

**OTKA T042990**

**Biológiai jelek információinak  
diagnosztikai célú kutatása  
rendszerelméleti megközelítéssel**

**témavezető: Dr. Benyó Zoltán egyetemi tanár  
BME Irányítástechnika és Informatika Tanszék**

**ZÁRÓJELENTÉS**

Budapest, 2007. február 27.

## A kutatás főbb adatai

OTKA nyilvántartási szám: **T042990 BME 26788-205**

A kutatási téma címe: **Biológiai jelek információinak diagnosztikai célú kutatása rendszerelméleti megközelítéssel**

A kutatási időszak: **2003-2006**

AZ OTKA támogatás összege (ezer Ft): **12000**

A témavezető neve: **Dr. Benyó Zoltán**

Tudományos fokozata: **műszaki tudomány doktora (MTA doktora)**

Beosztása: **egyetemi tanár**

Munkahelyének megnevezése: **Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**  
**Irányítástechnika és Informatika Tanszék**

Munkahelyének címe: **1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2.**

Értesítési címe: **1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2.**

Telefon/fax: **463-1410 / 463-2204**

**A kutatás eredményeinek rövid összefoglalása (max 800 karakter):**

Kidolgoztunk egy új magzati fonokardiográfiás mérési és jelfeldolgozási módszert az FHR hosszú távú robusztus meghatározására. Létrehoztunk egy neurális hálózatokat alkalmazó légzési rendellenesség felismerő rendszert. Megalkottuk számos, a csecsemősírás jellemzésére szolgáló paraméter meghatározásának módszerét, és összehasonlítottuk több száz csecsemő sírását e paraméterek alapján. Több betegségcsoportnál jellemző eltéréseket tapasztaltunk. Neurolingvisztikai kutatásunk során megvalósítottunk egy lingvisztikai adatbázis-struktúrát és a hozzá tartozó adatbázis-kezelő segédprogramot. Nyelvi adatbázisunk struktúráját kiterjesztettük, valamint megvalósítottunk néhány új algoritmust, melyek lehetővé teszik a terápiás gyakorlatok során magasabb nyelvi modalitások felhasználását is.

**Az OTKA nyilvántartási szám feltüntetésével megjelent publikációk száma: 91**

Nyilatkozat: Hozzájárulok ahhoz, hogy a rövid összefoglaló – a fenti adatokkal együtt – az OTKA hivatalos kiadványában megjelenjen.

Budapest, 2007. február 28.

aláírás  
/Dr. Benyó Zoltán/

## The main data of the Project

OTKA ID number: **T042990 BME 26788-205**

Title of the Project: **System theory approach of the information of the biological signals for diagnostics**

Research period: **2003-2006**

Sum of OTKA support (thousands of forints): **12000**

Name of the Principal Investigator: **Dr. Benyó Zoltán**

Scientific degree: **D.Sc.**

Position: **professor**

Name of Institute: **Budapesti University of Technology and Economics**

**Dept. of Control Engineering and Information Technology**

Address: **1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2.**

Mailing address: **1117 Budapest, Magyar tudósok krt. 2.**

Telefon/fax: **463-1410 / 463-2204**

### **Brief summary about the results of the research project (max. 800 character):**

We've worked out a novel vital phonocardiographic measurement and signal processing method to determine robustly the longterm fetal heart rate (FHR). We've created system to recognize respiration disorders containing a neural network. We developed new algorithms and methods in the analysis of the infant cry to check disorders during infancy. We analysed the crying sound from hundreds of infants and found differences between healthy and unhealthy infants. In our neurolinguistic research we created a novel computer-aided training and rehabilitation approach to the therapy of aphasia. The system helps to treat and overcome the most severe consequences of this language disorder. The developed system is embedded into a tele-rehabilitation framework, which offers a uniform interface for various telecare applications.

**Number of publications to OTKA ID Number: 91**

# Nyilatkozat

Hozzájárulok ahhoz, hogy mellékelt zárójelentésemet, amely a fenti OTKA nyilvántartási számú kutatás eredményei alapján készült, az OTKA Bizottság nyilvánosságra hozza, illetve a tudományos közösség számára ismert, elérhető archívumban archiválja.

Budapest, 2007. február 28.

.....  
/Dr. Benyó Zoltán/  
Témavezető

## Bevezetés

Ismeretes, hogy a technika fejlődésével a biológiai jelek információtartalmának felismerésére és feldolgozására egyre bonyolultabb rendszereket hoznak létre. A biológiai jelek sokfajta – főleg diagnosztikai célú feldolgozása – a jelenlegi rendszerelméleti fogalmak egységes kiterjesztését indokolja. A módszerek fejlődését elősegítő műszaki tudományos kutatások már eddig is jól alkalmazható rendszereket hoztak létre.

A műszaki alkalmazások terén a diagnosztika a felügyelt folyamatok biztonságát, a megbízható működés zavartalanságát és a rejtett hibák felismerését biztosítja. Az eddigi kutatásaink során már bebizonyosodott, hogy a műszaki és nem műszaki alkalmazásokra kidolgozott rendszermodellek között hasonlóság van. A műszaki rendszerekre kidolgozott elméleti módszerek közül több, megfelelő módosításokkal élettani folyamatokra is alkalmazható. Ezért ezen rendszermodellek biológiai jelekre történő kiterjesztését aktuális kutatási feladatnak tartjuk.

Kutatási projektünk három témára épült:

1. *Új fonokardiográfiás módszer létrehozása magzati szívfrekvencia meghatározására*
2. *Csecsemők sírásának diagnosztikai célú elemzése*
3. *Neurolingvisztikai módszerek kutatása afáziás betegek diagnosztizálására és gyógyítására*

A három téma zárójelentését a következőkben külön-külön ismertetjük.

## A. Új fonokardiográfiás módszer létrehozása magzati szívfrekvencia meghatározására

A kutatás munkatervének megfelelően, a korábbi kutatómunkánk eredményeként a magzati fonokardiogramok feldolgozására – ezen belül az FHR, azaz magzati szívritmus meghatározására – létrehozott módszereket más ismert eljárásokkal vetettük egybe.

A korábban kifejlesztett *ütésizolátor* és *ütésanalizátor* algoritmusokat olyan irányban fejlesztettük tovább, hogy azok a jelenlegi módszereknél pontosabb ütésetektálásra lettek képesek. Elkészítettünk három különböző, mesterséges neurális hálózatot is tartalmazó, szabályalapú (rule-based) ütésetektort, melyek nagyszámú (közel 100 darab, mintegy 20 perces, eltérő jel-zaj viszonyú) fonokardiográfiás felvétel esetén, 80% feletti specificitást mutattak az ütések meghatározásánál (referenciaként a szimultán ultrahang CTG felvétel eredményét tekintettük).

Az új ütésetektor bemenetét az elmúlt kutatási időszakban a környezeti és más egyéb zajok kiszűrésére elkészült *adaptív digitális sáváteresztő szűrő* szolgáltatja. Az így elért eredmény meghaladja a korábban kidolgozott fonokardiográfiás eljárás pontosságát.

Tekintve a teljes rendszer viszonylag alacsony számítási igényét (8-adfokú digitális szűrő, illetve mindössze 2 rejtett réteget tartalmazó mesterséges neurális hálózat), megoldottuk a kidolgozott eljárások mobil készülékre történő adaptálását: egy mobil kézi-számítógépen (PDA) megvalósított szoftver egyszerű felhasználást és mobil mérést tesz lehetővé az FHR otthoni, rutin jellegű non-invazív, teljesen passzív mérésel történő meghatározására.

A létrehozott új módszerek publikálásrészben megtörtén, illetve folyamatban van.

## **B. Csecsemők sírásának diagnosztikai célú elemzése**

Kutatásunk általános célkitűzése a beteg csecsemők felismerése volt a sírási hangjuk elemzése alapján. A jelenséget, miszerint az ép hallású és a nagyothalló csecsemők sírása különbözik, évtizedekkel ezelőtt a nagy gyakorlattal rendelkező gyermek fül-orr-gégészek és foniáterek olyan jól alkalmazták, hogy szabad füllel képesek voltak megállapítani a csecsemők nagyothallását, illetve egyéb jellegzetes betegségeket is.

A sírási hang alapján működő diagnosztikai rendszer számos előnnyel járna: non-invazív technika, az akusztikai jelfeldolgozó és elemző algoritmusok könnyen implementálhatóak, valamint egyszerűsége miatt országos lefedettséget biztosíthatna, alkalmazható lenne előszűrőként számos betegség kimutatására. Kutatási munkánk célkitűzéseiben a következő főbb témakörök szerepeltek:

- az évtizedekkel ezelőtt a gyakorlati diagnosztikában is alkalmazott tapasztalati tudás szoftveres megvalósítása;
- a sírási hang és számos csecsemőkori megbetegedés közti kapcsolatrendszer vizsgálata;
- tudásbázis felépítése a sírási hang diagnosztikai alkalmazásának céljára.

Kutatási munkánkat a következő fő fázisokra bonthatjuk: adatgyűjtés, jelfeldolgozás, elemzés, eredmények értékelése, irodalomkutatás és publikálás.

### **B.1. Adatgyűjtés**

Az elmúlt évek alatt mintegy 320 csecsemő sírásáról készítettünk hangfelvételt az ország több pontján. Az adatgyűjtést eleinte a képinformáció hasznossága miatt digitális videokamerával végeztük, majd később egy speciális adatgyűjtő szoftvert fejlesztettünk, és azt használtuk laptop és mikrofon alkalmazásával. Digitális adatbázist hoztunk létre a kiegészítő információk tárolására, valamint a nagyméretű adatmennyiség könnyebb kezelésére.

### **B.2. Jelfeldolgozás**

A 320 felvétel többféle hangrögzítő eszközökkel és különböző felvételi helyszíneken készült, így a jelfeldolgozás első lépése különböző szűrő algoritmusokat tartalmazott. Ezt követte a kezdetekben még manuálisan, majd később automatikusan végzett sírásfelismerés, mely a hangfelvételekből kiválasztotta a tényleges sírási hangokat tartalmazó szakaszokat. Ennek

alkalmazásával a 320 felvételen mintegy 2700 sírásjelet detektáltunk, melyek a jelfeldolgozást követő elemzések alapját képezték.

### **B.3. Elemzés, eredmények kiértékelése**

Az általunk vizsgált nagyszámú csecsemősírás statisztikai vizsgálatok alkalmazását tette indokolttá. A csecsemősírás számos paramétereit vizsgáltuk:

- *időtartománybeli*: síráshosszak eloszlása, sírásgyakoriság, sírás/szünet arány, stb.
- *frekvenciatartománybeli*: sírás kezdő- és záró frekvenciája, átlagos alapprofrendencia, domináns frekvencia, sírás frekvenciaátfogása, stb.
- *idő- és frekvenciatartománybeli*: sírások dallamelemzése, emelkedési idő, új dallamkategorizálási módszer kidolgozása, stb.

E paraméterekeket összevetettük különböző csecsemőcsoportok között (nem, kor, betegségek, stb.). A sírásparaméterek meghatározásához új elemző algoritmusokat hoztunk létre, melyek alapján egy szolgálati szabadalom is született. A sírásparaméterek összehasonlításakor kisebb különbségeket fedeztünk fel hallástulajdonságra, illetve nemre való tekintettel, valamint kimutattuk a sírások dallamának fejlődését az élet első 18 hónapjában.

### **B.4. Irodalomkutatás, publikálás**

Kutatási munkánk részét képezte a folyamatos irodalomkutatás, valamint kutatási eredményeink publikálása. Rangos hazai és nemzetközi konferenciákon mutattuk be kutatási tapasztalatainkat, melyet számos esetben neves kutatók elismerő kritikája és együttműködési szándéka is követett (pl. Hirschberg Jenő, Szende Tamás, Rainer Schönweiler). A nemzetközi elismertséget mutatja, hogy 2003-ban Amszterdamban Várallyay György a kutatási eredményekért Nemzetközi Pulitzer Díjat kapott.

A kutatás számos elemét bevontuk az egyetemi oktatásba, így a hallgatók az általunk oktatási célra kidolgozott vizsgálólánc alkalmazásával gyakorlati tapasztalatokat szereztek a csecsemősírás diagnosztikai célú elemzéséről. A kutatáshoz két Tudományos Diákköri Dolgozat (I. díj, Jutalom, OTDK Különdíj), két sikeresen megvédett diplomamunka, önálló laboratóriumi munkák, oktatási tevékenység és egy 2007 őszéig tartó PhD kutatási munka tartozik.



Összefoglalásul elmondhatjuk, hogy az általunk létrehozott elemző algoritmusok segítségével egy csecsemősírás számos fontos paramétere automatikusan meghatározható, melyek a különböző csecsemőcsoportok összehasonlításához adnak nagy segítséget. Az elért eredményeinkre és az összeállt kutatócsoport kitartására alapozva, bár az eddigieknél szerényebb körülmények között, de folytatjuk a beteg és ép hallású csecsemők közti különbségek összegyűjtését, hogy a létrehozott tudásbázis alapján egy új diagnosztikai eljárást hozhassunk létre.

## C. Neurolingvisztikai módszerek kutatása afáziás betegek diagnosztizálására és gyógyítására

Neurolingvisztikai kutatásunk során megvalósítottunk egy lingvisztikai adatbázis-struktúrát és a hozzá tartozó adatbázis-kezelő segédprogramot, mely előállít minden olyan származtatott információt is, amely szükséges ahhoz, hogy egy afáziás betegek kezelését segítő terápiás célú szoftver alapját képezze. A szakemberek által definiált fogalmaknak és technikai követelményeknek megfelelően megvalósítottuk a fonetikus és szemantikus elterelőket automatikusan meghatározó algoritmusokat, és az azokat feldolgozó, szűrő és tároló konverter segédprogramot.

A fonetikus távolságot számító algoritmus a tapasztalat szerint megfelelő minőségű eredményeket szolgáltat, a gyakorlatban kb. 1800 szavas, terapeuta szakember által összeállított adatbázison tesztelve megfelelő számú elterelő hozható létre a segítségével. A kivételek és a nehezen algoritmizálható hangzásbeli hasonlóságok, illetve eltérések következtében adódnak helytelenül közelinek értékelt szavak is bizonyos esetekben, de az adatbázis gyakorlatban felhasznált mérete mellett ezek – a szakemberek véleményével megegyezően – elhanyagolható jelentőségűek. A szemantikus elterelőket előállító algoritmus tapasztalati értékeken alapuló paramétereket nem tartalmaz, teljes mértékben az előzőleg feltöltött és a szavakhoz hozzárendelt gyűjtőfogalom-rendszeren alapul, ez a követelményeknek teljes mértékben megfelelőnek tekinthető.

Nyelvi adatbázisunk struktúráját kiterjesztettük, valamint megvalósítottunk néhány új algoritmust, melyek lehetővé teszik a terápiás gyakorlatok során magasabb nyelvi modalitások felhasználását is. Az ún. szemantikus fa alapján történő, hasonló értelmű szavak utáni keresést kibővítettük olyan módon, hogy akár hasonló jelentésű mondatok is generálhatók az algoritmusmal.

A szoftvercsomag klinikai gyakorlatba ültetése megkezdődött. A szakmai támogatást adó logopédus és neurológus szakemberek egyaránt meg vannak elégedve a kidolgozott módszerrel, sikeres klinikai gyakorlat után lehetőség kínálkozik a széleskörű bevezetésre.