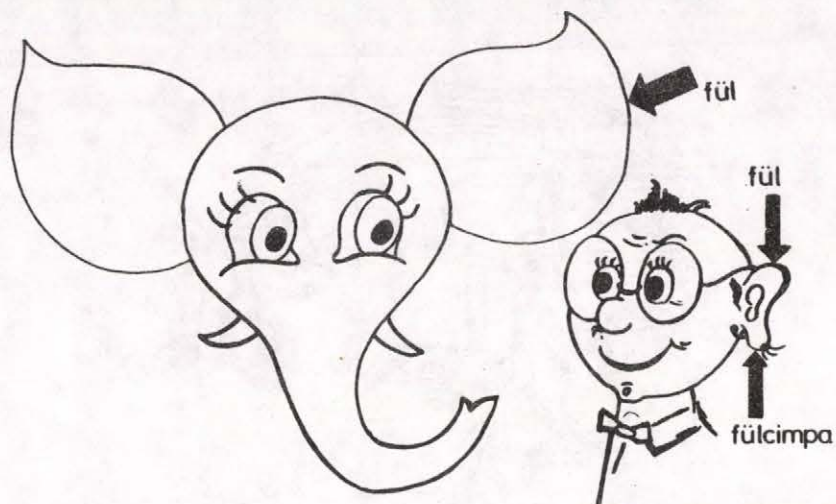


32. ábra

elemzés a fa alján kezdődik, tehát ún. alulról–felfelé eljárásként indul, hiszen az alapelemeket azonosítjuk először. Utána azonban némi heurisztikát iktatunk be a szokásos, mechanizált folyamatba. A hierarchia nálunk négylépcsős:

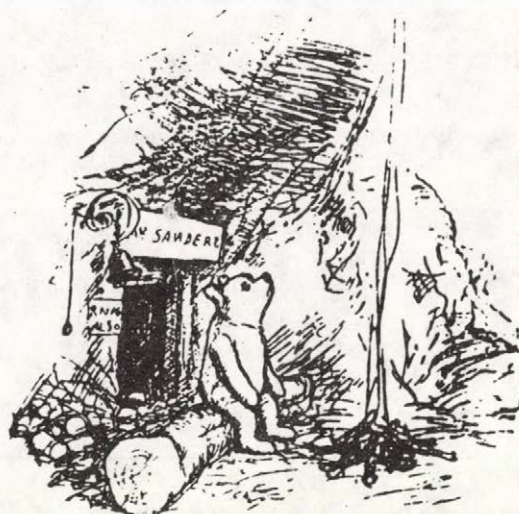


Az első két lépcsőről már volt szó. A következő komplexum egy vagy több általánosított alapelem gyűjteménye, amely ugyan nem a teljes tárgyleírásal azonos, de a tárgyra már erősen jellemző. Az ötlet itt is plágium, Hegeltől származik. Mivel az embernek van fülcimpája, az állatoknak nincs, az emberek azonosításának ez lenne fő ismérve.



33. ábra

Hasonló fülcimpajellegű, döntő, vagy nagy valószínűséggel döntő ismerveket gyűjtünk össze ebben a harmadik, a negyediket már–már megközelítő fogalomban. Illusztrálva kedvencünkkel, a Micimackóval:



MICIMACKÓ

$$F_1 = \{1, 5, 6\} = \left\{ \begin{array}{l} \Omega, \mathcal{S}, \mathcal{C} \\ \text{fül orr kar} \end{array} \right\}$$

34. ábra

Ime, Micimackó és az ő füle, orra és karja, és itt a Nyuszi ugyanezekkel a lényeges általánosított képelemekkel.



NYUSZI

$$F_2 = \{3.4.7\} = \left\{ \begin{array}{l} \Omega, \downarrow, \leftarrow \\ \text{fü} \text{ bajusz kar} \end{array} \right\}$$

35. ábra

A kitéző társaság képi elemzésénél az itt látható általánosított elemeket kapjuk. Az egyes felismerhető tárgyak, itt

GPP-s

| | | | | |
|-------------------|--------------|----------|--------------|--------------------|
| Ω | Ω | Ω | \downarrow | \curvearrowright |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| \hookrightarrow | \leftarrow | \equiv | \cup | \curvearrowleft |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

36. ábra

Micimackó "fülcimpája" ebből a választékiól adódik. A következő két fogalmunk a távolság és a mért fülcimpa. Az egyes tárgyak elemzése egy tanulófolyamattal történik, ennek eredménye a tárgy teljes nyelvtani leírása, fülcimpáival, általánosított képelemeivel. A tanulófolyamat után a tulajdonképpeni felismerési eljárás a munkafolyamat. A felismerés

során a tanuláshoz hasonlóan az alapelemekből felépítve leírjuk a tárgyakat, amiket azonosítani akarunk a már megtanult tárgyak osztályaiból. Az így leírt, azonosítandó tárgynál találjuk a mért fülcimpát. Ez vagy teljesen azonos lesz az egyik tanult tárggyal, vagy ettől némileg különbözik. A távolság egyszerű mértéke: a nem azonos általánosított kép-

$$F_i = \{1, 2, 5, 7, 10, 15\}$$

$$F_j = \{2, 7, 10, 14\}$$

$$d_{ij} = 4$$

elemek száma. Vissza Micimackóra: itt a vízben kell őket felismernünk, csak két általánosított képelem látható, ez lesz a mért fülcimpa, eggyel különbözik a tanulttól.



$$F_M = \{1, 5\} = \left\{ \begin{array}{l} \Omega, \mathcal{S} \\ \text{fül, orr} \end{array} \right\}$$

„Mivel azonban ez a csupor most csónak, a csuprot, illetve a csónakot, ezennel elnevezem USZÓ MEDVÉ nek.”

37. ábra

A rendszer itt kész is lenne, ha a feladat mindig egyszerű lenne, azonosak a körülmények, a tárgyak azonos irányból nézve, zaj nélkül, teljesen determinisztikus eljárással tudunk egyszerűen azonosítani. Tudomásul kellene venni azt a körülményt is, hogy az azonosítás során, alulról–felfelé valamennyi alapelem, általánosított képelem stb. kombinációt végig kell próbálni egy esetleg igen bonyolult sokelemes gráfon. Eljárásunk itt egy kis, Bayes-i statisztikán alapuló heurisztikát visz be a rendszerbe. A módszer lényege a következő. A tanulóeljárás során kellő számban megmutatjuk a rendszernek a felismerendő tárgyakat. A kellő szám részben gyakorlati, részben elméleti alapokon állapítható meg, függ a kép bonyolultságától, a várhatóan előforduló nézetek számától és azok különbözőségétől, az alkalmazandó megvilágítási szintek számától stb.

Minden egyes esetben kapunk egy-egy leírást, ezek nyilván csak szerencsés esetben lesznek ugyanazon tárgynál mindig azonosak, némi különbözőség, bizonytalanság a leírások között adódik. Ezen leírások eredményéről statisztikát készítünk:

$$p(F_i/T_k) = \frac{N(F_i/T_k)}{N(T_k)}$$

ahol F a fülcimpákra, T a tárgyra vonatkozik, $N(F_i/T_k)$ azon megfigyelések száma, amelynél a k -edik tárgy leírásában megtaláljuk az i -edik fülcimpát. Annak valószínűsége, hogy egy felismert F_i fülcimpa azonosítja a T_k tárgyat

$$p(T_k/F_i) = \frac{p(T_k)p(F_i/T_k)}{\sum_{j=1}^m p(T_j)p(F_i/T_j)}$$

ez a feltételes valószínűség-táblázat a tanulási folyamat eredménye. Így tehát a már korábbi gondolatmenetben elkészített tárgy – fülcimpa – általánosított képelem táblázathoz hozzárendelhetjük valószínűségi adatainkat is, ami felvilágosítást nyújt arra, hogy melyik képrészlet jellemzőbb nagyobb valószínűséggel a keresett tárgyra.

Az azonosításhoz szükséges kvantifikáló algoritmushoz kombináljuk a két információt, a távolságot és a feltételes valószínűséget. Előbb képezzünk egy, az előbbinél kicsit bonyolultabb, de számítási célokra megfelelőbb, élesebben elvágó és szingularitásmentes távolság-mértéket:

$$q(F_i, F_M) = \begin{cases} \frac{[1 + d(F_M, F_i)]^{-1}}{\sum_{j=1}^r [1 + d(F_M, F_j)]^{-1}} & \text{ha } d(F_M, F_i) \leq 3 \\ 0 & \text{ha } d(F_M, F_i) > 3 \end{cases}$$

$r > 3$ távolsávu fülcimpák száma

Jól látható, hogy itt a mért, felismerendő kép és a már tanult fülcimpák közötti különbség jut kifejezésre, 3 fülcimpánál nagyobb távolsággal a továbbiakban nem foglalkozunk.

A távolságot és a felismerési valószínűségi mértéket összekapcsolva, annak mértéke, hogy a mért felismerendő tárgy valóban azonos-e az egyik már tanulttal:

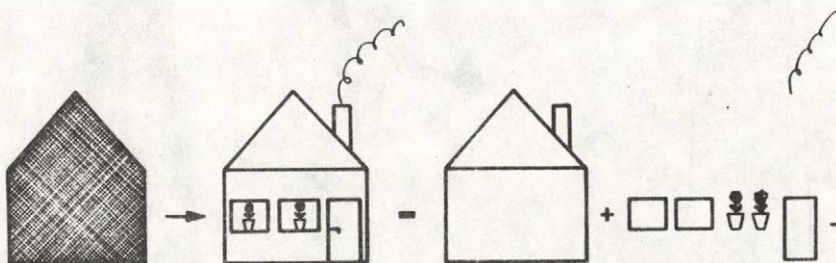
$$Q(T_k, F_M) = \sum_{l=1}^N q(F_l, F_M) p(T_k, IL_l)$$

ezeket az értékeket nagyságuk sorrendjében rendezzük, így a felismerésnél kiindulva az alulról felfelé elemzésből az első olyan hierarchikusan magasabb elemnél, amely egy-egy felismerendő tárgyra dominánsnak tűnik, megfordíthatjuk a keresést, mintegy találgatva, felülről-lefelé ellenőrizzük a feltevést, ha valódi azonosságot találtunk, be is fejezzük, ha nem, az azonossági mértékek sorrendjében újabb próbálkozással mindig sokkal gyorsabban érünk célt, mintha ezen rövid utat vágó heurisztika nélkül, a szokásos végigelemző eljárással keresnénk.

Eddig még nem volt szó az általánosított képelemek, illetve fülcimpák meghatározásának módjáról, amelynek a tanulás során kell megtörténnie. Kétféle eljárás lehetséges, az elvileg tisztább és elegánsabb önműködően keres az alapelemek között gyakran előforduló, a többtől különböző kapcsolatokat. Egyszerű Markov-láncok képzése, némi összehasonlító algoritmus ezt elintézi. A még célravezetőbb, kevésbé elegáns módszer ember-gép kapcsolatot használ. Az alapelemből álló, már azonosított alaplístát, a kisépés elemzés eredményét képernyőn jelenítjük, ami egyben kitűnő ellenőrzés is, ennek alapján a kezelő ránézéssel határozza meg az általánosított képelemeket, a fülcimpák meghatározása mindekképpen automatikus.

Ez az eljárás nincs ellentmondásban a rendszer alapfilozófiájával. Az egész rendszert ember-gép kapcsolatban képzeljük el, ahol a gép elvégzi a döntési folyamatok túlnyomó többségét, de minden olyan bonyolult esetben a kezelőhöz fordul, ahol a gépi megoldás már ésszerűtlenül bonyolult, költséges lenne. Ha csak öt-tíz-szer lehet így megkönnyíteni a kezelő munkáját, azaz öt-tíz manipulátorautomatát egy kezelőre lehet bízni, már nagyon eredményesek voltunk. A feltételezett szerelési, anyagmozgatási munkafolyamatoknál a tanítás mindig egy-egy feladattípusra, szintérré vonatkozik, tehát legfeljebb műszakonként, de esetleg hetente vagy havonta történik mérnöki vagy művezetői beavatkozással, programozással. A módszer ereje éppen abban áll, hogy mindenfajta tárgyleíráshoz igen általános eszközt ad, de a konkrét feladathoz olyan egyszerű és leszűkített leírás-készletet, ami a felismerés során már kiséppel és azonos időben kezelhető.

Még egy érdekes gondolat. A hasonló feladatokon dolgozóknak és nekünk is gondunk volt a körvonalkeresés során a foltokból valódi körvonalak készítése, a folton, illetve körvonalon belüli ábrakészletek, pl. nyílások meghatározása.



38. ábra

Ebben a feladatban igyekeztünk megszabadulni az emberi látás képalkotásának kötöttségétől, a belső és külső ábrákat nem párhuzamosan, hanem sorban írjuk le, mint ahogy a szem mögött dolgozó agy is sok részkepet dolgoz fel. Mi ebben a fázisban nem a látott képet, hanem leírástípusokat hasonlítunk össze. A külső kontur egyébként is, ha nem is mindig teljesen döntő, de legalábbis nagy valószínűséggel irányadó a tárgy kiválasztására, a belső ábrákat a tanult leírásból már egyszerűen kerestethetjük a géppel. A tanulónak (embernek vagy algoritmusnak) persze tudnia kell ezt a gondolkodásmódot.

Végül, hogyan áll a rendszer e percben? Valamennyi részalgoritmus működik, az alap-elemből készülő alaplistakészítés-azonosítás még a CII 10010-en, ezen a nagyon gyenge aritmetikai képességű, 12 kB-os, lemezmemória nélküli kisgépen, most tesszük át egy Data General Nova-ra, ami viszont kitűnő számítástechnikai lehetőségekkel megáldott kisgép, 16 k, 16 bites szóval és egy lemezmemóriával. A nyelvtan és a kereső algoritmus a CDC 3300-on él, a következő lépcső a keresés átvitele a NOVA-gépre. A képbevitel primitív megoldása miatt egyelőre kétdimenziós géprajzokat vizsgálunk a tv-rendszeren át a kisgépbe, a feladat elvi-algoritmikus problémái szempontjából ez közömbös, hiszen a tv-rendszer ugyanúgy géprajzszerűen, különböző nézetekből látja a tárgyat. A tárgyak bonyolultsága azonban nagyobb, mint a külföldön szokásos egyszerű, festett kockák, hasábok, ládák. A következő időszak egyik kutatási feladata a legjobb és ésszerű áru-beviteli eszköz, valamint megvilágosítási rendszer kialakítása.

A munka úgy haladt előre, hogy a teljes, még kétdimenziós rajzokat felismerő rendszert, amely azonos időben dolgozik, még ez évben bemutatjuk, a rendszernek megmutatott képet az összekapcsolt két gép feldolgozza és gyakorlatilag a bemutatással egyidejűleg kiírja a felismert eredményt, illetve display-en megjeleníti az azonosított, ideálisként leírt tárgyat.

A manipulátor-programhoz most kezdtünk hozzá, ez az elvi rész szempontjából kevésbé érdekes. Egy munkatársunk másfél éves japán robotológiai tanulmányai és a magam rövid MIT-beli, valamint Stanford-i élményei alapján reméljük, hogy két-három éven belül komplett, háromdimenziós felismerő és manipuláló rendszert tudunk létrehozni. Az említett helyeken tett látogatások és a Washington-i Első Nemzetközi Alakfelismerési Konferencián tartott beszámolóim után az az érzésünk, hogy ha van is némi elmaradásunk, hozzá tudunk valamit adni a nemzetközi fejlődéshez, ami mindig arra ad lehetőséget, hogy abba bekapcsolódjunk.

Bocsánatkérés. Ez az előadás igyekezett olyan kevésbé "tudományos" lenni, amennyire csak lehetett. Feladatomban nem azt tartottam, hogy bemutassam, a produkció milyen nehéz, hanem azt, hogy milyen könnyű, vagy legalábbis



39. ábra

alapelveiben mennyire közérthető. A sok részletizsátságát ezúton csak jelzem. A téma iránt általános szimpátiát szerettem volna kelteni azokban, akik ma még nem tartják időszerűnek, vagy csak egyszerűen tudományos, sőt ami még rosszabb, szemfényvesztő divatnak tartják. A megvalósításhoz és majd a bevezetéshez sok szövetségesre lesz szükségünk, ezért széles körhöz szerettem volna szólni. Végül szerénytelen véleményem szerint, amit legalábbis főelveiben, alapötletében nem tud szerzője, vagy interpretálója előadni, azt ő sem érti igazán mélyen. Az ilyen látszatot szerettem volna elkerülni.

Rajz

Erdei Judit

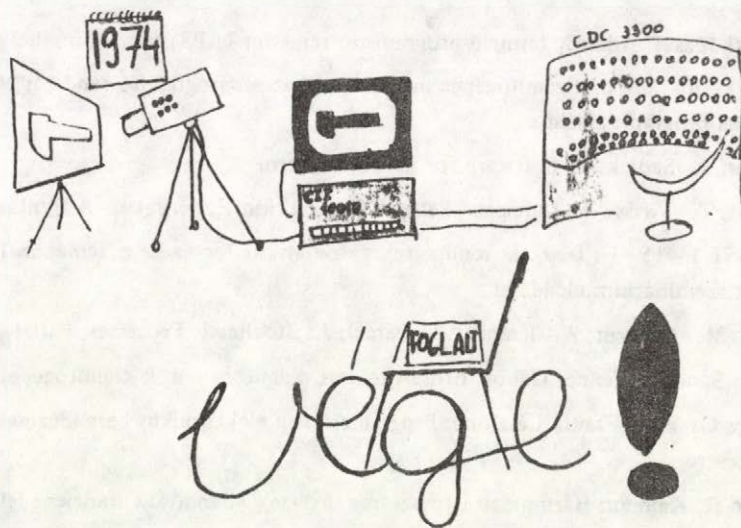


Fotó

Zelenai Elli



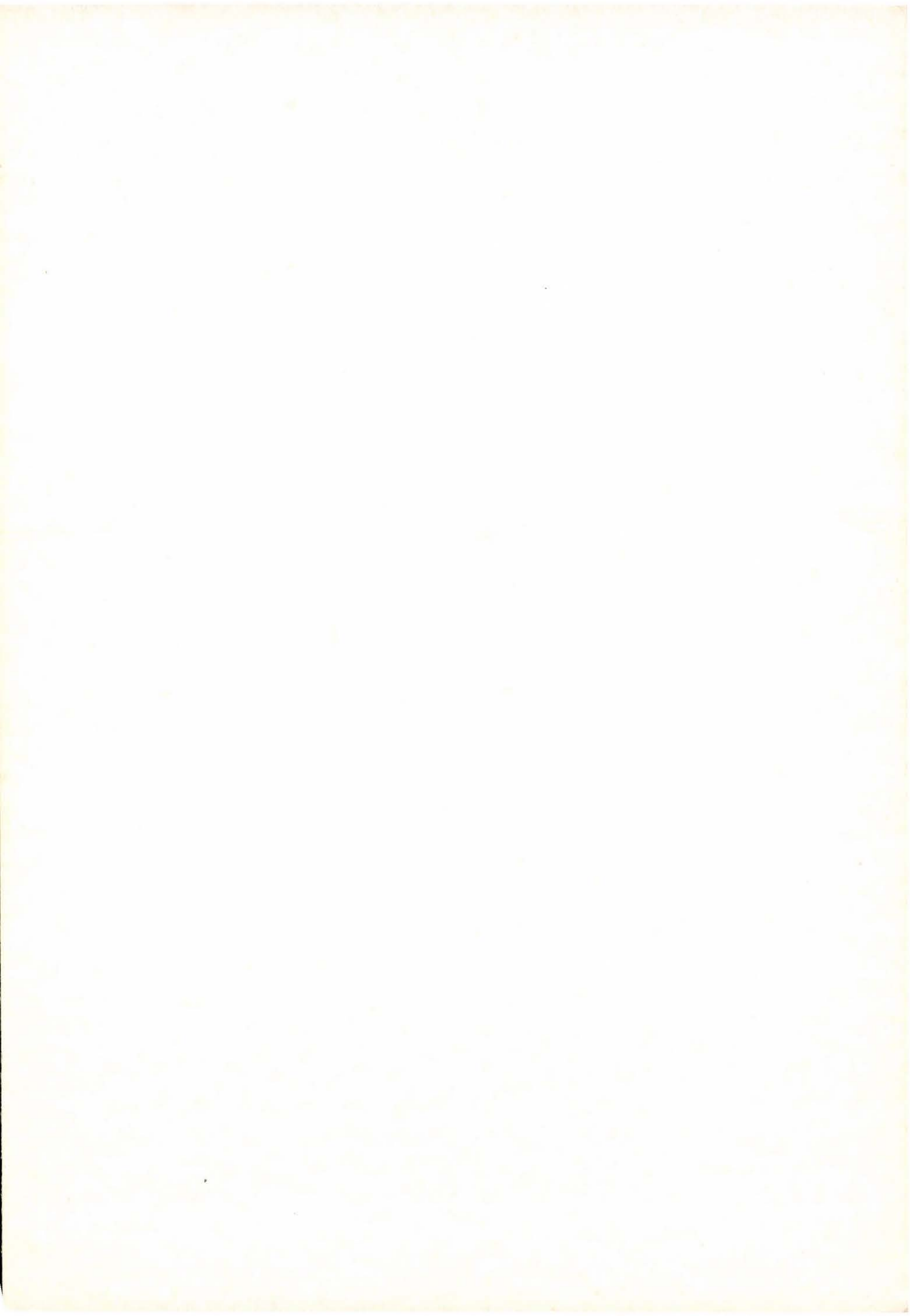
Tehát a figyelmet megköszönve meghívjuk Önöket következő bemutatónkra, még ez évben, egy élő, valódi idejű – real time – kísérleti felismerő rendszerhez.



A TANULMÁNYOK sorozatban eddig megjelentek:

- 1/1973 Pásztor Katalin: Módszerek Boole-függvények minimális vagy nem redundáns, $\{\wedge, \vee, \neg\}$ vagy $\{\text{NOR}\}$ vagy $\{\text{NAND}\}$ bázisbeli, zárójeles vagy zárójel nélküli formuláinak előállítására
- 2/1973 Вашкеви Иштван: Расчленение многосвязных промышленных процессов с помощью вычислительной машины
- 3/1973 Ádám György: A számítógépipar helyzete 1972 második felében
- 4/1973 Bányász Csilla: Identification in the Presence of Drift
- 5/1973* Gyürki J.—Laufer J.—Girnt M.—Somló J.: Optimalizáló adaptív szerszámgepirányítási rendszerek
- 6/1973 Szelke Erzsébet—Tóth Károly: Felhasználói Kézikönyv (USER MANUAL) a Folytonos Rendszerek Szimulációjára készült ANDISIM programnyelvhez
- 7/1973 Legendi Tamás: A CHANGE nyelv/multiprocesszor
- 8/1973 Klafszky Emil: Geometriai programozás és néhány alkalmazása
- 9/1973 R. Narasimhan: Picture Processing Using Pax
- 10/1973 Dibuz Ágoston—Gáspár János—Várszegi Sándor: MANU—WRAP hátlaphuzalozó. MSI—TESTER integrált áramköröket mérő, TESTOMAT—C logikai hálózatokat vizsgáló berendezések ismertetése
- 11/1973 Matolcsi Tamás: Az optimum—számítás egy új módszeréről
- 12/1973 Makroprocesszorok, programozási nyelvek. Cikkgyűjtemény az NJSzT és SzTAKI közös kiadásában. Szerkesztette: Legendi Tamás
- 13/1973 Jedlovsky Pál: Új módszer bonyolult rektifikáló oszlopok vegyészmérnöki számítására
- 14/1973 Bakó András: MTA Kutatóintézeteinek bérszámfejtése számítógéppel
- 15/1973 Ádám György: Kelet—nyugati kapcsolatok a számítógépiparban
- 16/1973 Fidrich Ilona—Uzsoky Miklós: LIDI—72 Listakezelő rendszer a Digitális Osztályon, 1972. évi változat
- 17/1974 Gyürki József: Adaptív termelésprogramozó rendszer (APS) termelő műhelyek irányítására
- 18/1974 Pikler Gyula: MINI—Számítógépes interaktív alkatrészprogramíró rendszer NC szerszámgépek automatikus programozásához
- 19/1974 Gertler, J.—Sedlak, J.: Software for process control
- 20/1974 Vámos, T.—Vassy, Z.: Industrial Pattern Recognition Experiment—A Syntax Aided Approach
- 21/1974 A KGST I.—15—1.: Diszkrét rendszerek automatikus tervezése c. témában 1973. februárban rendezett szeminárium előadásai
- 22/1974 Arató, M.—Benczúr, A.—Krámlí, A.—Pergel, J.: Stochastic Processes, Part I.
- 23/1974 Benkó Sándor—Renner Gábor: Erősen telített mágneses körök számítógépes tervezési módszere
- 24/1974 Kovács György—Franta Lászlóné: Programcsomag elektronikus berendezések hátlaphuzalozásának tervezésére
- 25/1974 Járdán R. Kálmán: Háromfázisú tirisztoros invertek állandósult tranzienis jelenségei és belső impedanciája
- 26/1974 Gergely József: Numerikus módszerek sparse mátrixokra
- 27/1974 Somló János: Analitikus optimalizálás

A *-gal jelölt kivételével a sorozat kötetei megrendelhetők az Intézet könyvtáránál (Budapest, I. Uri u. 49.).



4511

