

Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézete

Készülék statisztikus jelek vizsgálatára:  
sztochasztikus analízátor

Pellionisz Péter és Péter Attila

Az orvostudományban, biológiában egyre gyakrabban alkalmaz-  
zák a különböző számítástechnikai módszereket. E módszerek egyik spe-  
ciális csoportja statisztikus, véletlenszerű jelenségekkel foglalkozik.  
A modern élettani kutatások, vizsgálatok területén a szakemberek egy-  
re gyakrabban kerülnek szembe olyan jelenségekkel, amelyek tulajdon-  
ságaik miatt csak valamilyen statisztikus, sztochasztikus mérési módszer-  
rel közelíthetők meg. Az utóbbi években egész sor speciális módszer,  
eljárás alakult ki az orvostudomány, biológia területén egy-egy ilyen  
jellegű probléma megoldására, folyamat vizsgálására.

E sztochasztikus mérések kivitelezésére alapvetően két út áll  
rendelkezésre:

- univerzális számítógép a szükséges célperifériákkal és megfe-  
lelő programmal,
- egy-egy mérési módszer alkalmazására konstruált speciális cél-  
készülék.

Mindkét esetben általában bonyolult felépítésű berendezésről van  
szó, amelynek kezelése nagy felkészültséget igényel. Magas árak, ne-  
héz beszerezhetőségük sokszor akadályozza meg e berendezések beszer-  
zését, illetve felhasználását.

A KFKI-ban évek óta foglalkozunk speciális célokra szánt mű-  
szerek kifejlesztésével, és előadásunknak az a célja, hogy ismertessen  
egy olyan, nálunk készülő berendezést, annak alkalmazási területeit,  
amely bizonyosan segít a fent említett probléma megoldásában.

A berendezés - amely a sztochasztikus analízátor nevet viseli -  
célkészülék, lényegében célszámítógép, amely a sztochasztikus, vélet-  
lenszerű jelekben rejlő információt valamilyen méréstechnikai módszer-  
rel tömöríti és egy-egy függvény formájában bocsátja rendelkezésre.

A készülék kialakításánál három fő célunk volt:

- legyen alkalmas a berendezés minél több fajta analízis el-  
végzésére,

- egyszerű felépítésű, könnyen kezelhető legyen,
- viszonylag alacsony költségráfordítást igényeljen.

Az alacsony ár, univerzálitás, könnyű kezelhetőség ellentétes követelmények. Ezek összehangolásához a következő körülmények nyújtanak segítséget:

- lemondhatunk a számítógép által kínált univerzális számítástechnikai lehetőségekről, s csak a kívánt sztochasztikus mérési módszerek végrehajtásához szükséges elemeket építhetjük be a készülékbe,
- lemondhatunk az eddig használatos célberendezések általában igen magas, sokszor ki nem használt műszaki paramétereiről, s megelégedhetünk a gyakorlatban általában megkívánt pontossággal,
- moduláris felépítésénél fogva a készülék a későbbiek folyamán bővíthető új elemekkel, amelyek segítségével igen széleskörű alkalmazhatósághoz jutunk.

A berendezés sok tekintetben hasonlít, sok tekintetben viszont alapvetően eltér az ilyen feladatokra használt és elég széles körben ismert, u.n. sokcsatornás analizátoroktól. Lássunk az azonos és az eltérő jegyek közül néhányat:

- A berendezés a begyűjtött információt itt is tárolócsatornáiban tárolja, a csatornaszám azonban nem 500 vagy 1000, sőt esetleg 4000, hanem csupán 100. Ugy véljük, igen sok helyen, például a biológiai és élettani vizsgálatok zömében megfelelő az 1 %-os felbontás, ugyanakkor nem szükséges részletezni, árban milyen megtakarítást jelent ez a körülmény.

- Az információ tárolása digitálisan történik, de nem csupán olyan módszerrel, hogy a mérés kezdetétől a befejezéséig az összes adatot egyszerűen akkumulálja a tároló, és így pl. időben változó folyamatnál valamiféle átlagos képet ad, hanem lehetőség van olyan eljárásra is, amelynél az eredményfüggvény követi a bemenő jelek átlagának változását. Ezt a "követési időállandót a felhasználó igen széles sávban beállíthatja és így mindenkor aktuális információ áll rendelkezésére.

- A sztochasztikus analizátor alapkivitelében nem tartalmaz megjelenítő egységet, mivel a felhasználó laboratóriumokban általában van oszcilloszkóp, X-Y rekorder, stb., mely eszközök alkalmasak az eredmény közlésére. Természetesen ezen megjelenítők számára minden szükséges jelet kiad a készülék. A későbbiek folyamán egy viszonylag nagyképernyős megjelenítőt kívánunk fejleszteni, amely szerves része lenne a készülékcsaládnak.

- A sztochasztikus analizátorral elvégezhető mérésfajták közép-pontjában a korrelációs mérés szerepel. A biológiai és élettani vizsgálati gyakorlatban egyre szélesebb körben alkalmazzák ezt a mérési

eljárást. Itt kell megjegyezni, hogy a sokcsatornás analizátorok legnagyobb része nem alkalmas ilyen analízisre.

A sztochasztikus analizátor alkalmas további számítógépes adatfeldolgozásra is: az eredmény bináris formában kivethető a készülékből, és utasítható adatközlésre, mérés-indításra és befejezésre. A sokcsatornás analizátorokhoz hasonlóan a mérést real-time végzi, az eredmény a méréssel egyidőben látható, a számítás a mérés folyamata alatt történik.

Lássunk néhány mérési módszert, amelyek az alapkivitelű sztochasztikus analizátor segítségével elvégezhetők:

- Jel-átlagolás-Uzemmod kerül alkalmazásra olyan ismétlődő jelek esetén, amelyeknél rendelkezésre áll egy, a jellel szinkron impulzussorozat is. A jel-átlagolási mérési módszerrel detektálni tudjuk a jelek alakját még akkor is, ha pl. a zaj több százszor nagyobb a hasznos jelnél.

- Időanalízisnél kétfajta mérést végezhetünk: felvehetjük a beérkező impulzusok időeloszlását, amikor is azt vizsgáljuk, hogy egy adott időszakban a beérkező impulzusok átlagosan hogyan oszlanak meg, megvizsgálhatjuk az impulzusok közti idő átlagos eloszlását is.

- Amplitúdóanalízis segítségével információt kapunk a vizsgált jel amplitúdó-spektrumáról, vagy megvizsgáljuk azt az időarányt, amit a jel minden lehetséges amplitúdónál eltölt, s ekkor kapjuk az amplitúdó valószínűségi - sűrűség függvényt, vagy azt a valószínűséget vizsgáljuk, ami jellemző arra, hogy a jel bizonyos amplitúdónál kisebb értékű, akkor kapjuk az integrált amplitúdó valószínűségi eloszlás-függvényt.

- A korrelációs mérési Uzemmodot jól használhatjuk, amikor:

zajban eltemetett periódikus jelek detektálása,

két véletlenszerű jel közti kapcsolat megállapítása,

jel-késleltetési idő mérése

a célunk.

A moduláris felépítésű készülék négy alapegységre oszlik, melyek az alapkivitel nélkülözhetetlen részei:

- a bemenőegység a mintavételezést és a kívánt jelformálást végzi el: mintegy 50 mV-os jel már elegendő a feldolgozáshoz.

- a vezérlőegységen beállítható a kívánt mérési Uzemmod, helyet kapnak itt a mérést elindító, megállító és törlő kezelőszervek, itt történik továbbá a mintavételi idő illetve késleltetési időinkrementum beállítása.

- a 100 csatornás integrátor végzi a szükséges számítástechnikai feladatokat, az adatok tárolását és ez az egység adja az adatkiolvasáshoz szükséges jeleket pl. oszcilloszkóp vagy X-Y rajzoló számára.

- a függvénygenerátor egység a korrelációs méréshez szükséges pszeudo-véletlen jeleket, illetve a többi méréshez is szükséges digitális szinusz, ill. fűrész jelet állítja elő. Mindkét utóbbi egység önállóan is felhasználható.

A készülék harmadik generációs: integrált áramkörök, MOS-tárolóelemek alkalmazásával kisméretű, megbízható berendezéshez jutunk.

A továbbiakban szeretnénk néhány példával illusztrálni, milyen széles körben használhatók fel a sztochasztikus mérési módszerek, ezen belül is a korrelációtechnika az orvosi, biológiai szakterületen.

Az autokorreláció függvény felvételével - amely függvény számszerűen írja le a jel pillanatnyi és valamely késleltetési idő után észlelt értékei közötti átlagos kapcsolatot - a látszólag csupán "zaj"-ból az ismétlődő jelek kiemelhetők. Ezért autokorreláció függvény felvétele gyakori olyan jelek esetében, amelyekben bizonyos szabályos, ismétlődő jellemzők és véletlenszerű változások keverten fordulnak elő. Elég itt példaként az EEG jelekre utalni, ahol nagyon hasznosak lehetnek olyan információ-tömörítő módszerek, amelyek egy rövid függvényben komprimálják a vizsgált jelszakasz jellegzetes tulajdonságait.

Mivel azonban az EEG jelben előforduló szabályosságok, grafóelemek többnyire csak a felvétel egy adott szakaszára jellemzőek - tehát a jel hosszabb időre nem stacionárius - kívánatos olyan fajta autokorreláció-függvény képzés, ahol a felvett függvény automatikusan követi a felvételi szakaszok jellegének változását. Ezt az üzemmódot a sztochasztikus analízátor lehetővé teszi.

Célszerű az autokorreláció-függvény használata egyéb, erősen zajos biopotenciálok vizsgálatánál is. Sok nehézséget jelent például magzati EKG jelek analízise. Több közlemény - pl. Van Bommel, J.H., 1968. vagy Fauret, A.G., Caputo, A.F., 1966 - számol be arról, hogy korrelációs mérőberendezéssel sikerült igen kis relatív amplitúdójú magzati R-hullámokat kimutatni, frekvenciájukat meghatározni.

Az autokorrelációs technika egy érdekes alkalmazásáról számol be Wyatt, R.H., 1968. A Parkinson-kór gyógyítására irányuló kezelések hatékonyságának mérésére alkalmas módszert dolgozott ki. Az eljárásnál a neuromuszkuláris tremor (ujjremegés) kvantitatív mérésére használta fel az autokorrelációs technikát az újra helyezett piezo-elektromos gyorsulásmérő jelének mérése révén.

Magyarországon is több helyen születnek hasznos kutatási eredmények a korreláció-technika alkalmazásával. Az egyik legrégebbi kutatási terület a vérkeringési rendszer elemzése sztochasztikus módsze-

rekkel, amely téma Szűcs B. és Monos E. nevéhez kapcsolódik. A vérkeringési rendszer dinamikus tulajdonságainak vizsgálatára jó eredménnyel használták keresztkorrelációs függvények felvételét.

A keresztkorreláció-függvényekből közvetlen, időléptékes információ nyerhető bioelektromos jelenségek áttevődési idejére, ilyen jelek kölcsönös kapcsolatára.

Egy ilyen érdekes kísérletet ír le E.M. Schmidt, aki perifériás idegköteg elektromos aktivitásából keresztkorrelációs méréssel megkapta egyetlen idegszál elektromos aktivitási potenciál alakját és vezetési sebességét. Mint ismeretes, bármely más, a gyakorlatban elterjedt technikai mérésnél a perifériás ideg elektromos aktivitásának regisztrátuma több idegszál elektromos aktivitásának eredője, melyből igen körülményes lenne az egyetlen idegszál aktivitásburkolóját és vezetési sebességét megkapni.

Az agyrögződés mechanizmusának jobb megértését szolgálják a különböző agyi területekről származó EEG jelek keresztkorreláció-függvényei. Idevonatkozó probléma pl. az EMG által regisztrált Parkinson-tremor és az agyi lassu hullámok közti összefüggés vizsgálata. A statisztikus (keresztkorrelációs) analízis kívánatos itt, mivel a tremor-kitöréseknél az agyi hullámok a sokkal nagyobb frekvenciájú corticalis hullámokban vannak eltemetve.

Balm, G.J. beszámol arról, hogy kóros szív-állapotok azonosítására sikerrel használtak olyan módszert, amelynél a vizsgált jelet különböző etalongörbékkel vetették össze keresztkorreláció-függvények felvétele révén. A diagnosztikai minősítés számítógépes program segítségével történt.

#### I r o d a l o m

- Van Bommel, J.H.: Detection of Weak Foetal Electrocardiograms by Autocorrelation and Crosscorrelation of Envelopes, IEEE Trans. on Biomed. Engng., Vol. BME-15, No.1, Jan. 1968
- Favret, A.G. and Caputo, A.F.: Evaluation of Autocorrelation Techniques for Detection of the Fetal Electrocardiogram, IEEE Trans. on Biomed. Engng., Vol. BME-13, No.1, Jan. 1966
- Wyatt, R.H.: A Study of Power Spectra Analysis of Normal Finger Tremors, IEEE Trans. on Biomed. Engng., Vol. BME-15, No.1, Jan. 1968.
- Monos E., Szűcs B.: Korrelációfüggvények alkalmazása a vérkeringési rendszer analizisében, Számítástechn. és kibernet. módszerek alk. az orvostudományban és a biológiában, Kollokvium Szeged, 1970.

Balm, G. J.: Crosscorrelation Techniques Applied to the Electrocardiogram Interpretation Problem, IEEE Trans. on Biomed. Engng., Vol. BME-14, No. 4, Oct. 1967.

Swiet, D., Alberts, W. W.: EMG burst envelope detector. Medical and Biological Engineering Vol. 9, No. 4.

Schmidt, E. M.: Unit activity from peripheral nerve bundles utilizing correlation techniques. Medical and Biological Engineering, Vol. 9, No. 6.