

Távközlési Kutató Intézet

Az epikardium kvantitatív leírása

Vszevolod V. Shakin, Görög Veronika és Hajdu Katalin

Bevezetés

Előadásunk egy számítógépes eljárást ismertet a szív felületén levő pontok térbeli koordinátáinak közelítő meghatározására. Intézetünkben - egy nagyobb tudományos program keretében - hosszabb ideje foglalkozunk a szív elektromos potenciáljának számítógépes kiértékelésével. A test felületén több pontban mérjük egyidejűleg a szív működésből eredő elektromos potenciált és mechanikai rezgéseket (1). Ezek nagysága a szív felületén megbecsülhető (2), a számításokhoz szükséges azonban a testfelület és a szívfelület együttes kvantitatív leírása. A testfelületet háromszögekkel közelítjük, amelyek csúcsai a mérési pontok. A szívfelület pontjait röntgenfelvételek felhasználásával határozzuk meg. A feladat: egy háromdimenziós felület rekonstrukciója sík vetületeiből. Az irodalomból több olyan eljárás is ismeretes a feladat megoldására (3,4), amely nálunk nehezen valósítható meg. Ti. vagy nagy számú vetület rögzítése szükséges a pontos rekonstrukcióhoz - sok röntgenfelvétel készítése pedig ugyanarról a személyről nem kívánatos és költséges -, vagy - a kevés vetületet alkalmazó eljárások esetében - a memóriaigény túlságosan nagy. E nehézségek elhárítására dolgoztuk ki eljárásunkat.

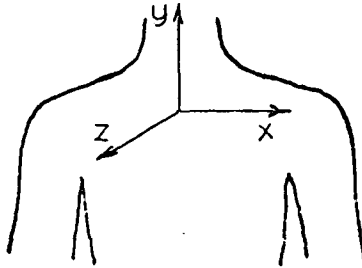
Egészséges személynél 2, betegnél 4 irányból röntgenfelvételeket készítenek a mellkasról. A két eset - feldolgozásban - némileg különbözik. Jelen előadás csak az elsőt ismerteti. A röntgenfelvételeken az orvos körülrajzolja a szívet, a konturvonalak képezik geometriai számításaink alapját. A körvonalak digitalizálása után az adatokat R-10 számítógéppel dolgozzuk fel.

Programunkban a szívfelületet olyan konvex poliéderrel közelítjük, melynek lapjai háromszögek. A háromszögek csúcspontjait a következőképpen határozzuk meg:

A szívet vízszintes síkokkal felosztjuk, a síkmetszet görbét ellipszisekkel közelítjük. Az ellipszisek bizonyos pontjai - amelyeket a szívfelület pontjainak tekintünk - lesznek a háromszögek csúcspontjai.

A szívfelület pontjainak meghatározása

A szívet konvex testnek tekintjük, belehelyezve egy térbeli Descartes-féle koordinátarendszerbe, amelynek tengelyei az 1. ábra szerint helyezkednek el.



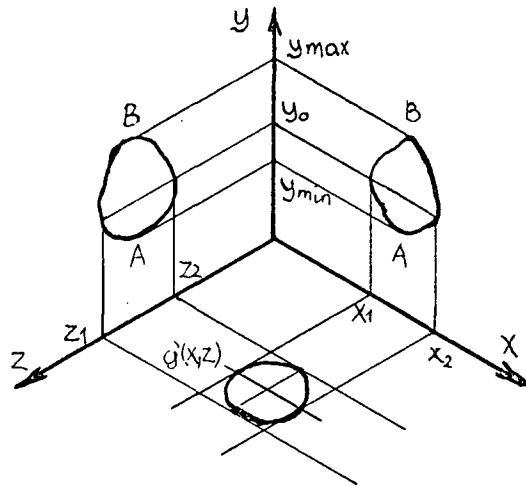
1. ábra

A szívfelületet egy $F(x, y, z)$ függvény írja le ebben a koordinátarendszerben. A vizsgolt személy mellkasáról készült röntgenfelvételeken a szív konturvonalára úgy tekinthető, mint az $F(x, y, z)$ függvénynek síkra való merőleges vetülete. Az előlről készült röntgenfelvételen a konturvonal az (x, y) síkban jelentkezik, az oldalról készült felvételen a (z, y) síkban.

Tekintsük a szívnek az (x, z) síkkal párhuzamos síkmetszetét egy $y = y_0$ "magasság"-ban. A síkmetszet görbéjének 8 pontját határozzuk meg.

Legyen a metszetgörbének az (x, z) síkra való merőleges vetülete a $g(x, z)$ zárt görbe.

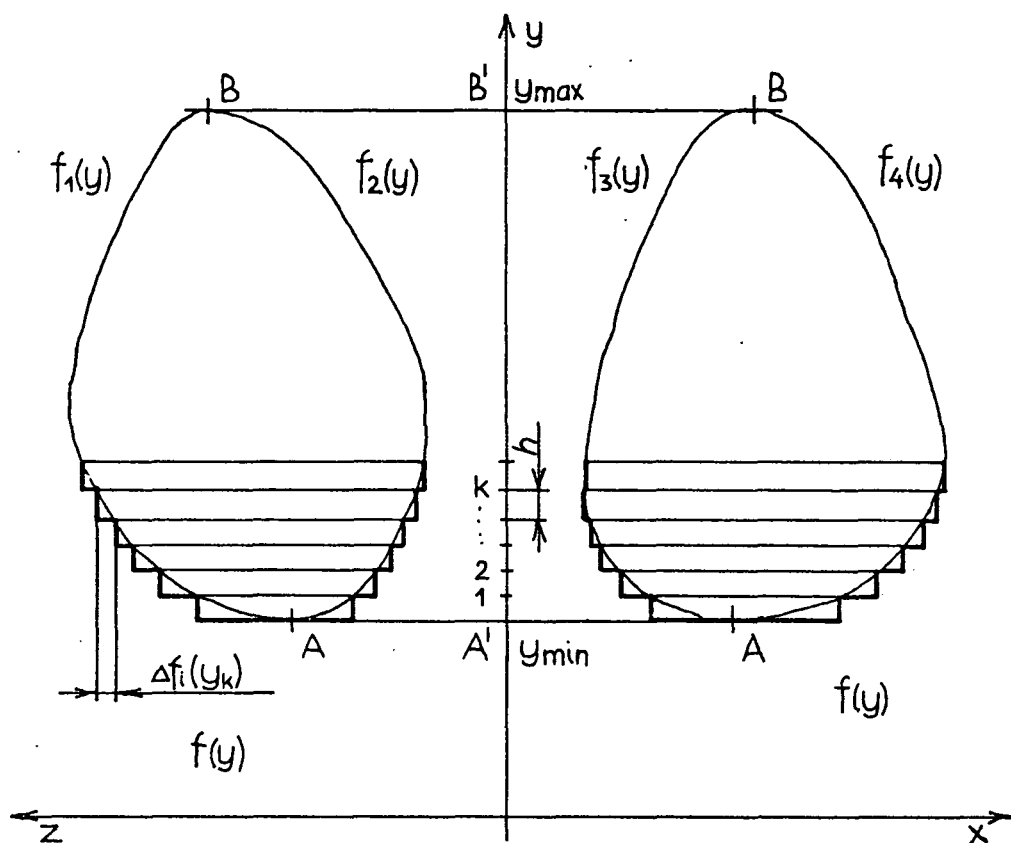
A rendelkezésünkre álló két vetület 2-2 db y_0 ordinátájú pontján keresztül párhuzamosokat húzunk az x , ill. z tengellyel (x_1, x_2, z_1, z_2 vetítő sugarak). Ez a négy egyenes meghatároz egy téglalapot, amely az említett g görbének köréirt négyszöge. A g görbét olyan ellipszissel (g') közelítjük, melynek tengelyei a téglalap középvonalai (2. ábra). A síkmetszet 8 pontját az ellipszis tengelypontjai és 2-2 tengelyponttól az ellipszisen egyenlő távol levő pontok adják.



2. ábra

A síkmetszetek helyének meghatározása valamivel bonyolultabb. Célunk az, hogy M számú síkkal minél pontosabb közelítést kapjunk. Ezért a síkokat nem egyenletesen vesszük fel, hanem helyüket mindenkor a vetületek alakja határozza meg. Eljárásunk leírásában a 3. ábra jelöléseit használjuk.

Az $\overline{A'B'}$ szakaszt felosztjuk N egyenlő részre. Az A és B pontok a vetületeket 2-2 részre bontják, ennek megfelelően 4 görbe-darabról, ill. hozzájuk rajzolt "lépcsős függvény"-ről beszélünk. A "lépcsős függvény"-eket az y tengelyen felvett osztópontok határozzák meg.



3. ábra

Kiszámítjuk e 4 db "lépcsős függvény" összhosszát

$$\left(V = 4 N h + \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^4 f_i(y_k) \right) ,$$

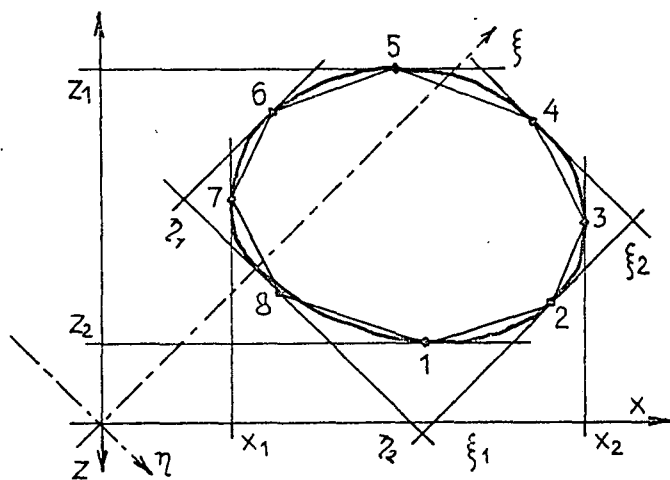
ezt az értéket felosztjuk $M+1$ egyenlő részre, és azokban az y_1, y_2, \dots, y_M ordinátájú pontokban vesszük fel a metsző síkokat, amelyekre teljesül:

$$V_{y_{\min}, y_1} \approx V_{y_1, y_2} \approx V_{y_2, y_3} \approx \dots \approx V_{y_M, y_{\max}} \approx \frac{V}{M+1} ,$$

ahol

$$V_{y_i, y_{i+1}} = y_{i+1} - y_i + \sum_{k=1}^{i+1} \sum_{j=1}^4 \Delta f_i(y_k) - \sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^4 \Delta f_i(y_k) .$$

A bevezetőben említettük, hogy a betegekről 4 irányból készül röntgenfelvétel. Célunk ezzel az, hogy az esetleg deformálódott szivről pontosabb "rekonstrukciót" készíthessünk. Ezért a síkmetszeteket nem ellipszissel, hanem a vetítősugarak által meghatározott nyolcszöggel közelítjük (4. ábra). Természetesen ebben az esetben a metsző síkok kiválasztásánál 8 függvénnyel kell számolni.



4. ábra

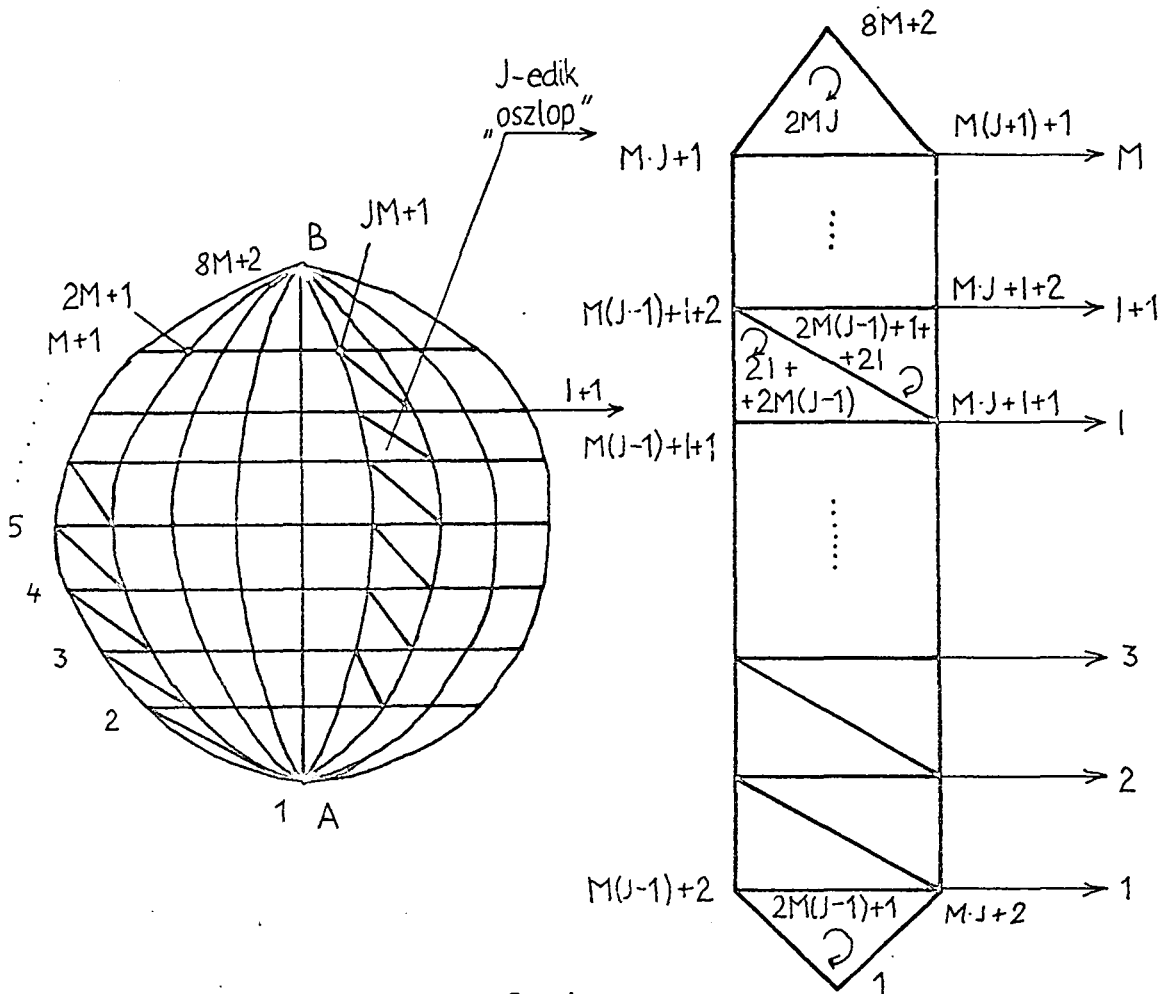
A háromszög-csúcspontok meghatározása

A szívfelületen kapott 8. M+2 db pontot az 5. ábra szerint számozzuk. A felületi pontokból, mint csúcspontokból 2.8. M db háromszöget határozunk meg az 5. ábra alapján az alábbi algoritmussal:

Legyen I1(K), I2(K), I3(K) rendre a K-adik háromszög csúcspontjainak sorszáma

K	I1(K)	I2(K)	I3(K)
2 · M · (J-1) + 1	1	M · (J-1) + 2	M · J + 2
2 · M · J	M · (J+1) + 1	M · J + 1	8 · M + 2
2 · M · (J-1) + 2 · I	M · J + I + 1	M · (J-1) + I + 1	M · (J-1) + I + 2
2 · M · (J-1) + 2 · I + 1	M · J + I + 1	M · (J-1) + I + 2	M · J + I + 2

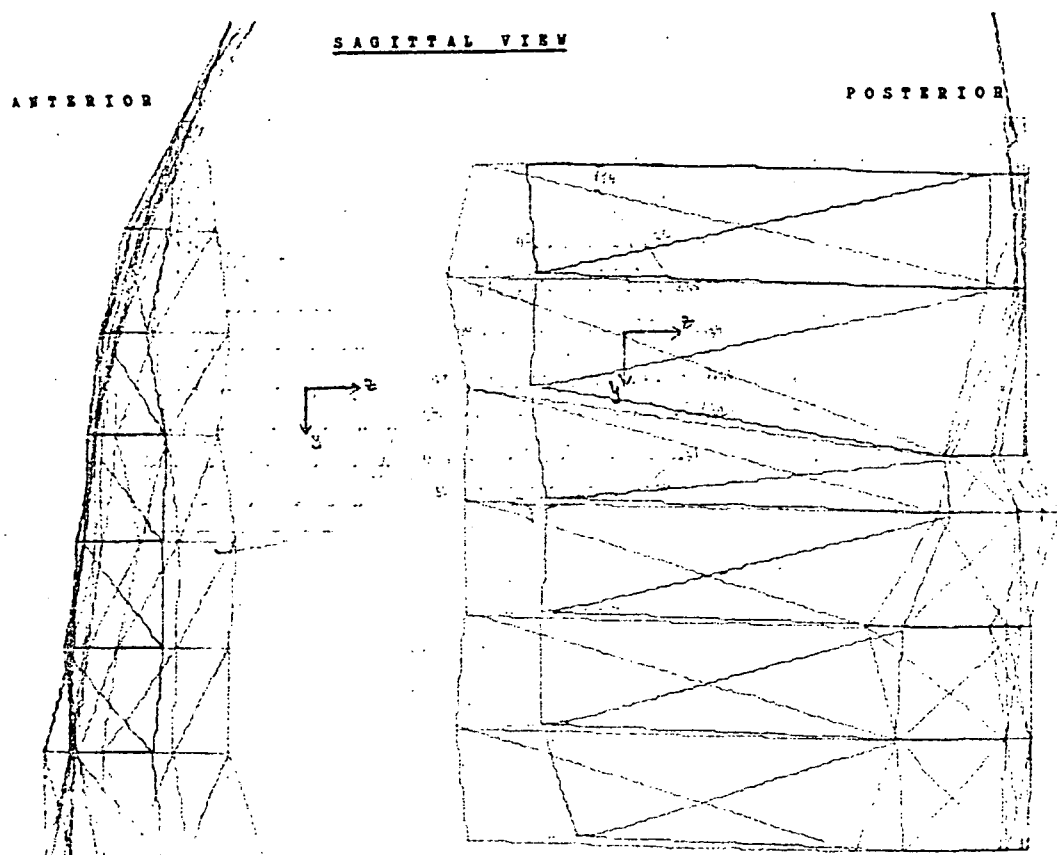
ahol $J = 1, 2, \dots, 8$, $l = 1, 2, \dots, M$, és $K = 1, 2, \dots, 8 \cdot M + 2$.



5. ábra

Alkalmazás

A kapott eredmények felhasználhatók pl. a szivfelszíni potenciál kiszámításánál. A testfelületi potenciálértékek ismerete, és a testfelület, valamint a sziv együttes geometriai leírása - amely most már rendelkezésünkre áll - lehetővé teszi a potenciálértékek kiszámítását a szivfelületi háromszögek csúcspontjaiban. A második lépésben ezekből bilineáris interpolációval kiszámítjuk a potenciálértékeket a háromszög belső pontjaiban is (2).



6. ábra
A testfelület és a szív együttes ábrázolása X-Y plotter-rel

Irodalom

- (1) Kozmann Gy., Préda I., V.Shakin, Szlávik F., Antalóczy Z.: Számítógépes mérő és adatgyűjtő eljárás a szív villamos és mechanikai rezgéstereinek vizsgálatához. Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában, 7. Kollokvium, Szeged, 1976.

- (2) Shakin, V.V., Préda, I., Csapodi, Cs., Kozmann, Gy.: Inverse problems for a mathematical model of the cardiac electro-mechanical field. - In: Proc. 4th International Congress on Electrocardiology, Balatonfüred, 1977.
- (3) Dietrich G.W., Onnasch and Paul H. Heintzen: A new approach for the reconstruction of the right or left ventricular form from biplane angiographic recordings. IEEE Conf. "Computers in Cardiology", St.Luis, USA, 1976.
- (4) S.-K. Chang and C.K. Chow: The Reconstruction of Three-Dimensional Objects from Two Orthogonal Projections and its Application to Cardiac Cineangiography. IEEE Transactions on Computers, January, 1973.