

POTE Élettani Intézet, SZTAKI Biomatematikai Csoport

"EEG-Metria" számítógépes programcsomag spontán és  
kiváltott agyi bioelektromos jelek elemzésére

Czopf János, Csáki Péter

A magatartáskutatásban alkalmazott elektrofiziológiai módszerek több hagyományos elemet is tartalmaznak. Ma már ilyenek nevezhető a kísérlet során elvezetett spontán, illetve kiváltott agyi elektroencefalográfiás jelek vizsgálata is.

1929-től, az emberi EEG Berger által végzett első megbízható regisztrálásától mindmáig, az uttörő kutatók, mint Adrian és Mathews, majd Durup és Fessard, Gray Walter, Livanov, Jasper illetve Bishop, Gastaut, Bremer vagy Brazier, Barlow, Adey és Walter, Donchin, John és sokan mások az agyvelő spontán illetve provokált elektromos tevékenységében a magatartási és pszichés folyamatok legmegbízhatóbb és legközvetlenebb indikátorait látták. Együttal kísérletet tettek azok kvantifikált elemzésére is.

Az agyi bioelektromos aktivitás elemzését szolgáló EEG-jelanalízis digitális módszereit - mint átlagolás,

korreláció-, spektrumanalízis stb. - már a 60-as évek elején leírták [1, 2]. Átmeneti lendületet adott e módszerek fejlesztésének illetve alkalmazásának a gyors Fourier transzformáció algoritmusának kidolgozása [3]. A primer jelanalízis iránti érdeklődés ugyan a 70-es évek elején már ismét csökkenni látszott, minőségi változást jelentett a magatartási változásokat követni képes finomabb felbontású vizsgálódás, amely mindinkább támaszkodott a szekundér analízis módszereire is [4].

A műszaki-statisztikai irodalomból átvett számítástechnikai módszerek neurofiziológiai alkalmazásai érdekes módon élik túl önmagukat. Akár a kiváltott potenciál-átlagolás módszerére, akár a spontán EEG jelek spektrum vizsgálatára gondolunk, e módszerek magatartás-fiziológiai alkalmazásai jelentős dilemma elé állítják a kísérletezőt. Nevezetesen ellentmondás van a műszaki-statisztikai megbízhatóság és a neurofiziológiai relevancia követelményei közt. Hiszen a relative gyorsan változó rövid magatartási minták közül kellene mind nagyobb elemszámú kiváltott potenciált átlagolni a megbízható átlag-becslés követelményeként, illetve mind hosszabb EEG szakaszból kellene frekvencia spektrumot becsülni a spektrális minta megbízhatóbb interpretálása céljából. Tehát míg a rövid de még homogén EEG mintákból becsült paraméterek kevésbé megbízhatóak műszaki-

statisztikai szempontból, addig a hosszú mintákból nyert neurobiológiai információ validitása vitatható.

Kompromisszumot és egyben a módszerek túlélését jelenteli az a vizsgálati stratégia, amely elfogadja az esetlegesen rosszabb jel/zaj viszonyú kiváltott potenciálokban megfigyelt változásokat és ezek egzisztenciáját többször megismételt kísérletekből más egyéb statisztikai módszerekkel bizonyítja. Továbbá, jóllehet csak néhány szekundumos EEG szakaszokat elemez, a spektrális paramétereiket ezen minták szelektált átlagbecslésével javítja, stb.

E stratégia létjogosultsága indokolta, hogy saját vizsgálataink számára alkalmasabb formában állítsuk be az EEG jelaanalízis legfontosabb módszereit. E számítástechnikai módszereket tartalmazó programcsomagunk neve "EEG-METRIA".

A programcsomag az egy vagy több pontból elvezetett spontán /ANEEGDOT/ és kiváltott /ERAN/ agyi elektromos tevékenység amplitudó, idő és frekvencia tartományban történő elemzésére szolgál. Az egyes tartományokban a következő műveletek végezhetők el: /1.-2.-3. ábra/.

Vizsgálataink során a 4. sz. ábrán látható kísérleti elrendezést alkalmazzuk. Egy-egy kísérleti ülés elvezetései képezik egy-egy adatfile tartalmát. A kísérleti ülések NT számú kísérleti futásból állnak. Egy kísérleti fu-

Amplitudó tartomány

/egy elvezetés/

- 1/ Idő és csoportátlag képzése.
- 2/ Horizontális ill. vertikális irányu amplitudó eloszlás felvétele, 1-4 momentummal történő jellemzése.
- 3/ Eloszlás normalitás ill. modalitás vizsgálata.
- 4/ Potenciál idő-szekvencia megoszlás felvétele.
- 5/ Szelekció, csoportképzés, átlagra vonatkozó hipotézis vizsgálat.

1. ábra

Idő tartomány

/egy elvezetés/

- 1/ Autokorreláció függvény képzése.

/két elvezetés/

- 2/ Keresztkorreláció függvény képzése.

2. ábra

Frekvencia tartomány

/egy elvezetés/

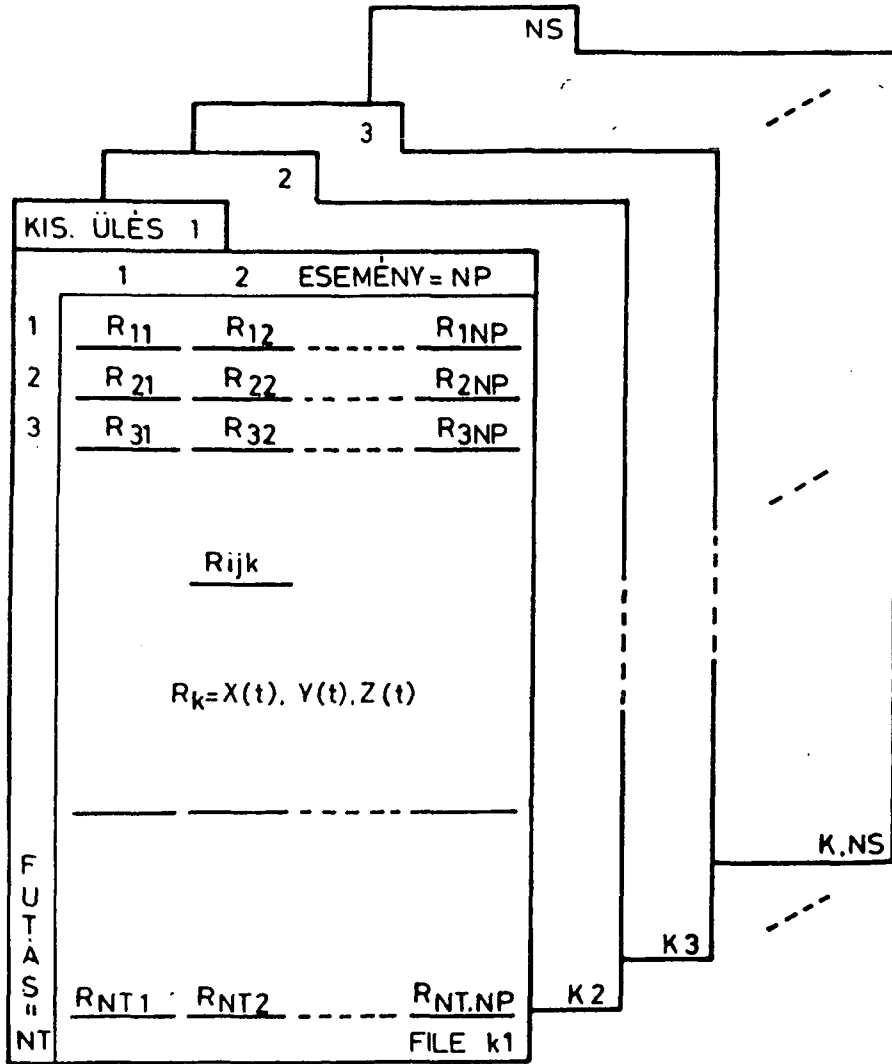
- 1/ Intenzitás spektrum felvétele.
- 2/ Csoportátlagok képzése.
- 3/ Statisztikai leírás, modalitás vizsgálat.
- 4/ Sávszűrés.
- 5/ Szelekció, csoportképzés.

/két elvezetés/

- 1/ Koherencia spektrum felvétele.
- 2/ Fázis spektrum felvétele.
- 3/ Csoportátlagok képzése.
- 4/ Statisztikai leírás, modalitás vizsgálat.
- 5/ Szelekció, csoportképzés.

/három elvezetés/

- 1/ Parciális koherencia spektrum felvétele.
- 2/ Csoportátlagok képzése.
- 3/ Statisztikai leírás, modalitás vizsgálat.
- 4/ Szelekció, csoportképzés.



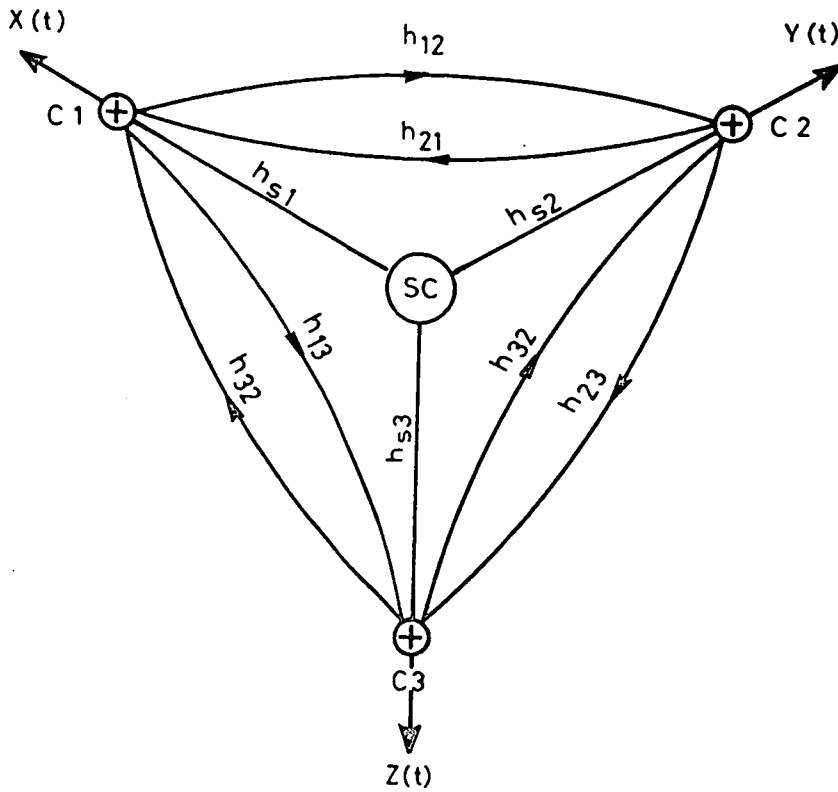
4. ábra

táson belül NP számú eseményt különböztetünk meg. Valamennyi pontról elvezetett EEG külön file-t képez.

Az EEG felvételek elemzése alapvetően kettős stratégiájú. Minthogy feltételezzük, hogy az egyes magatartási mintákat azokkal jól korreláló agyi elektromos aktivitás változás követi, ezért az egyes eseményeket a kísérletező jegyzőkönyve alapján csoportosítjuk ( $NP \geq 1$ ), és ezek alapján számítjuk az elektromos aktivitást jellemző paramétereket. Másrészt az agyi elektromos aktivitás változást indikáljuk ( $NP=1$ ), ez alapján képezünk csoportokat, majd ezek korrelációját vizsgáljuk az egyes magatartási eseményekkel. Következtetéseinket e két módon nyert eredmények összevetéséből tesszük meg.

A kiváltott potenciál analízist illetve az EEG spektrum dinamika elemzését végző programegységeket már korábbi előadásainkban ismertettük [5, 6]. Most tekintsük át a programcsomagból a három elvezetésből nyert parciális koherencia analízis lényegét illetve a program logikai felépítését.

Vizsgáljuk meg az 5-ös számú ábra szerinti három kortikális EEG elvezetés  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Z(t)$  közti funkcionális kapcsolatokat. Közvetlen Fourier transzformációval becsüljük az egyes spektrumokat  $S_{ij}(f)$ ,  $i, j = x, y, z$ . Így az  $S(f)$  spektrum mátrixot nyerjük /6. sz. ábra/. Majd képezzük az elvezetéspárok közti koherenciá-



5. ábra

$$S(f) = \begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{xz} \\ S_{yx} & S_{yy} & S_{yz} \\ S_{zx} & S_{zy} & S_{zz} \end{bmatrix}$$

$$\text{Coh}_{ij}(f) \quad i, j = x, y, z$$

$$\text{Coh}_{xy}^2 = \frac{|S_{xy}|^2}{S_{xx} \cdot S_{yy}} \quad \text{Coh} \leq 1$$

6. ábra



kat  $\text{Coh}_{ij}(f)$ ;  $i, j = x, y, z$  az ábrán látható összefüggés szerint.

Az így nyert koherencia spektrumok értelmezése során igen körültekintőnek kell lennünk. Ugyanis az egyes frekvencia tartományokban nyert magas koherencia nem elégséges feltétele a két elvezetett pont közvetlen kapcsolatának. Ugyanez még nem tekinthető elégséges bizonyítéknak a két aktivitás közös eredetét illetően sem. Tovább kell tehát vizsgálnunk a két elvezetés tulajdonságait más elvezetések feltételében.

Vizsgáljuk így meg, most már a  $C_1$ - $C_2$  pont  $X(t)$ ,  $Y(t)$  elvezetésének kapcsolatát a velük korreláló  $C_3$  pont  $Z(t)$  elvezetése feltételében. Számítsuk a residuális spektrumokat /7. sz. ábra/, majd ezekből a parciális koherenciát az ábra szerinti módon.

Ezen összefüggések alapján a parciális koherencia valamint a residuális spektrumok értelmezése [7] már megbízhatóan közelebb visz a kijelölt agyi régiók kapcsolatának megismeréséhez.

A 8. sz. ábrán a parciális koherencia analízis program logikai felépítését láthatjuk. A programban az egyes elvezetések normálását követően idő illetve frekvencia ablakkorrekciót alkalmazunk. E primer elemzést a program-

$$S_{xy \cdot z}(f) = S_{xy}(f) \left[ 1 - \frac{S_{xz}(f) \cdot S_{zy}(f)}{S_{zz}(f) \cdot S_{xy}(f)} \right]$$

$$S_{xx \cdot z}(f) = S_{xx}(f) \left[ 1 - \text{Coh}_{xz}(f) \right]$$

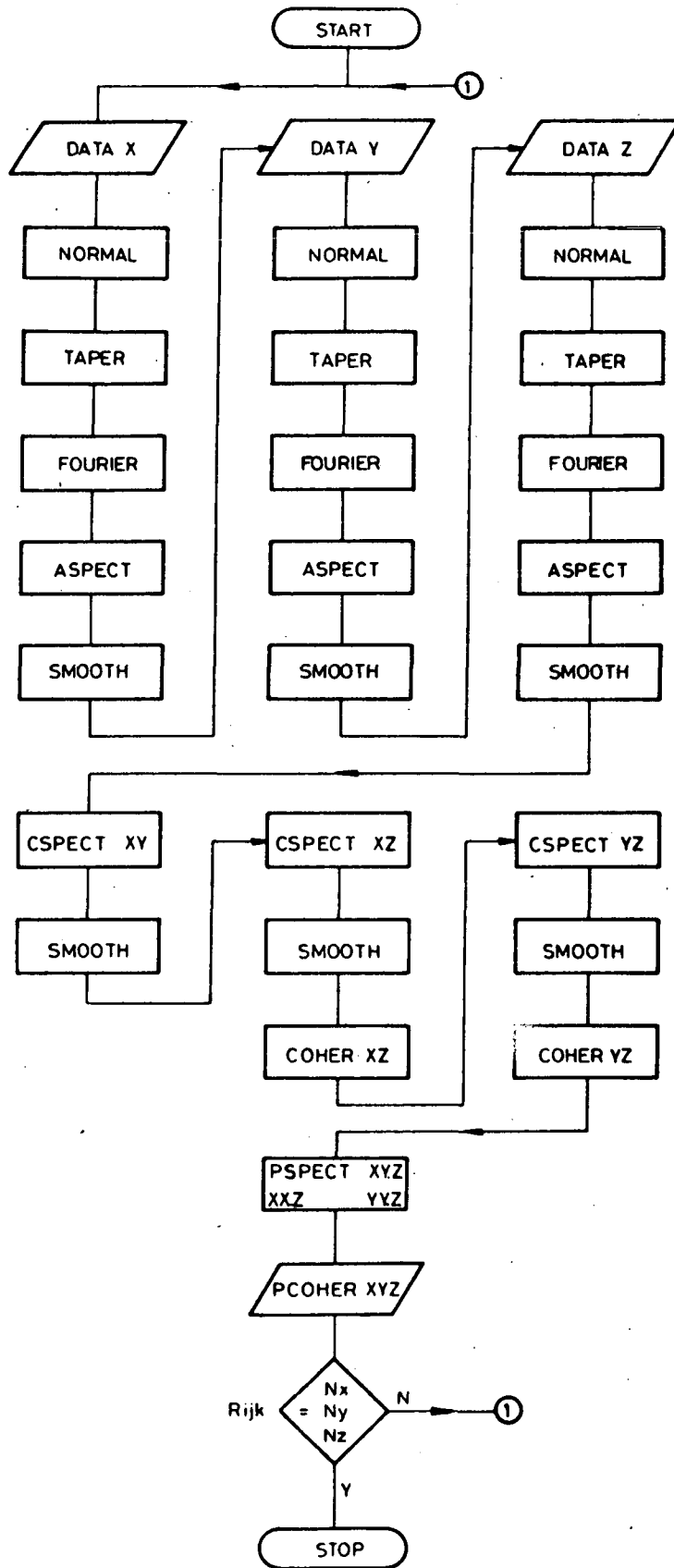
$$S_{yy \cdot z}(f) = S_{yy}(f) \left[ 1 - \text{Coh}_{zy}(f) \right]$$

$$\text{Coh}_{xy \cdot z}(f) = \frac{|S_{xy \cdot z}(f)|^2}{S_{xx \cdot z}(f) \cdot S_{yy \cdot z}(f)}$$

7. ábra

egység műveleteiben leírt szekunder elemzés követi.

Az "EEG-METRIA" programrendszer az MTA Számítógéppont CDC 3300-as gépén készült FORTRAN nyelven, távállomásról kezelhető formában.



8. ábra

I r o d a l o m

- [1] Walter, D. O. /1963/: Spectral Analysis of Electroencephalograms: Mathematical Determination of Neurophysiological Relationships from Records of Limited Duration. *Experimental Neurology* 8, 155-181.
- [2] Adey, W. R. /1965/: Computer Analysis in Neurophysiology. In "Computers in Biomedical Research". Edited by R. W. Stacy and Waxman, Acad. Press, New York.
- [3] Cooley, J. W., Tukey, J. W. /1965/: An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series. *Math. Comput.*, Vol. 19, pp. 297-301.
- [4] John, E. R. et al. /1977/: Neurometrics. *Science*, Vol. 196. pp. 1393-1410.
- [5] Czopf J., Csáki P. /1977/: Számítógépes módszer kiváltott EEG jelek változásának elemzésére. IV. Orvostechnikai Konf. Budapest.
- [6] Czopf J., Csáki P. /1978/: Számítógépes módszer spontán EEG jelek változásának elemzésére. Kerekasztal Konf. Pécs.
- [7] Bendat, J. S., Piersol, A. G. /1971/: Random Data: Analysis and Measurement Procedures. John Wiley and Sons, Inc. New York.